

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Facultad de Ciencias de la Vida

Influencia de la salinidad sobre la supervivencia y metamorfosis en el desarrollo
larvario del cangrejo rojo de manglar *Ucides occidentalis*

Proyecto Integrador

Previo la obtención del Título de:

Biólogo

Presentado por:

Nicole Cristina Mendoza Jerez

Guayas – Ecuador

Año: 2024

Dedicatoria

El presente proyecto se lo dedico a Dios. A mis padres John y Maritza, por su apoyo, sacrificio y amor incondicional a lo largo de mi vida. A mis hermanos, quienes me han brindado fuerza en momentos de dificultad.

A mis abuelos, cuya sabiduría me ha guiado siempre hacia el camino correcto. A todos mis tíos y primos, en especial Lissette, Anthony, Mishell y Karen, por su orientación invaluable en mi formación personal y académica.

A mis mejores amigos Daniel y Angie, junto a quienes he crecido y madurado, por acompañarme constantemente como una fuente de paciencia, aliento y comprensión.

Con profundo respeto y gratitud

Agradecimientos

Expreso mi enorme agradecimiento a los profesionales que han contribuido a la realización de este proyecto. A mi tutora PhD. Julie Nieto Wigby, al MSc. Daniel Rodríguez y a la Tnlgo. Julezzy Reyes, cuya orientación, dedicación y experiencia fueron fundamentales para el desarrollo y conclusión de este trabajo académico. Gracias por impartir sus conocimientos y años de investigación tan abiertamente. Asimismo, agradezco profundamente al personal del área de moluscos y cultivo de microalgas de DIPSIMAR por su colaboración a lo largo del proceso y cuyos valiosos aportes enriquecieron este estudio. A todos ustedes, mi más sincero reconocimiento por su rol invaluable en la investigación.

Declaración Expresa

Yo Nicole Cristina Mendoza Jerez acuerdo y reconozco que:

La titularidad de los derechos patrimoniales de autor (derechos de autor) del proyecto de graduación corresponderá al autor o autores, sin perjuicio de lo cual la ESPOL recibe en este acto una licencia gratuita de plazo indefinido para el uso no comercial y comercial de la obra con facultad de sublicenciar, incluyendo la autorización para su divulgación, así como para la creación y uso de obras derivadas. En el caso de usos comerciales se respetará el porcentaje de participación en beneficios que corresponda a favor del autor o autores.

La titularidad total y exclusiva sobre los derechos patrimoniales de patente de invención, modelo de utilidad, diseño industrial, secreto industrial, software o información no divulgada que corresponda o pueda corresponder respecto de cualquier investigación, desarrollo tecnológico o invención realizada por mí/nosotros durante el desarrollo del proyecto de graduación, pertenecerán de forma total, exclusiva e indivisible a la ESPOL, sin perjuicio del porcentaje que me/nos corresponda de los beneficios económicos que la ESPOL reciba por la explotación de mi/nuestra innovación, de ser el caso.

En los casos donde la Oficina de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) de la ESPOL comunique al/los autor/es que existe una innovación potencialmente patentable sobre los resultados del proyecto de graduación, no se realizará publicación o divulgación alguna, sin la autorización expresa y previa de la ESPOL.

Guayaquil, 6 de julio del 2024.



Nicole Mendoza Jerez

Evaluadores

Diego Arturo Gallardo Polit, M.Sc.

Profesor de Materia Integradora de
Biología

Julia Ruth Nieto Wigby, Ph.D.

Tutor de proyecto

Resumen

La salinidad ejerce una influencia significativa en la biología larvaria, la supervivencia y la metamorfosis de numerosos crustáceos decápodos braquiuros, incluido el cangrejo rojo del manglar *Ucides occidentalis*, que constituye un recurso vital con implicaciones considerables para la economía, el ecosistema de manglares y las prácticas culturales de las comunidades costeras ecuatorianas. Dentro del área de estudio designada, la especie exhibe actividad reproductiva exclusivamente durante la estación húmeda, caracterizada por la prevalencia de bajas salinidades debido a las importantes precipitaciones tropicales y la afluencia de agua dulce de los sistemas fluviales. En consecuencia, se evaluaron sistemáticamente los efectos de cinco gradientes de salinidad distintos (15 a 35) sobre el desarrollo de las especies zoeales mediante experimentos controlados en contenedores, acompañados de un control diario de los parámetros de salinidad y temperatura. Se evidenció que los niveles de salinidad influyeron notablemente en la supervivencia de las larvas y el período de desarrollo desde la eclosión hasta la megalopa, lo que provocó una mortalidad total en salinidades superiores a 20 g/L, mientras que el desarrollo exitoso a través de las cinco etapas zoeales hasta la megalopa se produjo a niveles de salinidad más bajos (15-20 g/L) con un intervalo de muda de 15 días, lo que significa una mejora notable en comparación con los hallazgos anteriores en el cultivo de semillas de cangrejo rojo.

Palabras clave: *Ucides occidentalis*, larvas, manglar, supervivencia, metamorfosis

Abstract

Salinity exerts a significant influence on the larval biology, survival and metamorphosis of numerous decapod brachyuran crustaceans, including the red mangrove crab *Ucides occidentalis*, which is a vital resource with considerable implications for the economy, mangrove ecosystem and cultural practices of Ecuadorian coastal communities. Within the designated study area, the species exhibits reproductive activity exclusively during the wet season, characterized by the prevalence of low salinities due to significant tropical rainfall and the influx of freshwater from river systems. Consequently, the effects of five different salinity gradients (15 to 35 g/L) on the development of zoeal species were systematically evaluated through controlled experiments in containers, accompanied by daily monitoring of salinity and temperature parameters. It was evidenced that salinity levels significantly influenced larval survival and developmental period from hatching to megalopa, resulting in total mortality at salinities above 20 g/L, while successful development through the five zoeal stages to megalopa occurred at lower salinity levels (15-20 g/L) with a molting interval of 17 days, which is a remarkable improvement compared to previous findings in red crab seed culture.

Keywords: *Ucides occidentalis*, larvae, mangrove, survival, metamorphosis.

