

**BLUEFIELDS INDIAN & CARIBBEAN UNIVERSITY
BICU**



**FACULTAD DE LOS RECURSOS NATURALES Y MEDIO
AMBIENTE
(FARENA)**

**ESCUELA DE BIOLOGIA
BIOLOGÍA MARINA**

Monografía para optar al título de Licenciado en Biología Marina

Engorde de jaiba azul *Callinectes sapidus*, en el Laboratorio
Experimental Caribbean Pearl, Municipio de Laguna de Perlas, Región
Autónoma Costa Caribe Sur, Nicaragua

Autor:

Br. Anthony Horacio Lackwood Thyne

Tutor:

Ing. Lindolfo Aparicio Hodgson Suárez

Bluefields- Región Autónoma Costa Caribe Sur -Nicaragua

Agosto, 2022

“La Educación es la mejor Opción para el Desarrollo de los Pueblos”

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	I
DEDICATORIA	II
RESUMEN	III
ABSTRACT	IV
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 ANTECEDENTES	2
1.2. JUSTIFICACIÓN	5
1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
II. OBJETIVOS	7
2.1. Objetivo general	7
2.2. Objetivos específicos	7
III. MARCO TEÓRICO	8
3.1. Biología de la especie	8
3.2. Taxonomía y clasificación	8
3.3. Descripción	9
3.4. Características morfológicas	9
3.5. Las características generales de <i>C. sapidus</i>	11
3.6. Distribución Geográfica.	12
3.7. Reproducción y desarrollo <i>Callinectes ssp.</i>	13
3.8. Ciclo biológico y reproducción <i>Callinectes sapidus</i>	15
3.9. Edad y Crecimiento	16
3.10. Alimentación	18
3.11. Depredación y parasitismo	18
3.12. Enfermedades	19
3.13. Migraciones	21
3.14. Crecimiento individual	22
3.15. Ecología de <i>Callinectes sapidus</i> entre juveniles y adultos	23
3.16. Mortalidad	24
3.17. Valor nutricional	25
3.18. Regulación pesquera de la jaiba en Nicaragua	26
3.19. Producción mundial y principales productores de cangrejo	27
3.20. Países consumidores	27
3.21. Tecnologías para el cultivo del Cangrejo azul	27

3.22. Información General sobre los requerimientos para el cultivo del cangrejo azul	27
3.22.1. Instalaciones	27
3.22.2. Tanques y soportes	28
3.22.3. Bombas	29
3.22.4. Plomería	29
3.22.5. Parámetros de agua.....	30
3.23. Tratamiento de enfermedades y salud	31
IV. HIPÓTESIS.....	33
V. DISEÑO METODOLÓGICO.	34
5.1. Área de localización del estudio.....	34
5.2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o periodo del mismo	34
5.3. Población y Muestra	34
5.3.1. Población.....	34
5.3.2. Muestra.....	34
5.4. Tipo de muestreo.....	35
5.5. Técnica e instrumento de la investigación	35
5.5.1. INSTRUMENTOS	35
5.5.2. Diseño Experimental	35
5.5.3. Técnica de Recolección de Datos.....	35
5.6. Muestreos de crecimiento	36
5.7. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos.....	37
5.8. Alimentación.....	37
5.9. Crecimiento Natural vs Cultivados.....	37
5.10. Operacionalización de la variable	38
5.11. Análisis de datos.....	39
VI. RESULTADOS Y ANALISIS	40
6.1 MUESTREOS BIOMÉTRICOS	40
6.1.2. GANANCIA EN PESO, GANANCIA MEDIA DIARIA E INCREMENTO EN PESO	
42	
6.1.3. SOBREVIVENCIA.....	43
6.2. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA.....	43
6.3. CRECIMIENTO NATURAL VS CULTIVADOS.....	45
VII. CONCLUSIONES.....	46
VIII. RECOMENDACIONES	47

IX. REFERENCIAS.....	48
X. ANEXOS	51

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Valor Nutricional de la Jaiba azul (Agropedia, 2020).....	26
Tabla 2 Parámetros físico-químicos de agua para la jaiba azul (Agropedia, 2020)	30
Tabla 3 Operacionalización de la variable de la jaiba azul.....	38
Tabla 4 Resultados Ancho inicial y final promedio de Carapacho, Peso inicial y final promedio, Ritmo de Crecimiento y la Supervivencia de las jaibas cultivadas en tanque de una tonelada.....	40
Tabla 5 Datos promedios de los parámetros físico-químicos del agua de Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH y Salinidad durante el cultivo de jaiba azul <i>Callinectes sapidus</i> , en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl	44
Tabla 6 Pueba t- Student del Crecimiento de las jaibas en cautiverio y en el medio natural	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vista dorsal y características morfológicas de un ejemplar de <i>Callinectes sapidus</i> (Agropedia, 2020)	9
Figura 2 Características sexuales del género <i>Callinectes</i> (Gil y Sarmiento 2001) Ramírez-Félix, 2003, p. 11)	10
Figura 3 Medida del caparazón: Ancho cefalotórax (Estrada 1999). Ramírez-Félix, 2003, p. 12)	10
Figura 4 Distribución Mundial del Cangrejo Azul <i>C. sapidus</i>	13
Figura 5 Anatomía externa de estadios larvales representativos del cangrejo azul <i>Callinectes sapidus</i> . (A) Etapa zoeal temprana: Note los maxilípedes utilizados en la natación. (B) proporcionalmente más grandes para nadar. (C) Etapa megalopal: Observe los pleópodos abdominales utilizados en la natación, la colocación horizontal de la columna rostral y la aparición de quelas (Modificado de <u>Costlow & Bookhout, 1959</u> , citado por Epifanio, C. E. 2019, p.2)	15
Figura 6 Estadios larvales de las jaibas (<i>Callinectes ssp.</i>).....	17
Figura 7 Tanques de fibra de vidrio para el cultivo de jaibas.....	28
Figura. 8 localización y micro localización donde se hizo el estudio.....	34
Figura 9 Longitud promedio del ancho del carapacho de la jaiba azul <i>Callinectes sapidus</i> cultivadas en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl	41

Figura 10 Peso promedio de las jaibas azules (<i>Callinectes sapidus</i>) cultivadas en el laboratorio experimental Caribbean Pearl	41
Figura 11 Incremento en Peso diario de las jaibas azules (<i>Callinectes sapidus</i>) cultivadas en el laboratorio experimental Caribbean Pearl	42
Figura 12 Supervivencia de las jaibas azules (<i>Callinectes sapidus</i>) cultivadas en el laboratorio experimental Caribbean Pearl	43
Figura 13 Construcción de camas de protección.....	52
Figura 14 Depredación entre sí (canibalismo).....	52
Figura 15 Tanque de fibra de vidrio de una tonelada	53
Figura. 16 Muestreo de jaiba en el proceso de medición y de peso... ..	53
Figura. 17 Jaibas en proceso de medición y peso.....	53
Figura 18 Las Jaibas alimentándose de trozos de pescados.....	53

AGRADECIMIENTO

Es para mí un honor poder dirigir estas palabras de agradecimiento infinito a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, y gracias a esta por apoyarme en cada decisión y proyecto, por permitirme cumplir con excelencia el desarrollo de esta monografía, gracias a la vida por cada día que me demuestra lo hermoso que es la vida y lo justa que puede llegar a ser.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes, a su amor, y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco y hago presente mis grandes afectos hacia ustedes, mi hermosa familia y amigos.

Del mismo modo también le agradezco a mi docente e Ing. Lindolfo Aparicio Hodgson Suárez, quien me dio su tutoría, quien con su paciencia y sus consejos acertados y al tiempo que siempre me ha brindado y orientado la investigación.

Así mismo a las personas que trabajan en la oficina de FARENA y IBEA por su apoyo y disposición en cada momento de la realización de esta investigación.

Le agradezco también a las personas que trabajan en el LABORATORIO EXPERIMENTAL CARIBBEAN PEARL, LAGUNA DE PERLAS, RACCS. En especial al Lic. Keith Bennet, Nelía Pineer, Erick Hebbert y al señor Mario Halsall que fueron de gran ayuda durante toda la investigación.

DEDICATORIA

Al alcanzar esta meta que un día trace en mi vida, me hace sentir honrado y lleno de satisfacción, por tal motivo y con mucha alegría quiero dedicar esta monografía en primer lugar a Dios, porque es mi principal fuente de inspiración, y que por medio de esta investigación surgen evidencias de su presencia y su gloria tanto en lo interno o en lo externo de mi realidad.

En segundo lugar, esta labor importante va dirigida a mi amada familia y amigos quienes con su apoyo contribuyeron a mi crecimiento personal, razón por la cual siempre los llevare en mi corazón.

A mi madre y padre Eldicia Thyne López y Anthony Lackwood Coe, a mis tías; Bonniegine Thyne Lopez y Lorencia Thyne López y hermanos Shanisha, Shashilee y Andy Lackwood Thyne, este triunfo es dedicado especialmente a ustedes por ser mi principal motivación desde mis inicios formativos lo que me han enseñado que todo es posible.

A mi hija Dorshany Jhoneisha Lackwood Solano por ser el impulso de mi vida por la que he y seguiré luchando para servirle de ejemplo de lucha y perseverancia. Al Centro de Investigaciones de la Universidad B.I.C.U.

A mi docente Lindolfo Hodgson porque con su apoyo y dedicación me ha guiado, instruido en la realización de mi estudio.

GRACIAS, sin ustedes esto no sería posible.

RESUMEN

En el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl, Laguna de Perlas, Nicaragua, se evaluó el crecimiento de 45 jaibas azules (*Callinectes sapidus*), cultivadas con densidades de 15 jaibas/m³ en tanques de una tonelada, con tres replicas (1 tratamiento), durante 77 días, como posible alternativa para contrarresta la baja productividad del recurso en periodo de verano. Se utilizaron los ajustes del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy mediante las fórmulas matemáticas $L_t = L_\infty \{1 - \exp [-k(t - t_0)]\}$ y $t = t_0 - \{\ln[1 - (L_t/L_\infty)]\}/k$, utilizando los valores reportados por Rodríguez-Castro, et al., 2016 y Rosas-Correa & Navarrete, 2008 para determinar el crecimiento de la jaiba en el medio natural. Durante los 77 días, se registró el crecimiento de las jaibas azules y se determinó un aumento de ancho de caparazón de 14,58 mm; aumento en peso de 67.27 gramos, la Tasa de Crecimiento diario fue siendo 0,63%, la Ganancia en Peso es de 63,29%, Ganancia Media Diaria -27,01 gramos, Incremento en peso 0,55 gr/día, obteniendo una sobrevivencia del 17,77%. Para determinar la existencia de diferencia significativa en el crecimiento de las jaibas azules en cultivo en comparación con el crecimiento de las jaibas en el medio natural, se realizó una prueba t (t- test) de dos muestras en el software estadístico R Studio versión 4.1.2. con 95% de confiabilidad, después de hacer un test de normalidad Shapiro-Wilk ($p = 0.48$), con los valores de los limites inferiores reportados por Rodríguez-Castro, et al., 2016, los resultados obtenidos no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$).

Palabras clave: Jaiba Azul, *Callinectes sapidus*, Crecimiento, Acuicultura

ABSTRACT

At the Caribbean Pearl Experimental Laboratory, Laguna de Perlas, Nicaragua, the growth of 45 blue crabs (*Callinectes sapidus*), grown with densities of 15 crabs/m³ in one-ton tanks, with three replicates (1 treatment), for 77 days, as an alternative to counteract the low productivity of the resource in the summer period. The adjustments of von Bertalanffy's growth model were used using the mathematical formulas $L_t = L_\infty \{1 - \exp[-k(t - t_0)]\}$ and $t = t_0 - \{\ln[1 - (L_t/L_\infty)]\}/k$, using the values reported by Rodríguez-Castro, et al., 2016 and Rosas-Correa & Navarrete, 2008, to determine the growth of the crabs in the natural environment. During the 77 days, the growth of the bluecrabs was recorded and an increase in shell width of 14.58 mm was determined; increasing of 67.27 grams in weight, the daily Growth Rate was 0.63%, the Weight Gain was 63.29%, Average Daily Gain -27.01 grams, increase in daily weight was 0.55 gr/day, obtaining a survival of 17.77%. To determine the existence of a significant difference in the growth of blue crabs in cultivation compared to the growth of crabs in the wild, a t- test of two samples was performed in the statistical software R Studio version 4.1.2. with 95% reliability, after doing a Shapiro-Wilk normality test ($p = 0.48$), with the values of the lower limits reported by Rodríguez-Castro, et al., 2016, the results obtained do not present a significant difference ($p > 0.05$).

Keywords: Blue Crab, *Callinectes sapidus*, Growth, Aquaculture

I. INTRODUCCIÓN

La Jaiba azul, conocida también como cangrejo azul. El nombre científico es *Callinectes sapidus*, es un crustáceo decápodo que presenta cinco pares de patas, con el cuerpo cubierto de un exoesqueleto de color verde oscuro. En los machos, las patas (pleópodos) tienen un color gris-azulado, y esta característica les ha dado el nombre y en las hembras las puntas de las patas son de tonalidad rojizo-anaranjada, lo cual permite diferenciar el sexo. Es una especie con un ciclo de vida corto (aproximadamente 3 años), pudiendo alcanzar la madurez sexual al año de edad con una talla de primera maduración aproximada entre 7-8cm. (EcuRed, 2019, p.1 y 14).

El cultivo de la jaiba del género *Callinectes* se está desarrollando en diferentes países como Estados Unido, México, China y Canadá, siendo Estados Unidos además de productor, uno de los más grandes importadores de carne de jaiba a nivel mundial, después de Indonesia, Vietnam y España. El cultivo de jaibas se realiza en Estados Unidos desde el siglo pasado; las primeras “granjas jaiberas” se construyeron en la Bahía de Chesapeake, entre los estados de Virginia y Maryland y en los esteros del río Mississippi (Avilés et al 2010, p. 21).

En esta investigación se realizó el proceso de engorde de la Jaiba Azul, en el Laboratorio Experimental “Caribbean Pearl”, en el Municipio de Laguna de Perlas durante el primer semestre del año 2021, utilizando 3 tanques de fibra de vidrio de una tonelada, el proceso de engorde se llevó a cabo durante 77 días en los meses de marzo a mayo, en el cual las jaibas obtuvieron tallas comerciales según los establecido en el país, esto con la finalidad de establecer bases científicas para poder incursar en sistemas productivos acuícolas para crear nuevas alternativas económicas para las familias costeñas que depende de este recurso y para el proceso de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Biología Marina y carreras afines, siendo este el primer trabajo de este tipo con esterecurso en el municipio/región o país.

