



**UNIVERSIDAD DEL SINÚ**  
Elías Bechara Zainúm  
Seccional Cartagena

**FACTORES NUTRICIONALES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO DEL  
CANGREJO AZUL (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828) EN CONDICIONES  
CONTROLADAS DE LABORATORIO**

**PRESENTADO POR:**

Miguel Fernando Collazos Arcos

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOTECNOLOGICAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**CARTAGENA, COLOMBIA**

**2022**



**UNIVERSIDAD DEL SINÚ**  
Elías Bechara Zainúm  
Seccional Cartagena

**FACTORES NUTRICIONALES QUE INCIDEN EN EL DESARROLLO DEL  
CANGREJO AZUL (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828) EN CONDICIONES  
CONTROLADAS DE LABORATORIO**

**PRESENTADO POR:**

Miguel Fernando Collazos Arcos

**Director**

Luz Marina Mejía Ladino, M. Sc.

**Asesor:**

Dra. Patricia Romero Murillo

**UNIVERSIDAD DEL SINÚ SECCIONAL CARTAGENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y BIOITECNOLÓGICAS**

**ESCUELA DE BIOLOGÍA MARINA**

**CARTAGENA, COLOMBIA**

**2022**

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está dedicado a mi padre Rutilio Arnulfo Collazos Bravo (Q.E.P.D). Gracias a su cariño, comprensión, enseñanzas, y principalmente motivación, me convertí en lo que soy hoy día, en el biólogo marino que siempre visualizamos que sería. Él es la fuente de mi inspiración, y es quién me sigue impulsando a hacer ciencia, aún desde el vacío que dejó en mí ser. Gracias a él aprendí a disfrutar de los momentos efímeros de felicidad que nos brinda la vida, esos a los que no les damos gran importancia, pero que al final, valen la pena disfrutar. Por esto y mucho más te digo ¡Gracias Viejo!

Además, quiero dedicarle este trabajo a mi madre Luz Marielly y a mi tío Ivo Daniel, quienes han sido un apoyo incondicional tanto económica como moralmente, durante todos estos años de mi carrera universitaria.

Quiero agradecer a la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm por el apoyo, espacio y equipos que me brindaron.

A mi asesora disciplinar Luz Marina Mejía-Ladino por su constante apoyo, y por guiarme al momento de redactar este documento.

A mi compañera de proyecto Keyla Gómez por su incansable labor en el laboratorio.

Agradezco también a mis asesoras metodológicas, la Dra. Martha Torres y la Dra. Patricia Romero Murillo por compartir sus conocimientos y experiencias en laboratorio para la realización de este proyecto de grado.

En general, quiero agradecerle a mi familia, amigos, compañeros y todas las personas que me apoyaron de una u otra manera durante mi carrera y en el proyecto de grado.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	11
2. JUSTIFICACIÓN	13
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
4. OBJETIVOS	15
4.1. General	15
4.2. Específicos	15
5. MARCO TEÓRICO	16
5.1. Biología de la especie	16
5.2. Distribución y hábitat	17
5.3. Estado actual y problemática de la especie	18
6. ESTADO DEL ARTE	21
7. METODOLOGÍA	25
7.2. Población y muestra	34
7.3. Variables	37
7.4. Plan de análisis	38
8. RESULTADOS	39
8.1 Adultos	39
8.2. Larvas	45
9. DISCUSIÓN	50
12. BIBLIOGRAFÍA	58

## LISTADO DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Contenido nutricional de los alimentos empleados en las Dietas Efectivas.....	20
<b>Tabla 2.</b> Composición bromatológica de la Dieta Efectiva 1 (CHO: carbohidratos; PROT: proteínas; GRS: grasas; Ca: calcio; P: fosforo; Fe: hierro; Na: sodio; K: potasio; Mg: magnesio; KCAL: kilocalorías).....	32
<b>Tabla 3.</b> Composición bromatológica de la Dieta Efectiva 2 (CHO: carbohidratos; PROT: proteínas; GRS: grasas; Ca: calcio; P: fósforo; Fe: hierro; Na: sodio; K: potasio; Mg: magnesio; KCAL: kilocalorías).....	32
<b>Tabla 4</b> Contenido nutricional de la Dieta Efectiva 3 (CHO: carbohidratos; PROT: proteínas; GRS: grasas; Ca: calcio; P: fosforo; Fe: hierro; Na: sodio; K: potasio; Mg: magnesio; KCAL: kilocalorías).....	33
<b>Tabla 5.</b> Variables a medir del presente estudio. ....	37
<b>Tabla 6.</b> Estadísticos de los Pesos Finales en cada una de las Dietas Efectivas (N: Número de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).. ....	39
<b>Tabla 7.</b> Estadísticos de la diferencia de pesos (Peso Inicial y Peso Final) entre las tres dietas (N: Número de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3). ....	40
<b>Tabla 8.</b> Estadísticos de la ganancia o pérdida neta de pesos en el diseño experimental de los adultos (N: números de muestras). ....	40
<b>Tabla 9.</b> ANOVA a una vía entre los Pesos Netos en las diferentes Dietas Efectivas.....	41
<b>Tabla 10.</b> Estadísticos del peso neto en hembras (N: números de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).....	41
<b>Tabla 11.</b> Estadísticos del peso neto en machos (N: Números de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).....	42
<b>Tabla 12.</b> Prueba U Mann-Whitn para la ganancia y pérdida de peso en hembras.....	42

<b>Tabla 13.</b> Ganancia neta de peso en hembras.....	43
<b>Tabla 14.</b> Ganancia neta de peso en machos.....	43
<b>Tabla 15.</b> Estadísticos del peso en adultos (N: Número de individuos).....	44
<b>Tabla 16.</b> Porcentaje de composición nutricional (CHO: carbohidratos; Na: sodio; Mg: magnesio; P: fósforo; Ca: calcio; K: potasio; GRS: grasas; Fe: hierro; PROT: proteína) de cada una de las Dietas.....	45
<b>Tabla 17.</b> Estadísticos de la densidad del diseño experimental Larvas (N: Número de muestras).....	46
<b>Tabla 18.</b> Prueba de U de Mann-Whitney (N: Número de muestras) para las densidades larvales del presente estudio.....	47
<b>Tabla 19.</b> Porcentaje promedio de supervivencia larval (T1: Tratamiento 2; T2: Tratamiento 2; T3: Tratamiento 3).....	48
<b>Tabla 20.</b> Periodo de desarrollo Larval.....	48
<b>Tabla 21.</b> Parámetros físico-químicos en Diseño Experimental Larvas (N: Número de medidas). ....	49

## LISTADO DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Recipiente para la liberación de la masa ovígera.....	25
<b>Figura 2.</b> Tanques con 110 L de agua de mar epleados en el montaje del pre-ensayo ....	26
<b>Figura 3.</b> Esquema diseñado para el Pre-Ensayo en Larvas.....	27
<b>Figura 4</b> Diseño Experimental 1 Larvas.....	28
<b>Figura 5</b> Diseño Experimental II Larvas.....	29
<b>Figura 6</b> Esteban Zarza, Liberación de larvas de <i>C. guanhumi</i> .....	30
<b>Figura 7.</b> Acuarios adecuados para ejemplares adultos: zona terrestre, zona acuática, zona de alimentación y zona de refugio (o madriguera).....	31
<b>Figura 8.</b> Esquema diseñado para el Pre-Ensayo Adulto.....	31
<b>Figura 9.</b> Diseño Experimental Adultos.....	34
<b>Figura 10.</b> Laboratorios Escuela de Biología Marina: a) Acuicultura y b) Biotecnología Algal.....	35
<b>Figura 11.</b> Tipos de alimento vivo: a) <i>Nannochloropsis</i> sp.; b) <i>Artemia salina</i> .....	35
<b>Figura 12.</b> Alimento vivo (microalgas) para peces y crustáceos en el Laboratorio de Acuicultura.....	36
<b>Figura 13.</b> Eclosionador de quistes de <i>Artemia</i> sp. de la Universidad del Sinú.....	37

## RESUMEN

El cultivo de cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828) tiene varias limitaciones, una de ellas, son los factores nutricionales. Sin embargo, la acuicultura es una alternativa viable para mitigar la presión antrópica sobre la población de la especie. En el Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Sinú Seccional Cartagena se realizaron cinco bioensayos con el objetivo de evaluar las distintas dietas desarrolladas durante la investigación para todos los estadios de forma no consecutiva: dos para los cangrejos adultos, y tres para las fases larvales. Inicialmente, se realizó la adecuación de espacios individuales para cada hembra ovígera, dotados de un refugio adecuado, una zona de alimentación, un medio terrestre y un sitio acuático para el desove de las larvas. Después de la liberación de las larvas se procedió a ubicarlas en nueve tanques con agua de mar purificada (80 L), subdivididos en tres tratamientos. Una vez culminado el ciclo de desarrollo larval (27 días), se procedió a evaluar la efectividad de las dietas al final del experimento. Se determinó que existen diferencias estadísticamente significativas en la supervivencia de las larvas, siendo más efectivos los Tratamientos 1 y 2 (*Mann-Whitney*  $U=3,556$ ;  $\text{valor-p}=0,00037651$ ). El porcentaje de supervivencia final fue para T1=0,96 larvas/L; T2=0,50 larvas/L; y nulo para T3. Para los adultos se crearon tres dietas efectivas basadas en carbohidratos (Dieta-1=7,31%; Dieta-2=6,57%; Dieta-3=4,21%), y dos de ellas, reflejaron una ganancia de peso en los individuos, aunque no presentaron diferencias significativas. Asimismo, no se evidenciaron diferencias entre la ganancia de peso para hembras y machos. Se concluye que es posible el levante de las distintas etapas de desarrollo de esta especie en un sistema controlado, mediante la implementación de dietas efectivas. sin embargo, cabe mencionar que no se realizó un ciclo completo ya que el tiempo de juvenil a adulto superaba el tiempo establecido para este trabajo. Este trabajo de grado se desarrolla dentro de las actividades del semillero SINBIOMA y se

encuentra enmarcado en el proyecto de investigación de la Universidad del Sinú Seccional Cartagena “Reproducción en cautiverio del cangrejo azul *Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) con fines de conservación y manejo comunitario en Cartagena (Bolívar-Colombia), Código: BIOM-PD/2019-1, vinculado al grupo GIBEAM de la Escuela Biología Marina.

**Palabras clave:** *Cardisoma guanhumi*, Cangrejo azul, larvas, nutrición, protocolo de alimentación.

## ABSTRACT

*The cultivation of blue crab (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828) has several limitations, another are nutritional factors. However, aquaculture is a viable alternative to mitigate anthropic pressure on the population of the species. In the Aquaculture Laboratory of the Universidad del Sinú Seccional Cartagena, five bioassays were carried out with the aim of evaluating the different diets developed during the research for all stages in a non-consecutive way: two for adult crabs and three for larval phases. Initially, the adaptation of individual spaces was carried out for each ovigerous female, equipped with an adequate shelter, a feeding area, a terrestrial environment and an aquatic site for the spawning of the larvae. After the larvae were released, they were placed in nine tanks with purified seawater (80 L), subdivided into three Treatments. Once the larval development cycle was completed (27 days), the effectiveness of the diets was evaluated at the end of the experiment. It was determined that there are statistically significant differences in the survival of the larvae, with Treatments 1 and 2 being more effective (Mann-Whitney  $U = 3.556$ ;  $p\text{-value} = 0.00037651$ ). The final survival percentage was for  $T1 = 0.96$  larvae / L;  $T2 = 0.50$  larvae / L; and null for  $T3$ . For adults, three effective carbohydrate-based diets were created (Diet-1 = 7.31%; Diet-2 = 6.57%; Diet-3 = 4.21%) and two of them reflected a weight gain in individuals, although they did not present significant differences. Likewise, there were no differences between the weight gain for females and males. It is concluded that it is possible to raise the different stages of development of this species in a controlled system, through the implementation of effective diets. However, it should be mentioned that a complete cycle was not carried out since the time from juvenile to adult exceeded the time established for this work. This degree work is developed within the activities of the SINBIOMA seedbed and is framed in the research project of the Universidad del Sinú Seccional Cartagena "Captive reproduction of the blue crab*

*Cardisoma guanhumi* (Decapoda: Gecarcinidae) for conservation and community management purposes in Cartagena (Bolívar-Colombia), Code: BIOM-PD/2019-1, linked to the GIBEAM group of the Marine Biology School.