Índice general

Resumen	I
Abstract	II
Índice general.....	III
Abreviaturas.....	V
Simbología.....	VI
Índice de figuras.....	VII
Índice de tablas	VII
Capítulo 1	1
1. Introducción.....	2
1.1. Descripción del problema.....	4
1.2. Justificación del problema.....	5
1.3. Objetivos	6
1.3.1 Objetivo general	6
1.3.2 Objetivos específicos	6
1.4. Marco teórico.....	7
1.4.1 Taxonomía	7
1.4.2 Distribución y hábitat en Ecuador	7
1.4.3 Importancia ecológica en los ecosistemas costeros	9
1.4.4 Madurez, reproducción y dimorfismo sexual.....	9
1.4.5 Regulaciones y control pesquero.....	11
1.4.6 Periodos de reproducción en América Latina.....	12
1.4.7 Capturas anuales registradas	13
1.4.8 Estadios larvarios de <i>U. occidentalis</i>	14
Capítulo 2	17
2. Metodología.....	18
2.1 Localización del ensayo.....	18
2.2 Obtención y acondicionamiento de reproductores	18
2.3 Desinfección y acondicionamiento de la sala experimental.....	20
2.4 Cultivo de microalgas	21
2.5 Cultivo de rotíferos (<i>Brachyurus plicatilis</i>)	22
2.6 Cultivo de artemia (<i>Artemia franciscana</i>).....	23
2.7 Cultivo larvario.....	23

Capítulo 3	IV 26
3. Resultados y análisis	27
3.1 Supervivencia larvaria	27
3.2 Desarrollo larvario o metamorfosis	28
3.3 Análisis de resultados	29
Capítulo 4	34
4. Conclusiones y recomendaciones	35
4.1 Conclusiones	35
4.2 Recomendaciones	36
Referencias	37

Abreviaturas

CENAIM	Centro Nacional de Investigaciones Marinas
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
AC	Ancho de cefalotórax o caparazón
IPIAP	Instituto Público de Investigación de Acuicultura y Pesca
PVC	Polyvinyl chloride
PAR	Fotones de radiación fotosintéticamente activa
ZI	Zoea I
ZII	Zoea II
ZIII	Zoea III
ZIV	Zoea IV
ZV	Zoea V

Simbología

L	litros
μL	microlitros
cm	centímetros
mm	milímetros
μm	micras
μmol	micromol
‰	Salinidad
NaOH	Hidróxido de sodio

Índice de figuras

Figura 1.....	8
Figura 2.....	8
Figura 3.....	16
Figura 4.....	18
Figura 5.....	19
Figura 6.....	20
Figura 7.....	21
Figura 8.....	29
Figura 9.....	32

Índice de tablas

Tabla 1.....	11
Tabla 2.....	13
Tabla 3.....	15
Tabla 4.....	21
Tabla 5.....	24
Tabla 6.....	28
Tabla 7.....	31

Capítulo 1

1. Introducción

El cangrejo rojo, científicamente denominado *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) y conocido como «guariche», representa una especie de crustáceo decápodo que se distribuye a lo largo de la costa occidental de las Américas, desde México hasta Perú (Alemán & Ordinola 2017, Bright & Hogue 1972, Solano et al. 2012). En Ecuador, esta especie ocupa hábitats estuarinos a lo largo de la costa continental y es reconocida como un activo importante en la dinámica ecológica de los ecosistemas de manglares (Tazan y Wolf, 2000), dada su función ecológica integral en su hábitat a través de su participación en los procesos sedimentarios y en el mantenimiento del equilibrio del ecosistema (Twilley et al., 1997).

El cangrejo rojo es la especie artesanalmente explotada de mayor importancia económica en el país (Alava et al. 2015, Cruz et al. 2003, Moreno & Ruiz 2010, Solano et al. 2010, Zambrano & Solano 2014). En consecuencia, se han instituido varias medidas regulatorias para garantizar la sostenibilidad de este recurso, como moratorias o cierres de pesca (implementados durante los períodos reproductivos y de muda), el establecimiento de un tamaño mínimo legal de captura (el tamaño al que los individuos se han reproducido con éxito al menos una vez en su vida) y la recolección selectiva de machos debido a la prohibición de la comercialización de hembras (Tazán y Pozo, 2001).

La pesca de esta especie se produce predominantemente en los puertos del Golfo de Guayaquil y el archipiélago de Jambelí, que están vinculados a las provincias de Guayas y El Oro, donde los lugares de extracción se encuentran dentro de las zonas de conservación de manglares, las regiones de manglares asignadas a cooperativas pesqueras y en áreas que permiten el acceso sin restricciones (Solano et al. 2010). La contaminación de los ecosistemas estuarinos resultante de las actividades de pesca comercial se considera un problema de importancia ecológica debido a la considerable variabilidad de los factores abióticos, como la salinidad, el pH y la temperatura, que imponen limitaciones estrictas a la biota que habita en

estas regiones (Capparelli y McNamara, 2015). La salinidad es uno de los principales factores ambientales que reduce o limita el éxito reproductivo sobre los organismos acuáticos (Charmantier, 1998) y la ecología de los ecosistemas estuarinos y costeros (Anger, 2003). Estos ambientes se distinguen por su dinámica hidrológica caracterizada por la mezcla de aguas dulces provenientes de los ríos y aguas saladas del océano, lo que genera gradientes de salinidad significativos (Telesh & Khlebovich, 2010). Así, el nivel y variaciones de este parámetro influyen en la composición y osmolalidad de los fluidos corporales de los organismos que allí habitan, en consecuencia, varias especies han desarrollado capacidades fisiológicas de osmorregulación, denominadas eurihalinas. Por tanto, la osmorregulación puede verse como una función adaptativa que permite a los animales ocupar hábitats con salinidad alta, baja y/o variable, donde se requiere una amplia tolerancia para sobrevivir (Charmantier, 1998).

El estrés osmótico surge cuando los niveles promedio o la variabilidad de la salinidad exceden ciertos umbrales, los cuales varían según la especie y las etapas de desarrollo. En los crustáceos, se ha observado disminución de la supervivencia, alimentación y tasas de crecimiento reducidas, así como la prolongación o interrupción de los ciclos de muda, cambios metabólicos y alteraciones en el comportamiento; además de que los efectos sinérgicos con otras variables ambientales como la temperatura pueden restringir aún más sus funciones biológicas (Anger, 2003).

A pesar de que muchas especies de crustáceos decápodos juveniles y adultos que habitan en estuarios y zonas semi-terrestres muestran una notable adaptación a la salinidad variable en su entorno; sus larvas en fase pelágica son generalmente más susceptibles a cambios bruscos o extremos en los niveles de dicho factor (Sastry, 1983, Charmantier, 1998, Charmantier et al., 2002) y como resultado, desarrollaron un tipo específico de estrategia reproductiva que consiste en migraciones ontogenéticas (es decir, "exportación" larvaria, Strathmann, 1982) de las zoeas recién eclosionadas hacia aguas costeras o totalmente marinas para un desarrollo exitoso en

condiciones más estables y, en promedio, de mayor salinidad (Anger, 2001, Anger, 2003, Anger et al., 1994, Anger et al., 2000).