1.1 ANTECEDENTES

Tagatz, M. E. (1968). Estudió el crecimiento relativo de juveniles de jaiba azul, *Callinectes sapidus*, manteniéndolos en flotadores anclados. Los flotadores estaban en dos lugares: uno en agua salada y otro en agua dulce. Los intervalos de muda fueron similares en ambos sitios, pero el crecimiento promedio fue generalmente más por muda en agua salada. De abril a noviembre el intervalo promedio de muda fue de 11 días para las jaibas de 20 a 29 mm de ancho; incrementando hasta 41 días para jaibas de 130 a 139 mm. La frecuencia de muda disminuyó invierno, pero la mayoría de los juveniles de 20 a 59 mm de ancho mudaron dos o tres veces. Los incrementos de crecimiento por muda variaron de 7.8 a 50 por ciento. El incremento promedio fue de 10 mm para los grupos con ancho de 20,9 a 34,2 por ciento. Las estimaciones del incremento del ancho con la edad indican que la mayoría de las jaibas azules en el río St. Johns tienen un tamaño cosechable (ancho de 120 mm) dentro de 1 año después de la eclosión.

del Ángel, L. E. A., et al., (2004). Desarrollaron una investigación con la jaiba prieta titulado; evaluación del crecimiento y sobrevivencia de la jaiba prieta *Callinectes rathbunae* en la Laguna de Atasta, Campeche, en jaulas fijas de 9 m³ utilizando dos tipos de alimentos (Alimento Balanceado para Tilapia y Pescado Fresco Picado). La densidad de cultivo fue de 5 jaibas por m². Se alimentó una vez por día al 10% de su biomasa total y obteniendo los siguientes resultados: Las jaibas con Alimento Balanceado crecieron de 70.33 ± 0.32 mm a 110.16 ± 1.52 mm en su amplitud total, de 30.3 ± 0.17g a 85.87 ± 3.71 g en peso, con una sobrevivencia de 62.27 ± 2.71 %; mientras que las jaibas con Alimento Fresco desarrollaron de 72.03 ± 1.28 mm a 112.70 ± 1.51 mm en su amplitud total, de 32.13 ± 1.18 g a 97.90 ± 6.19 g en peso, como resultado final se obtuvo una sobrevivencia de 69.76 ± 2.51%, en 75 días de cultivo.

Rosas-Correa & Navarrete, (2008), Realizaron investigación sobre los Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, Para evaluar el estado de la población de la jaiba azul en la bahía de Chetumal, se tomaron datos dependientes e independientes de la pesquería, considerando tres temporadas climáticas: frentes fríos, temporada de secas y temporada de lluvias. Un total de 2177 jaibas fueron recolectadas, 1146 correspondieron a los datos de la pesquería y 1031 del muestreo independiente. La frecuencia de tallas mostró dos grupos de edad (60 a 119 mm y 120 a 179 mm, de ancho del caparazón). La mayor

abundancia de jaiba azul ocurrió en la época de lluvias. Usando únicamente las tallas de las jaibas machos, de los datos dependientes e independientes, se obtuvieron los parámetros del modelo de von Bertalanffy: $K = 0,51$ (año⁻¹); $L_{\infty} = 231,50$ mm AC y $t_0 = -0,11$. La mortalidad total, Z , fue 0,85, sin embargo, la mortalidad natural, M , fue 0,66, y la mortalidad por pesca F fue 0,19. Basados en la relación del rendimiento por recluta (Y'/R) y el promedio de la tasa de explotación E fue 0,22. Concluyendo que el recurso no está sobreexplotado y puede sostener el nivel actual de explotación $E_{max} = 0,65$.

Perry, H., et al., (2011). Realizaron trabajo de Expansión de jaiba suave en Mississippi utilizando la jaiba azul *Callinectes sapidus* de cultivo. En el laboratorio de investigación de la Costa del Golfo en Ocean Springs, Mississippi ha operado con éxito un vivero de jaibas azules (*Callinectes sapidus*) por más de cinco años. La habilidad de producir semillas de jaibas formalmente tiene un gran potencial para la expansión del desarrollo industrial de jaiba blanda en el norte del Golfo de México y el Caribe. Jaibas azules provenientes del vivero de cría son almacenados como juveniles dentro de estanques de un cuarto de acre sin vegetación y son alimentados con una dieta de alimento manufacturado y trozos de peces. La tasa de alimentación diaria en el estanque de crecimiento fue de 2,4 a 12,9 libras / día. Supervivencia en el cultivo de estanques con la técnica de cosecha de arbustos fue de ~ 7%. En los estanques, las tasas de supervivencia típicas durante el crecimiento son del 4 al 12%. La mayor supervivencia obtenida en los estanques fue ~ 28%, en la cual tenían una densidad de población inicial baja. El canibalismo fue el dominante factor en el número de jaibas de caparazón blando producidos.

Turano, M. J. (2012). Realizó trabajo documental sobre la acuicultura de la jaiba azul en estanques: potenciales y dificultades, utilizando estanques de tierra de 0.51, 1.41 (dos estanques) y 0.92 acres con bajas salinidades (0.2 a 1.9 ppt), con densidades de 9.3, 9.8, 9.7 y 10 jaibas/m² respectivamente, obteniendo sobrevivencias de 13.6, 12.2, 9.7 y 24.7 para los estanques 1,2,3 y4, con incrementos diario en ancho de carapacho de 0.75, 1.04, 1.10 y 0.96 mm/día durante 130 días de cultivo.

Rodríguez-Castro, et al., (2016). Desarrollaron una investigación con la jaiba azul titulado; Evaluación del crecimiento de *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) con métodos basados en talla, Tamaulipas, México. El objetivo del estudio fue evaluar los parámetros de crecimiento de la jaiba azul, estableciendo el método más adecuado para realizarlo, Se estimó la frecuencia de tallas de 17 814 jaibas de muestreos realizados de

enero a junio 2009, provenientes de la captura comercial de trece localidades, comprendidas en cuatro lagunas costeras Laguna El Barril, Laguna Madre, Laguna de Morales y Laguna de San Andrés. Los parámetros de crecimiento L_{∞} y k se unificaron para efectos comparativos mediante el índice de crecimiento phi prima (Φ'). Con una moda de 110 mm, el intervalo de longitud de caparazón varió entre 60 y 205 mm. Los valores de los parámetros de crecimiento variaron de acuerdo al método utilizado. Utilizando SLCA, L_{∞} varió entre 259 y 260 mm y k osciló entre 0.749 y 0.750/año; con PROJMAT, L_{∞} registró valores entre 205 y 260 mm y k fluctuó entre 0.550 y 0.740/año, y con ELEFAN, L_{∞} osciló entre 156 y 215 mm y k varió entre 0.479 y 0.848/año. Las estimaciones mediante jackknife detectaron nula variabilidad en Φ' entre localidades y diferencias significativas entre métodos. Los rangos de valores de Φ' estimados por SLCA y PROJMAT (4.70 a 4.71 y 4.66 a 4.70, respectivamente) se ubicaron en el rango reportado por la literatura (4.201-4.798), mientras que ELEFAN aportó valores significativamente menores (3.87 a 4.27). Los métodos SLCA y PROJMAT en combinación con la técnica jackknife, resultaron ser los más adecuados para estimar los parámetros de crecimiento de *C. sapidus*. En el presente estudio L_{∞} varió entre 172.1 y 260.0 mm, mientras que k osciló entre 0.3980 y 0.9140/año y los valores de t_0 entre -0.814 y -0.160 años, todos ellos dentro de los valores reportados en la literatura para la especie y dependiendo del método utilizado.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Existen muchas familias que han subsistido del aprovechamiento de la jaiba para generar ingresos económicos, extrayéndolos de las lagunas en nuestra región, por lo tanto, crear una alternativa de manejo adecuado de este recurso tendrá un gran impacto y puede ser útil para facilitar el manejo de las mismas mediante un aprovechamiento racional. Este estudio establece bases científicas para incursar en sistemas productivos acuícolas y crear nuevas alternativas económicas para las familias costeñas que depende de este recurso, también es información primaria para el proceso de enseñanza y aprendizaje para los estudiantes de la carrera de Biología Marina y carreras afines, siendo este el primer trabajo de este tipo con este recurso en la Costa de Nicaragua.

En Nicaragua, el cultivo de la jaiba aún no es una realidad, pero es de considerarse como una de las alternativas más viables que nos encaminará hacia una producción sostenible de este recurso. El estudio de engorde de la jaiba azul *Callinectes sapidus* bajo condiciones de cautiverio, sirve como alternativa para aprovechar las jaibas fuera de talla para hacer el proceso de engorde para que alcancen a tallas comerciales durante los periodos de verano que es cuando las aguas se ponen claras y los organismos de mayor tamaño migran a otros lugares (comunicación personal por pescadores artesanales) y crear alternativas económicas para las familias pesqueras, además que será una base para desarrollar posteriores estudio o proyectos lucrativos de cultivo en ciclo cerrado del producto, esto podría generar ingresos económicos a la población y de esta manera disminuir la presión que se está generando con la extracción de la jaiba para la exportación, en las comunidades costeras.

Con dicha investigación se beneficiarán de forma directa a los pescadores artesanales de la jaiba azul, inversionistas de empresas privadas, cooperativas, que quieran incursar en el proceso de producción de jaiba azul mediante la acuicultura y de forma indirecta se beneficiarán las instituciones gubernamentales como el INPESCA y SERENA y las Universidades.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La baja disponibilidad de la jaiba azul durante periodos de verano e inclusive en periodos de invierno, afecta de manera directa la economía de los pescadores artesanales que dependen de este recurso en las distintas comunidades de la Costa Caribe, siendo el periodo de verano en donde se capturan la mayor cantidad de organismos que no cumplen con el tamaño comercial (información personal por pescadores artesanales) y las jaibas que están en estado de reproducción o en mudas, esto ejerce mayor presión sobre el recurso, ya que mucho de los pescadores eliminan los huevos de las jaibas para poder comercializarlas, añadido a esto, existe muchas demanda de carne de la jaiba azul a nivel nacional e internacional, siendo este recurso explotado de manera descontrolada y con poco manejo, en muchos de los casos durante la pesca se extraen jaibas fuera de la talla comercial que son llevadas a los centros de acopios pero por no cumplir con la talla requerida estas son depositadas nuevamente en la laguna ya muertas o golpeadas brutalmente causando daños directos a la población de la jaiba.

Para cualquier actividad acuícola es determinante conocer si el organismo llega a las tallas comerciales establecidas por lo tanto nos planteamos la siguiente pregunta:

¿Cómo será el engorde (crecimiento) de la jaiba azul *Callinectes sapidus* en condiciones en cautiverio?

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el crecimiento de la Jaiba Azul (*Callinectes sapidus*) cultivadas en cautiverio, en el laboratorio experimental Caribbean Pearl.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar la Ganancia en Peso, el Incremento en Peso y el Ritmo de Crecimiento Específico del *Callinectes sapidus*.
- Calcular la sobrevivencia y el aumento del ancho del carapacho de la jaiba azul cultivadas bajo condiciones de cautiverio.
- Comparar el crecimiento de las jaibas cultivadas en cautiverio con el crecimiento de las jaibas en el medio natural, basados en investigaciones realizados en otros países.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Biología de la especie

Callinectes sapidus, Rathbun, (1896), (Brachyura: Portunidae) conocido como “cangrejo azul atlántico”, es un crustáceo decápodo que habita en estuarios, lagunas y otros hábitats costeros. Es eurihalino y euritermo y se ha encontrado tanto en aguas someras como a 90 metros de profundidad, aunque prefieren zonas inferiores a los 35 metros. Se caracteriza por una alta fecundidad y comportamiento agresivo (Millikin y Williams, 1984). Se trata de una especie autóctona de las aguas del Atlántico occidental desde Nueva Escocia (Canadá) hasta Argentina (Nehring 2011), lugares donde se explota comercialmente, siendo un recurso importante en pesquerías del Norte y centro América (FAO, 2014, citado por Estes Perona, I. 2019, p. 1).

3.2. Taxonomía y clasificación

Las jaibas son cangrejos de la Familia Portunidae (Crustacea: Decapoda), que se distinguen de otros crustáceos por presentar un caparazón ancho, aplastado dorsalmente (Hendrickx 1995), pertenecen al Género *Callinectes*. La Familia Portunidae se caracteriza por la forma aplanada de los últimos dos segmentos (propodus y dactylus) del último par de patas (el quinto), modificación que proporciona a estos cangrejos la facultad de desplazarse nadando, razón por la cual se llama a los miembros de la familia Portunidae "los cangrejos nadadores" (Brusca 1980, citado por Ramírez-Félix, 2003, p. 9).

Clasificación taxonómica (Cruz, et al. 2012, p.15).

Phylum	Artropoda
Subphylum	Crustacea
Clase	Crustácea
Subclase	Malacostraca
Superorden	Eucarida
Orden	Decápoda
Suborden	Pleocyemata
Infraorden	Brachyura
Superfamilia	Brachyrhyncha
Familia	Portunidae
Genero	<i>Callinectes</i>
Especie	<i>Sapidus</i>

3.3. Descripción

Caparazón más que dos veces tan ancho como largo, nueve dientes fuertes y agudos de cada margen anterolateral (incluyendo el orbital y la espina lateral). Frente (excluyendo los ángulos orbitales internos) con dos dientes aguzados, anchos y triangulares, frecuentemente con el margen interno sinuoso y más largo que el margen externo. La mayor parte del caparazón convexa, lisa, aunque con algunas líneas transversales de gránulos finos. Las esculturas de las regiones centrales varían entre poco pronunciadas y casi lisas, a fuertes granulaciones. Quelípedos fuertes, desiguales y con crestas longitudinales. Quinto par de patas con el dactilopodito aplanado en forma de paleta. Macho con el abdomen en forma de “T”, llegando al nivel del cuarto segmento torácico. Primer pleópodo del macho con la punta membranosa, que sobrepasa la sutura entre el cuarto y el quinto esternito torácico (Williams, 1978, citado por, Cruz, *et. al.* 2012, p.16).

3.4. Características morfológicas

Las jaibas exhiben dimorfismo sexual. Los machos presentan un abdomen largo y delgado en forma de T invertida, que en los inmaduros está pegado al abdomen y en los maduros cuelga libremente, en cambio, las hembras se caracterizan por el abdomen triangular y sellado al cuerpo, en el caso de las inmaduras y redondeado y ancho en el de las maduras. Las ovígeras son todas aquellas hembras con huevos expuestos en sus diferentes estadios gonádicos (Hendrickx, 1995, citado por Ramírez-Félix, 2003, p. 11).