**Key Words:** *Cardisoma guanhumi*, blue crab, larvae, nutrition, feeding protocols.

## 1. INTRODUCCIÓN

El cangrejo azul (*Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828), también conocido en Colombia como cangrejo manglero, cangrejo azul de tierra, pollo de tierra, juey y mulato, entre otros, es un cangrejo de la familia Gecarcinidae (Barrios-Saucedo, 2008) que presenta una distribución y abundancia condicionada por la disponibilidad de alimento, los cambios de los ambientes donde se encuentra, la diversidad de hábitats y la competencia interespecífica, entre otros factores (Garcés, 2015)

Los individuos de *C. guanhumi* normalmente habitan en las partes internas de los manglares y los humedales costeros y áreas salobres donde los cangrejos tienen fácil acceso al nivel freático. Se encuentran desde el sur de la Florida (EE. UU.) hasta Brasil, incluyendo las islas del Caribe y el oeste de África (Govender *et al.*, 2008). En Colombia el cangrejo azul se encuentra ampliamente distribuido en los departamentos de Bolívar, Antioquia, Magdalena, La Guajira y Córdoba. Aun así, la especie está descrita en la categoría de vulnerable (VU) en el "Libro rojo de los invertebrados marinos de Colombia" (Ardila *et al.*, 2002),

La dieta primaria de *C. guanhumi* es vegetal, come hojas, flores y frutos de las plantas de su hábitat y se ha observado que en ciertas condiciones adquiere un comportamiento carnívoro ante escasez de alimento vegetal (Taisson, 1974).

Su época reproductiva depende de los patrones climáticos y las fases lunares. Aunque existen variaciones de acuerdo con la región y las anomalías en las temporadas de lluvia, se presentan

migraciones “masivas” anuales durante la luna llena de los meses de mayor precipitación, al comienzo de la época de lluvias. El periodo de desove en el Caribe colombiano se puede extender desde mayo-julio hasta finales de noviembre-diciembre (Gifford, 1962; Hill, 2001; Hernández-Maldonado y Campos, 2015).

Al igual que muchos braquiuros, *C. guanhumi* posee un ciclo reproductivo complejo, ya que de acuerdo con Costlow y Bookhout (1968) en los primeros estadios de desarrollo pertenece al meroplancton, luego se convierte en un organismo bentónico, y finalmente, sufre una metamorfosis que lo conduce a ser un organismo semi-terrestre. Estos autores describen de manera detallada todo el ciclo larval con los distintos estadios zoeales, seguido de una etapa de megalopa, y finalmente un juvenil.

En el cultivo de crustáceos la alimentación es un factor determinante, y de acuerdo con Bacab-Cahuich *et al* (2002) las microalgas del género *Tetraselmis* sp. y *Chaetoceros* sp., entre otras, son usadas para el cultivo y levante de las larvas (p.e. decápodos pertenecientes a la familia Portunidae).

Este proyecto de grado establece nuevas técnicas de manejo y cultivo de los individuos en sistemas cerrados, útiles para investigadores que deseen profundizar en la nutrición y cultivo de estos animales. Con la realización de este trabajo se espera proporcionar bases científicas para futuras investigaciones en el cultivo de *C. guanhumi*, y a su vez, contribuir con la conservación y disminución de la presión antrópica sobre este recurso natural.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El cangrejo azul es una de las especies costeras más consumidas por las comunidades locales, lo que ha llevado a su disminución y posteriormente categorización como especies en estado de vulnerabilidad (UV), según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) por sus siglas en inglés (Ardila *et al.*, 2002). Por esto, se ha planteado la estrategia para disminuir presión en el recurso para el Caribe colombiano mediante una actividad acuícola permanente, y que esta, adicionalmente contribuya con el repoblamiento de especímenes en las zonas más afectadas. Para ello se requiere la obtención de una dieta efectiva que permita el desarrollo de esta especie en condiciones controladas. Además, es una actividad importante en la actualidad debido a la escasa información y vacío de conocimiento a los que se enfrentan los investigadores que estudian este decápodo.

Los resultados de la presente investigación acerca de las dietas para los distintos estados de desarrollo del *C. guanhumi* (larvas y adultos) serán importantes para proyectos futuros en el área de la acuicultura de esta especie, ya sea a nivel industrial o de investigación; por ende, se espera que este estudio sea pionero de otras investigaciones en esta temática, y que aporte información clave de una especie considerada como amenazada, y con una gran importancia económica para el Caribe colombiano.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad *C. guanhumi* no cuenta con una dieta establecida para cada etapa de desarrollo (larvas, juveniles y adultos) en condiciones controladas; autores como Costlow y Bookhout (1968), describieron hasta la etapa de juvenil con larvas obtenidas en laboratorio, mediante una dieta a base de nauplios de artemia. Sin embargo, la supervivencia final fue igual a cero. De manera similar; Silva (2006), llegó a la etapa de juvenil en condiciones controladas de laboratorio, pero con larvas obtenidas del medio natural, adicionalmente en el "Capítulo V" de su tesis, evaluaron distintos tipos de alimentos como: microalgas, rotíferos y nauplios de artemia. Aunque, obtuvieron un porcentaje nulo de supervivencia.

En el caso de los adultos, existen estudios como el de Taissoun (1974) donde pudo identificar algunos los alimentos receptivos para la especie en cautiverio, pero sin evaluar de alguna manera aprovechamiento de estos por parte del animal. Esto ha hecho que la industria acuícola aún vea el recurso poco atractivo e inviable, hasta que no estén superadas estas brechas del conocimiento y estandarización de su alimentación.

La pregunta de Investigación para este trabajo fue: **¿Cuáles son los factores nutricionales que permiten el desarrollo de *Cardisoma guanhumi* en condiciones controladas?**

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. General

Evaluar dietas que favorezcan el desarrollo eficiente de los estadios del cangrejo azul *Cardisoma guanhumi* (larvas y adultos) en condiciones controladas de laboratorio.

### 4.2. Específicos

- Establecer dietas para el óptimo desarrollo de los estadios larvales en sistemas controlados de *C. guanhumi*.
- Establecer la densidad larval óptima para el cultivo de *C. guanhumi* en laboratorio.
- Determinar una dieta receptiva para organismos adultos que garanticen la supervivencia de *C. guanhumi* en condiciones de laboratorio.

## 5. MARCO TEÓRICO

### 5.1. Biología De La Especie

Los cangrejos braquiuros: generalmente poseen un grueso exoesqueleto constituido por carbonato de calcio y un par de quelas. Típicamente son conocidos como cangrejos verdaderos, poseen un abdomen pequeño y corto, que se pliega bajo el gran cefalotórax. El pleon es simétrico, pequeño y triangular en los machos; y ancho y redondeado en las hembras, lo que les facilita el almacenamiento de la masa de huevos antes del desove (Calcagno, 2014). Después del desove, poseen un estadio de desarrollado conocido como zoea, que constituye un estado inmaduro larval que presenta caracteres adaptativos propios en grado variable, según el grupo considerado. Algunas larvas poseen estructuras temporales que sólo le son útiles a ellas, y que deberán eliminarse en la transformación larva–adulto (Ide, 2011).

Los cangrejos terrestres como *C. guanhumi* se orientan utilizando luz polarizada durante el día e identificando el sector más brillante del horizonte por la noche. Además, pueden usar otras señales como la geotaxis, la vibración del sustrato, los puntos de referencia y los vientos predominantes, especialmente durante los períodos migratorios. Además, es una especie de crecimiento lento en comparación con otros cangrejos, pues mientras que la mayoría pueden requerir aproximadamente 20 mudas para alcanzar el tamaño máximo, el cangrejo azul requiere más de 60 mudas (Hill, 2001).

Por otro lado, el ciclo reproductivo está estrechamente relacionado con los patrones climáticos estacionales y la fase lunar, y en el trópico suelen ser más abundantes en el segundo semestre del año coincidiendo con la época de lluvias en el Caribe colombiano. (Barrios-Saucedo, 2008). Por otra parte, la fecundidad en el *C. guanhumi* está relacionada con la masa

corporal (p.e. una hembra de 300g puede producir entre 300.000 y 700.000 huevos por desove). La fertilización es interna y durante julio y agosto (para el Caribe colombiano) la mayoría de las hembras llevan masas de huevos externas. Los huevos se transportan durante aproximadamente dos semanas antes de la eclosión y deben liberarse en agua salada para que las larvas sobrevivan. Los huevos eclosionan en larvas de natación libre, pasan por cinco etapas de Zoea y una de Megalopa. El tiempo de desarrollo típico desde la eclosión hasta la primera etapa de los cangrejos es de 42 días en condiciones de laboratorio. Aunque, este tiempo puede ser mucho más largo en la naturaleza (Costlow y Bookhout, 1968; Silva, 2006).

La alimentación de *C. guanhumí* es principalmente vegetariana, ya que recolecta hojas, frutas y hierbas cerca de su madriguera. Sin embargo, los cangrejos también comen insectos, carroña y heces, y algunas veces son caníbales, por lo tanto, es funcionalmente omnívoro. Los alimentos preferenciales de cangrejo azul son las hojas de los mangles rojos y blancos, así como, el árbol de ojales (Taissoun, 1974).

## **5.2. Distribución Y Hábitat**

*Cardisoma guanhumí* posee una distribución muy amplia pasando por América del Norte, Sudamérica e incluso hasta el Oeste de África (Govender *et al.*, 2008). Para Colombia, el cangrejo azul se encuentra ampliamente distribuido en los departamentos del Caribe colombiano (CorpoUrabá, 2011).

Esta especie habita en manglares y matorrales en campos abiertos, la cual construye sus madrigueras en terrenos estables. Casi siempre están presentes en bosques de manglar compuestos por *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*; y helechos como *Acrostichum*

*daneaefolium*; o en zonas sombreadas comúnmente dominadas por *Coccoloba uvifera* y *Canavalia marítima* (Barrios-Saucedo, 2008).

Las madrigueras se extienden hasta dos metros de profundidad o hasta alcanzar el nivel freático, esto forma acumulaciones de sedimento relativamente altas en la entrada de las madrigueras que las protegen (Gifford, 1962). Es importante que la madriguera siempre tenga agua de mar y/o salobre para el proceso de respiración de la especie.

### **5.3. Estado Actual Y Problemática De La Especie**

Las principales amenazas a las que se enfrenta el cangrejo azul en el Caribe, y a nivel global, están relacionadas con la pérdida de su hábitat y la caza indiscriminada de la que es víctima (Arroyave-Rincón *et al.*, 2014). En relación a su medio natural, la problemática se basa en que el manglar está desapareciendo rápidamente a causa de la extensa deforestación, estimándose una tasa de pérdida anual entre el 1% y 2%, con una pérdida neta en el último cuarto de siglo, entre el 35% y 86%, a nivel mundial (Gilman *et al.*, 2008).

Por otra parte, el cangrejo azul es una especie que se encuentra en lo que se denomina “Especie vulnerable” (VU) categoría que se le da a una especie tras ser evaluada por la UICN o entidades nacionales y así se encuentra clasificada en la Lista Roja mundial (*Red List*) y en la lista roja nacional (Ardila *et al.*, 2002). La información registrada al respecto de la especie indica que presenta una alta probabilidad de convertirse en "especie en peligro de extinción" (Arteta-Bonivento, 2009) por diferentes razones como sobrexplotación, pérdida del hábitat, y pesca o caza de tallas inferiores a la talla de madurez sexual, entre otros.

En general, es una especie apreciada a nivel comercial, lo que ha hecho que las poblaciones disminuyan tanto a nivel local, regional y mundial. Su extracción se hace de manera artesanal y existen varias técnicas, aunque la mayoría son poco ortodoxas. En el Caribe continental de Colombia, en donde ha sido aprovechada ampliamente, se han registrado valores máximos de captura en los meses de mayo y junio con intervalos hasta agosto a noviembre (Hernández, 2013).

#### **5.4. Factores Nutricionales Y Bromatología**

Los factores nutricionales son importantes para el buen estado de cualquier ser vivo, es decir: es el resultado del balance entre las necesidades, el gasto de energía alimentaria y de otros nutrientes esenciales, y de manera indirecta, es el resultado de otros determinantes en un espacio dado, representado por factores físicos, genéticos, biológicos y ambientales. Estos factores pueden conllevar a una ingestión insuficiente o excesiva de nutrientes (Pedraza, 2004).

La bromatología consiste en determinar los contenidos de humedad, proteína cruda, fibra cruda, cenizas, grasa bruta, minerales y vitaminas, entre otros, en los alimentos. Es una de las herramientas requeridas para lograr el balance nutricional en las dietas de los animales, y por ende incrementar la productividad pecuaria (Cardona *et al.*, 2002). Adicionalmente, se presenta en la Tabla 1, el contenido nutricional de los alimentos empleados en este estudio (Vásquez y Gómez, 2017).

**Tabla 1.** Contenido nutricional de los alimentos empleados en las Dietas Efectivas (Tomado y modificado de Vásquez y Gómez, 2017).