Hipótesis

En este proyecto se plantea la hipótesis que determinará la influencia de la salinidad sobre la tasa de metamorfosis y supervivencia en laboratorio de este crustáceo mediante la experimentación bajo condiciones controladas para el desarrollo de un cultivo larvario de mayor productividad, intentando mejorar los resultados obtenidos en el área de moluscos y crustáceos del CENAIM que corresponde a una tasa de supervivencia del 10% con una duración del ciclo de producción de ZI hasta megalopa de 15 días.

1.1. Descripción del problema

Actualmente, la disponibilidad de literatura científica y documentación ecológica relacionada con *U. occidentalis* es limitada, lo que afecta los procesos de toma de decisiones y el avance del conocimiento que sustenta las metodologías de producción que actualmente utiliza el sector acuícola en Ecuador. En el proyecto DIPSIMAR S.A. respectivamente, que tiene como objetivo desarrollar e implementar sistemas de cultivos que fomenten la producción de crustáceos, moluscos y macroalgas nativas, creando incentivos para la conservación del manglar en Ecuador continental, y se desarrolla gracias al convenio entre el Ministerio del Ambiente y Agua, la Escuela Politécnica del Litoral (ESPOL), a través del Centro Nacional de Acuicultura e Investigaciones Marinas (CENAIM). El protocolo de producción de semillas de cangrejo rojo de manglar de los últimos años se fundamenta en la observación, implementación práctica y la adaptación continua, obteniendo resultados a lo largo del tiempo, sin embargo, la existencia de prácticas mayormente eficaces relacionadas a parámetros ambientales determinantes en la supervivencia y desarrollo de la especie, como la salinidad, son imposibles de comprobar a menos que sean evaluadas de forma aislada. Además, las fases reproductivas

y de desarrollo temprano de *U. occidentalis* en Ecuador ocurren únicamente dentro de los límites de la estación húmeda, caracterizada por temperaturas y precipitaciones elevadas que se documentan de diciembre a abril-mayo como resultado de la influencia de la corriente cálida de El Niño y la Zona de Convergencia Intertropical (Cedeño y Donoso, 2010), lo que sugiere una posible influencia de este factor en la etapa larvaria. Por lo tanto, es de vital importancia evaluar la tolerancia de las larvas de *U. occidentalis* a diferentes gradientes de salinidad ya que en muchas especies de braquiuros este parámetro afecta a la supervivencia de así como también la duración de su desarrollo larvario, que se prolonga bajo estrés osmótico (Anger, 1991, Islam et al., 2002, Luppi et al., 2003), para la optimización de su larvicultura en cautiverio, lo que puede contribuir a satisfacer la demanda de cangrejo rojo sin depender exclusivamente de su captura en los manglares.

1.2. Justificación del problema

La salinidad es un parámetro ambiental determinante para el desarrollo larvario de los cangrejos de estuario porque tiene diversos efectos fisiológicos y ecológicos (Anger, 1991) y sus variaciones abruptas tienen efectos estresantes en el cultivo larvario de los organismos acuáticos (Diele & Simith, 2006), por consiguiente, es necesario conocer la influencia de los parámetros medioambientales en el cultivo larvario de *U. occidentalis* presentes durante la estación húmeda, caracterizada por la disminución la salinidad en los ambientes estuarinos por la lluvia abundante, para implementar la acuicultura rentable en cautiverio, aplicando protocolos que maximicen la supervivencia y desarrollo larvario bajo condiciones controladas.

La investigación actual se centra en el cangrejo rojo del manglar, que es parte integral de la identidad cultural ecuatoriana como fuente de alimento e ingresos económicos para las comunidades costeras, lo que mantiene la demanda de este recurso durante todo el año (Zambrano et al., 2019). Se han delineado cuatro componentes principales dentro de la cadena

de valor del guariche: producción, comercialización, procesamiento y consumo (Flores, 2012). Debido a los antecedentes de carácter económico y social asociados al recurso, resulta imperativo comprender las condiciones óptimas para su desarrollo larvario, en el que se prevé que la salinidad ejerza un efecto considerable, en particular en relación con el momento estacional de su reproducción y las primeras fases de desarrollo, por lo que será necesario establecer estrategias de gestión precisas para conservar el ecosistema de manglares y, al mismo tiempo, mitigar las repercusiones de las actividades antropogénicas derivadas de la captura y la pesca, que representan una amenaza inminente para el recurso debido al incumplimiento de las regulaciones que favorecen su manejo y a los períodos de cierre instituidos por el estado ecuatoriano, lo que subraya la necesidad de implementar su cultivo en laboratorio (Sánchez, 2021).

1.3.1 Objetivo general

- Evaluar la influencia de la salinidad sobre la tasa de metamorfosis y supervivencia larvaria del cangrejo rojo mediante la experimentación bajo condiciones controladas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar el efecto de la salinidad sobre la tasa de metamorfosis en las diferentes etapas del desarrollo larvario de *U. occidentalis* para la comparación entre sus variaciones.
- Estimar el efecto de la salinidad sobre la supervivencia del cultivo larvario de *U. occidentalis* para la aplicación de prácticas eficientes de producción.
- Determinar el impacto de posibles factores limitantes en el desarrollo larvario del cangrejo rojo y su respuesta en los diferentes niveles de salinidad.

1.3. Marco teórico

1.4.1 Taxonomía

El cangrejo rojo de manglar es una especie de invertebrado cuya clasificación taxonómica según el Registro Mundial de Especies Marinas (WoRMS, 2024) corresponde al siguiente esquema.

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Crustacea

Clase: Malacostraca

Orden: Decapoda

Infraorden: Brachyura

Familia: Ocypodidae

Género: *Ucides*

Especie: *occidentalis*

Nombre científico: *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897)

1.4.2 Distribución y hábitat en Ecuador

El cangrejo rojo del manglar habita en las provincias de Esmeraldas, Santa Elena, Manabí, Guayas y El Oro, donde los principales puertos de desembarque incluyen Puerto Baquerizo Moreno, El Morro, Cooperativa 6 de Julio y Balao, situados en la provincia de Guayas; mientras que Puerto Bolívar, Puerto Jelí y Hualtaco se encuentran en la provincia de El Oro (Solano et al., 2010).