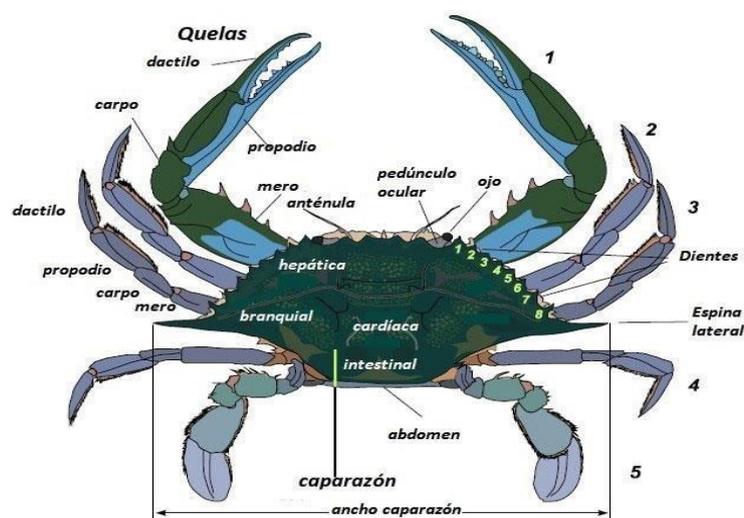


Figura 2 Vista dorsal y características morfológicas de un ejemplar de *Callinectes sapidus* (Agropedia, 2020).

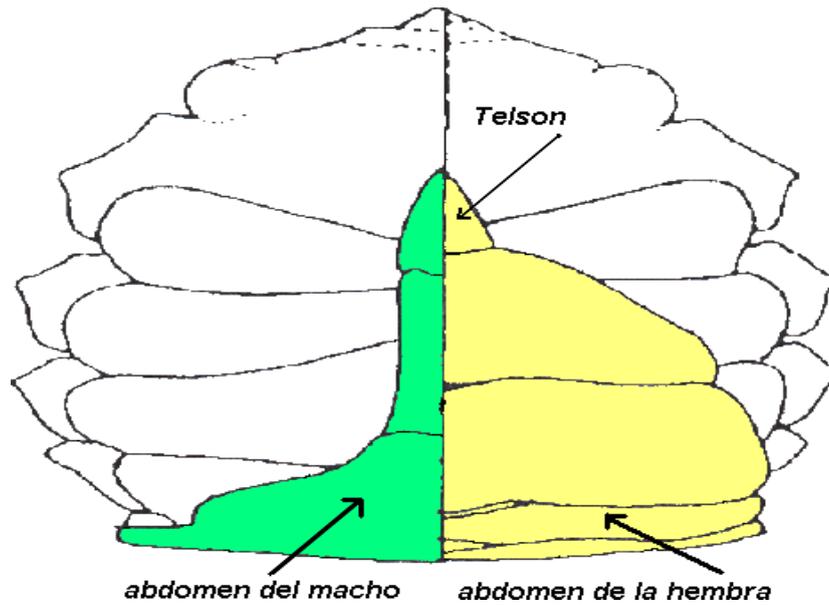


Figura 3 Características sexuales del género *Callinectes* (Gil y Sarmiento 2001, citado por Ramírez-Félix, 2003, p. 11).

El ancho del caparazón (Ac) es la medida de espina lateral a espina lateral recomendada por FAO como se observa en la *figura 3* (Estrada 1999 citado por Ramírez-Félix, 2003,

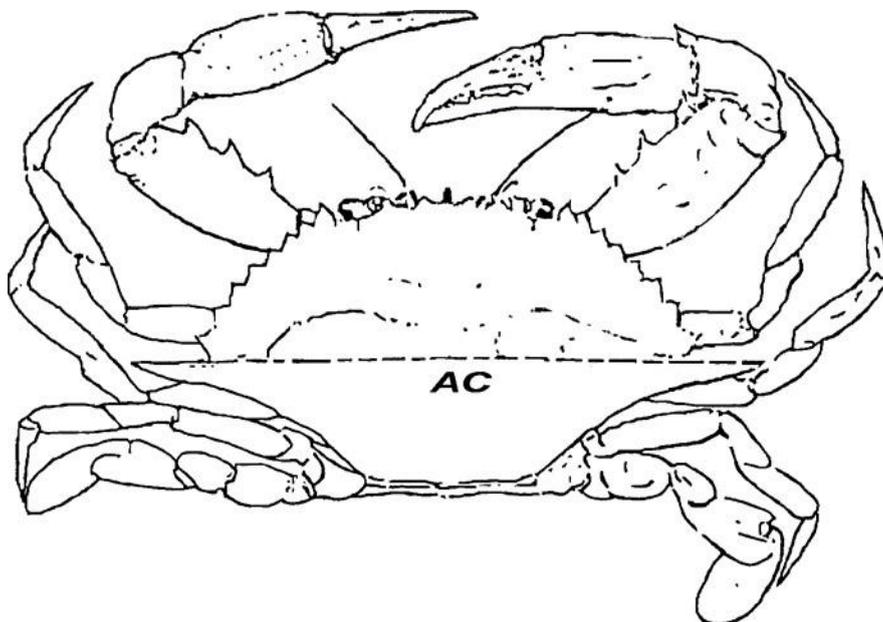


Ilustración 4 Medida del caparazón: Ancho de cefalotórax (Estrada 1999 citado por Ramírez-Félix 2003, p. 12).

3.5. Las características generales de *C. sapidus* descritas por Taissoun (1970) son las siguientes; citado por Estes Perona, I. (2019), p. 1

Caparazón: con dos dientes frontales, anchos y triangulares, sub-agudos, con las extremidades casi rectangulares, leves indicaciones de un par mediano de dentículos en la parte interna y oblicua de los dientes frontales. La anchura del caparazón del macho es de 21/5 a 21/2 veces más ancho que largo, algo convexo, con gránulos pequeños en la región cardíaca y regiones branquiales internas y otras menos visibles y esparcidas en la mitad interna del caparazón, el cual puede crecer hasta un ancho de 230 mm. Cuenta con ocho dientes antero-laterales, algo cóncavos en los márgenes. La espina lateral en los machos es de 3 a 4 veces la longitud de los dientes precedentes. El diente supra-orbital interno amplio y ligeramente dividido. De las fisuras superiores de la órbita externa es más corta que la interna, ambas se cierran excepto en la extremidad anterior, donde tienen una abertura en forma de V. Los dientes externos de las órbitas alargados, triangulares, agudos, el diente interno sub-ordinal agudo. El caparazón tiene dorsalmente un color verde azulado, con variados tintes de blanco grisáceo o blanco crema. Estes Perona, I. (2019), p. 2

Quelas: Los lados de los artejos y pinzas poseen gránulos pequeños y casi invisibles, en cambio en la parte inferior, y en gran parte de la palma se atrofian. En los ejemplares juveniles, pequeños y medianos los gránulos son más distinguibles en la mitad anterior del caparazón y en los lados de los artejos y pinzas. Los dientes antero -laterales más anchos, con márgenes más o menos convexos, dientes sub-orbitales internos más anchos y obtusos. Estes Perona, I. (2019), p. 2

Coloración: La parte superior de las patas marchadoras, el merus, el carpus y los quelípedos del primer par de apéndices son de color azul violáceo, con regiones de verde pardo. Esta tonalidad azulada que le da el nombre se debe al pigmento α -crustacyanina, que interactúa con un pigmento rojo, la astaxantina. Los tubérculos de las articulaciones de las patas ambulatorias y nadadoras son anaranjados. La espina del merus del primer par de apéndices es azul violeta en su base y blanco grisáceo en el vértice. Además, las hembras se diferencian de los machos porque presentan un color anaranjado más intenso y extendido en las patas y articulaciones. Estes Perona, I. (2019), p. 2

Abdomen y apéndices sexuales: los machos siempre presentan un abdomen en forma de T invertida. El abdomen de la hembra adulta es muy ancho, con los márgenes del tercer,

cuarto y quinto segmento convexos; el último segmento más largo que ancho. En la hembra juvenil o inmadura presenta un abdomen triangular y sellado al cuerpo, en cambio la hembra adulta lo posee casi semicircular y libre de la parte ventral del animal. El macho juvenil se diferencia del adulto en que el abdomen está estrechamente adherido a la superficie ventral del tórax mientras que en el macho que ya ha alcanzado la madurez sexual (“apareador”) el abdomen está libre o se encuentra sostenido en su sitio por un par de pequeños tubérculos en la parte interna. (Esteso Perona, I. 2019, p.) 2

3.6. Distribución Geográfica.

Los braquiuros ocupan tanto los hábitats terrestres y de aguas dulces como marinos y de aguas salobres, aunque la mayor diversidad del grupo es sin lugar a dudas en el mar (Hendrickx 1999). La distribución geográfica de *C. arcuatus* es de California, E.U.A. a Perú, incluyendo el Golfo de California, México; la de *C. bellicosus* es desde el sur de California, E.U.A. hasta el Golfo de Tehuantepec, incluido también el Golfo de California, México y la de *C. toxotes* desde el sur del Golfo de California, México hasta Colombia (Hendrickx 1995; Correa-Sandoval 1991; Paul 1982a). Epifanio (1995) encontró para, *C. sapidus*, Rathbun que el desarrollo larval no necesariamente ocurre en el sistema lagunario natal; en vez de ello, las larvas se localizan en la ribera cercana a los sistemas donde su transporte está gobernado por las corrientes superficiales manejadas por el viento. Adicionalmente, el asentamiento de las megalopas no necesariamente se lleva a cabo en el sistema lagunario del cual provienen, además, sino como una serie de pulsos asociados con eventos de viento (Ramírez-Félix, 2003, p. 12) La distribución de las jaibas juveniles y adultas parece estar determinada por complejas interacciones abióticas, tróficas y de otros factores bióticos. Por ejemplo, en el Atlántico, las jaibas *C. sapidus* juveniles presentan una amplia distribución estacional y regional dentro del sistema asociadas a aguas de salinidad baja e intermedia y a sedimentos con lodo suave. Las adultas se encuentran ampliamente distribuidas en una variedad de tipos de sustrato en agua dulce, sistemas costeros y aguas oceánicas poco profundas. En general, los machos predominan en áreas de baja salinidad mientras que las hembras en zonas de alta salinidad (Cargo 1958, citado por Ramírez-Félix, 2003, p. 12).

Dittel *et al* (1985) encontraron mayor abundancia en época de lluvias (0.0396 ind. m²) para *C. arcuatus* y menor en época de secas (0.0168 ind. m²) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. La abundancia de las poblaciones de jaiba puede fluctuar drásticamente cada año. Son organismos con estrategia de selección reproductiva del tipo “r”, misma que se caracteriza por producir una gran cantidad de organismos jóvenes, tener un crecimiento rápido, alcanzar su madurez sexual tempranamente, tener altas tasas de mortalidad y una duración de vida corta. Dichas especies presentan grandes fluctuaciones interanuales en su abundancia debido a factores ambientales (físicos, químicos y biológicos) (Ramírez-Félix, 2003, p.13).



Figura 4 Distribución Mundial del Cangrejo Azul *C. sapidus*

3.7. Reproducción y desarrollo *Callinectes ssp.*

Las jaibas son heterosexuales y exhiben dimorfismo sexual pronunciado. Como muchos organismos marinos, el apareamiento y desove ocurren en tiempos diferentes. Los testículos, pareados pero conectados, suelen encontrarse en el tórax, pero pueden extenderse posteriormente hasta la parte anterior del abdomen. Los espermatozoos de los decápodos no poseen cola y tienen, algunas veces forma de estrella. Los espermatozoos pueden ser transmitidos en forma de espermatóforos, en cuyo caso la porción más distal del conducto espermático es glandular y modificada para la formación del espermatóforo. El extremo terminal del conducto espermático es un tubo muscular eyaculador, que generalmente se abre sobre la coxa o en la membrana articular situada entre la coxa y el esternón. Los braquiuros tienen un par de penes tubulares. Ramírez-Félix, 2003, p. 14).

Los dos primeros pares de pleópodos en los decápodos machos están modificados típicamente para ayudar en la transferencia de espermatozoos, en los braquiuros el primer pleópodo tiene forma de cilindro en cuyo interior se adapta el segundo pleópodo en forma

de émbolo. Los espermatozoos emitidos por el pene son bombeados siguiendo el pleópodo anterior como conducto. Los ovarios se parecen a los testículos en estructura y localización. En los braquiuros el extremo terminal de cada oviducto se halla modificado y convertido en vagina y receptáculo seminal glandular para la recepción del pene. El cortejo precopulatorio es característico de muchos decápodos, especialmente de los anomuros y de los braquiuros. Las feromonas son importantes en la atracción sexual de los cangrejos acuáticos (Barnes, 1975, citado por Ramírez-Félix, 2003, p. 14).

En las familias braquiuras Cancridae (*Cancer*) y Portunidae (*Callinectes*, *Portunus* y *Carcinus*), se produce una obsequiosidad anterior a la muda de la hembra, por el macho, en la que éste lleva a la hembra de un lado para otro debajo de él, con el caparazón de ella debajo de su esternón, luego la deja para que pueda mudar y la copulación tiene lugar poco después (Barnes, 1975, citado por Ramírez-Félix, 2003, p.14)

El ciclo de vida de las especies del género *Callinectes*, se inicia desde el momento que las hembras y los machos se aparean, este último monta a la hembra por un período de una semana y deposita en la espermateca de la hembra los espermátóforos que sirven para fecundar los óvulos producidos durante toda la vida de la hembra. Durante el desove los huevos se depositan en los pleópodos, donde se incuban por un período de dos a tres semanas. Posteriormente a la eclosión, suceden ocho estadios de zoea y uno de megalopa. Esta transformación ocurre a los 30 días de la eclosión, dependiendo de la especie, temperatura y salinidad ambiental. Las megalopas experimentan una sola muda, que cambia radicalmente de forma y genera el primer estadio bentónico juvenil, ya muy semejante a los adultos y requiere de seis a 20 días para su transformación. Los juveniles y adultos continúan mudando hasta alcanzar su tamaño máximo, después de 30 mudas. La eclosión y el desarrollo larvario ocurre en el mar, mientras que el desarrollo posterior de la mayoría de las especies se realiza en ambientes salobres (Ortega-Salas, 1994, Ramírez-Félix, 2003, p. 15).