ALIMENTO	GRAMOS	CHO (g)	PROT (g)	GRS (g)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)	Mg (mg)	KCAL
Mazorca	15,0	2,9	0,5	0,2	0,3	13,4	0,8	2,3	40,5	5,6	13,0
Tomate rojo	60,0	2,8	0,5	0,2	3,0	14,4	0,3	5,4	133,2	6,6	13,0
Guayaba	60,0	7,1	0,5	0,4	12,0	15,0	0,2	1,8	170,4	6,0	30,0
Papa criolla	110,0	20,6	2,8	0,1	7,7	59,4	0,7	0,0	0,0	0,0	91,0
Arroz cocido	30,0	23,6	2,3	0,1	2,7	42,0	0,2	1,5	27,6	7,2	108,0
Tamarindo	100,0	73,7	2,4	0,3	73,0	79,0	1,3	28,0	628,0	92,0	396,0
Remolacha	30,0	2,9	0,5	0,1	4,8	12,0	0,2	23,4	97,5	6,9	13,0
Pera	50,0	7,6	0,2	0,2	5,5	5,5	0,2	0,0	62,5	3,0	30,0
Manzana roja	50,0	7,7	0,1	0,2	3,5	3,5	0,1	0,0	57,5	2,5	30,0
Tomate de árbol	100,0	7,0	1,4	0,1	6,0	22,0	0,4	0,0	0,0	0,0	30,0
Pimentón verde	50,0	3,2	0,5	0,1	4,5	9,5	0,3	1,0	88,5	5,0	13,0
Cebolla puerro	20,0	2,8	0,3	0,1	11,8	7,0	0,4	4,0	36,0	5,6	13,0
Mandarina	80,0	7,6	0,6	0,1	19,2	15,2	0,2	0,7	125,6	9,6	30,0
Uva	85,0	8,2	0,3	0,0	6,8	8,5	0,3	0,0	0,0	0,0	30,0
Pepino	100,0	2,8	0,7	0,1	14,0	20,0	0,3	2,0	144,0	11,0	13,0
Cebolla cabezona	35,0	3,0	0,4	0,1	7,0	11,6	0,1	1,1	55,0	3,5	13,0
Naranja	65,0	7,7	0,6	0,1	54,6	15,0	2,2	0,0	117,7	6,5	30,0
Fresa	95,0	6,6	0,8	0,4	26,6	25,7	0,8	1,0	157,7	9,5	30,0
Banano	35,0	8,2	0,4	0,2	2,1	7,0	0,1	0,4	138,6	10,2	30,0
Mango	45,0	7,7	0,2	0,1	4,5	5,0	0,1	0,9	70,2	4,1	30,0
Mora	60,0	7,7	0,5	0,2	19,2	12,6	0,4	0,0	117,6	12,0	30,0

## 6. ESTADO DEL ARTE

### 6.1. Alimentación En Otras Especies De Crustáceos

En cuanto a la alimentación en otras especies de cangrejo, Garcés (2015) en Ecuador evaluó los aspectos biológicos, reproductivos y la densidad poblacional de *Cardisoma crassum*, entre otros, confirmando que *C. crassum* es principalmente vegetariano en el medio silvestre, y se alimenta de hojas caídas de los manglares y plantas circundantes (p.e. mangle, helecho ranconcha y nato, entre otros). Sin embargo, este cangrejo puede ser mantenido en cautiverio y ser alimentado con frutos, tales como: piña, guayaba, coco, plátano maduro y maíz, entre otros (Garcés, 2015).

Por otra parte, Tabares-Berón (2014) en Buenaventura (Valle del Cauca) y Tumaco (Nariño), evaluó el efecto de tres dietas elaboradas para *C. crassum* con diferentes porcentajes de proteína animal sobre el crecimiento del cangrejo en condiciones de cultivo, durante un periodo aproximado de 30 días. La supervivencia presentó valores de 86.67% en los tratamientos con 24% y 30% en contenido de proteína, mientras que el valor más bajo (83.33%) lo obtuvo el tratamiento con contenido proteico de 40%.

En especies como la jaiba azul (*Callinectes sapidus*) se encuentran algunos trabajos realizados en México. En uno de ellos se indujo la puesta de diez desoves de jaiba azul en laboratorio, a partir de hembras ovadas. Una vez obtenidas las larvas se procedió a alimentarlas con *Tetraselmis chui*, a una concentración de 300.000 células por mililitro, rotíferos con una concentración de 100 organismos por mililitro y aproximadamente 0.5 nauplios de *Artemia* por mililitro a las larvas desde zoea V hasta el primer estadio de megalopa. (Bacab-Cahuich *et al.*, 2002).

Así mismo, es posible encontrar trabajos en nutrición de otros grupos de crustáceos, como los camarones peneidos, ya que la alimentación en las primeras etapas es similar debido a que la mayoría de larvas tienen hábitos planctónicos, como el estudio realizado por Gaxiola *et al.* (2006), en *Litopenaeus vannamei* donde investigaron diversos aspectos: 1) qué tan rápido es capaz de adaptarse el camarón a una dieta nueva en función de su composición; y 2) qué tipo de dietas se requieren para las larvas, post-larvas, juveniles y adultos a base de *Artemia* sp., harina de pescado y materia vegetal, con las que se obtuvieron resultados satisfactorios para cada uno de los estadios.

## **6.2. Alimentación De *C. guanhumi* En Adultos**

Para la alimentación de *C. guanhumi* Taissoun (1974) llevó a cabo una investigación sobre la distribución, ecología, biología y evaluación poblacional del cangrejo azul, en donde hace referencia a la alimentación y ciclo larval de esa especie, tanto en estado de cautiverio como silvestre. El autor determinó que *C. guanhumi* se alimenta de hojas, flores y frutos de las plantas que forman su hábitat, aunque en cautiverio y sin variedad de su alimento vegetal los ejemplares desarrollaron un comportamiento caníbal, pues en los corrales experimentales observaron que algunos se alimentaban de cangrejos muertos de su misma especie (Taissoun, 1974).

### **6.3. Alimentación De *C. guanhumi* En Larvas**

Costlow y Bookhout (1968) y Silva (2006) detallaron las distintas etapas larvales de *C. guanhumi* en condiciones controladas de laboratorio, desde el desarrollo embrionario hasta la etapa juvenil. Estos autores también brindaron aportes sobre la alimentación mediante nauplios de *Artemia* sp., rotífero enriquecido y congelado; rotífero vivo y microalgas. Costlow y Bookhout (1968) en sus resultados describieron los estadios larvales del cangrejo azul, posee cinco etapas Zoea, una de Megalopa, y finalmente pasa a ser Juvenil, con un tiempo de desarrollo de 42,2 días a 25°C; y 36 días en condiciones de oscuridad (Costlow y Bookhout 1968; Silva, 2006).

### **6.4. Acuicultura**

La acuicultura se define como un conjunto de actividades cuyo fin es la producción de organismos acuáticos, ya sean de aguas dulces, salobres o saladas (FAO, 1986). Hoy en día, existen grandes grupos de interés acuícola (algas, crustáceos, peces y moluscos). Además, tiene el mismo objetivo que la agricultura, conseguir una producción controlada de bienes alimentarios para mejorar el abastecimiento del consumo (FAO, 2016; FAO, 2018).

Por otra parte, el alimento vivo en acuicultura se describe como el grupo de organismos planctónicos que constituyen la base en la alimentación de los estadios larvarios de los crustáceos, los moluscos y las post-larvas de peces, entre otros. Entre el zooplancton se destacan organismos, tales como la artemia, y los cladóceros, copépodos y rotíferos, entre otros. Vale la pena mencionar que la *Artemia salina* es un pequeño crustáceo de más de dos centímetros de longitud en su estado adulto, habita en ambientes salinos y se utiliza

mundialmente como alimento de peces y camarones. Hoy en día se está planteando la viabilidad de utilizarla en la cría de otros animales y para uso humano (Ochoa, 2000).

Y entre el fitoplancton se destacan variados grupos de microalgas, principalmente diatomeas y clorofitas (Guevara, 2006). Estas son organismos unicelulares eucariotas fotosintéticos cuyo tamaño oscila entre las 2  $\mu\text{m}$  y las 200  $\mu\text{m}$  que pueden crecer de manera autótrofa o heterótrofa. Usualmente son altamente eficientes en la fijación del  $\text{CO}_2$  y en el uso de la energía solar para generar biomasa (Céspedes, 2015).

Uno de los principales grupos de microalgas marinas usadas en la acuicultura son los integrantes del género *Chaetoceros*; el cual es un tipo de diatomea céntrica con una frústula o pared celular compuesta de sílice que contiene setas largas y delgadas. El tamaño de la celda puede variar entre 10  $\mu\text{m}$  a 50  $\mu\text{m}$  (Sunesen, 2009). Otra microalga importante es *Nannochloropsis*, la cual difiere de otras en que tienen clorofila a y carecen por completo de clorofila b y clorofila c. Además, pueden acumular altas concentraciones de una gama de pigmentos, tales como la astaxantina, la zeaxantina y la cantaxantina. Tienen una estructura simple y un diámetro que oscila entre 2  $\mu\text{m}$  a 3  $\mu\text{m}$  (Kandilian *et al.*, 2013).

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1. Diseño Experimental

Para realizar el estudio fue necesario la colecta de hembras ovadas en su medio natural, recogidas en el área costera de diferentes municipios y corregimientos del departamento de Bolívar, adyacentes a Cartagena, tales como: Tierra Baja, Manzanillo del Mar, Lomita Arena, Caño del Oro, Galerazamba y Volcán del Totumo, entre otros. Al coleccionar las hembras ovadas, se transportaron los cangrejos al Laboratorio de Acuicultura de la Universidad del Sinú, en unos acuarios portátiles, especialmente diseñados para disminuir el estrés del desplazamiento y ocasionar una liberación prematura de las larvas. La liberación de la masa ovígera se realizó en este recipiente (Figura 1), y se tomaron 5 submuestras para hacer el cálculo del número de individuos que se necesitaron para el bioensayo.



*Figura 1.* Recipiente para la liberación de la masa ovígera.

### 7.1.1. Diseño Experimental Larvas

Para las larvas se realizó un **pre-ensayo larvas** con el fin de determinar la efectividad de la alimentación que se les administraría a los individuos con base en registros anteriores (Costlow y Bookhout 1968; Silva, 2006).

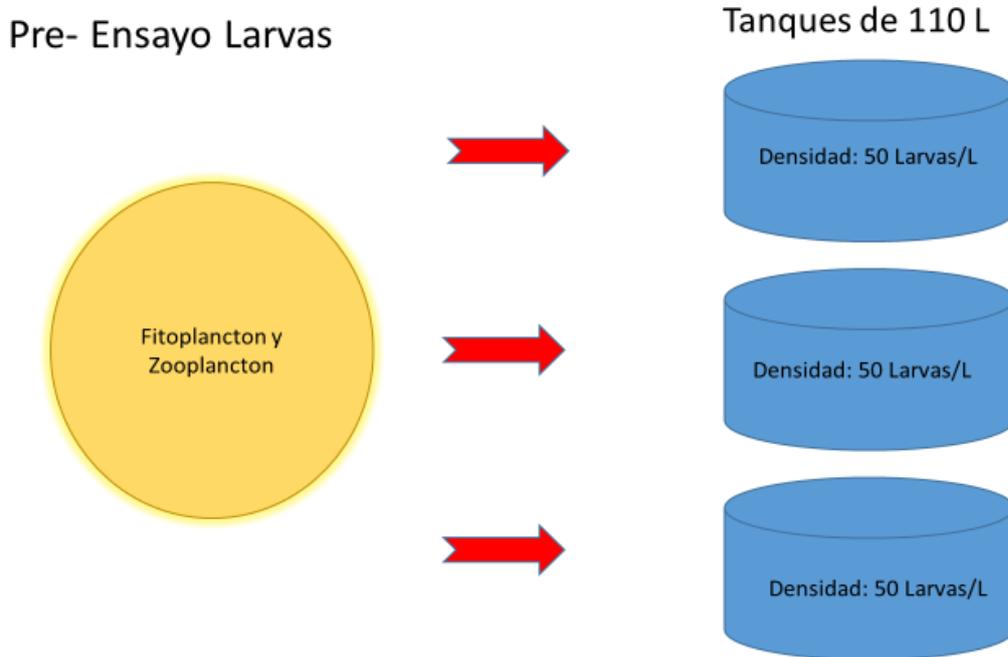
Para el montaje del pre-ensayo de las larvas se procedió a adecuar acuarios individuales similares a los descritos con anterioridad, con el objetivo de garantizar la supervivencia de las larvas, una vez estas fueran liberadas por sus progenitoras. Después de la liberación por parte de las hembras, se procedió a reubicar las larvas en tanques de 110 L (Figura 2), de manera que se facilitara el manejo, control y administración de las distintas dietas (Tratamientos).



*Figura 2.* Tanques con 110L de agua de mar empleados en el montaje del pre-ensayo.