Figura 1

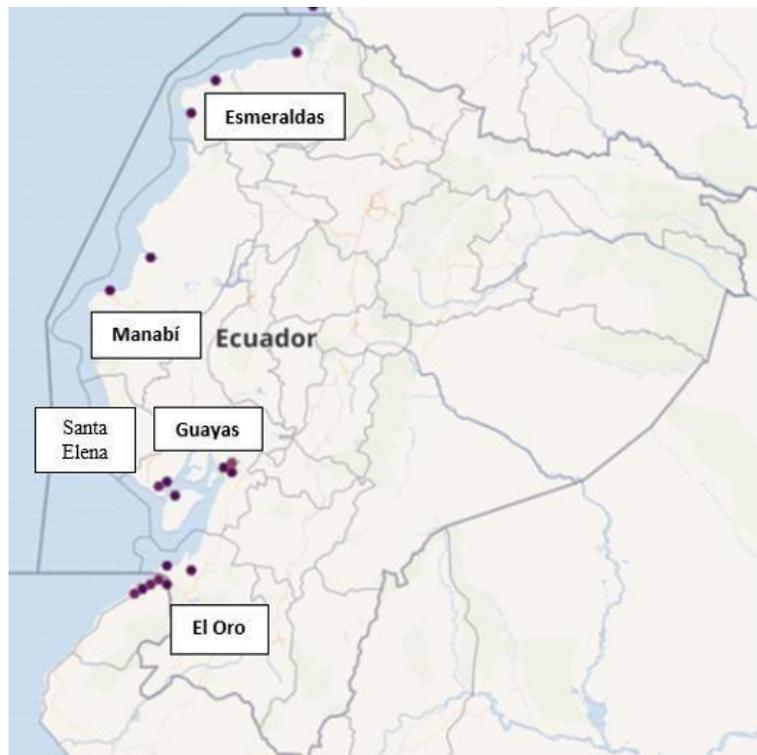
Distribución geográfica de U. occidentalis en la costa oeste del continente.



Nota: Obtenida de Chuquimarca, 2015

Figura 2

Reporte de poblaciones naturales de U. occidentalis en el Ecuador



Nota: Obtenida de GBIF Secretariat, 2023

Habita generalmente en sustratos lodosos dentro de manglares, lagunas y otros ambientes salobres cercanos a las desembocaduras de ríos, así como también, se ha registrado su presencia ocasional en áreas adyacentes a cuerpos de agua que no están inundadas por completo; así como también, pueden encontrarse en la zona supralitoral ampliando así su rango de hábitat potencial (Fisher et al., 1995). Entre las raíces de los árboles de mangle, el cangrejo rojo inicialmente construye madrigueras verticales de 20-30 cm de longitud, luego cava en diagonal para llegar a una profundidad de 2 metros (Ordinola et al., 2010), las cuales están dotadas de múltiples entradas, donde se refugian cuando el mar recubre su hábitat.

1.4.3 Importancia ecológica en los ecosistemas costeros

El guariche es una especie clave dentro de los ecosistemas de manglares ubicados en las regiones estuarinas de la costa ecuatoriana, debido a su función ecológica de descomponer volúmenes sustanciales de detritos arbóreos, lo que mejora el proceso de reciclaje de nitrógeno en el suelo, lo que a su vez mitiga el agotamiento de la materia orgánica en los hábitats estuarinos. Además, contribuye a reducir la disipación de energía en el ecosistema, atribuible a las fluctuaciones de las mareas, al facilitar la aireación del suelo mediante la excavación de sus madrigueras (Twilley et al., 1997). Además, esta mejora de la estructura del suelo fomenta el intercambio de gases, lo que aumenta la actividad de los microorganismos aeróbicos que desempeñan un papel crucial en la degradación de los materiales orgánicos (Schories et al., 2003).

El crustáceo realiza una alimentación fitófaga, por lo tanto, consume hojas, flores y frutos de las plantas presentes en su entorno natural. Adicionalmente, pueden adoptar hábitos carnívoros cuando haya presas muertas cerca de sus madrigueras (Barragán, 1993), aunque no existe evidencia contundente de la afirmación.

1.4.4 Madurez, reproducción y dimorfismo sexual

Cedeño en el año 2013 realizó un estudio para obtener la talla media de primera madurez sexual, donde colectó 1788 ejemplares de cangrejo rojo del Golfo de Guayaquil, evidenciando que los machos alcanzan la madurez sexual morfométrica cuando su ancho de cefalotórax o caparazón (AC) es de 63.5 mm, mientras que las hembras alcanzan dicha madurez a los 57.8 mm de AC. Sin embargo, la madurez fisiológica de los machos se establece cuando su AC llega a los 61.3 mm, y 49.3 mm para las hembras. Sin embargo, en investigaciones de años posteriores existen variaciones que según Solano (2006) estarían relacionadas con los factores ambientales que influirían en la etología reproductiva de la especie.

El comportamiento reproductivo del cangrejo rojo se inicia con una fase de cortejo, durante la cual tanto los machos como las hembras salen de su entorno terrestre para atravesar el hábitat acuático más cercano (Solano y Moreno, 2009). El acto de la cópula se produce mediante la fertilización interna, mediante la cual el macho deposita el esperma en la hembra a través de estructuras copuladoras especializadas. Los machos poseen un par singular de pleópodos robustos, que presentan una textura endurecida y están adaptados para el proceso de fertilización, mientras que las hembras están equipadas con cuatro pares de pleópodos de dimensiones comparables, adornados con una plétora de estructuras diminutas y abundantes, que posteriormente alojan la masa ovígera de las hembras fertilizadas (García, 2018). El ciclo reproductivo se caracteriza por su estacionalidad, como se evidencia en Ecuador, donde las fases de cortejo, apareamiento y desove coinciden con la estación lluviosa (diciembre-abril), lo que podría indicar una correlación con las variaciones climáticas y sus consiguientes efectos (Solano et al., 2010). Una hembra ovígera es capaz de albergar entre 12.847 y 385.792 huevos aproximadamente, y la longitud mínima registrada cefalotórax es de 36,7 mm (Zambrano y Meiners, 2018).

El guariche presenta dimorfismo sexual, es decir, variaciones morfológicas debido a una presión selectiva actuando de diferente manera en ambos sexos (Andersson & Iwasa, 1994), evidenciadas en la Tabla 1.

Tabla 1

Representación de dimorfismo sexual en especímenes de U. occidentalis

Vista dorsal	Vista ventral	Diferenciación	Referencias	
Macho			<ul style="list-style-type: none"> - Pleón angosto con forma cuasi-triangular - Quelípedos largos, algo asimétricos, con numerosos tubérculos y espinas 	Fisher et al., 1995
Hembra			<ul style="list-style-type: none"> - Pleón ancho con forma ovoide - Quelípedos cortos y asimétricos 	Mora, 2015

Nota: Las fotos se muestran especímenes macho y hembra de *U. occidentalis* en plano frontal y ventral para mayor énfasis en sus características morfológicas propias del dimorfismo sexual.