Los braquiuros presentan un desarrollo embrionario metamórfico seguido de larvas zoea y megalopas (postlarva). González-Ramírez *et al* (1990), realizaron un estudio biológico pesquero de *C. bellicosus* y *C. arcuatus* en Bahía Magdalena, B. C. S, México, y establecieron que la época de mayor frecuencia reproductiva de *C. bellicosus* ocurre de julio a septiembre, mientras que para *C. arcuatus* de noviembre a diciembre, por otro lado, Sánchez-Ortiz y Gómez-Gutiérrez (1992) encontraron que las hembras de *C. bellicosus*, también en la misma localidad, se aparearon en lagunas costeras y estuarios y

cuando ovígeras emigraron hacia las bocas en donde se presentó la eclosión de los huevos. Las zoeas se dispersan a mar abierto, se transforman en megalopas y entran de nuevo a los sistemas costeros donde crecen hasta alcanzar la forma adulta. (Ramírez-Félix, 2003, p.15)

3.8. Ciclo biológico y reproducción *Callinectes sapidus*

Es una especie con un ciclo de vida de aproximadamente tres años y que consta de cinco fases (Hines, 1987) (Fig. 3): 1ª) Huevo, 2ª) Primer estado larval (zoea), ambas fases de vida planctónica en mar abierto; 3ª) Segundo estado larval (megalopa); 4ª) Juvenil, siendo estas dos últimas fases de vida bentónica, se desarrollan en la zona costera de carácter estuarino (desembocadura de ríos) donde se alimentan y se refugian de depredadores. Los juveniles comienzan la migración río arriba, y continúan mudando a medida que crecen, unas 18 o 20 veces hasta que alcanza la madurez sexual (Williams, 1984) y pasan a ser adultos; 5ª) Madurez es la última fase, cuando tienen un año o un año y medio de vida (Van Engel, 1958), que se localizan aguas arriba de los ríos y en lagunas costeras de agua dulce o salobre y las hembras ovígeras vuelven a migrar hacia la desembocadura tras la época de apareamiento. La talla de primera maduración oscila entre 7-8 cm (Van Engel, 1985) aunque otros autores (Cadman y Weinstein, 1985) afirman que se alcanza a partir de los 12 cm, dependiendo también de la zona. (Esteso Perona, I. 2019, p. 2).

Etapa zoeal avanzada: Observe el cambio en la escala y los maxilípidos

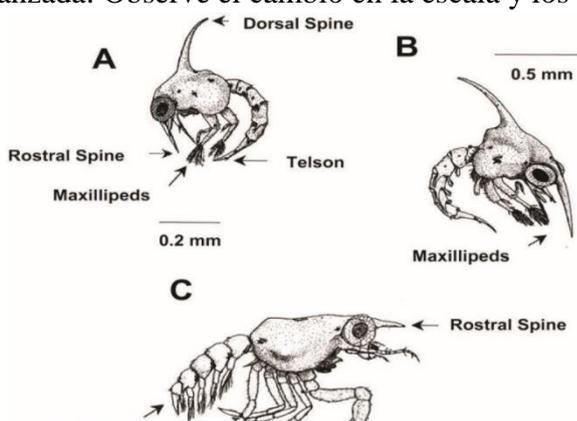


Figura 5 Anatomía externa de estadios larvales representativos del cangrejo azul *Callinectes sapidus*. (A) Etapa zoeal temprana: Note los maxilípedos utilizados en la natación. (B) proporcionalmente más grandes para nadar. (C) Etapa megalopal: Observe los pleópodos abdominales utilizados en la natación, la colocación horizontal de la columna rostral y la aparición de quelas (Modificado de Costlow & Bookhout, 1959, citado por Epifanio, C. E. 2019, p.2)

3.9. Edad y Crecimiento

El crecimiento de los crustáceos decápodos es un proceso discontinuo consistente de una sucesión de mudas (ecdisis, esto es, el tiempo que se sitúa entre dos períodos de desprendimiento o ecdisis real) separadas de un período entre mudas. La muda es un proceso continuo en la vida del crustáceo. Durante el período intermudas el integumento es duro y se detiene el crecimiento, en cada muda se despoja del integumento y crece rápidamente ocurriendo en un período corto antes de que el nuevo integumento se endurezca. Por lo que se puede describir el crecimiento con dos componentes: Uno es el incremento de las mudas o el incremento en tamaño que ocurre en una muda y otro es el intervalo de las mudas (ecdisis) o la duración entre dos mudas sucesivas. También ocurren pequeños incrementos en peso a través de cambios relativos del contenido del tejido durante el periodo intermuda (Barnes 1975 citado por Ramírez-Félix, 2003, p. 16).

La fase preparatoria, o proecdisis, se caracteriza por una acumulación continua de reservas alimenticias y un aumento en el calcio de la sangre. La reabsorción de calcio y digestión de la capa calcificada son particularmente grandes cuando ocurre una hendidura o cuando el esqueleto anterior ha de extenderse o romperse para permitir la extracción de una parte terminal grande de un apéndice. Después de la separación de la cutícula anterior de la epidermis y de la secreción de la nueva epicutícula, el animal está preparado para el proceso real de ecdisis y busca algún receso protegido o permanente en su madriguera. El cuerpo se hincha, debido a la absorción de agua a través de las branquias, y sale rápidamente del antiguo esqueleto, que por regla general se come para obtener sales de calcio. Durante la fase terminal de la ecdisis (posecdisis) se secreta la endocutícula y tienen lugar la calcificación y el endurecimiento del esqueleto. El animal permanece en su receso y no se alimenta durante la primera parte de esta fase (*op cit* 1975, citado por Ramírez-Félix, 2003, p.16).

El mecanismo que controla la ecdisis es una interacción antagónica entre una hormona que inhibe la muda producida en la glándula del seno-órgano X localizada en el pedúnculo del ojo y la hormona de la muda ecdisona producida en el órgano Y localizado ventralmente en el pedúnculo del ojo. Previo a la muda, el exoesqueleto retira sales inorgánicas y las almacena en los gastrolitos y otros sitios. El exoesqueleto antiguo es roto por las enzimas del fluido de muda, y se secreta una

nueva cutícula. La jaiba rápidamente absorbe agua, rompe el viejo exoesqueleto junto con las suturas entre el carapacho y el esternón, y se sale por atrás del viejo exoesqueleto. Esto posterior a una rápida redepósito al haber recuperado sales inorgánicas para endurecer la nueva cutícula. El crecimiento de los tejidos es rápido, Dittel y Epifanio (1984) reportaron que *C. arcuatus* crece hasta 108 mm de Ac en un año, Paul (1982b) que se incrementa de 20 mm a 90 mm de Ac en un intervalo de 240 días en la Laguna Huizache-Caimanero; Ruiz-Camacho *et al* (1985) para *C. arcuatus* en el estero el Sábalo determinaron una *k* anualizada de 1.9; Alejo-Álvarez y ÁvilaMartínez (1977) para *C. toxotes* una *k* de 2.61, también anualizada en condiciones de laboratorio. (Ramírez-Félix, 2003, p. 17).

Ayala-Espinoza y Espinoza (2000) estimaron para *C. bellicosus* una *k* de 2.89 para machos y de 3.85 para hembras en la Bahía de Santa María La Reforma, Sinaloa. Los parámetros poblacionales se consideran necesarios para el mejor conocimiento de las pesquerías, la tasa de crecimiento individual permite conocer el tamaño (en longitud y peso) de los individuos de una población en un tiempo dado. Este aspecto, junto con la mortalidad natural y la mortalidad por pesca, conducen a conocer más la dinámica del recurso para su mejor administración. (Ramírez-Félix, 2003, p. 17).

El estadio megalopa dura de seis a 20 días; en esta etapa, las larvas son transportadas a cuerpos de agua estuarinos, donde se protegen hasta convertirse en el primer estadio juvenil llamado estadio J1 (Fig. 8) (Fischer y Wolff 2006). Después de esto sufren varias ecdisis hasta convertirse en jaibas maduras a los 12 o 18 meses de edad. En Bahía Magdalena se ha observado en colectores artificiales, el máximo de abundancia de megalopas durante octubre 2009, lo que podría implicar el periodo de mayor reclutamiento poslarvario al sistema lagunar (Castañeda *et al.* CRIP La Paz) (M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014 P. 24).

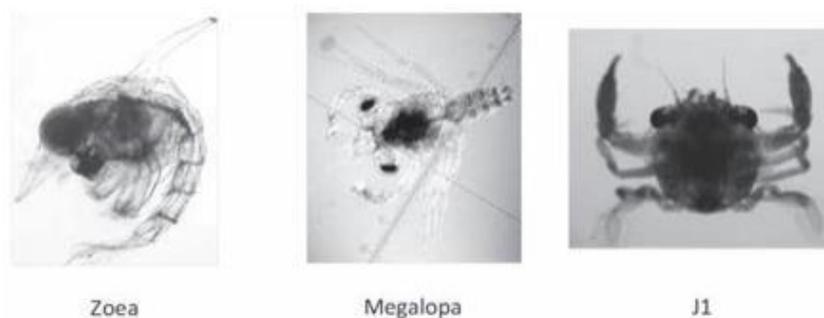


Figura 6 Estadios larvales de las jaibas (*Callinectes ssp.*)

La duración de las etapas de desarrollo puede ser variable, dependiendo de la especie. En el caso de *C. sapidus*, el tiempo entre el estadio de zoea I al primer juvenil fue de entre 27 y 35 días; la duración de cada estadio larval fue de 2 a 3 días de zoea I a zoea VI, 6 a 7 días en las megalopas, y 9 a 10 días en los primeros juveniles, dependiendo de la temperatura, la salinidad y la alimentación (Bacab-Cahuich et al. 2002). Para *C. arcuatus*, Epifanio y Dittel (1984) reportan una duración de 5.9 a 7.3 días en zoeas, 18.7 días en megalopas, 50.6 ± 3.8 días hasta que alcanzan el estadio de megalopa y 69.3 días hasta juvenil. (M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014. p. 24)

3.10. Alimentación

Las jaibas parecen ser uno de los eslabones más importantes en las redes tróficas de ecosistemas costeros (Félix-Pico y García-Domínguez 1993, Rodríguez-Rojero 2004). Son organismos carnívoros-oportunistas, depredadores de moluscos y crustáceos, que regulan las poblaciones en sustratos suaves y desprotegidos (Rodríguez-Rojero 2004). En la costa del Atlántico, las larvas zoeas cultivadas se alimentan filtrando fitoplancton y zooplancton de 45 a 80 micras, en tanto que las megalopas bentónicas son omnívoras oportunistas que con sus quelas atrapan activamente a sus presas. Los juveniles y adultos son depredadores omnívoros oportunistas, detritívoros, carnívoros y caníbales, que se alimentan de moluscos, detrito, algas, peces, jaibas y otros crustáceos; los juveniles se alimentan por las noches o en las mañanas y los adultos durante el día (Paul 1981, Guillory et al. 2001, Rodríguez-Rojero 2004, Arimoro e Idoro 2007, Wilcox 2007). En la zona del sur de Sinaloa se encontró que las jaibas azul y negra se alimentan principalmente de moluscos bivalvos, además de detritos que incluyen restos de jaibas (Paul 1981). En Bahía Magdalena (BCS), la dieta de *C. bellicosus* estuvo integrada principalmente por moluscos, gasterópodos, moluscos bivalvos, crustáceos, peces y material vegetal; los ítems incidentales fueron anfípodos, isópodos, poliquetos, balanos, quitones, sipuncúlidos, plumas de mar, esponjas, además de material de desecho, como hilo de nylon y trozos de plástico. En el caso de *C. arcuatus*, los principales grupos alimenticios fueron crustáceos, gasterópodos, peces, bivalvos y jaibas y, en menor proporción, el sedimento y restos vegetales (Rodríguez-Rojero 2004, citado por M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014. p. 25).

3.11. Depredación y parasitismo

Los depredadores en su área natural son, entre otros: los caimanes, tiburones, rayas, anguilas, pulpos y algunas especies de peces de la costa atlántica americana como la lubina rayada o las corvinas, aunque su mayor depredador es el ser humano (Milikin y Williams, 1984). En las zonas invadidas no se ha identificado con seguridad ningún competidor sin embargo los pulpos de gran tamaño podrían ser uno de los depredadores principales. En cuanto a posibles parásitos existe también una falta de información. En su área de distribución natural son parásitos comunes los cirrípedos, poliquetos y sanguijuelas o los isópodos que viven en las branquias (Messick, 1998; Alvarez et al., 1999). También se han detectado infecciones por el virus patógeno *Callinectes sapidus* reovirus 1 (CsRV1, Flowers et al., 2016); así como, el protozoo *Hematodinium*, el cual ha sido detectado también en cangrejos azules del Mar Jónico (Mancinelli et al., 2013), pero no se sabe si se podrían transmitir a crustáceos autóctonos. En muchas ocasiones, el impacto de las especies invasoras se debe a la introducción de sus parásitos (Howard et al., 1999). Es interesante considerar en qué medida estos parásitos afectan a la población de cangrejos y hacerse la pregunta si en el proceso de invasión de esta especie en el Mediterráneo estos parásitos desaparecen, lo cual se sabe que puede actuar en beneficio de la especie invasora y ser una causa de su éxito en la expansión y establecimiento en nuevas áreas de distribución (Howard et al., 1999). Además, conocer aspectos sobre la depredación y el parasitismo del cangrejo azul puede ser la base como método de control biológico, consistente en la introducción de agentes exóticos de biocontrol. Este método se basa en la creencia de que la mayoría de los invasores “se mantienen bajo control” (y, por tanto, no son invasores) en su hábitat nativo gracias a la acción de toda una serie de parásitos, agentes patógenos y predadores. Cuando un invasor se establece en un nuevo hábitat o ecosistema, muchas veces lo hace sin la presencia de aquellos parásitos, agentes patógenos y predadores capaces de controlarlo, por lo que puede crecer y proliferar libremente. El control biológico exige encontrar alguno de esos organismos controladores que forman parte del ámbito original del invasor, cultivarlo y liberarlo para que controle a la especie exótica en su nuevo hábitat, reduciendo así su crecimiento y expansión y el impacto sobre su “nuevo hogar” (Howard et al., 1999, citado por Esteso Perona, I. 2019, p. 7).

3.12. Enfermedades

Las pesquerías de jaibas y cangrejos han sido impactadas severamente por agentes infecciosos en las costas del Pacífico noreste y de Escocia (Meyers et al. 1987, Shields et

al. 1989). Las condiciones del medio ambiente pueden favorecer brotes de organismos patógenos, en particular en poblaciones relativamente cerradas en condiciones de estrés (calor, hipoxia, hipersalinidad, pesca o depredación) que habitan en lagunas costeras y fiordos. Los portúnidos pueden ser infestados por varios tipos de organismos patógenos y no patógenos. En la costa del Atlántico de EU se han realizado estudios que han encontrado que la jaiba azul (*C. sapidus*) puede padecer enfermedades causadas por virus, bacterias, amibas, microsporidias, ciliados y gusanos (Sprague et al. 1969, Messik 1998, , citado por M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014. p. 26)

Se han detectado cuatro virus patógenos en jaibas de las bahías de Chesapeake y Chincoteague, EU; los virus atacan células de la hemolinfa y del tejido epitelial y generan altas mortalidades (Johnson y Bodammer 1975). En algunos sitios de la Bahía de Chesapeake, EU, hasta 30% de las jaibas azules (*C. sapidus*) presenta un hiperparasitismo no patógeno conocido como mancha pimienta o pepper spot, que consiste en que un organismo es infectado por un gusano plano (*Microphallus bassodactylus*) que a su vez es infectado por un protozoario (*Urosporidium crescens*). El protozoario se reproduce dentro del gusano hasta consumirlo y reemplazarlo por esporas que se manifiestan como pequeñas (0.5 mm Ø) manchas negras en el tejido de la jaiba. Aunque las jaibas no son afectadas por la enfermedad, su aspecto es repulsivo; la cocción es suficiente para exterminar los parásitos (M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014. p. 27).