Los tanques contaron con aireación permanente. Además, se empleó una densidad de 50 larvas/L (com. per. Torres, 2019) con el fin de reducir la tasa de mortalidad de las larvas. Una vez se aclimataron las larvas, se procedió a administrar diferentes densidades de

microorganismos (p.e. rotíferos, *Chaetoceros sp* y *Artemia salina*, entre otros) para evaluar cuales eran efectivos o no (Figura 3).



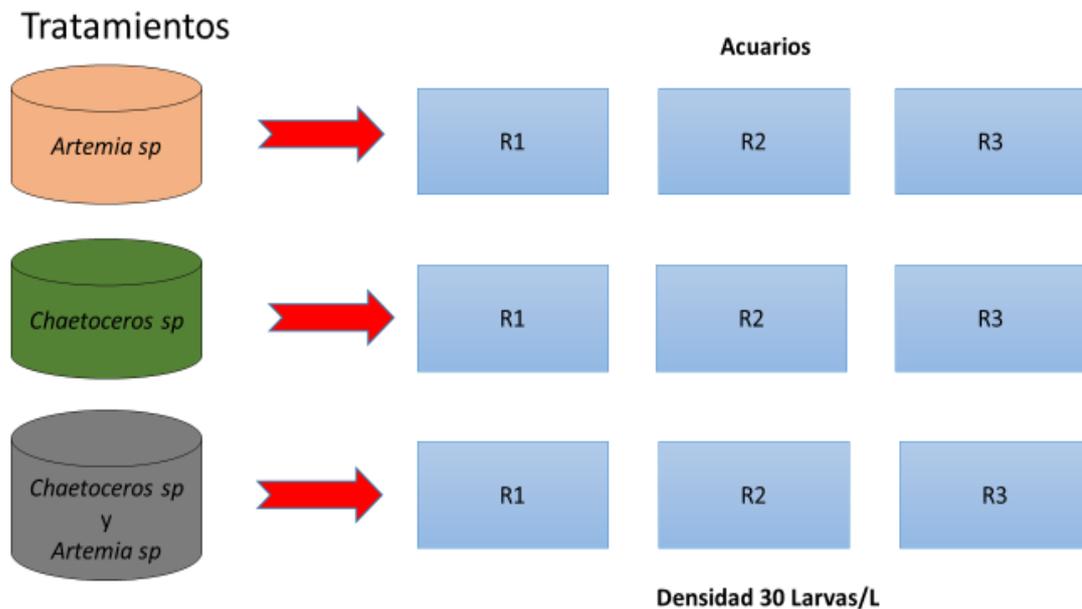
**Figura 3.** Esquema diseñado para el Pre-Ensayo en Larvas.

Con los resultados del pre-muestreo se desarrollaron dos experimentos, uno con el fin de determinar la efectividad de la dieta (**Diseño I Larvas**); y otro, para determinar la densidad óptima para el mejor desarrollo con la dieta adecuada a partir de los resultados del Diseño I (**Diseño II Larvas**).

**Diseño Experimental para Larvas (Diseño I Larvas)-EFECTIVIDAD:** se experimentó con tres dietas alimentarias, teniendo en cuenta los resultados efectivos del pre-ensayo, donde se obtuvieron un total de 16 juveniles de *C. guanhumi* al final de pre-ensayo. Se adecuaron nueve acuarios con capacidad para 20 L, para el desarrollo de los tres tratamientos, cada uno con tres réplicas, aireación permanente y una densidad de 30 larvas/L (densidad determinada después del pre-ensayo) (Figura 4). Una vez realizada la aclimatación, se procedió a administrar las dietas desarrolladas a partir de los alimentos que demostraron

efectividad en el pre-ensayo (*Artemia sp* y *Chaetoceros sp*). Los tres tratamientos consistían en: una dieta exclusivamente de fitoplancton (DIETA 1), otra con zooplancton (DIETA 2), y la tercera fue una combinación en igual proporción de fitoplancton y zooplancton (DIETA 3).

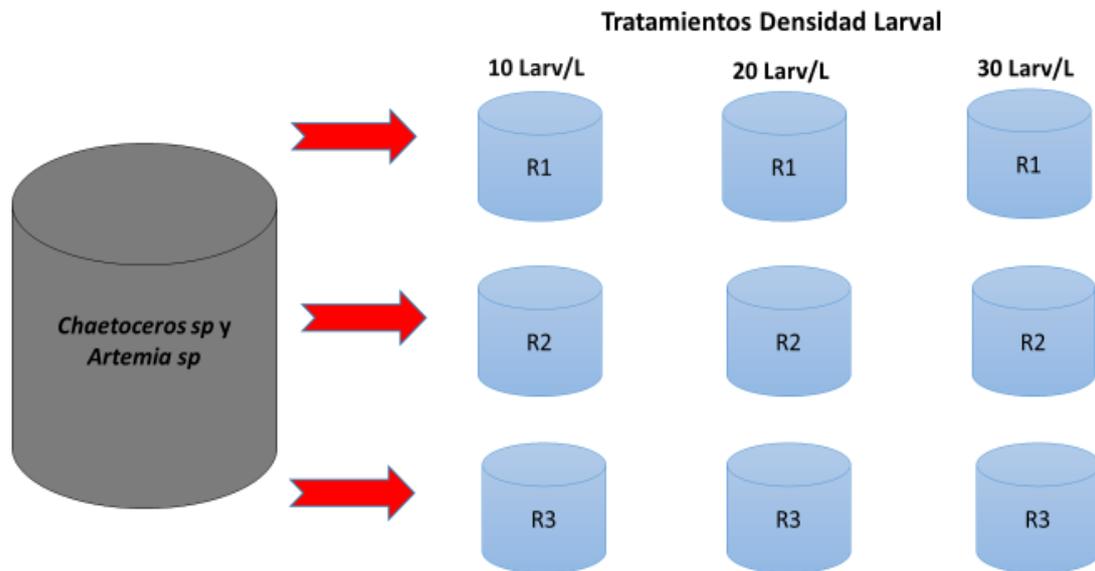
## Diseño I Larvas



**Figura 4.** Diseño Experimental I Larvas.

**Diseño Experimental II Larvas (Diseño II Larvas)-DENSIDAD LARVAL:** Se escogió la Dieta 3 (*Artemia sp* y *Chaetoceros sp*) la cual evidenció mayor porcentaje de supervivencia larval en el pre-ensayo. Se usaron nueve tanques de 80 L divididos en tres tratamientos, cada uno contaba con tres réplicas. En este diseño la variable a evaluar fue la densidad larval (DENSIDAD 1: 10 larvas/L; DENSIDAD 2: 20 larvas/L; DENSIDAD 3: 30 larvas/L) (Figura 5), siguiendo lo propuesto por Costlow y Bookhout (1968), Gaxiola *et al.* (2006) y los criterios de equipo de trabajo, con el fin de evaluar el comportamiento de la supervivencia larval.

## Diseño II Larvas



**Figura 5.** Diseño Experimental II Larvas.

Cada tres días se revisó la concentración de microalgas mediante una Cámara de *Neubauer*, y semanalmente, se tomó la densidad de las larvas para tener una perspectiva de la supervivencia o mortalidad larval de cada tratamiento. Además, se midieron los parámetros físico-químicos: pH, salinidad, temperatura y amonio (este último una vez por semana, teniendo en cuenta la poca variabilidad de este en un sistema cerrado), todo esto para garantizar las condiciones de cultivo apropiadas para la especie.

Al final del diseño experimental se liberaron tanto los ejemplares adultos, como los diferentes estadios larvales (juveniles, megalopas y zoeas) a su medio natural, con fines de contribuir a la conservación de la especie (Figura 6).



**Figura 6.** Esteban Zarza, Docente de la Universidad del Sinú liberando las larvas de *Cardisoma guanhumi*.

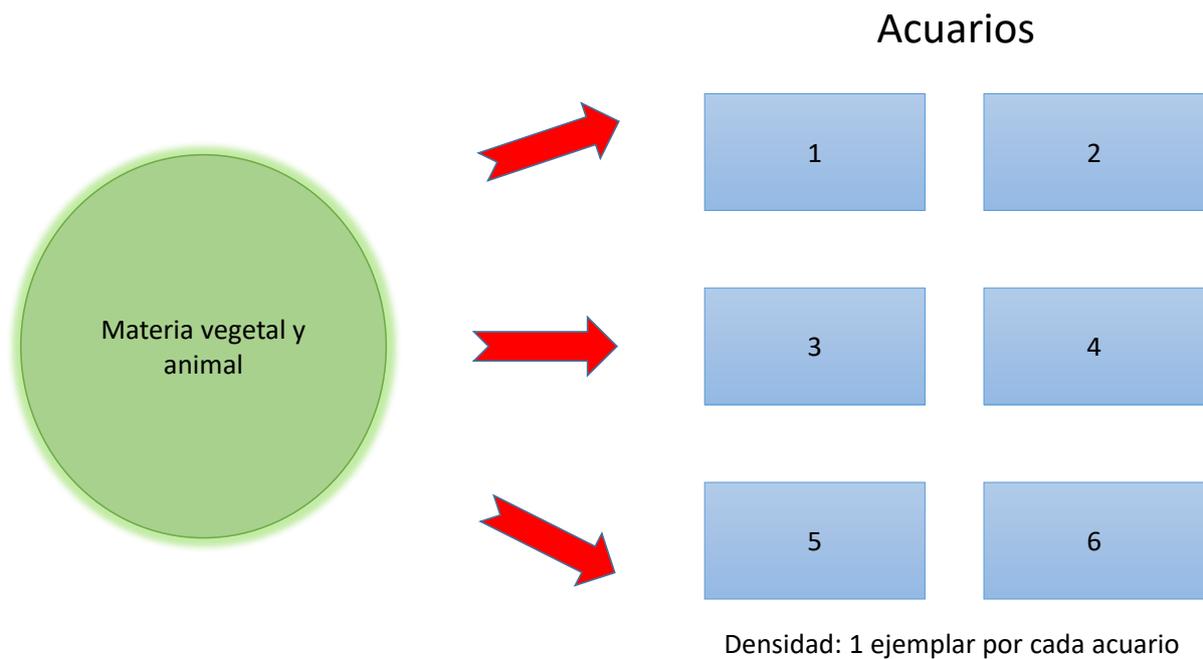
### **7.1.2. Diseño Experimental Adultos**

Primero se realizó un **pre-ensayo Adultos** que tenía como objetivo establecer la dieta adulta base para la alimentación de los ellos. Los reproductores de *C. guanhumi* se obtuvieron de pescadores locales cuya finalidad era la comercialización y consumo de esos animales. Una vez adquiridos los ejemplares, se procedió a adecuar seis espacios individuales (acuarios), uno para cada ejemplar; los cuales fueron adaptados con un espacio terrestre y una sección acuática, simulando el hábitat natural de la especie. Asimismo, el acuario poseía una zona de refugio adecuada (codos de PVC) y una zona de alimentación (Figura 7).



**Figura 7.** Acuarios adecuados para ejemplares adultos: zona terrestre, zona acuática, zona de alimentación y zona de refugio (o madriguera).

Durante los treinta días del pre-ensayo, a los cangrejos adultos se le suministraron diferentes alimentos vegetales y animales previamente registrados en literatura por otros autores, tales como: manzana, pescado, hojas de *Rhizophora mangle* y lechuga, entre otras (Taissoun, 1974; Silva, 2006) para determinar los tipos de alimento efectivos (Figura 8).



**Figura 8.** Esquema diseñado para el Pre-Ensayo en Adultos.

Teniendo en cuenta los resultados del pre-ensayo realizado en adultos, se desarrollaron tres dietas efectivas diferentes (Tratamientos) basadas en las cantidades de nutrientes presentes en los alimentos (p.e. carbohidratos, lípidos y proteínas, entre otros). En el presente trabajo, después de revisar la bromatología de cada uno de los alimentos, se escogieron los carbohidratos (CHO), por su cantidad y frecuencia en la mayoría de los alimentos: dieta efectiva 1 con 21,6 mg de CHO (Tabla 2); dieta efectiva 2 con 7,7 mg de CHO (Tabla 3), y dieta efectiva 3 con 8,3 mg de CHO (Tabla 4). A continuación, se presenta la distribución de los nutrientes en cada dieta efectiva.

**Tabla 2.** Composición bromatológica de la Dieta Efectiva 1 (CHO: carbohidratos; PROT: proteínas; GRS: grasas; Ca: calcio; P: fosforo; Fe: hierro; Na: sodio; K: potasio; Mg: magnesio; KCAL: kilocalorias).