1.4.5 Regulaciones y control pesquero

En Ecuador, las normativas que rigen la gestión pesquera de *U. occidentalis* se denominan Acuerdos Ministeriales, que se someten a aprobación y modificación de acuerdo con el contexto social, económico y político imperante en la nación. La regulación de la

pesquería de guariche ha estado en vigor desde 1986; sin embargo, las estrategias de manejo se han revisado con el objetivo de garantizar la utilización sostenible del recurso (Zambrano y Meiners, 2018). Para esto, se promulga un cierre anual de la pesca, que se instituye de conformidad con lo estipulado en el artículo 73 de la Constitución de la República del Ecuador. Para el año 2024, el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca ha indicado que los períodos de prohibición relacionados con las fases de reproducción y muda de los recursos de cangrejo rojo en todo el territorio nacional se aplicarán del 1 al 29 de febrero y del 1 al 30 de septiembre, lo que hace inadmisibles su captura, posesión, procesamiento y distribución, tanto a nivel nacional como internacional (IPIAP, 2024). La pesquería de crustáceos muestra un sesgo selectivo hacia los ejemplares machos, ya que la comercialización de las hembras está estrictamente prohibida (Cedeño et al. 2012, Zambrano 2014). Además, el Acuerdo Ministerial 004, delimita el tamaño mínimo de captura permitido para el cangrejo rojo en 75 mm AC; en consecuencia, han surgido distintas perspectivas entre los pescadores, expertos técnicos y autoridades reguladoras, atribuibles a las variaciones observadas en los patrones reproductivos en las diferentes poblaciones de manglares (MAGAP, 2014; Zambrano y Meiners, 2018).

Periodos de reproducción en América Latina

Los hallazgos publicados por Zambrano (2016) con respecto a la fase reproductiva del guariche en el país se alinean con los documentados para Tumbes (Perú), donde se observó que las actividades reproductivas se desarrollaban de diciembre a abril (Rujel, 1996). Respecto al género *U. cordatus* en Brasil, la máxima actividad reproductiva ocurre en los meses de febrero, marzo y abril (Diele, 2006) pero se observan hembras ovígeras desde noviembre (Dalabona & J.L., 2005), lo que se coincide con la temporada lluviosa del país.

Por el contrario, en El Salvador, *U. occidentalis*, conocida coloquialmente como «punches», exhibe actividad reproductiva durante casi todo el año, con una mayor intensidad observada de febrero a septiembre, durante el cual se documentó que el 65% de las hembras maduraban o alcanzaban la madurez gamética, lo que facilitaba un ciclo reproductivo anual sustancial (CRAGE) (Rivera, 2010). Este fenómeno contrasta con los hallazgos de Ecuador y Perú, donde se identificaron variaciones latitudinales notables en los patrones reproductivos, atribuibles a su condición de especies que exhiben una amplia distribución geográfica (Dalabona y J.L., 2005).

1.4.6 Capturas anuales registradas

A partir del año 2002, el IPIAP se ha dedicado al monitoreo sistemático de las cosechas comerciales del cangrejo rojo de mangle en importantes puertos situados en las provincias de Guayas y El Oro (consulte la Tabla 2); sin embargo, a partir de 2010, la insuficiencia de recursos financieros ha limitado la producción continua de informes de seguimiento biológico y pesquero en ambas provincias. En los últimos años del monitoreo, específicamente entre 2009 y 2010, se documentó un aumento pronunciado de la actividad extractiva, con informes que indicaban un aumento en las prácticas de pesca agresivas en las provincias de El Oro y Guayas, respectivamente (Solano et al., 2010). Sólo en Guayas, los volúmenes de extracción han ascendido hasta 6 millones de individuos al año (Zambrano, 2017), por lo tanto, se estima que se extraen en los manglares del Ecuador alrededor de 10 millones anualmente.

Tabla 2

Capturas anuales del cangrejo rojo en el Guayas y El Oro – Ecuador entre 2004-2019

Provincias	Años	No. de captura	Autor(s)
	2004	3 115 484	INP (2014)
	2005	2 561 435	INP (2014)
	2009	3 180 628	INP (2014)

	2010	4 031 357	INP (2014)
	2011	1 988 455	INP (2014)
Guayas	2012	1 569 490	INP (2014)
	2013	1 321 428	INP (2014)
	2017	1 968 861	Villón González, et al (2021)
	2018	33 389 639	Villón González, et al (2021)
	2019	40153248	Villón González, et al (2021)
<hr/>			
	2004	2 051 391	INP (2014)
	2005	1 819 941	INP (2014)
	2009	2 897 707	INP (2014)
	2010	3 656 325	INP (2014)
El Oro	2011	3 962 767	INP (2014)
	2012	2 897 707	INP (2014)
	2013	3 536 153	INP (2014)
	2014	3 962 766	Villón González, et al (2021)

1.4.7 *Estadios larvarios de U. occidentalis*

El desarrollo larvario del guariche inicia con el desove y la eclosión de los huevos, dando paso a la aparición de cinco estadios de larvas de vida libre denominadas zoeas seguidos de una etapa de megalopa. Las zoeas son arrastradas por la corriente o nadan hasta la capa superficial del agua cuando detectan actividades fototrópicas, que estimulan su movimiento hacia la luz (Cumbicos et al, 2022) y a medida que cambian de un estadio zoeal a otro, las larvas presentan cambios en su morfología en las estructuras del abdomen, telson y segundo maxilípodo, descritos en la Tabla 3. La etapa terminal de la progresión larvaria se identifica como la megalopa; en esta coyuntura, la larva alcanza un tamaño considerable y exhibe rasgos morfológicos que son cada vez más análogos a los de un cangrejo maduro, como lo demuestra el desarrollo de apéndices como pinzas y extremidades locomotoras (Cottens K et al., 2014). La estructura anatómica de las larvas de cangrejo rojo implica una división en dos regiones

distintas: el cefalotórax y el abdomen, como se muestra visualmente en la Figura 7. Dentro del cefalotórax, se distinguen un total de siete apéndices, que comprenden la anténula, la antena, la mandíbula, el maxilar, el maxilar, el primer maxilípodo y el segundo maxilípodo.