Otro padecimiento de las jaibas en Delaware, Maryland, Virginia, Georgia y Florida (EU) es la enfermedad de la jaiba amarga, ocasionada por el dinoflagelado *Hematodinium perezii* que consume el oxígeno de la hemolinfa y el tejido, por lo que las jaibas se debilitan y se aletargan. En algunos sitios, la prevalencia del patógeno en jaibas puede ser hasta de 50%. Una vez que ha infectado, el parásito se reproduce con rapidez de tres a seis semanas y cuando la concentración es muy elevada (100 millones/ml), la hemolinfa se torna de un color blanco-lechoso, pierde la capacidad de coagulación y el exoesqueleto aparece rosáceo. Las jaibas así infectadas pueden morir o quedar muy débiles, por lo que, al manipularlas en las trampas, fácilmente pierden apéndices y mueren. Con la cocción, el tejido de la jaiba adquiere una textura como de gis y sabor amargo; no se han reportado efectos negativos en los humanos (Newman y Johnson 1975, www.bluecrab.ifo/diseases). También en el Atlántico de EU, la enfermedad del algodón o de la jaiba cocinada es causada por *Ameson michaelis*, un microsporidio parásito que destruye las células y desintegra los tejidos, que se tornan opacos. El parásito se transmite por canibalismo y

tiene baja prevalencia (1%) en las jaibas. La enfermedad de la concha o mancha café es causada por una bacteria quitinófaga que genera lesiones en el exoesqueleto de las jaibas. Aunque por su aspecto, las jaibas infectadas no son atractivas para su venta; no se ha reportado daño en los humanos (www.bluecrab.ifo/diseases, citado por M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014. p. 27).

3.13. Migraciones

La distribución espacial de *C. sapidus* depende del sexo y del estado de desarrollo, pero en general tienen una distribución muy ligada a zonas estuáricas en conexión con ríos o lagunas costeras, migrando a lo largo de su ciclo de vida y estacionalmente entre las diferentes zonas en un gradiente de salinidad. En su área de distribución natural, la migración relacionada con la reproducción consiste en que, después de la cópula, los machos permanecen cerca de la costa y las hembras migran mar adentro en busca de salinidades más altas, ya que, aunque se ha comprobado que los cangrejos azules son eurihalinos, la regulación osmótica en las hembras es menos eficiente que en los machos y los huevos requieren elevadas salinidades para eclosionar (Van Engel, 1958, citado por (Esteso Perona, I. 2019, p. 5).

La migración de las hembras se puede dividir en dos fases (Tankersley et al., 1998) (Fig. 3): i) la primera comprende el desplazamiento desde la zona de copula (ríos, lagunas costeras, etc) hasta aguas estuáricas (desembocadura, canal de comunicación con el mar, etc); y ii) la segunda fase es una migración que realizan las hembras, cuyos huevos están en el último periodo de desarrollo, desplazándose mar adentro transportadas por las corrientes generadas en las mareas nocturnas (Tankersley et al., 1998). Tras el desove utilizan las mismas corrientes de marea para volver a la desembocadura, pudiendo volver a fecundarse ellas mismas (Forward et al., 2003). Estas hembras que llegan a la desembocadura no retornan tierra adentro a aguas de baja salinidad. Ambas migraciones suponen una ventaja para las hembras, ya que las aguas costeras y los desplazamientos por corrientes de marea les permiten ser más eficientes en la adquisición de alimento y las reservas energéticas para su crecimiento, migraciones y reproducción (Turner et al., 2003). Por otro lado, permanecer en el mar les permite evitar condiciones estresantes como anoxia / hipoxia durante el verano y (Diaz y Rosenberg, 1995). Las hembras que se retrasan mucho o que no consiguen migrar, tienen más probabilidad de morir y además

la viabilidad del espermatozoide almacenado en el espermatozoide se reduce (Hopkins, 2002, citado por Estes Perona, I. 2019, p. 5-6).

El desencadenante de estas migraciones no se conoce, pero probablemente sea una señal biótica o abiótica; como la disminución de la temperatura del agua, del fotoperiodo, o el aumento del número de individuos (Herrnkind, 1980). La migración al mar es una estrategia reproductora que supone también una ventaja para la supervivencia de las larvas, que se incrementa debido a una mayor dispersión larvaria, menor fluctuación de los parámetros físicos y menor presencia de predadores comparado con la zona costera. Una vez eclosionados los huevos, las larvas empiezan su migración hacia las áreas de menor salinidad, formando parte del zooplancton y alcanzando las etapas de cangrejo juvenil en aguas estuarinas. En estas etapas del crecimiento, una menor salinidad les permitirá ventajas fisiológicas para el crecimiento, y además reducir la mortalidad por canibalismo, ya que habrá menor número de individuos en periodo de intermuda que puedan alimentarse de los que aun la tienen blanda. Por otro lado, los cangrejos adultos son de costumbres más bentónicas que los juveniles ya que su movimiento es más reducido (Hines, 2003, citado por Estes Perona, I. 2019, p. 6).

Los parámetros ambientales que mayormente influyen en la abundancia y distribución del cangrejo azul son las precipitaciones y las sequías, ya que afectan a la salinidad del agua, y además eventos meteorológicos fuertes pueden afectar por la destrucción del hábitat y la limitación de oxígeno por eutrofización (Hines, 2003). Sin embargo, la estimación de la mortalidad generalmente es difícil para organismos que mudan el exoesqueleto, aunque se cree que durante el cambio de muda es elevada (Hines, 2003). El canibalismo es una fuente importante de la mortalidad en la población juvenil (Ruiz et al., 1993), así como enfermedades (ver apartado 1.1.4); y a menor escala, los escasos depredadores que presenta, básicamente pulpo, aves y grandes peces, además del hombre (Estes Perona, I. 2019, p. 6)

3.14. Crecimiento individual

El crecimiento de los crustáceos decápodos es un proceso discontinuo consistente en una sucesión de mudas (ecdisis) separadas por un periodo entre mudas, durante el cual el integumento es duro y no hay crecimiento (M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014, p. 29).

En cada muda, el organismo se despoja del integumento y crece con rapidez en un periodo muy corto antes de que el nuevo integumento se endurezca. El mecanismo que controla

la ecdisis es una interacción antagonica entre una hormona que inhibe la muda producida en la glándula del seno-órgano X localizada en el pedúnculo del ojo y la hormona de la muda ecdisona producida en el órgano Y localizado ventralmente en el pedúnculo del ojo (M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014, p. 30).

Previo a la muda, el exoesqueleto retira sales inorgánicas y las almacena en los gastrolitos y otros sitios. El exoesqueleto antiguo es roto por las enzimas del fluido de muda y se secreta una nueva cutícula. La jaiba rápidamente absorbe agua, rompe el viejo exoesqueleto junto con las suturas entre el carapacho y el esternón y se sale por la parte posterior. En seguida se presenta una rápida deposición al haber recuperado sales inorgánicas para endurecer la nueva cutícula (Barnes 1975, Molina et al. 2006, citado por M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014, p. 30).

La muda parece estar ligada a la sensibilidad a la luz y ritmos circadianos (Casillas-Hernández et al. 2002). Los cambios estructurales y morfológicos que operan durante la muda se reflejan en variaciones bioquímicas y fisiológicas, en especial en la hemolinfa y la hepatopáncreas. En el momento de la ecdisis, las reservas orgánicas se guardan y se transportan para ser usadas en el proceso de formación del nuevo exoesqueleto (M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014, p. 30).

Hasta hace poco se consideraba que los crustáceos carecen de estructuras que puedan ser interpretadas como marcas de crecimiento tal como ocurre en especies que presentan estructuras óseas. Sin embargo, estudios recientes (Kilada et al. 2012) mostraron que en los pedúnculos oculares y en los molinos gástricos se puede determinar la edad de cangrejos, jaibas y langostas. Hasta el día de hoy, los estudios de crecimiento individual de las jaibas *Callinectes* se han realizado mediante técnicas basadas en tallas (Sparre y Venema 1995, citado por M. Á. Cisneros-Mata, E. 2014, p. 30).

3.15. Ecología de *Callinectes sapidus* entre juveniles y adultos

Según Hines (2003, p. 423), existen complejas interacciones ecológicas entre juveniles y adultos que incluyen un amplio movimiento entre hábitats estuarinos irregulares, fuentes diferenciales de mortalidad y el uso cambiante de recursos para la búsqueda de alimentos, refugio, muda / crecimiento y reproducción.

Después de un período inicial de crecimiento, alrededor de instar 7 (aproximadamente 20 mm ancho de caparazón), en sus hábitats de asentamiento en la zona polihalina, los cangrejos azules juveniles se dispersan a lo largo del estuario.

Los mecanismos desencadenantes, las rutas y el comportamiento de la dispersión posterior al asentamiento son poco conocidos. La dispersión posterior al asentamiento permite a los juveniles explotar rápidamente hábitats en las zonas altas de los estuarios, donde los recursos alimenticios parecen ser ricos y la diversidad de depredadores relativamente baja comparada con las regiones de salinidad más alta (Hines et al., 1987, citado por Hines, 2003, p. 423).

Los juveniles experimentan un mayor crecimiento en la cabecera del estuario, en un período de 1-2 años para alcanzar la madurez, dependiendo del tiempo de asentamiento y la latitud del sitio. Como antecedente se conoce que, en la Bahía de Chesapeake, Estados Unidos (Hines 2003), el apareamiento ocurre a fines de la primavera o en verano a través del estuario, mientras que en las latitudes más bajas el apareamiento ocurre desde el comienzo de la primavera hasta el verano. Tras el apareamiento, las hembras migran a la desembocadura del estuario, posteriormente producen huevos en aguas con alta salinidad, liberando las larvas para su dispersión hacia el mar (Hines, 2003, p. 423).

Dependiendo del tamaño del estuario, la latitud y la severidad del invierno, los machos y juveniles pueden moverse distancias cortas a pasar el invierno en aguas profundas, mientras que las hembras pueden migrar hasta 250 km hasta las aguas de alta salinidad, para el desove. La mayoría de las hembras ponen huevos de dos a nueve meses después del apareamiento. Las larvas eclosionan en la columna de agua desde finales de la primavera hasta el otoño. Este patrón de dispersión juvenil y el movimiento migratorio adulto, dan como resultado que los cangrejos dividan el hábitat estuarino por tamaño, estado de maduración, y madurez sexual (Hines et al., 1987, citado por Hines, 2003, p. 423).

3.16. Mortalidad

La mortalidad de *C. sapidus* según Hines (2003) también puede ser difícil de evaluar debido a los impactos variables de estrés fisiológico en los estuarios, y debido a las enfermedades de los cangrejos son poco conocidas. El canibalismo es reconocido como una fuente importante de mortalidad juvenil. Más del 92% de la mortalidad se atribuyó al canibalismo (Ruiz et al., 1993). A pesar de que los cangrejos buscan refugios especiales,

tales como los estuarios y zonas con vegetación acuática sumergida, para la ecdisis (muda del exoesqueleto), momento en el que son altamente vulnerables a los depredadores (Hines et al., 1987, citado por Hines, 2003, p. 424).

Como cita Hines (2003, p. 424), la mortalidad de los cangrejos en la muda, se cree generalmente que es alta. Prácticamente no hay estimaciones cuantitativas de la mortalidad durante la muda, probablemente debido a que la mortalidad es técnicamente difícil de estimar de forma realista o incluso comparativamente para los organismos que arrojan sus exoesqueletos. Otras causas que aumentan la tasa de mortalidad del cangrejo azul son, la baja temperatura en latitudes altas en invierno, ya que el invierno limita las poblaciones de cangrejo azul, pérdida de vegetación acuática sumergida, limitación de oxígeno por eutrofización debido al aumento de la carga de nutrientes, los cambios en la salinidad de las aguas en épocas de sequía, y la presión por el aumento de la pesca.

Así que como podemos observar la temperatura y la salinidad influyen de forma significativa en la etapa de la vida de estos crustáceos, especialmente para las hembras maduras que migran a zonas con mayor salinidad en el avance de la producción de cría. La enfermedad en estos crustáceos puede ser otra fuente importante de mortalidad, de la cual no existen muchos datos. En particular, la enfermedad causada por el parásito de la sangre *Haematodinium* spp., al cual los cangrejos azules son más vulnerables cuando están bajo estrés por contaminación (Hines 2003, p. 424).

3.17. Valor nutricional

La jaiba forma parte del grupo de alimentos conocidos como mariscos, considerados por muchos como excelente fuente de nutrientes de gran valor para el ser humano.

Es baja en grasas saturadas, con altos contenidos minerales y vitamínicos como B12, B6, fósforo, zinc, hierro y calcio, siendo un alimento dietético ideal. Por esta razón, el consumo de cangrejos podría ayudar a prevenir deficiencias nutricionales en el futuro (Agropedia, 2020, par. 20 y 30).

Tabla 1

Valor Nutricional de la Jaiba Azul (Agropedia, 2020).

Nutriente	Cantidad por 100 gramos
Calorías	83
Grasas totales	0,7 g
Ácidos grasos saturados	0,2 g
Ácidos grasos poliinsaturados	0,3 g
Ácidos grasos monoinsaturados	0,1 g
Colesterol	97 mg
Sodio	395 mg
Potasio	259 mg
Fósforo	135,2 mg
Carbohidratos	0 g
Fibra alimentaria	0 g
Azúcares	0 g
Proteínas	18 g
Vitamina A	2 IU
Vitamina C	3,3 mg
Vitamina B6	0,2 mg
Vitamina B12	3,3 µg
Magnesio	36 mg
Zinc	4,7 mg
Hierro	1,13 mg
Calcio	64,9 mg

3.18. Regulación pesquera de la jaiba en Nicaragua

En la Resolución Ejecutiva PA-No 007/2012, emitida el 27 de julio del 2012, se estableció una talla mínima permisible de captura de 12 centímetros, equivalente a 4.72 pulgadas de ancho de carapacho, longitud medida entre los bordes de las espinas laterales mayores del animal, válida para las dos especies; estas medidas se establecieron con el propósito de

proteger la población joven que aún no se ha reproducido al menos una vez y a la población de hembras que están en período de reproducción (Velásquez, 2013, p. 5).