ALIMENTO	Dieta 1									
	CHO (mg)	PROT (mg)	GRS (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)	Mg (mg)	KCAL
Mazorca	1,9	0,3	0,1	0,2	8,9	0,5	1,5	27,0	3,7	8,7
Tomate rojo	0,5	0,1	0,0	0,5	2,4	0,1	0,9	22,2	1,1	2,2
Guayaba	1,2	0,1	0,1	2,0	2,5	0,0	0,3	28,4	1,0	5,0
Papa criolla	1,9	0,3	0,0	0,7	5,4	0,1	0,0	0,0	0,0	8,3
Arroz cocido	7,9	0,8	0,0	0,9	14,0	0,1	0,5	9,2	2,4	36,0
Tamarindo	7,4	0,2	0,0	7,3	7,9	0,1	0,0	62,8	9,2	39,6
Remolacha	1,0	0,2	0,0	1,6	4,0	0,1	7,8	32,5	2,3	4,3
<b>TOTAL</b>	<b>21,6</b>	<b>1,9</b>	<b>0,3</b>	<b>13,2</b>	<b>45,1</b>	<b>1,0</b>	<b>11,0</b>	<b>182,1</b>	<b>19,7</b>	<b>104,0</b>

**Tabla 3.** Composición bromatológica de la Dieta Efectiva 2 (CHO: carbohidratos; PROT: proteínas; GRS: grasas; Ca: calcio; P: fósforo; Fe: hierro; Na: sodio; K: potasio; Mg: magnesio; KCAL: kilocalorías).

ALIMENTO	Dieta 2									
	CHO (mg)	PROT (mg)	GRS (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)	Mg (mg)	KCAL
Pera	1,5	0,0	0,0	1,1	1,1	0,0	0,0	12,5	0,6	6,0
Manzana roja	1,5	0,0	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	11,5	0,5	6,0
Tomate de árbol	0,7	0,1	0,0	0,6	2,2	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0
Pimentón verde	0,6	0,1	0,0	0,9	1,9	0,1	0,2	17,7	1,0	2,6
Cebolla puerro	1,4	0,2	0,0	5,9	3,5	0,2	2,0	18,0	2,8	6,5
Mandarina	1,0	0,1	0,0	2,4	1,9	0,0	0,1	15,7	1,2	3,8
Uva	1,0	0,0	0,0	0,8	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,5
<b>TOTAL</b>	<b>7,7</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>12,4</b>	<b>12,3</b>	<b>0,4</b>	<b>2,3</b>	<b>75,4</b>	<b>6,1</b>	<b>31,4</b>

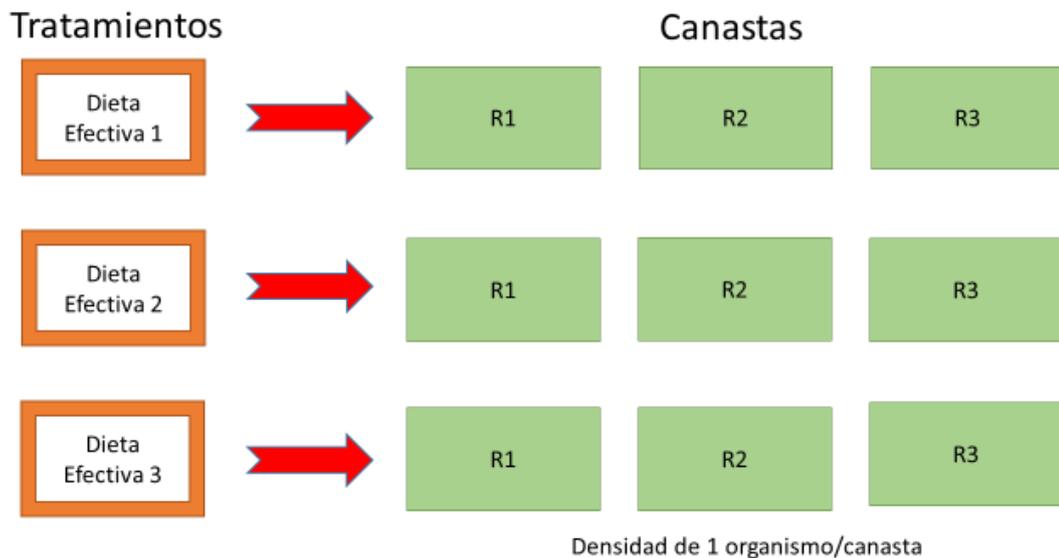
**Tabla 4.** Contenido nutricional de la Dieta Efectiva 3 (CHO: carbohidratos; PROT: proteínas; GRS: grasas; Ca: calcio; P: fosforo; Fe: hierro; Na: sodio; K: potasio; Mg: magnesio; KCAL: kilocalorías).

ALIMENTO	Dieta 3									
	CHO (mg)	PROT (mg)	GRS (mg)	Ca (mg)	P (mg)	Fe (mg)	Na (mg)	K (mg)	Mg (mg)	KCAL
Pepino	0,3	0,1	0,0	1,4	2,0	0,0	0,2	14,4	1,1	1,3
Cebolla cabezona	0,9	0,1	0,0	2,0	3,3	0,0	0,3	15,7	1,0	3,7
Naranja	1,2	0,1	0,0	8,4	2,3	0,3	0,0	18,1	1,0	4,6
Fresa	0,7	0,1	0,0	2,8	2,7	0,1	0,1	16,6	1,0	3,2
Banano	2,3	0,1	0,1	0,6	2,0	0,0	0,1	39,6	2,9	8,6
Mango	1,7	0,1	0,0	1,0	1,1	0,0	0,2	15,6	0,9	6,7
Mora	1,3	0,1	0,0	3,2	2,1	0,1	0,0	19,6	2,0	5,0
<b>TOTAL</b>	<b>8,3</b>	<b>0,6</b>	<b>0,2</b>	<b>19,4</b>	<b>15,5</b>	<b>0,6</b>	<b>0,9</b>	<b>139,6</b>	<b>9,9</b>	<b>33,0</b>

Posterior a esto, se realizó el **diseño experimental de adultos (Diseño I Adultos)**, en donde se colocaron nueve canastas plásticas, repartidas en tres tratamientos (Dieta Efectiva), cada uno con tres réplicas (R1, R2 y R3). Cada tratamiento tuvo una dieta diferente compuesta por la combinación de los diferentes alimentos efectivos del pre-ensayo (Figura 9), con el fin de evaluar los tres tratamientos (Dieta Efectiva 1, Dieta Efectiva 2 y Dieta Efectiva 3). Adicionalmente se pesó diariamente el alimento no consumido de cada individuo y se

administró alimento nuevo debidamente pesado (10 g) con una balanza analítica, esto para asegurar una mayor precisión en los datos.

## Diseño I Adultos

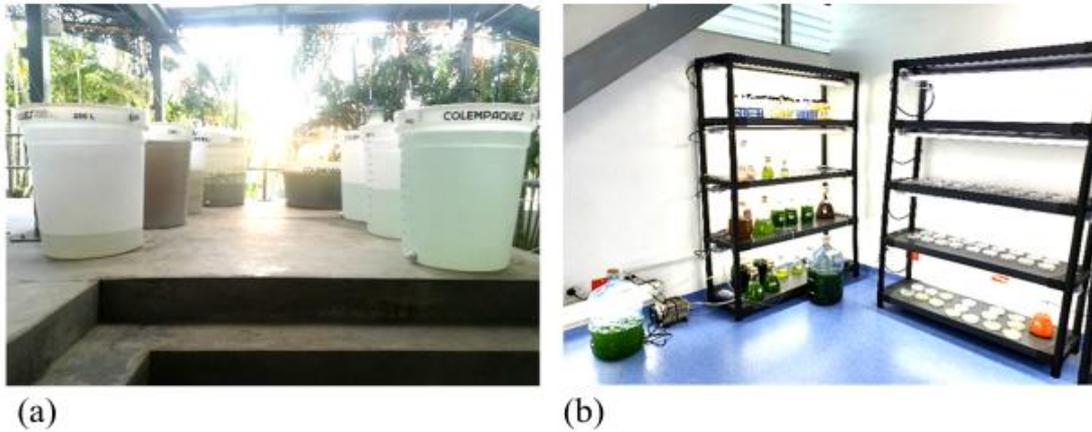


**Figura 9.** Diseño Experimental Adultos.

### 7.2. Población Y Muestra

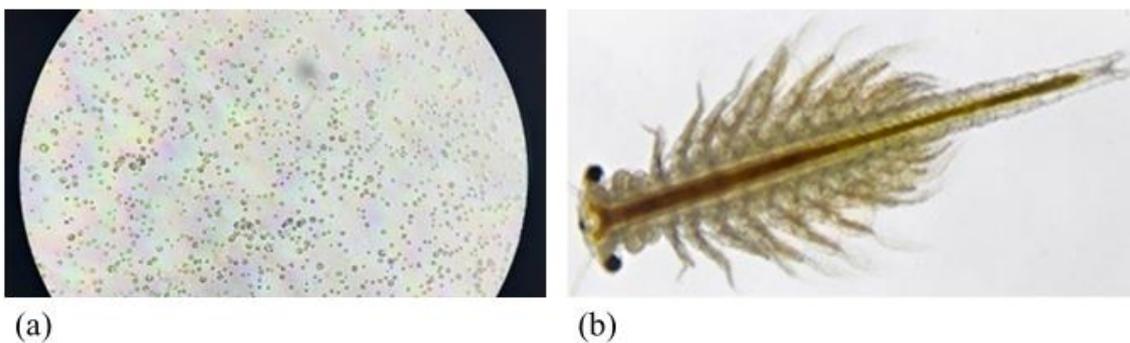
La Universidad del Sinú-Seccional Cartagena cuenta con dos laboratorios: Laboratorio de Acuicultura y Laboratorio de Biotecnología Algal (Figura 10), el cual se encuentra adecuado para el manejo de organismos en sistemas controlados. Se emplearon los insumos necesarios para iniciar el cultivo del cangrejo azul *C. guanhumi* en condiciones de laboratorio: adultos, larvas de cangrejo, materiales (canastas plásticas, acuarios, tanques, tubos de plásticos) y equipos (bomba de agua JDWM, 2/30 1.5HP, termómetro digital, refractómetro, balanza analítica, calibrador digital 6", calibrador digital 8" general y reflector LED), quistes de *Artemia* y cepas de microalgas, entre otros. Una vez se realizó la adecuación del laboratorio, se procedió a tomar los datos biológicos y físico-químicos diarios y semanales para determinar

los aspectos reproductivos de la especie. Asimismo, se realizaron los cultivos y escalamientos de alimento vivo.



**Figura 10.** Laboratorios Escuela de Biología Marina: a) Acuicultura y b) Biotecnología algal.

Para generar la dieta en el nivel de larvas en este estudio se experimentó con *Artemia salina* y con las microalgas *Chaetoceros* sp. y *Nannochloropsis* sp. (Figura 11) (Costlow y Bookhout, 1968; com. per, Torres, 2019) para identificar la dieta óptima del desarrollo de estos organismos.



**Figura 11.** Tipos de alimento vivo: a) *Nannochloropsis* sp.; b) *Artemia salina*.

El escalonamiento se inició en cajas de Petri con agar enriquecido para aislar la cepa. Después se hizo un aumento paulatino de volumen del recipiente en el que se cambió temporalmente y eran transferidas a un medio líquido enriquecido con Solución *Conway*, a una tasa de disolución de 1 ml/L. garantizando así, su crecimiento exponencial hasta que se traspasaba a tanques de 100 L de capacidad (Piñera, 2002) (Figura 12).



**Figura 12.** Alimento vivo (microalgas) para peces y crustáceos en el Laboratorio de Acuicultura.

Para este tipo de larva de cangrejo, se manejaron concentraciones de 50.000 células/ml de microalgas (FAO, 1998). Sin embargo, al tratarse de una especie que cuenta con tan poca información, se experimentó usando distintas densidades de alimento vivo. A medida que las larvas iban avanzando en sus estadios (Zoea I, II, III, IV, V) se debió adicionar *Artemia* sp., además de las microalgas, para su alimentación.

Para el cultivo de *Artemia* sp. se contó con un eclosionador de quistes, agua de mar filtrada, un sistema de aireación y luz solar (Figura 13). Se inició colocando el eclosionador en un lugar donde tenía exposición indirecta a la luz solar, luego el recipiente fue llenado con agua de mar y se le activó la aireación constante, y después, se le aplicó una cantidad

determinada de coriones (4,5 g), de acuerdo al volumen del recipiente, para que eclosionara la *Artemia* sp. (FAO, 1986). Pasadas 24 y 48 horas se inició con la cosecha de los nauplios para ser administrados a las larvas del cangrejo azul.



**Figura 13.** Eclosionador de quistes de *Artemia* sp. de la Universidad del Sinú.

### 7.3. Variables

Las variables biológicas, alimentarias y físico-químicas que se midieron se presentan en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Variables a medir del presente estudio.