Tabla 3

*Descripción de los cinco estadios larvarios de *Ucides occidentalis**

Estadio	Tamaño (µm)	Diferencias
Zoea I	441,05 ± 15,61	<p>Abdomen: 6 somitas incluido el telson.</p> <p>Telson: Tres pares de setas plumosas en la horquilla del telson; espina lateral en cada eje furcal.</p> <p>Segundo maxilípodo: 4 setas plumosas nadadoras.</p>
Zoea II	501,56 ± 41,54	<p>Abdomen: 6 somitas incluido el telson; somitas 2-3 con dos protuberancias laterales; somitas 4-5 con espinas posterolaterales.</p> <p>Telson: Tres pares de setas plumosas en la horquilla del telson; espina lateral en cada eje furcal.</p> <p>Segundo maxilípodo: 6 setas plumosas nadadoras</p>
Zoea III	784,10 ± 79,77	<p>Abdomen: 7 somitas incluido el telson; somitas 2-3 con ganchos posteriores; somitas 4-5 con espinas posterolaterales; inicio de desarrollo de pleópodos.</p> <p>Telson: Adición de un par de setas en la hendidura mediana del margen posterior.</p> <p>Segundo maxilípodo: 8 setas plumosas nadadoras.</p>
Zoea IV	835,93 ± 15,67	<p>Abdomen: 7 somitas incluido el telson; somitas 4-5 con espinas posterolaterales; pleópodos con cinco pares en crecimiento.</p> <p>Telson: Notable alargamiento de las setas.</p> <p>Segundo maxilípodo: 10 setas plumosas nadadoras.</p>
Zoea V	1155,29 ± 142,96	<p>Abdomen: 7 somitas incluido el telson; aumento de longitud de los pleópodos y aparición de un par de urópodos.</p>

Telson: Continuación del alargamiento de las setas.

Segundo maxilípedo: 11 setas plumosas nadadoras.

Nota: Los datos fueron obtenidos del estudio de Rodríguez-Pesantes et al., 2024

Figura 3

*Apéndices distintivos de las diferentes fases zoeales de *Ucides occidentalis**

: segundo maxilípedo, abdomen y telson vistos desde un microscopio



Nota: Obtenida de Rodríguez-Pesantes et al., 2024

Capítulo 2

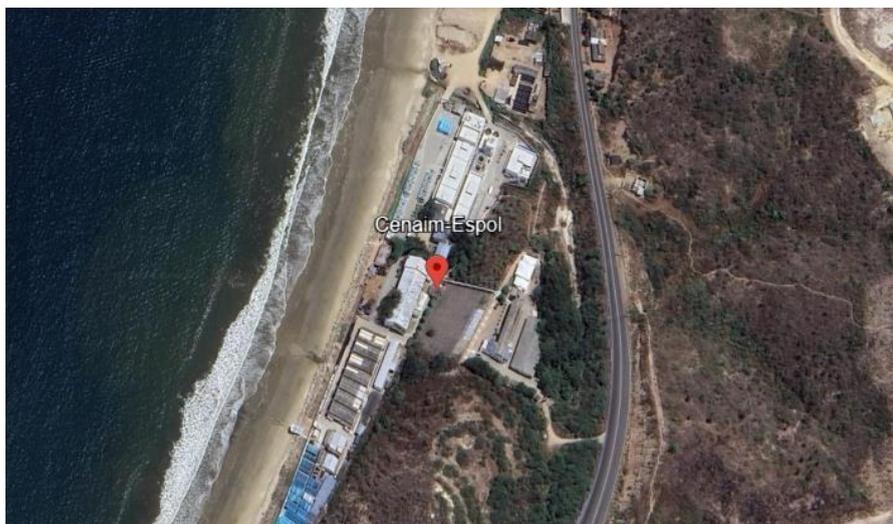
2. Metodología

2.1 Localización del ensayo

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de crustáceos y moluscos del CENAIM (coordenadas: latitud -1.954843, longitud -80.72888), durante los meses de febrero y abril, respectivamente. La temperatura ambiental de la región fluctuó entre 25 °C y 31 °C, registrándose las temperaturas más elevadas en las horas de la tarde y los períodos nocturnos caracterizados por condiciones climáticas más frías.

Figura 4.

Ubicación geográfica del CENAIM



Nota: Obtenida de Google Earth, 2024

2.2 Obtención y acondicionamiento de reproductores

Las hembras ovadas fueron obtenidas del sector de Hualtaco, ciudad de Huaquillas, en la Provincia de El Oro (coordenadas: Latitud -2.166473, Longitud -79.916463). Esta área está situada a varios kilómetros de la frontera sur con Perú, y existe una actividad mínima relacionada con la captura de cangrejos rojos, que está totalmente asociada con los ecosistemas de manglares adyacentes al puerto (Chalen et al., 2004). La recolección de las hembras fue

sincronizada con las fases lunares durante las cuales ocurren mayormente los desoves, siguiendo la metodología descrita por Cuadrado-Ortiz et al. (2022). Inmediatamente después de la llegada a las instalaciones de CENAIM.

Figura 5

Ubicación geográfica del puerto de Hualtaco



Nota: Obtenida de Google Earth, 2024

Inmediatamente después de que las hembras ovadas de *U. occidentalis* arribaran al CENAIM desde Hualtaco, se procedió a realizar una limpieza meticulosa del cefalotórax, quelípedos y periópodos por el exceso de barro del manglar para luego ser transferidas a gavetas de 30 L de capacidad, en cada una de las cuales se colocó un volumen de 10 L de agua. Para proporcionar refugio a los cangrejos reduciendo así el estrés, se añadió a cada gaveta un trozo de tubo PVC de 20 cm de longitud y 10.2 cm de diámetro; junto con un trozo de malla en el fondo del contenedor para evitar que las hembras resbalen al moverse dentro de la gaveta. Además, se les proporcionó hojas de mangle como alimento. Las muestras de huevos fueron examinadas bajo el microscopio para registrar el estadio embrionario mediante fotografías utilizando el software IWorks 2.0 y una cámara digital conectada al microscopio.

2.3 Desinfección y acondicionamiento de la sala experimental

Como parte de la preparación de la sala posterior al recibimiento de las larvas, se empezó con el lavado y desinfección de 30 gavetas y cualquier superficie de contacto, con una solución de hipoclorito de sodio al 5 % previamente preparada diluyendo 100 ml en 20 L de agua dulce, que se esparció con una esponja. Después de 24 horas se enjuagó el cloro con abundante agua dulce con la finalidad de que no queden residuos de la solución desinfectante y la salinidad no se vea afectada dentro de las gavetas. Asimismo, se instaló el circuito de aireación que constaba de mangueras plásticas conectadas; un extremo a la fuente de aire, y en el otro extremo la piedra difusora que se sumergía en el agua para la correcta oxigenación del medio. Se colocó un volumen de agua de 30 L en las gavetas desinfectadas

Figura 6

Representación gráfica del set experimental con los tratamientos y sus repeticiones



Nota: La figura señala las características del set experimental; las repeticiones de cada tratamiento de salinidad de encuentran enumeradas del 1 al 15 con las fuentes de aireación posicionadas de tal manera que sea conveniente conectar las mangueras que dispensarán el oxígeno en cada gaveta con sus respectivas piedras difusoras.