3.19. Producción mundial y principales productores de cangrejo

Los mayores productores de jaiba suave en el mundo son EEUU y Japón, y en Latinoamérica solo México realiza este tipo de explotación de forma exitosa, ya que los requerimientos pesqueros y tecnológicos para lograr un producto terminado con la calidad requerida han limitado la producción de este manjar (Agropedia, 2020. Par. 97).

3.20. Países consumidores

Entre los países consumidores de cangrejo azul se encuentran EEUU, Japón, Francia y Canadá, aunque también existe cultura intensiva de consumo en Vietnam y Sudamérica.

3.21. Tecnologías para el cultivo del Cangrejo azul

El cultivo del cangrejo azul hasta talla comercial, sólo ha sido posible a nivel de investigación, obteniendo una reducida cantidad de ejemplares, debido principalmente a la mortalidad y canibalismo en las diferentes fases de desarrollo.

Los avances obtenidos hasta ahora, se basan en la obtención de juveniles a partir de reproductores provenientes del medio natural, engorde intermedio en tanques de recirculación o raceways y, engorde final en estanques para la obtención de un cangrejo suave o un cangrejo de cebo vivo para la pesca recreativa (Agropedia, 2020. Par. 99 y 100).

3.22. Información General sobre los requerimientos para el cultivo del cangrejo azul

3.22.1. Instalaciones

Las instalaciones tanto para el criadero como para el engorde, deben estar situadas a una distancia razonable de bombeo de una fuente de agua de mar de buena calidad.

En un sistema de tipo abierto el agua es bombeada hacia los tanques, pasa a través del sistema de tuberías y es regresada al mar.

El sistema cerrado involucra la recirculación de un volumen determinado de agua dentro de una serie de tanques y unidades de filtración.

Este tipo de instalaciones se localiza usualmente en áreas donde es impráctico o imposible bombear agua desde una fuente natural o bien debido a la baja calidad del agua (Agropedia, 2020. Par. 101 - 104).

3.22.2. Tanques y soportes

El tipo de tanque más común es el construido en fibra de vidrio, con dimensiones de (aproximadamente) un metro de ancho por 2,4 metros de largo y 25-30 cm de profundidad.



Figura 7 Tanques de fibra de vidrio para el cultivo de jaibas.

Las medidas y los materiales pueden variar de acuerdo con las capacidades económicas, de espacio y de materiales.

Los soportes son construidos con los materiales más diversos como madera, bloques de concreto, acero, etc.

Es conveniente que la altura de los tanques (considerando los bordes de cada tanque como la altura máxima) debe estar a un nivel en que los operarios trabajen con comodidad pues gran parte de su tiempo lo dedicarán a la clasificación de jaibas en los tanques.

Una altura aproximada de 1,20 m al borde del tanque permite mantener una postura cómoda del operario (Agropedia, 2020. Par. 104 - 109).

3.22.3. Bombas

La capacidad de las bombas dependerá del volumen de operación. Es necesario garantizar que una eficiente circulación del agua sea mantenida para airear el agua y remover los desechos propios de la producción.

Las bombas usadas en la industria de jaiba son principalmente de tipo centrífuga. Se deben elegir bombas cuyas piezas de repuesto se oferten en el mercado local. Además, los impeles y otras partes internas de la bomba deberán estar fabricadas con materiales no tóxicos como plástico o acero inoxidable.

El cobre, plomo o zinc no debe ser empleados en ninguna parte de la bomba que entre en contacto con el agua (Agropedia, 2020. Par. 110 - 113).

3.22.4. Plomería

Tan importante como las bombas es la plomería del sistema de producción. Todas las tuberías y uniones deben estar fabricadas con materiales resistentes a la corrosión y no tóxicos.

Materiales como PVC son los más recomendados y de hecho utilizados por la mayoría de los productores de jaiba por ser resistente a la corrosión y no tóxico.

La elección del tamaño de tubería (diámetro interno) para ser utilizado en un sistema de producción dependerá de la capacidad de la bomba seleccionada.

Las tuberías con diámetros de 1 a 2 pulgadas son usadas normalmente para la toma de agua y la línea de distribución. Un sistema de mallas de al menos dos diferentes diámetros es recomendable para evitar el paso de materiales gruesos.

El drenaje de los tanques debe contar con un sistema de vaciado de emergencia que permite la eliminación total o parcial del agua.

Generalmente se hace con un tubo removible en el drenaje central del tanque cuando el drenaje ha sido concebido de tal forma.

Para un vaciado parcial se remueve el tubo de drenaje normal y se cambia por otro que permita el nivel de agua deseado. Esto es muy útil en los casos en que ocurre un fallo en la bomba que suministra agua a los tanques (Agropedia, 2020. Par. 114 - 121).

3.22.5. Parámetros de agua

La calidad del agua para el cultivo de organismos acuáticos es de vital importancia ya que, si los niveles de cada uno de los parámetros físico-químicos no son los más adecuados, la especie sufrirá stress o tensión con el consiguiente debilitamiento del organismo acuático predisponiéndolo a ser atacado por algún patógeno o incluso causando mortalidad (Agropedia, 2020. Par. 122).

Las jaibas del género *Callinectes* son una de las especies que toleran amplios rangos de temperatura y salinidad, sin embargo, se pueden sugerir ciertos valores aceptables según la etapa de desarrollo (Agropedia, 2020. Par. 123).

Tabla 2

Parámetros fisicoquímicos de agua para la jaiba azul (Agropedia, 2020).

Etapa	Temperatura	Salinidad	Oxígeno disuelto	pH
Desove	25-30	30± 0,5 ppm	4-6 mg/l	7-8
Eclosión	25-30	22-28 ppm	4-6 mg/l	7-8
Zoea	25-30 °C	25-35 ppm	4-6 mg/l	7-8
Megalopas	15-50 °C	25-35 ppm	4-6 mg/l	7-8
Juveniles				
Adultos	15-30	3-5 ppm		

3.23. Tratamiento de enfermedades y salud

La reposición responsable de la población de jaiba azul basada en la acuicultura enfrenta una serie de desafíos con respecto a las enfermedades. Primero, en la acuicultura de alta densidad, existe el potencial de patógenos propagarse rápidamente con efectos devastadores en la producción de jaibas juveniles. En segundo lugar, para evitar la introducción de patógenos en el medio ambiente, la instalación debe producir juveniles para su liberación que sean libre de organismos causantes de enfermedades. Finalmente, sería contraproducente liberar juveniles sanos "limpios" en un hábitat que alberga enfermedades endémicas de jaibas. Los socios de BCARC están utilizando una estrategia de tres frentes para abordar estos desafíos, que consiste en el desarrollo de herramientas de diagnóstico mejoradas, garantía de calidad en el ámbito de la acuicultura y evaluaciones de hábitat (Zohar, Y. et al., 2008, p. 30).

1. Herramientas de diagnóstico. Las técnicas moleculares pueden detectar rápidamente infecciones crípticas en los reproductores entrantes simplemente tomando muestras de hemolinfa y tejido muscular de las piernas. Estamos empleando y el desarrollo de herramientas moleculares rápidas y sensibles para la detección de patógenos conocidos del cangrejo azul, incluidos los ensayos cuantitativos de PCR para *Hematodinium sp.* (Steven et al., 2003), Virus del síndrome de la mancha blanca (WSSV; Powell et al., 2006), y especies patógenas de *Vibrio* (Panicker et al., 2004). Ejemplos de patógenos adicionales para los que se utilizan sondas moleculares anticipados son el microsporidian *Ameson michaelis* (enfermedad del cangrejo del algodón) y el virus de la bahía de Chesapeake (Messick y Sindermann, 1992) (Zohar, Y. et al., 2008, p. 30).

2. Liberaciones libres de enfermedades. Hasta la fecha, no hemos experimentado cualquier brote de enfermedad en el criadero. Para producir específicos juveniles libres de patógenos y permanezca atento a la amenaza de enfermedades y parásitos, seguimos medidas de garantía de calidad que incluyen cuarentena y examen histológico de las hembras de reproductores silvestres entrantes e inspección de los juveniles antes de su liberación. Nos hemos asociado con expertos en enfermedades del cangrejo azul en el Laboratorio Cooperativo de Oxford (NOAA Oceans Service) que actúan como inspectores independientes y avísenos sobre posibles brotes de enfermedades. Mediante un cuidadoso examen histológico, los científicos del Laboratorio de Oxford seleccionan larga lista de verificación de posibles parásitos y patógenos, incluyendo metazoos (por

ejemplo, gusanos nemertinos), protozoos (*Paramoeba*, *microsporidios*, *Hematodinium sp.*), bacterias (*rickettsias*, *Vibrio spp.*) y virus (virus de la bahía de Chesapeake, virus bifacés; Messick y Sindermann, 1992) (Zohar, Y. et al., 2008, p. 30).

3. Evaluaciones de hábitat. Se incluirán evaluaciones de enfermedades en los estudios de hábitat para asegurar que los juveniles no sean liberados en áreas de la bahía de Chesapeake con mortalidad reciente de cangrejos azules relacionada con enfermedades. De preocupación inmediata son los posibles puntos críticos para patógenos como el dinoflagelado parásito, *Hematodinium sp.* (Messick y Shields, 2000). Muestreo de campo de cangrejos azules, presas de cangrejos azules y muestras de agua y sedimentos incluirá tanto microscópicos (histológicos) como moleculares ensayos de patógenos de interés disponibles. Se evitará el hábitat con posibles organismos patógenos del cangrejo azul a medida que se liberen sitios (Zohar, Y. et al., 2008, p. 31).

IV. HIPÓTESIS

H^o: El crecimiento de las jaibas en cautiverio es igual al crecimiento de las jaibas en el medio natural.

H^a: El crecimiento de las jaibas en cautiverio es diferente al crecimiento de las jaibas en el medio natural.

V. DISEÑO METODOLÓGICO.

5.1. Área de localización del estudio.

El estudio se llevó a cabo en El Laboratorio Experimental Centro de Desarrollo Tecnológico Comunitario para la Producción de Peces Marinos “Caribbean Pearl” localizada en la Barra de Laguna de Perlas (Bar Point), las coordenadas Latitud: 12.364590° N; Longitud: 83.632018° W.



Figura 8 Macro y micro localización del Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

5.2. Tipo de estudio según el enfoque, amplitud o periodo del mismo.

El presente estudio es de tipo Cuasi-experimental, con enfoque cuantitativo ya que se tomó en cuenta el crecimiento de las jaibas durante todo el proceso de engorde, de corte longitudinal.

5.3. Población y Muestra

5.3.1. Población

La población estuvo compuesta por 45 jaibas que se obtuvieron de la laguna de Laguna de Perlas y el rango de tallas fue de 5 a 10 centímetros de ancho de carapacho.

5.3.2. Muestra.

El muestreo biométrico estuvo conformado por el 40% de las jaibas en cultivo (18 jaibas).

Para determinar la sobrevivencia se utilizó el 100% de la población.

5.4. Tipo de muestreo.

El muestreo fue un muestreo probabilístico, ya que las muestras se realizaron al azar y todos los organismos tenían la misma probabilidad de ser seleccionados.

5.5. Técnica e instrumento de la investigación.

Para llevar a cabo el proceso de cultivo de las jaibas y determinar la sobrevivencia, se utilizaron tres tanques de fibra de vidrio de 1 tonelada cada uno y se monitorearon los parámetros de oxígeno, salinidad, temperatura y pH del agua, también se utilizó información básica en documentos y libros digitales para comparar con la información obtenida.

5.5.1. INSTRUMENTOS

Los instrumentos necesarios para llevar a cabo la investigación fueron los siguientes:

- ✓ Tanques fibra de vidrio de una tonelada (1000 litros)
- ✓ Baldes
- ✓ Cepillos de mano
- ✓ Cuchillos
- ✓ Tubos PVC
- ✓ Guantes
- ✓ Tinajas de Almacenamiento
- ✓ Bitácoras de campo
- ✓ Pie de rey o regla vernier en milímetro (mm)
- ✓ Pesa Digital en gramos
- ✓ Medidor multiparámetro marca Hanna
- ✓ Lapicero

5.5.2. Diseño Experimental.

Para este estudio se utilizó un diseño Cuasi-experimental, un tratamiento con tres replicas con densidad de siembra de 15 jaibas por tanques con capacidad de 1 tonelada (1000 litros) cada uno.

5.5.3. Técnica de Recolección de Datos

Obtención de las Jaibas: las jaibas fueron obtenidas de la laguna de Laguna de Perlas.

Tecnología de Cultivo: el cultivo de las jaibas se realizó en tanques fibra de vidrio circulares de 1 tonelada (1000 litros), con densidad de siembra de 15 jaibas por tanque, conectados al sistema de aireación del laboratorio y se utilizó agua de la laguna previamente filtrada (sistema de filtración del Laboratorio Experimental Caribbean Pearl) y se utilizó el sistema de aireación por blower (aireadores) de 1 HP, conectados por tubería PVC, manguera vinil y piedras difusoras.

5.6. Muestreos de crecimiento

Se realizó 4 muestreos de crecimiento durante 77 días, entre marzo a mayo, tomando como referencia el peso en gramos (BW) con una balanza analítica y la talla del caparazón (CW) en centímetros (cm) con regla de vernier con precisión de 0.01.

Para determinar la Ganancia en Peso (%), se utilizó la ecuación matemática reportada por Solanki et al., (2012):

$$\text{Ganancia en Peso (\%)} = \frac{\text{promedio (peso final- peso inicial)}}{\text{Promedio del peso inicial}} \times 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

Para determinar la Ganancia Media Diaria, se utilizó la ecuación matemática reportada por Luna (2015):

$$\text{Ganancia Media Diaria (GMD)} = \frac{\text{Peso final} - \text{peso inicial}}{\text{Edad (días)}} \quad (\text{Ec. 2})$$

Para determinar el Incremento en Peso diario, se utilizó ecuación matemática reportada por Solanki et al., (2012):

$$\text{Incremento en Peso} = \frac{\text{promedio (peso final- peso inicial)}}{\text{Nº de días}} \quad (\text{Ec. 3})$$

Para determinar el porcentaje de sobrevivencia, se utilizó la siguiente ecuación matemática reportada por Solanki et al., (2012):

$$\% \text{ Sobrevivencia} = \frac{\text{Nº de jaibas vivas al final del cultivo}}{\text{Nº de jaibas al inicio}} \times 100 \quad (\text{Ec. 4})$$

Para determinar la Tasa de Crecimiento Específico, se utilizó la siguiente ecuación matemática reportada por Rivera Meneses, et al. (2013):

Tasa de Crecimiento Específico (SGR %)

$$SGR \% = 100 (\ln W_f - \ln W_i) / t \quad (Ec. 5)$$

5.7. Monitoreo de parámetros fisicoquímicos.

Los parámetros físico-químicos del agua se midieron diariamente a las 8:00 a.m. y a las 4:00 p.m., con un multiparámetro marca Hanna HI 9828.