VARIABLES	LARVAS	ADULTOS
<b>Biológicas</b>	Densidad larval.	Peso de los individuos.
<b>Alimentarias</b>	Densidad óptima del alimento.	Porcentaje óptimo de carbohidratos
	Tipo de alimento.	en el alimento.
<b>Fisco-Químicas</b>	Temperatura	
	pH	
	Salinidad	
	Amonio	

#### 7.4. Plan De Análisis

Los datos recolectados se organizaron en bitácoras y bases de datos que permitieron hacer los análisis estadísticos posteriores en el Software PRIMER.

Para los experimentos con los Adultos, inicialmente se realizó una estadística descriptiva para cada dieta efectiva a partir de los pesos finales de los organismos. Además, se comprobó normalidad y se revisó la relación de dietas efectivas Vs. peso neto mediante una prueba ANOVA a una vía. También, se compararon los pesos entre las dietas efectivas Vs. sexo, a pesar de que esto no fue contemplado en el diseño experimental inicial, en los machos se aplicó sólo estadística descriptiva, y en las hembras; se hizo una prueba de *Mann-Whitney U*, para la ganancia y pérdida de peso final en ellas. Finalmente, en el análisis de peso inicial Vs. peso final se revisaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad con las pruebas *Shapiro Wilk* y *Levene*, posteriormente, se realizó una prueba *t* de *Student* (Zar, 2010)

Para el contenido nutricional de las dietas usadas en los adultos se realizó estadística básica descriptiva de cada una de ellas.

Y finalmente, para el experimento con las larvas, se realizó estadística descriptiva para la densidad larval inicial y final, posteriormente, se revisaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad mediante una prueba de *U* de *Mann-Whitney*, y para los parámetros físico – químicos, se realizó estadística básica descriptiva, aunque para el amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) se aplicó una correlación de *Spearman* con el fin de determinar si existía una relación de éste parámetro Vs. la densidad larval, teniendo en cuenta la importancia de ese parámetro en los cultivos en sistemas cerrados.

## 8. RESULTADOS

### 8.1. Experimentos En Adultos

En el Pre-Ensayo de los adultos, se pudieron determinar los alimentos con receptividad positiva, por ejemplo, las frutas y los vegetales con cargas importantes de carbohidratos, pero lo más relevante fue la observación de la receptividad negativa con respecto a la proteína animal. En la Tabla 6 se encuentran los estadísticos del diseño experimental en adultos para cada dieta efectiva a partir de los pesos finales de los organismos, en la cual se observa una gran variabilidad en los pesos de los individuos en cada dieta, principalmente en la dieta D1.

**Tabla 6.** Estadísticos de los pesos finales en cada una de las dietas efectivas (N: Número de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).

	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
<b>N</b>	3	3	3
<b>Mínimo</b>	108,7	97,2	89,8
<b>Máximo</b>	189,8	169,4	136,3
<b>Media</b>	155,66	128,93	120,43
<b>Error estándar</b>	24,27	21,29	15,31
<b>Varianza</b>	1767,82	1360,41	704,10
<b>Desviación estándar</b>	42,04	36,88	26,53
<b>Mediana</b>	168,5	120,2	135,2

Por otra parte, en la Tabla 7 se observa como en las dietas D1 y D2, algunos ejemplares aumentaron ligeramente de peso, a diferencia de la dieta D3, en la que todos tuvieron una disminución notable.

**Tabla 7.** Estadísticos de la diferencia de pesos (peso inicial y peso final) entre las tres dietas (N: Número de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).

	<b>D1</b>	<b>D2</b>	<b>D3</b>
<b>N</b>	3	3	3
<b>Mínimo</b>	<b>-1,20</b>	<b>-5,60</b>	-2,80
<b>Máximo</b>	<b>4,70</b>	<b>0,20</b>	-0,20
<b>Media</b>	1,67	-3,07	-1,57
<b>Error estándar</b>	1,71	1,71	0,75
<b>Varianza</b>	8,72	8,81	1,70
<b>Desviación estándar</b>	2,95	2,97	1,31

En la Tabla 8 se describe la ganancia neta de peso (es decir, la diferencia entre el peso inicial y el peso final), con lo cual se evidencia de manera más clara la ganancia o pérdida de peso en los organismos durante el experimento.

**Tabla 8.** Estadísticos de la ganancia o pérdida neta de pesos en el diseño experimental de los adultos (N: números de muestras).

	<b>Peso inicial (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Ganancia o Pérdida neta (g)</b>
<b>N</b>	9	9	9
<b>Mínimo</b>	90	89,8	-5,6
<b>Máximo</b>	191	189,8	4,7
<b>Media</b>	136,00	135,01	-0,99
<b>Error estándar</b>	11,86	11,60	1,01
<b>Varianza</b>	1267,00	1211,62	9,20
<b>Desviación estándar</b>	35,59	34,81	3,03
<b>Mediana</b>	138	135,2	-1,2

### 8.1.1 Relación de Dietas Efectivas Vs. Peso Neto

Después de haberse comprobado los supuestos de normalidad, en la Tabla 9, se presenta una ANOVA a una vía entre los pesos netos de los individuos adultos para las tres dietas, y se evidencia que, no existen diferencias significativas entre los pesos netos de los individuos en las diferentes dietas efectivas ( $p > 0,05$ ).

**Tabla 9.** ANOVA a una vía entre los pesos netos en las diferentes dietas efectivas.

Comparación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de cuadrados	F	P
Entre grupos	35,11	2	17,55	2,737	0,143
Dentro de grupos	38,48	6	6,41		0,1394
Total	73,59	8	0,14		
Prueba de <i>Levene</i> (Homocedasticidad)					0,4535

### 8.1.2. Pesos Entre Las Dietas Efectivos Vs. Sexo

Tal como se mencionó con anterioridad, ésta comparación entre las dietas efectivas y su relación con el sexo de los cangrejos se observó *a posteriori*, cuando se estaban analizando los datos, y es por esto que, no hay ejemplares de ambos sexos en todas las dietas efectivas, puesto que en la dieta D3, el grupo de individuos fueron solo hembras, por lo cual no se pudo realizar la descripción del comportamiento de la dieta para los machos.

### 8.1.3. Peso Neto En Hembras

En la Tabla 10 se describe la ganancia o pérdida de peso neto en las hembras en la dieta D1, presentando valores de 1,50 como mínimo, y 4,70 como máximo. No se presentaron diferencias entre las dietas D2 y D3.

**Tabla 10.** Estadísticos del peso neto en hembras (N: números de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).

D1	D2	D3
----	----	----

<b>N</b>	2	3	3
<b>Mínimo</b>	<b>1,50</b>	-2,8	-2,80
<b>Máximo</b>	<b>4,70</b>	-0,2	-0,20
<b>Media</b>	3,10	-1,56	-1,57
<b>Error estándar</b>	1,60	0,75	0,75
<b>Desviación estándar</b>	2,26	1,30	1,31

#### 8.1.4. Peso neto en Machos

Cómo se mencionó anteriormente, los cangrejos adultos machos no estuvieron presentes en el tratamiento D3, sin embargo, en la Tabla 11 se presentan los pesos netos en los otros tratamientos (D1 y D2) en los que sí estuvieron presentes, y en ella se observa que en la Dieta 1 hubo una tendencia a la pérdida de peso neto, y en la Dieta 2, uno de los ejemplares ganó peso neto.

**Tabla 11.** Estadísticos del peso neto en machos (N: Números de individuos; D1: Dieta 1; D2: Dieta 2; D3: Dieta 3).

	<b>D1</b>	<b>D2</b>
<b>N</b>	1	2
<b>Mínimo</b>	-1,20	-5,60
<b>Máximo</b>	-1,20	0,20
<b>Media</b>	-1,20	-2,70
<b>Error estándar</b>	0	2,90
<b>Desviación estándar</b>	0	4,10

#### 8.1.5. Peso inicial y final de adultos Vs. sexo

##### 8.1.5.1. *Ganancia-Pérdida de peso en hembras*

Se aplicó una prueba estadística no paramétrica debido a que el  $n$  era bajo. En la Tabla 12 se evidencia que no existen diferencias estadísticamente significativas entre el peso inicial y el final para el caso de las hembras ( $p=0,80985$ ).

**Tabla 12.** Prueba U *Mann-Whitn* para la ganancia y pérdida de peso en hembras

H_inicial	H_final
N: 6	N 6:
Rango medio: 3,4167	Rango medio: 3,0833
U <i>Mann-Whitney</i> : 16	
z : 0,24061	p=0,80985

En la Tabla 13 se pueden observar algunos valores de ganancia neta de 4,7 y 1,5 en algunas hembras (33% del total), sin embargo, esto debe determinarse en un posterior estudio con un diseño experimental diferente y con una mayor duración (> 30 días).

**Tabla 13.** Ganancia neta de peso en hembras.

Peso inicial (g)	Peso final (g)	Ganancia neta (g)
104	108,7	<b>4,7</b>
167	168,5	<b>1,5</b>
101	97,2	-3,8
90	89,8	-0,2
138	135,2	-2,8
138	136,3	-1,7

### 8.1.5.2. Ganancia-Pérdida de peso en machos

Para los individuos machos, por las razones ya mencionadas con antelación, sólo se obtuvieron tres datos. Aun así, se presenta en la Tabla 14 una ganancia neta de 0,2 de acuerdo al peso inicial y al final (33% del total).

**Tabla 14.** Ganancia neta de peso en machos.

<b>Peso inicial (gr)</b>	<b>Peso final (gr)</b>	<b>Ganancia neta (gr)</b>
191	189,8	-1,2
120	120,2	<b>0,2</b>
175	169,4	-5,6

### 8.1.6. Análisis de los pesos de adultos

A nivel general se presentó una disminución en el peso de los individuos en las diferentes dietas (Tabla 15), y aunque la pérdida de peso no fue alta, estos valores pueden ser poco representativos debido al poco tiempo del diseño experimental (30 días) respecto a la longevidad de esta especie (8 a 10 años aproximadamente; talla de madurez sexual: 4 años).

**Tabla 15.** Estadísticos del peso en adultos (N: Número de individuos).

	<b>Peso Inicial</b>	<b>Peso Final</b>
<b>N</b>	9	9
<b>Mínimo</b>	90	89,80
<b>Máximo</b>	191	189,80
<b>Promedio</b>	136	135,01
<b>Error estándar</b>	11,86	11,60
<b>Desviación estándar</b>	35,59	34,81
<b>Mediana</b>	138	135,2

El análisis inicial determinó que se cumplieron los supuestos de normalidad ( $p > 0,05$ ), por lo cual se empleó la prueba t *Student* ( $t=0,059589$ ;  $p= 0,95322$ ), y se evidenció que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los pesos antes y después del experimento.

### 8.1.7. Contenido Nutricional

Tal como se mencionó con anterioridad, se escogieron los carbohidratos como variable para las dietas, debido a la receptividad que presentaron los alimentos, altos en estos nutrientes, durante el pre-ensayo, a diferencia de otros trabajos. en donde usaron las proteínas. Se evaluaron los pesos netos de los animales respecto a las diferentes dietas, evidenciándose valores positivos (es decir, ganancia de peso) en las dietas D1 y D2, sin embargo, las pruebas realizadas no dan diferencias estadísticamente significativas ( $p > 0,05$ ).

Los tres tratamientos tenían diferencias en cuanto al porcentaje de carbohidratos, la dieta 1 tenía un 7,31%, siendo el valor más alto de las tres; la dieta 2 contaba con un 6,57%; y la dieta 3 con un 4,21% (Tabla 16). Esas diferencias entre las dietas son importantes, aunque los resultados obtenidos no fueron significativos, puesto que un bajo porcentaje de carbohidratos en la alimentación de esos organismos podría resultar en una pérdida de peso.

**Tabla 16.** Porcentaje de la composición nutricional (CHO: carbohidratos; Na: sodio; Mg: magnesio; P: fósforo; Ca: calcio; K: potasio; GRS: grasas; Fe: hierro; PROT: proteína) de cada una de las Dietas.

PORCENTAJE	DIETA 1	DIETA 2	DIETA 3
<b>CHO</b>	7,3%	6,6%	4,3%
<b>Na</b>	3,7%	2,0%	0,5%
<b>Mg</b>	6,7%	5,2%	5,1%
<b>P</b>	15,2%	10,5%	8,0%
<b>Ca</b>	4,5%	10,6%	9,9%
<b>K</b>	61,5%	64,3%	71,6%
<b>GRS</b>	0,1%	0,1%	0,1%
<b>Fe</b>	0,3%	0,3%	0,3%
<b>Prot</b>	0,6%	0,5%	0,3%

Por otro lado, existieron diferencias interesantes en el porcentaje de algunos micronutrientes diferentes a los carbohidratos, tales como: fósforo, calcio y potasio, ya que ellos presentaron valores intermedios en la dieta 2, la misma que presentó un mayor incremento en el peso de los ejemplares de ese tratamiento.