Figura 7

Sala experimental en el área de investigación de crustáceos y moluscos del CENAIM

**2.4 Cultivo de microalgas****Tabla 4**

Características de las especies de microalgas utilizadas

Especie	Tamaño (um)	Descripción
<i>C. gracilis</i>	6.6 ± 0.76	Diatomea solitaria de forma rectangular.
<i>C. muelleri</i>	7.0 ± 1.22	Célula rectangular a menudo solitaria ligeramente silicificada.
<i>P. lutheri</i>	5.0 ± 0.65	Célula esférica con dos flagelos y pared celular. Presenta alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (DHA) y fenilalanina.
<i>I. galbana</i>	5.0 ± 2.0 7	Células ovoides con dos flagelos y rica en DHA, benéfico para el crecimiento y desarrollo de larvas de peces marinos y zooplancton.

Nota: Los datos fueron obtenidos del estudio de Coutteau, 1996; Hoff & Snell, 1993;

Rodríguez-Pesantes et al., 2024

El cultivo de microalgas se llevó a cabo en un entorno controlado, utilizando agua de mar filtrada con una salinidad de 35 g/L. Los cultivos se expusieron a luz ultravioleta y se mantuvieron bajo condiciones de iluminación fluorescente constante, con una densidad de flujo de 46-47 μmol de fotones de radiación fotosintéticamente activa (PAR) por metro cuadrado por segundo. Se aseguró una adecuada aeración durante todo el proceso de cultivo. El medio de cultivo utilizado siguió la formulación f/2 desarrollada por Guillard en 1975.

La temperatura ambiente se mantuvo constante a $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$. Durante el proceso de cultivo, las microalgas se transfirieron a diferentes recipientes a medida que su volumen aumentaba, hasta alcanzar recipientes de 10 L, momento en el que se cosechaban durante su fase de crecimiento exponencial.

El proceso comienza con el cálculo de la concentración de fitoplancton presente en las 4 botellas entregadas, correspondiente a cada especie de microalga, en la cámara de Neubauer y microscopio del laboratorio. Para calcular el volumen de cada microalga a agregar, se aplicó la fórmula de concentración ($V_1 * C_1 = V_2 * C_2$), obteniendo así la cantidad exacta de mililitros a agregar del mix de microalgas a cada una de las gavetas.

2.5 Cultivo de rotíferos (Brachyurus plicatilis)

Los rotíferos fueron cultivados siguiendo un protocolo estandarizado establecido en las instalaciones de CENAIM. En este, una cepa de rotíferos derivada del repositorio y mantenida en condiciones templadas a 20°C se transfirió a tanques de 200 litros conteniendo FSW, y hasta alcanzar una densidad objetivo de 10 rotíferos por mililitro. Los rotíferos fueron alimentados con microalgas, *Tetraselmis maculata*, a una concentración de 200,000 células/mL. Antes de cada evento de alimentación, los rotíferos se cosecharon durante su fase de crecimiento exponencial, se concentraron en un recipiente de 10 litros a través de un tamiz de 60 μm para

estimar la densidad poblacional con fines de dosificación. El cultivo de rotíferos se mantuvo bajo aireación continua a una temperatura del agua de $25.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$.

2.6 Cultivo de artemia (*Artemia franciscana*)

Los quistes de Artemia (Lote 7122336204, INVE Aquaculture) fueron sometidos a un proceso de hidratación en agua filtrada y autoclavada de $1 \mu\text{m}$ (FSWA) durante una hora, a una concentración de 2.5 g/L. Posteriormente, los quistes fueron decapsulados, lo que involucró la adición de 660 μL de NaOH (32%) y 10 mL de NaClO (50%). Este proceso de decapsulación se detuvo después de aproximadamente dos minutos mediante la introducción de 14 mL de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Durante toda la reacción, se suministró aireación de manera constante. Los quistes decapsulados fueron enjuagados con FSWA y colocados en dos matraces separados de 1 litro, cada uno conteniendo FSWA para un período de incubación de 24 horas a 28°C . El protocolo de incubación se caracterizó por una aireación robusta y una intensidad de luz constante de aproximadamente 2000 lux.

Los nauplios de Artemia, específicamente aquellos en el estadio de 24 horas y sin estructuras discernibles de boca y ano, fueron concentrados dentro de un matraz de 1 litro. Este paso de concentración se realizó para estimar con precisión su densidad poblacional y facilitar la dosificación precisa según fuera necesario para la alimentación posterior.

2.7 Cultivo larvario

En el experimento se ejecutaron 5 tratamientos con salinidad 15, 20, 25, 30 y 35 g/L, en adelante denominados T15, T20, T25, T30 y T35, por triplicado, dispuestos de manera aleatoria en la sala experimental. Las larvas Z1 ($441.05 \pm 15.61 \mu\text{m}$) fueron colectadas en un tamiz de 300 μm y se transfirieron a las gavetas a una densidad 100 larvas/L, se mantuvieron con aireación continua. Con el objetivo de evitar estrés hubo un proceso de aclimatación por tres días hasta

llegar a la salinidad deseada de cada tratamiento. La salinidad inicial de la siembra fue 15 g/L, que corresponde a la misma a la que estaban expuestas las hembras ovadas hasta el desove, con el objetivo de evitar estrés hubo un proceso de aclimatación por tres días hasta llegar a la salinidad deseada de cada tratamiento. La temperatura del cultivo se mantuvo en un rango de 28-30,5 (poner promedio)

La alimentación fue administrada diariamente en las primeras horas de la mañana, a una densidad de 100,000 células de fitoplancton por mL, suministrado por el área de cultivo de microalgas del CENAIM. En el mix se incluyeron cuatro especies de microalgas en una proporción 1:1:1:1, tales como *Chaetoceros gracilis*, *Chaetoceros muelleri*, *Pavlova lutheri* e *Isochrysis galbana*.

Tabla 5.