5.8. Alimentación

Las jaibas fueron alimentadas con alimento fresco (peces) cortado en pequeñas proporciones una vez al día; a las 08:00 am, proporcionándoles el 100% de la ración alimenticia, proporcionando el 10% de la biomasa total.

5.9. Crecimiento Natural vs Cultivados

Para determinar si las jaibas cultivadas tenían mayor crecimiento que las jaibas en su medio natural, según estudios ya realizados en otros países, se comparó el crecimiento de las jaibas en cultivo con los datos reportados por Rodríguez-Castro, et al., (2016), utilizando el modelo matemático de crecimiento de Von Bertalanffy.

$$L_t = L_\infty \{1 - \exp [-k(t - t_0)]\} \quad Ec. 6.$$

Donde L_t es la longitud total del ancho del caparacho en mm al tiempo t (años). L_∞ es la Longitud Total asintótica promedio (mm), k es el coeficiente de crecimiento que determina que tan rápido es alcanzado L_∞ y t_0 es la edad hipotética cuando L_t es 0.

De la ecuación 5, $t = t_0 - \{\ln[1 - (L_t/L_\infty)]\}/k$ y utilizando los valores de los parámetros del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy se determinó la edad promedio de las jaibas al inicio del cultivo.

5.10. Operacionalización de la variable

Tabla 3

Operacionalización de la variable de la jaiba azul

Variables	Sub-variables	Concepto	Indicador
Cultivo	Alimentación	Es el alimento que se estará utilizando para engordar a las jaibas durante el estudio	Biomasa Final
	Sobrevivencia	Es la cantidad de jaibas que quedan vivas al final de estudio representada en % de la cantidad inicial	
	Factor de Conversión Alimenticia	Indica la cantidad de alimento que se utilizó para lograr producir un Kg en peso de las jaibas	
	Biomasa	Indica la cantidad total de kg de jaibas cosechadas al final de estudio mediante la multiplicación del peso promedio de los ejemplares por la cantidad total cosechada	
Crecimiento	Talla del caparazón	Indica el tamaño del caparazón de las jaibas	Tamaño y peso final de las jaibas
	Peso inicial	Es el peso promedio de las jaibas al iniciar el estudio	

	Peso final	Es el peso promedio de las jaibas al momento de la cosecha	
	Incremento en Peso (g/día)	Indica el peso que incremento la jaiba en gramos por día	
	Ritmo de Crecimiento Especifico (% peso de cuerpo por día)	Indica el crecimiento en peso de las jaibas por día durante un periodo determinado representada en porcentaje	
	Ganancia en peso (%)	Indica la ganancia de peso en porcentaje que obtuvieron las jaibas durante el periodo de estudio	
Calidad de Agua	Calidad de Agua	Es la condición de agua de cultivo durante el periodo de estudio	Control de los parámetros óptimos de los factores fisicoquímicos
	Factores fisicoquímicos (T°C, O ₂ , pH, S‰)	son los elementos abióticos que serán monitoreados durante el periodo de estudio para relacionarlos con el crecimiento de las jaibas	

5.11. Análisis de datos

Los datos obtenidos fueron procesados en el programa estadístico R Studio versión 4.1.2 con 95% de confiabilidad. Los datos fueron evaluados con test de normalidad Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad y homogeneidad de varianzas, se aplicó la prueba estadística t- test (Prueba t de dos muestras) para determinar la existencia de diferencia

significativa entre el crecimiento de las jaibas en cultivo con el crecimiento de las jaibas en el medio natural según estudios ya realizados en otros países.

VI. RESULTADOS Y ANALISIS

6.1 MUESTREOS BIOMÉTRICOS

En la Tabla 4, se reflejan los datos y resultados obtenidos durante el periodo de siembra de marzo a mayo del 2021 (77 días) de las jaibas *Callinectes sapidus*, en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

Tabla 4

Resultados Ancho inicial y final promedio de Carapacho, Peso inicial y final promedio, Ritmo de Crecimiento y la Supervivencia de las jaibas cultivadas en tanque de una tonelada.

Indicador	JAIBAS CULTIVADAS
Longitud promedio del Ancho del Carapacho Inicial (mm)	99,17
Longitud promedio del Ancho del carapachoFinal (mm)	113.75
Peso Inicial (G)	67.27
Peso Final (G)	109.85
Ganancia en Peso (%)	63.29
Ganancia Media Diaria (g)	-27.01
Incremento en Peso (g/día)	0.55
Tasa de Crecimiento Específica (SGR %)	0.63
Supervivencia %	17.77

6.1.1. LONGITUD ANCHO CARAPACHO (AC) TOTAL Y PESO (BW)

Las jaibas *Callinectes sapidus*, utilizadas en la investigación tenían un ancho de carapacho total promedio de 99 mm, alcanzaron un ancho promedio final de 113.7 mm (Figura 9), obteniendo un aumento en el ancho de carapacho promedio de 14.58 mm, del Ángel, L. E. A., *et al.*, 2004 reporta aumentos de crecimiento para la jaiba prieta alimentada con alimento balanceado de 39.8 mm y 40.7 mm para las jaibas alimentadas con alimento fresco en 75 días de cultivo con densidades de 5 jaibas/m². Tagatz, M. E. 1968, reporta incrementos promedio del ancho de carapacho de 10 mm para la jaiba *C. sapidus* por muda desde la eclosión hasta llegar a la talla comercial. Turano, M. J. 2012, reporta incrementos diarios del ancho de carapacho de 0.75, 1.04, 1.10 y 0.96 mm/día durante 130 días de cultivo.

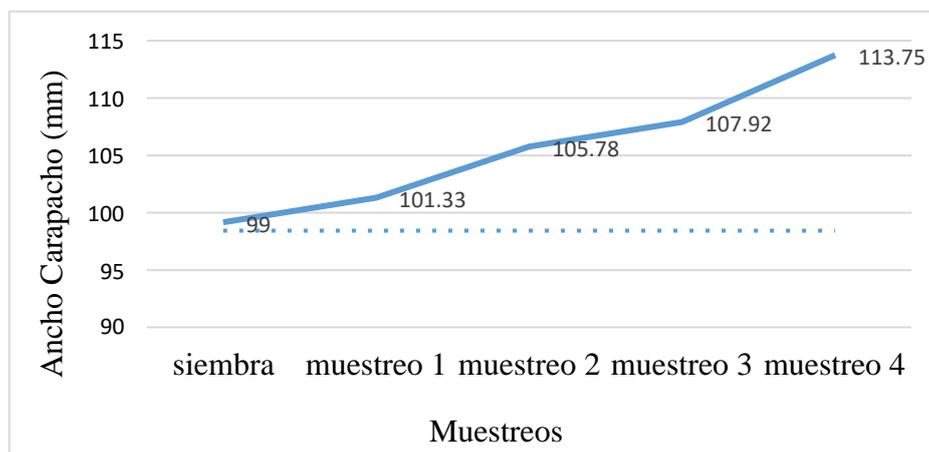


Figura 9 Longitud promedio del ancho del carapacho de la jaiba azul *Callinectes sapidus* cultivadas en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

El Peso Promedio Inicial (BW_i) de las jaibas fue de 67.27 g, al finalizar el estudio, las jaibas tenían un Peso Promedio Final (BW_f) de 109.85 g, ganando 42.58 gramos en 77 días de cultivo. del Ángel, L. E. A., *et al.*, 2004, reporta que las jaibas (jaiba prieta) alimentadas con alimento balanceado tuvieron un 30.3 g a 85.8 g, aumentado 55 gramos en peso, las jaibas alimentadas con alimento natural tuvieron aumento de 65.8 gramos en 75 días de cultivo en jaulas fijas.

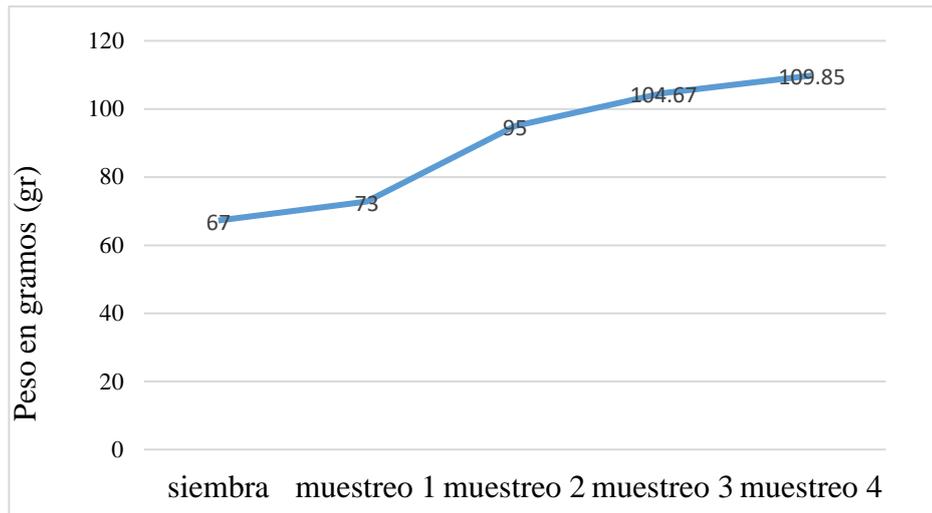


Figura 10 Peso promedio de las jaibas azules *Callinectes sapidus* cultivadas en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

6.1.2. GANANCIA EN PESO, GANANCIA MEDIA DIARIA E INCREMENTO EN PESO

La Ganancia en Peso (%) obtenida en los 77 días de cultivo de la jaiba azul *Callinectes sapidus* fue de 63.29 % con respecto a su peso inicial. La Ganancia Media Diaria (g), de las mismas fue de -27.01 g, viéndose afectada por las altas mortalidades que se obtuvieron en el estudio. El Incremento en Peso diario fue de 0.55 gramos, con una Tasa Especifica de Crecimiento (SGR %) de 0.63%. del Ángel, L. E. A., *et al.*, 2004, obtuvo incrementos en peso diario de 0.71 gramos y 0.87 gramos/ día.

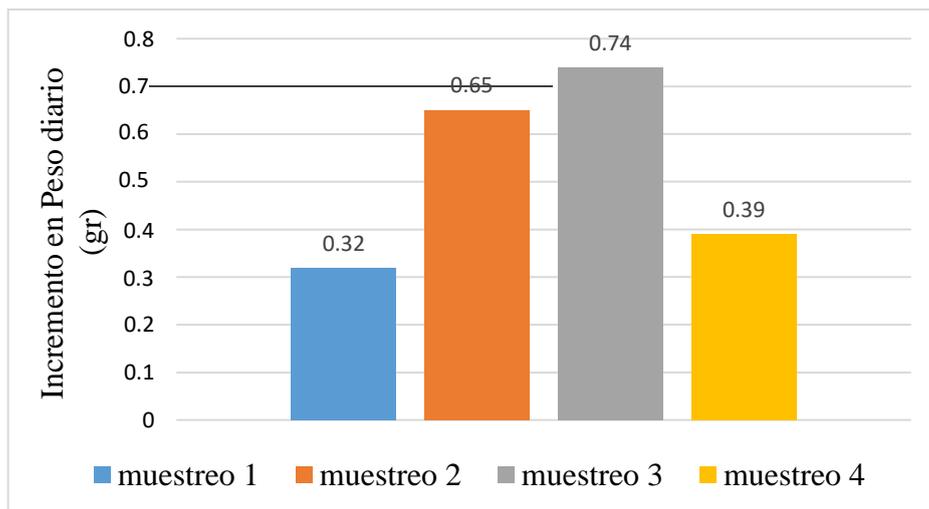


Figura 11 Incremento en peso diario de la jaiba azul *Callinectes sapidus* cultivadas en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

6.1.3. SOBREVIVENCIA

La sobrevivencia obtenida al final del estudio fue de 17.77%, representado un total de 8 jaibas vivas al final del estudio de las 45 utilizadas. Las mayores mortalidades se dieron entre el muestreo 1 y 2, en donde se tenían altas densidades de cultivo (15 jaibas/m³), después del segundo muestreo en donde las densidades fueron más bajas (6 y 4 jaibas/m³) la mortalidad fue menor. La sobrevivencia fue influenciada por las densidades de siembra y también por el comportamiento agresivo de la jaiba azul. Del Ángel, L. E. A., et al., 2004, obtuvo sobrevivencias finales de 62.2% y 69.7% para la jaiba prieta en 75 días de cultivo.

Turano, M. J. 2012, reporta sobrevivencias de 13.6%, 12.9%, 9.7% y 24.7% en diferentes estudios. Perry, H., et al., 2011, reporta sobrevivencias de 7%, y 28% para cultivo de *C. sapidus* con bajas densidades, las tasas de sobrevivencias típicas durante el crecimiento son de 4 al 12% y el canibalismo es un factor dominante durante la muda.

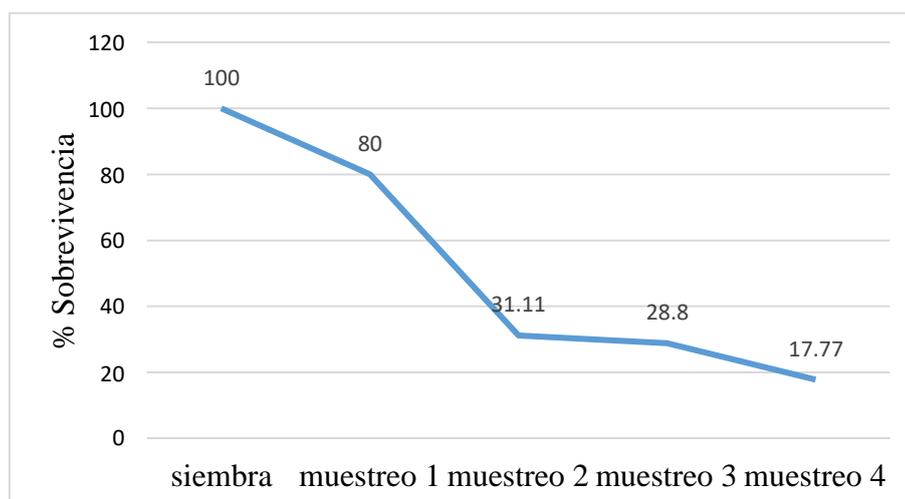


Figura 12 Sobrevivencia de la jaiba azul *Callinectes sapidus* cultivadas en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

6.2. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

En el mes de marzo, la temperatura mínima registrada fue de 26.6 °C y la temperatura máxima de 37 °C. La Salinidad mínima registrada fue de 19 ppt y la Salinidad máxima 30 ppt. El pH mínimo registrado fue de 6.1 y el pH máximo fue de 6.8. El oxígeno disuelto mínimo fue de 4.4 mg/l y el oxígeno disuelto máximo fue de 6.2 mg/l.