## 8.2. Experimentos en Larvas

En los dos **pre-ensayos** de larvas realizados, se determinó en el primero, la especie de microalgas adecuado para la alimentación de los estadios larvales (*Chaetoceros* sp) (Pre-ensayo I). Y en el segundo, se obtuvo la proporción de fito y zooplancton (*Artemia* sp.) ideal para hacer el primer montaje del experimento (pre-ensayo II).

### 8.2.1. Densidad larval inicial y final.

En la Tabla 17 se presenta la estadística descriptiva para la densidad larval al iniciar y al culminar el diseño experimental. Se observa una media inicial de 20 larvas/L, y una media final de 0,18 larvas/L, representado en 78 megalopas y 23 juveniles.

**Tabla 17.** Estadísticos de la densidad del diseño experimental larvas (N: Número de muestras).

	Densidad larval inicial (larvas/L)	Densidad larval final (larvas/L)
<b>N</b>	9	9
<b>Min</b>	10	0,01
<b>Max</b>	30	0,53
<b>Suma</b>	180	1,64
<b>Media</b>	20	0,18
<b>Error estándar</b>	2,89	0,06
<b>Desviación estándar</b>	8,66	0,17

Posteriormente, con el fin de comparar las densidades de larvas al inicio y final del diseño experimental, primero se revisaron los supuestos de normalidad y homocedasticidad, los cuales no se cumplieron ( $p < 0,05$ ), por lo cual, se realizó una prueba no paramétrica U de *Mann-Whitney* cuyos resultados se muestran en la Tabla 18. De lo anterior, se infiere que sí existen diferencias estadísticamente significativas entre las densidades larvales iniciales Vs. las finales.

**Tabla 18.** Prueba de U de *Mann-Whitney* (N: Número de muestras) para las densidades larvales del presente estudio.

Densidad larval inicial	Densidad larval Final
N: 9	N: 9
Rango medio: 7	Rango medio: 2,5
U <i>Mann-Whitney</i> : 0	
z: 3,556	p: 0,00037651

### 8.3. Tiempo de desarrollo

Se obtuvieron diferentes valores promedio de supervivencia para los distintos tratamientos al final del diseño experimental. En la Tabla 19, se presentan los tres diferentes tratamientos (densidades de 10, 20 y 30 larvas/L), siendo notable que el valor promedio final de la densidad larval de **zoeas** en el tratamiento 3 (T3) fue de 0,10 larvas/L; y para los tratamientos 1 (T1) y 2 (T2) no se encontraron zoeas al final del diseño.

Por otra parte, el valor promedio final de **megalopas** se mantuvo homogéneo para los tres tratamientos, con valores promedio finales que oscilaron desde 0,39 y 0,69 megalopas/L, en T3 y T2, respectivamente, siendo más similares en T1 y T2.

Finalmente, para el caso de los **juveniles**, existe una diferencia entre los tratamientos, ya que se obtuvo una supervivencia final en el tratamiento uno (T1) de 0,96 larvas/L; siendo

intermedio en T2 (0,50 larvas/L), y nulo para T3. Este resultado es importante ya que nos permitió calcular la densidad óptima aproximada que debería tener la especie en cultivos cerrados a pequeña escala (Densidad = 10 larvas/L).

**Tabla 19.** Porcentaje promedio de supervivencia larval (T1: Tratamiento 1; T2: Tratamiento 2; T3: Tratamiento 3).

% Promedio Supervivencia	Tres tanques (c/u 80 L) x Tratamiento		
	T1= 10 Larvas/L 2400	T2= 20 Larvas/L 4800	T3= 30 Larvas/L 7200
ZOEAS			0,10
MEGALOPAS	0,63	0,69	0,39
JUVENILES	0,96	0,50	

En la Tabla 20 se presenta el tiempo de desarrollo en las distintas etapas larvales de *C. guanhumi*, y en este trabajo se logró que, los distintos estadios zoeales I, II, III, IV y V por los que atraviesa la especie, transcurrieron en su totalidad en tan solo 20 días, y para llegar a juvenil, duró 27 días, siendo el menor tiempo de desarrollo registrado en condiciones de laboratorio.

**Tabla 20.** Periodo de desarrollo larval.

Estadio	Tiempo Inicial	Tiempo Final	Total Días
Zoea I	Día 0	Día 3	4
Zoea II	Día 4	Día 6	3
Zoea III	Día 7	Día 11	5
Zoea IV	Día 12	Día 14	3
Zoea V	Día 15	Día 19	5
Megalopa	Día 20	Día 26	7
Juvenil	Día 27	N/A	
<b>TOTAL</b>			<b>27</b>

#### 8.4. Parámetros físico-químicos (Diseño Experimental Larvas)

Para los análisis de los parámetros físico-químicos del diseño experimental de larvas se emplea estadística descriptiva, y en la Tabla 21, se presentan los valores de cada uno de las variables medidas, registrando: para la salinidad, valores entre 31 a 36 UPS; para el pH, valores entre 7.2 y 7.4; para la temperatura, valores entre 25°C y 30°C; y para el amonio, valores entre

0.02 y 0.22 mg.L<sup>-1</sup>. Para esta última variable, se aplicó una correlación de *Spearman* (0,2061) y se determinó que ese debe usar estadística no paramétrica (valor p= 0,3023) ya que no se cumplieron los supuestos de normalidad y homocedasticidad (p<0,05). Lo anterior indica que la correlación es positiva, pero no es significativa estadísticamente, lo cual podría reflejar una tendencia al aumento del amonio en relación al número de larvas, pero es necesario validar esto estadísticamente. Además, se evidencia una estabilidad para los distintos parámetros medidos a lo largo del diseño experimental.

**Tabla 21.** Parámetros físico-químicos en diseño experimental Larvas (N: Número de medidas).

	Salinidad (UPS)	pH	Temp. (°C)	Amonio NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mgL <sup>-1</sup> )
<b>N</b>	288	288	288	26
<b>Mínimo</b>	31	7,2	25	0,02
<b>Máximo</b>	36	7,4	30	0,22
<b>Media</b>	33,20	7,31	28,14	0,08
<b>Error estándar</b>	0,07	0,00	0,06	0,01
<b>Desviación estándar</b>	1,10	0,07	1,03	0,05

## **9. DISCUSIÓN**

### **9.1. Adultos**

El cangrejo azul es principalmente vegetariano, pero según Taissoun (1974), también puede llegar a tener comportamientos carnívoros, sin embargo, esto no se observó en los pre-ensayos que se hicieron (alimentos efectivos o no) para determinar las bases de las dietas del diseño experimental final, por lo cual, las dietas que se implementaron fueron completamente vegetarianas y ricas en carbohidratos (CHO). Adicionalmente, las porciones (en gramos) también se establecieron mediante observaciones en los pre-ensayos, ayudando así, a determinar la cantidad ideal de los alimentos efectivos.

Este estudio, difiere al realizado por Tabares-Berón (2014), principalmente por la composición de las dietas, siendo para ese autor, una base principalmente de proteína animal; y en el presenta trabajo, es estrictamente vegetal. Asimismo, en esta investigación no se determinó la proteína vegetal como la base de las dietas, sino que se consideró un nutriente totalmente diferente (en este estudio fueron los carbohidratos), lo cual permitió obtener mejores resultados con la dieta vegetal.

Asimismo, Tabares-Berón (2014) evaluaron tres dietas con distintas concentraciones de proteína animal, con relación al peso, largo, ancho y altura del cangrejo, sin embargo, en esa investigación se presentó una mortalidad entre el 80% al 83%, lo cual no sucedió en el estudio actual, el cual presentó una supervivencia del 100%. Esos autores afirman que sus resultados se explican por un mal manejo de los ejemplares en cautiverio, lo cual les generó estrés a los ejemplares, más que, por la incidencia de los tratamientos.

Por otro lado, los resultados de Arroyo *et al.* (2018) no arrojaron diferencias estadísticamente significativas de las dietas empleadas con distintos porcentajes proteicos, evaluadas para *C. crassum*. Sin embargo, para las dietas a base de “*lombricompost*”, favoreció el crecimiento de los ejemplares de *C. crassum* (ganancia de peso= 3.71 g) con la dieta “L6”. En concordancia con lo anterior, en cuanto a la composición de las dietas; es posible que *C. guanhumi* en estado adulto necesite en su dieta habitual, aproximadamente, entre 7 y 8 mg de carbohidratos por semana (Dieta 2), pues teniendo en cuenta los resultados, se observa que en las dietas 1 y 3 (D1 y D3) presentaron una pérdida de peso. Y pese a que los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos, se observa que en la dieta 2 los ejemplares tuvieron ganancia de peso. Sin embargo, se puede inferir que un cambio en la cantidad de carbohidratos en la alimentación de estos organismos, podría resultar en una pérdida o ganancia de peso considerable.

## 9.2. Larvas

Teniendo en cuenta los estudios realizados por Costlow y Bookhout (1968) y Silva (2006), quienes describen el desarrollo larval y evalúan la supervivencia, según la administración de alimentos en *C. guanhumi*, se tiene que la *Artemia salina*, *Brachionus plicatilis* o *Tetraselmis chuii* son una fuente principal de alimento para esta especie de cangrejo en condiciones de laboratorio. Sin embargo, en los pre-ensayos realizados para este estudio, y teniendo en cuenta estudios realizados en otros crustáceos, se determinó que la dieta compuesta exclusivamente por uno de los alimentos (*A. salina*, *B. plicatilis* o *T. chuii*.) no era efectiva (Bacab-Cahuich *et al.*, 2002). Es por esto, que para este estudio se complementó la dieta para las larvas a base de *Artemia* mediante la adición de microalgas (*Chaetoceros* sp.), cuya densidad osciló entre 20 mil y 30 mil cel/mL. Sin embargo, según Silva (2006), la adición fitoplanctónica es importante para el estadio larval zoea I, ya que en esta etapa y debido a su

tamaño, la larva se alimenta filtrando las células de *Chaetoceros* sp. presentes en el agua de mar.

Por otro lado, es importante mencionar que los resultados de este trabajo difieren en gran medida de lo que recomienda Silva (2006), pues ese autor asegura que la densidad óptima de cultivo para *C. guanhumi*, debe estar entre 150 y 400 larvas/L; mientras que, en este estudio las densidades más bajas dieron mejores resultados, siendo el tratamiento 1 (T1=10 larvas/L) el que obtuvo el promedio más alto de supervivencia para juveniles (0,96%). Sin embargo, el tratamiento 2 (T2= 20 larvas/L) obtuvo el promedio más elevado en cuanto al porcentaje de megalopas (0,69%).

Y finalmente, en cuanto al tiempo de desarrollo larval, desde el estadio larval zoea 1 hasta el juvenil de *C. guanhumi*, en el presente estudio se obtuvo el tiempo más corto que se ha registrado hasta el momento para esta especie (megalopas a los 20 días y juveniles a los 27 días), ya que Costlow y Bookhout (1968) obtuvieron estadios juveniles sólo hasta el día 42; y Silva (2006) alcanzó juveniles a los 37 días. También, se debe mencionar que en el pre–ensayo realizado se obtuvieron inicialmente estadios de megalopa a los 37 días, pero al estandarizar algunas variables, tales como una densidad larval baja y un alimento mixto de origen animal y vegetal (*Artemia* sp + *Chaetoceros* sp), se logró reducir el tiempo de desarrollo larval a 20 días en sistemas cerrados, lo cual es un resultado importante para el potencial acuícola de la especie.

### **9.3. Físico-Químicos**

Para las variables físico-químicas, se observaron rangos estrechos para la temperatura, el pH, la salinidad y el amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Para este último, se evaluó la dependencia del amonio

con la densidad larval en los distintos tratamientos, pero no se encontraron relaciones estadísticamente significativas, lo cual coincide con lo encontrado por Neil *et al.* (2005).

Sin embargo, cabe resaltar que el amonio del presente estudio se trató de mantener siempre en un rango bajo (entre 0.02 y 0.22 mgL<sup>-1</sup>), teniendo en cuenta que los rangos en el trabajo de Neil *et al.* (2005) oscilaron entre los 0,38 hasta los 6,54 mgL<sup>-1</sup> para el cangrejo de río *Scylla serrata*, los cuales ocasionaron la mortalidad de los organismos en ese estudio (Neil *et al.*, 2005). Asimismo, los valores máximos de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) reportados por Mayo-García y De La Cruz (2014) para el cultivo de larvas de *Cryphiops caementarius*, fueron de 1,07 mg /L<sup>-1</sup> y se obtuvo una mortalidad del 10% en esa investigación.

Finalmente, los parámetros físico-químicos son importantes en el cultivo de *C. guanhumi*, y que, no deben superar los rangos de pH, amonio, salinidad y temperatura, con el fin de completar el ciclo larval de esta especie.