En el mes de abril, la temperatura mínima registrada fue de 25.1 °C y la temperatura máxima de 30.2 °C, el pH mínimo registrado fue de 5.1 y el pH máximo fue de 6.6, la Salinidad mínima registrada fue de 20.8 ppt y la Salinidad máxima 29.3 ppt. El oxígeno disuelto mínimo fue de 4.1 mg/l y el oxígeno disuelto máximo fue de 6.8 mg/l.

En el mes de mayo, la temperatura mínima registrada fue de 26.2 °C y la temperatura máxima de 30.1 °C, el pH mínimo registrado fue de 5.8 y el pH máximo fue de 6.8, la Salinidad mínima registrada fue de 18.9 ppt y la Salinidad máxima 29.8 ppt. El oxígeno disuelto mínimo fue de 4.6 mg/l y el oxígeno disuelto máximo fue de 6.5 mg/l.

Tabla 5

Datos promedios de los parámetros físico-químicos del agua de Oxígeno Disuelto, Temperatura, pH y Salinidad durante el cultivo de jaiba azul *Callinectes sapidus*, en el Laboratorio Experimental Caribbean Pearl.

Mes de muestreo	Oxígeno Disuelto mg/l	Temperatura (°C)	pH	Salinidad ‰
Marzo	5.3	31.8	6.4	24.5
Abril	5.4	27.6	5.8	25.0
Mayo	5.5	28.1	6.3	24.3

Vega – Villasante, 2006, reporta que los requerimientos óptimos de los parámetros fisicoquímicos del agua para el cultivo de la jaiba azul *Callinectes sapidus* son los siguientes: Temperatura entre 25 a 30 °C, Oxígeno Disuelto mayores a 3 mg/l, Reyes & Valdés, 1996 reporta entre 4 – 6 mg/l salinidades entre 3 ‰– 33 ‰, Reyes & Valdés, 1996, reporta pH entre 7 – 8.

Rosas Vázquez C. 1989, menciona que en aquellos lugares donde las variaciones de la salinidad y la temperatura son relevantes los organismos han desarrollado diversas formas de responder a estos cambios del ambiente que les permite tener amplios rangos de tolerancia del *stress* ambiental y particularmente los cambios de salinidad y las jaibas del género *Callinectes* son una de las especies que responden a estas características.

6.3. CRECIMIENTO NATURAL VS CULTIVADOS

Se comparó el crecimiento de las jaibas en cultivo con su crecimiento en el medio natural, utilizando los ajustes del modelo de Von Bertalanffy al crecimiento de la jaiba azul (Ec.6), reportados por Rodríguez-Castro, et al., 2016, $L_{\infty} = 205 \text{ mm}$, $K = 0.610$ y $t_0 = -0.327$ para su límite inferior y $L_{\infty} = 260 \text{ mm}$, $K = 0.610$ y $t_0 = -0.099$ para su límite superior y Rosas-Correa & Navarrete, 2008, $L_{\infty} = 231.5 \text{ mm}$, $K = 0.51$ y $t_0 = -0.11$.

$$Lt = L_{\infty} \{1 - \exp [-k(t - t_0)]\} \text{ (Ec. 5)}$$

Donde Lt es la longitud total del Ancho de Carapacho (AC) en mm al tiempo t (años). L_{∞} es la Longitud Total asintótica promedio de AC (mm), k es el coeficiente de crecimiento que determina que tan rápido es alcanzado L_{∞} y t_0 es la edad hipotética cuando Lt es 0.

De la ecuación 6, se utilizó la ecuación invertida $t = t_0 - \{\ln[1 - (Lt/L_{\infty})]\}/k$ (Ec.7) para determinar la edad que tenían la jaibas utilizadas para este estudio y se usaron los valores de los parámetros del modelo de crecimiento de Von Bertalanffy, reportados por Rodríguez-Castro, et al., 2016 y Rosas-Correa & Navarrete, 2008, el tiempo estimado que tardaría las jaibas en crecer en el mismo intervalo de Longitud Total de AC observado en este estudio, bajo condiciones naturales, es de 88 días para su límite inferior, 55 para su límite superior y 80 días para los datos reportado por Rosas-Correa & Navarrete. Tomando como referencia el límite inferior de los datos reportados por Rodríguez-Castro, et al., 2016 y los datos reportados por Rosas-Correa & Navarrete, 2008, las jaibas mantenidas en cautiverio tuvieron crecimientos similares a los observados en el medio natural según estudios realizados en otros países.

Para determinar si hubo diferencia significativa en el crecimiento de las jaibas en cultivo en comparación con el crecimiento de las jaibas en el medio natural, se realizó una prueba t (t -test) de dos muestras en el software estadístico R Studio versión 4.1.2 con 95% de confiabilidad, después de hacer un test de normalidad Shapiro- Wilk ($p = 0.48$), con los valores de los límites inferiores reportados por Rodríguez-Castro, et al., 2016, los resultados obtenidos no presentan diferencia significativa ($p > 0.05$), (ver anexos Tabla 6).

VII. CONCLUSIONES

- A pesar de la baja sobrevivencia de la jaiba azul *Callinectes sapidus* en cautiverio, presenta potencial para su desarrollo acuícola en la región ya que alcanzan las tallas comerciales.
- Durante los 77 días, se registró el crecimiento de las jaibas y se determinaron el Peso final promedio aumentando de 67.27 a 109.85 gramos, incrementando 42.58 gr, la Ganancia en Peso alcanzo el 63.29%, la Ganancia Media Diaria calculada fue de -27.01 gramos, el Incremento en Peso diario fue de 0.55 g/día, la Tasa de Crecimiento Especifica fue de 0.63%.
- La Sobrevivencia obteniendo al final del estudio fue de 17.77% y Aumento del Ancho del Carapacho obtenido fue de 14.58 mm en 77 días.
- Basándonos en los resultados de los análisis estadísticos de los datos obtenidos del crecimiento de las jaibas en cultivo en comparación con el crecimiento de las jaibas en el medio natural, se acepta la Hipótesis Nula (H_0) ya que no hubo diferencia significativa ($p < 0.05$).

VIII. RECOMENDACIONES

A Universidades

- Continuar realizando investigaciones con la jaiba azul para su desarrollo acuícola.
- Iniciar investigaciones para la reproducción de esta especie en laboratorio con el fin de aumentar la producción en la región.
- Es necesario hacer distintos ensayos en donde se determine los nutrientes necesarios para la elaboración de piensos (alimento balanceado) para la jaiba azul.
- Investigar sobre las densidades poblacionales óptimas en cultivos para esta especie para evitar altas mortalidades.
- Llevar a cabo investigaciones poblacionales sobre la jaiba azul para determinar los valores de crecimiento en la Costa Caribe de Nicaragua.

A INPESCA

- Dar acompañamiento a las distintas investigaciones que se realicen en relación al cultivo de la jaiba azul en la Costa Caribe.
- Promover acuicultura de la jaiba azul en la Región de la Costa Caribe Nicaragüense como alternativa para los pescadores artesanales mediante la implementación de proyectos pilotos para determinar su factibilidad técnica-económica y financiera.

A Pescadores Artesanales.

- No se recomienda invertir en proyectos del cultivo de jaiba en estos momentos ya que se necesitan hacer estudios posteriores para determinar su factibilidad técnica-económica
- Cuidar los ecosistemas naturales en donde se reproduce la jaiba azul.
- Evitar la contaminación de los medios acuáticos para garantizar la sobrevivencia de las jaibas tanto en su medio natural como en cultivo.

IX. REFERENCIAS

Agropedia, (2020, 26 de febrero). Cultivo del Cangrejo Azul. Agrotendencias.tv.

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-cangrejo-azul/>

Avilés D, et al. 2010. Proyecto de explotación de jaiba. Guayaquil, Ecuador. [Proyecto de Grado de Ingeniería en Gestión Empresarial, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13394/1/D-42832.pdf>

Cruz, Gonzalo Velazquez de la, José Alberto Ramírez de León, Roberto Pérez Castañeda, Miguel Ángel Reyes López, y Ana Verónica Martínez Vázquez. 2012. *Aprovechamiento de la Jaiba Azul (Callinectes sapidus) en la Laguna Madre Tamaulipas*. Mexico. <https://www.researchgate.net/publication/236546219>.

Cisneros-Mata, M. A., Ramírez-Félix, E., García-Borbón, J. A., Castañeda-Fernández de Lara, V., Labastida-Che, A., Gómez-Rojo, C., & Madrid-Vera, J. (2014). Pesca de jaiba en el litoral del Pacífico mexicano. *Instituto Nacional de la Pesca, Ciudad de México*.

del Ángel, L. E. A., Jacome, R. B., & Cabrera, P. 2004. Evaluación del cultivo de la Jaiba Prieta (*Callinectes rathbunae* Contreras, 1930) en jaulas fijas en la Laguna de Atasta, Campeche (México).

EcuRed, (2019, 23 de agosto). Jaiba azul. EcuRed.cu.

https://www.ecured.cu/index.php?title=Jaiba_azul&oldid=3521773.

Esteso Perona, I. (2019). Estudio de la biología y pesca del cangrejo azul americano *Callinectes sapidus* Rathbun 1896 (Brachyura: Portunidae), en el Sureste de la Península Ibérica.

https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/112556/1/TFM_ISABEL_ESTESO_FINAL.pdf

Epifanio, C. E. (2019). Early life history of the blue crab *Callinectes sapidus*: a review. *Journal of Shellfish Research*, 38(1), 1-22.

García A. Arteaga A. López J. Medina S. Posligua M. 2014. Cultivo Piloto de la Jaiba Negra *Callinectes toxotes* en Cautiverio, Utilizando Alimento Fresco.

Hines, A. H. (2003). Ecology of juvenile and adult blue crabs: summary of discussion of research themes and directions. *Bulletin of Marine Science*. https://repository.si.edu/bitstream/handle/10088/18446/serc_Hines_2003_BMarSci_72_423_433.pdf

Luna, J. (2015). El concepto de ganancia media diaria. <https://www.agroterra.com/foro/foros/ganado-ganaderia-f10/el-concepto-deganancia-de-peso-diario-t29746.html>

Perry, H., Graham, D., Trigg, C., & Crochet, G. (2011). Expansion of the Soft Crab Fishery in Mississippi Using Cultured Blue Crabs.

Ramírez-Félix, E. & Singh-Cabanillas, J. & Gil-López, H.A. & Sarmiento-Náfate, S. & Salazar, I. & Montemayor, L.G. & García-Borbón, Antonio & RODRIGUEZ DOMINGUEZ, GUILLERMO & Castañeda, N. (2003). La pesquería de jaiba (*Callinectes* spp.) en el pacífico mexicano: Diagnóstico y propuesta de regulación. Secretaría De Agricultura, Ganadería, Desarrollo Social, Pesca Y Alimentación (SAGARPA).

REYES R, VALDÉS R. 1996. Estudio sobre el manejo de reproductoras, cría de larvas y juveniles de jaiba azul *Callinectes sapidus* Rathbun en Cuba. *Centro de Investigaciones Pesqueras*.

Rivera Meneses, R., Suárez Sánchez, J., Pérez González, L. d., Van der Wal, J. C., Muñoz Nava, H., & Morales Moreno, S. (June de 2013). Comparison of experimentally elaborated food from regionally available products with commercial foods of common carp (*Cyprinus carpio*) in the Mexican highlands.

Rodríguez-Castro, J. H., Ramírez, J. A., Velázquez-de-la-Cruz, G., & Correa-Sandoval, A. (2016). Evaluación del crecimiento de *Callinectes sapidus* (Decapoda: Portunidae) con métodos basados en talla, Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 64(2), 821-836.

Rosas-Correa, C. O., & Navarrete, A. D. J. (2008). Parámetros poblacionales de la jaiba azul *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) en la bahía de Chetumal, Quintana Roo, México. *Revista de biología marina y oceanografía*, 43(2), 247-253.

- Rosas Vázquez, C. 1989. Aspectos de la ecofisiología de las jaibas *Callinectes sapidus*, *C. rathbunae* y *C similis* de la zona sur de la laguna de Tamiahua, Veracruz (Crustacea: Decapoda: Portunidae). *Tesis Doctoral Fac. de Ciencias UNAM*.
- Solanki, Y., Jetani, K. L., Khan, S. I., Kotiya, A. S., Makawana, N. P., & Rather, M. A. (2012). Effect of stocking density on growth and survival rate of Spiny Lobster (*Panulirus polyphagus*) in cage culture system. *Int. J. of Aquatic Science*, 3(1), 3-14.
- Schleske. 2003. *El semicultivo de jaiba (Callinectes spp) como alternativa de inversión dentro de las explotaciones pecuarias Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Veracruzana. Veracruz- Mexico.*
- Tagatz, M. E. (1968). Growth of juvenile blue crabs, *Callinectes sapidus* Rathbun, in the St. Johns River, Florida. *Fishery Bulletin*, 67(2), 281-288.
- Turano, M. J. (2012). *Blue crab aquaculture in ponds: potentials and pitfalls. North Carolina Sea Grant Blueprints. UNC-SG-BP-12-01: 1-4.*
- Vega F. 2006. Manual técnico para la producción de jaiba suave en el Pacífico mexicano. Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa.
- Velázquez L.E. 2013. Resultados de los muestreos de jaibas en la Laguna de Perlas y Bluefields. Instituto Nicaragüense de Pesca y Acuicultura.
- Zohar, Y., Hines, A. H., Zmora, O., Johnson, E. G., Lipcius, R. N., Seitz, R. D., ... & Chung, J. S. (2008). The Chesapeake Bay blue crab (*Callinectes sapidus*): A multidisciplinary approach to responsible stock replenishment. *Reviews in Fisheries Science*, 16(1-3), 24-34.

X. ANEXOS

Tabla 6

Prueba t- Student del Crecimiento de las jaibas en cautiverio y en el medio natural.

Two Sample t-Test

data: Crecimiento_jaiba\$Crecimiento by Crecimiento_jaiba\$Grupo

t = -0.13973, df = 8, p-value = 0.8923

alternative hypothesis: true difference in means between group Cultivo and group Natural
is not equal to 0

95 percent confidence interval:

-8.576526 7.596526

sample estimates:

mean in group Cultivo mean in group Natural

105.59 106.08



Figura 13 Construcción de la cama de protección para las jaibas



Figura 14 Depredación entre si (canibalismo)



Figura 15 Tanque de una tonelada.



Figura 16 a y b Muestreo de las jaibas para el proceso de medición y peso.



Figura 17 a,b,c y d Jaibas en proceso de medición y peso



Figura 18 Las jaibas alimentándose de trozos de pescados