## 10. CONCLUSIONES

- Los adultos de *C. guanhumi* en condiciones de laboratorio presentaron receptividad a las distintas dietas vegetarianas, con un rango de carbohidratos que oscilan entre los 7 y 8 mg.
  
- La mortalidad de los ejemplares adultos del estudio fue nula debido a que se les dio un manejo adecuado a los individuos (no se estresaron).
  
- Las dietas efectivas 1 y 3 fueron las que cumplieron con los requerimientos nutricionales mínimos para la especie, al menos en un periodo de 30 días, sin embargo, se sugiere corroborar estas dietas en un posterior estudio con una mayor duración (1 a 4 años), al menos hasta que los ejemplares alcancen su talla de madurez sexual.
  
- Los alimentos efectivos para el cultivo de cangrejos adultos en condiciones de laboratorio son: banano, manzana, uva, arroz cocido, fresa, mango, pulpa de tamarindo, naranja, mandarina, papa, pera, mora y cebolla, los cuales están disponibles y la mayoría de ellos son de bajo costo.
  
- Las larvas de *C. guanhumi* tienen un desarrollo óptimo con una dieta compuesta por organismos fitoplanctónicos (*Chaetoceros* sp.) y zooplanctónicos (*Artemia salina*), ya que otras microalgas, tales como *Nannochloropsis* sp. y *Tetraselmis* sp. no tuvieron receptividad por parte de las Zoeas.

- La densidad recomendable para el buen desarrollo de *C. guanhumi* es de 10 larvas/L, ya que fue el tratamiento que presentó mayores valores promedio de supervivencia final de juveniles (0,96%).

- La primera etapa larval (Zoea 1) se debe alimentar exclusivamente con fitoplancton. Se debe inocular el zooplancton a partir de la Zoea 2, e ir elevando la densidad de alimento, a medida que avanzan en su desarrollo.

## 11. RECOMENDACIONES

### Adultos

- Proporcionar condiciones de oscuridad, humedad y poca perturbación de los organismos para evitar el estrés en condiciones de laboratorio.
- Realizar el experimento en un tiempo mayor a 30 días con el fin de asegurar que los individuos pasen un periodo de adaptación, y se puedan observar resultados más dicientes de acuerdo a la longevidad de la especie (> 8 años).
- Teniendo en cuenta el estado de vulnerabilidad en el que se encuentra la especie *C. guanhumí* en Colombia, es importante realizar nuevos bioensayos, con el fin de mejorar las condiciones de cultivo.
- Los alimentos se deben administrar en pequeñas cantidades (2-10 g.), de forma que su ingestión sea más efectiva para el organismo, y siempre tengan alimento fresco. Por esto, se deben pesar los alimentos que se proporcionarán, con una balanza analítica, para obtener una mayor precisión, teniendo en cuenta que las cantidades consumidas suelen ser bajas, lo cual se observó en el presente estudio.
- Es importante contar con guantes gruesos (p.e. guantes de soldadura o guantes de cuero grueso) para manipular los animales, ya que pueden ocasionar lesiones por la presión que pueden aplicar sus quelas. El manejo de los animales en cautiverio debe hacerse con mucho cuidado para evitar la pérdida de apéndices y causar lesiones tanto al investigador como al organismo.

### Larvas

- Al capturar las hembras ovadas, se debe manipular con cuidado el ejemplar, para reducir el estrés y evitar liberaciones de larvas anticipadas.

- Se deben aplicar los protocolos de bioseguridad en los recambios de agua, la proporción del alimento y el manejo de los ejemplares, con el fin de evitar la inoculación de patógenos en el cultivo, y así, minimizar el porcentaje de mortalidad por factores externos.
- Se recomienda no limpiar las paredes de los tanques, ya que las larvas pueden alimentarse del alga que se desarrolla en las superficies del tanque.
- Para evitar el canibalismo entre las megalopas, se sugiere proporcionar un sustrato adicional dentro del tanque (p.e. una malla o tela), para que los individuos se dispersen y también puedan escapar fácilmente.
- Se recomienda usar una luz blanca potente para facilitar el conteo de los juveniles en el fondo del tanque.
- Se debe tener cuidado al manipular los organismos para observarlos en el microscopio o estereoscopio con el fin de no romper y/o dañar sus estructuras, por la fragilidad de las mismas.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

- Ardila, N., Navas G., y Reyes J. (2002). Libro rojo de los invertebrados marinos de Colombia. INVEMAR. La serie Libros rojos de especies amenazadas de Colombia. Bogotá (Colombia). P177
- Arteta-Bonivento, R. (2009). Cangrejos en el delta del Río Ranchería, Riohacha (Colombia) (Crustacea: Decapoda: Brachyura). Bol. Cient. Mus. Hist. Nat. 13(1), 140-152.
- Arroyave-Rincón, A., Amortegui-Torres, J., Blanco-Libreros, F. y Taborda-Marín, A. (2014). Efecto de borde sobre la población del Cangrejo azul *Cardisoma guanhumi* (Decapoda Gecarcinidae) en el manglar de la Bahía El Uno, Golfo de Urabá (Colombia): una aproximación a su captura artesanal. Actual. Biol. 36(100), 47-47.
- Arroyo, C., Rufino, S., Cabrera de Villagrán, L., Ramírez, C., Monzón, A. (2018). Uso de ingredientes de descarte en la alimentación del cangrejo azul *Cardisoma crassum* (Smith, 1870) en un cultivo piloto. Guatemala, 42.
- Bacab-Cahuich, F., Amador del Angel, L., Valdes, R., y Cabrera, P. (2002). Cultivo de larvas de la Jaiba Azul *Callinectes sapidus* en condiciones de laboratorio en la Isla del Carmen, Campeche, México. Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura. Fecha de consulta: 07 de noviembre de 2020
- Barrios-Saucedo, L. (2008). Aspectos biológicos y ecológicos del Cangrejo Azul (*Cardisoma guanhumi*, Latreille, 1825) en la Bahía de Cispatá, Caribe colombiano. Trabajo de grado, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá.
- Calcagno, S. (2014). Brachyura. Los Invertebrados Marinos, Fundación de Historia Natural Félix de Azar. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, (1) 205-212.

- Cardona, M., Sorza, J., Posada, S., Carmona, J., Ayala, S. y Álvarez, O. (2002). Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Rev Col Cienc Pec*, 15: 2. En: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/rccp/article/view/323805/20780991>. Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020
- Céspedes, A. (2015). Microalgas. Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2020.  
En: <https://www.cajamar.es/storage/documents/microalgas-1444391623-ca345.pdf>
- CorpoUrabá - Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá (2011). Caracterización y zonificación de las poblaciones de *Cardisoma guanhumi* en la línea costera del municipio de Turbo e identificación de los pobladores que utilizan el recurso y los lugares de mayor extracción. Informe final. Apartadó (Colombia): CorpoUrabá. 12-22.
- Costlow, J. y Bookhout, C. (1968). The complete larval development of the land-crab, *Cardisoma guanhumi* Latreille in the laboratory (Brachyura, Gecarcinidae). Brill. 259-270.
- FAO - *Food and Agriculture Organization* (1986). Manual para el cultivo y uso de *Artemia* en Acuicultura. Bélgica: FAO-Italia. En: <http://www.fao.org/3/ab474s/ab474s00.htm>  
Fecha de consulta: 20 de octubre de 2020
- FAO - *Food and Agriculture Organization*. (1998). Manual para la Cría de Camarones Peneidos. Brasilia: FAO-Italia. En: <http://www.fao.org/3/ab466s/AB466S00.htm>. .
- FAO - *Food and Agriculture Organization* (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 p.

FAO - *Food and Agriculture Organization*. (2018). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2018 - Meeting the sustainable development goals*. Rome. 227 p.  
Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

Garcés, G. (2015). *Reproducción y densidad poblacional del cangrejo azul *Cardisoma crassum*, en la Isla Cerritos - Estuario del río Chone – MANABÍ - ECUADOR*. Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil, Guayaquil. En:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11647/1/>

Gaxiola, G., Brito, A., Maldonado, C., Jiménez, L., Guzmán, E., Arena, L., Brito, R., Soto, L., y Cuzon, G. (2006). *Nutrición y Domesticación de *Litopenaeus vannamei**. En:  
[https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion\\_acuicola/VIII/archivos/10Gaxiola.pdf](https://www.uanl.mx/utilerias/nutricion_acuicola/VIII/archivos/10Gaxiola.pdf). Fecha de consulta: 27 de agosto de 2020

Gifford, C. (1962). *Some observations on the general biology of the land crab, *Cardisoma guanhumii* (Latreille), in South Florida*. *Biological Bulletin*, 123 (1), 207–223.

Gilman, E., Ellison, N., Duke, F. y Field, C. (2008). *Threats to mangroves from climate change and adaptation options: A review*. *Aquatic Botany*, 237-250.

Govender, Y., Sabat, A. y Cuevas, E. (2008). *Effects of land-use/land-cover changes on land crab, *Cardisoma guanhumii*, abundance in Puerto Rico*. *Journal of Tropical Ecology*. (24), 417 - 423.

Guevara, M. (2006). *Alimento vivo y su importancia en acuicultura*. En:  
[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1597-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6102-1-10-20140321%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1597-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6102-1-10-20140321%20(1).pdf). Fecha de consulta. 10 de mayo de 2020.

Hernández, A. (2013). *Aspectos biológicos y poblacionales de *Cardisoma guanhumii* (Latreille, 1825), en la Laguna de Tampamachoco y Majahual en Tuxpan, Veracruz. (México)*.

[Tesis de maestría]. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana. 87 p.

Hernández-Maldonado, A., y Campos, N. (2015). Estado actual de la población adulta del cangrejo semi-terrestre *Cardisoma guanhumi* (Latreille) en la isla de San Andrés, Caribe Colombiano. Bol. Invest. Mar. Cost., 44(1), 185-198.

Hill, K. (2001). Smithsonian Marine Station Fort Pierce. En: [https://naturalhistory2.si.edu/smsfp/irlspec/Cardis\\_guanhu.htm#top](https://naturalhistory2.si.edu/smsfp/irlspec/Cardis_guanhu.htm#top). Fecha de Consulta: 25 de julio de 2020.

Ide, C. (2011). Insectos Inmaduros. Simonka, 19-28.

Kandilian, R., Lee, E. y Pilon, L. (2013). Radiation and optical properties of *Nannochloropsis oculata* grown under different irradiances and spectra. Bioresource Technology. (137), 63-73. 10.1016/j.biortech.2013.03.058.

Mayo-García, M. y De la Cruz, D. (2014). Efecto de la toxicidad aguda del amonio y nitritos en larvas de *Cryphiops caementarius*, en condiciones de laboratorio. Tesis profesional. Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote, Perú.

Neil, L., Fotedar, R. y Shelley, C. (2005). Effects of acute and chronic toxicity of unionized ammonia on mud crab, *Scylla serrata* (Forsskål, 1755) larvae. Aquaculture Research, 36(9), 937-932.

Ochoa, C. (2000). La *Artemia salina* y su importancia en la producción camaronera. AquaTIC, 11, 1-7.

Pedraza, F. (2004). Estado nutricional como factor y resultado de la seguridad alimentaria y nutricional y sus representaciones en Brasil. Revista de Salud Pública, 6(2), 140-155. En: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-00642004000200002&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-00642004000200002&script=sci_abstract&tlng=es).

- Piñera, A. (2002). Manual Para el Cultivo de Microalgas. Memoria Técnica Profesional. La Paz, B. C. S.: UABCS. 57p.
- Silva, Rejane da. (2006). Aspectos etnobiológicos, biológicos e viabilidade para o cultivo de larvas e juvenis em laboratório de *Cardisoma guanhumi* Latreille, 1828. 2006. 133 f. Tese (Doutorado em Entomologia) - Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ. 119 p.
- Sunesen, A. (2009). Diatomeas potencialmente nocivas del Golfo San Matías (Argentina). *Biología Marina y Oceanografía*, 67-88.
- Tabares-Berón, P. (2014). Efecto de la proteína en la tasa de crecimiento del cangrejo azul (*Cardisoma crassum*). *Sabia*, 87-95.
- Taissoun, E. (1974). El Cangrejo de Tierra *Cardisoma guanhumi* (Latreille) en Venezuela. Maracaibo-Venezuela. I Parte. *Boletín Del Centro De Investigaciones Biológicas*, p 10.
- Torres, M. (2019). Conversación personal. Alimento de camarones en cultivo. Fecha de la consulta: 10 de octubre de 2019.
- Vásquez, G. y Gómez, E. (2017). Sistema de alimentos equivalentes. Escuela de nutrición y dietética. Universidad industrial de Santander. Ediciones UIS, 8-48.
- Zar, J. H. (2010). *Biostatistical Analysis*. 5th Edition. Pearson, USA. p. 960.