Dosificación de alimento vivo suministrado en el cultivo larvario de U. occidentalis

Estadio	Mix de microalgas (cel/mL)	<i>Brachiurus plicatilis</i> (ind/mL)	<i>Artemia franciscana</i> (ind/mL)
Zoea I	100.000	0	0
Zoea II	100.000	0	0
Zoea III	100.000	20	0.6
Zoea IV	100.000	20	0.6
Zoea V	100.000	20	0.6
Megalopa	100.000	40	1

Nota: Obtenido de Rodríguez-Pesantes, 2024

Los recambios fueron de carácter interdiario colectando las larvas en tamices de 250-300 μ m, para posteriormente ser colocadas en vasos de precipitación a un volumen de 500 mL, homogenizar gentilmente para garantizar la toma de una muestra representativa de cada tratamiento para luego tomar 3 alícuotas de 1 mL con una micropipeta y proceder al conteo. Una vez calculada la población en cada una de las repeticiones y obtener un promedio para la obtención de la tasa de supervivencia, se procede a la visualización en microscopio de 10 larvas

que representan el 100% de población para el seguimiento del desarrollo larvario. Al finalizar los procedimientos para la toma de datos en el menor tiempo posible para disminuir el estrés, las larvas fueron transferidas a las gavetas con la salinidad correspondiente para ser alimentadas con su dosis de microalgas, rotíferos y artemia, además de los tratamientos con insumos respectivos para optimizar la calidad de agua y el cultivo larvario en general como la cal, oxitetraciclina, vitamina C, entre otros.

Capítulo 3

3. Resultados y análisis

3.1 Supervivencia larvaria

La supervivencia larvaria varió considerablemente entre los diferentes tratamientos de salinidad, lo que indica un impacto significativo en los animales bajo las condiciones osmóticas a las que están expuestas. En el día 4, que corresponde al primer recambio de agua post-aclimatamiento de salinidad, se registraron porcentajes de supervivencia $\geq 80\%$ en la mayoría de los tratamientos, a excepción de T30 con 76,3%. Para el día 7, se observó una reducción notable en la supervivencia larvaria en todos los tratamientos, con valores que oscilaron entre el 50% y el 58%, lo que indica que aproximadamente la mitad de la población inicial de larvas no sobrevivió. En el día 9, se evidenció una disminución aún más considerable en la supervivencia, especialmente en los tratamientos con las salinidades más altas (T25, T30 y T35) ya que los valores bajaron drásticamente a 0,07%, 0,08% y 0,12% respectivamente. Para el día 11, se evidenció mortalidad total en los tratamientos T25, T30 y T35 con el 100% de las larvas muertas; y a pesar de que asimismo la tasa de supervivencia disminuyó drásticamente en los tratamientos con salinidades más bajas (T15 y T20), en estos casos se mantuvo una pequeña fracción de la población viva y en crecimiento, con un 5,56% de supervivencia en ambos tratamientos. La mortalidad no varió significativamente en los días 13 y 15 aunque la población larvaria continuó reduciéndose, para el día 17 se observó un desarrollo larvario completo hasta la etapa de megalopa en ambos tratamientos. Al finalizar el experimento, la tasa de supervivencia en T15 fue de 1,71%, mientras que en T20 fue de 3,11% con una desviación estándar de 0,38 y 1,07. Los datos obtenidos en el experimento sugieren que la salinidad juega un papel crítico en la supervivencia y el desarrollo larvario del cangrejo rojo demanglar desde la eclosión hasta el estadio de megalopa.

Tabla 6

Tasa de supervivencia de las larvas de U. occidentalis en los 5 tratamientos con la desviación estándar del promedio del número de larvas por repetición de cada tratamiento

Trat.	Día 4	σ	Día 7	σ	Día 9	Σ	Día 11	Σ	Día 13	σ	Día 15	σ	Día 17	σ
T15	88,15	12,24	54,81	10,96	9,30	6,42	5,56	0,56	2,84	0,85	2,49	0,83	1,71	0,38
T20	84,44	5,88	54,81	2,56	5,56	0,56	5,56	0,79	4,22	0,84	3,67	0,88	3,11	1,07
T25	85,19	6,67	50,37	1,11	0,07	0,09	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
T30	76,30	4,63	57,78	12,37	0,08	0,02	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-
T35	100,00	0	58,52	8,41	0,12	0,08	0,00	-	0,00	-	0,00	-	0,00	-

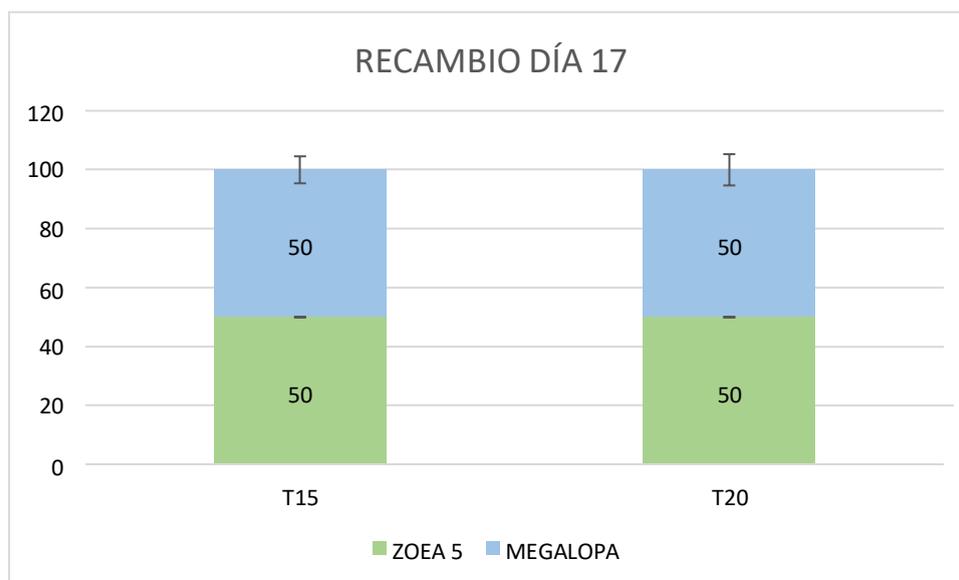
3.2 Desarrollo larvario o metamorfosis

El desarrollo desde la eclosión hasta la megalopa tomó entre 17-19 días y no difirió entre los tratamientos de salinidad. En T15 y T20 se observó 10% de tasa de metamorfosis a ZII al día 4 de la siembra mientras que el 90% de las larvas aún se encontraban en la fase ZI, en comparación con T25, T30 y T35 donde sólo se registró 3%, 3% y 5% de ZII respectivamente. Para el día 7, el 90% de las larvas se encontraban en ZII en los tratamientos T15 y T20, mientras que en los tratamientos con salinidades más altas apenas el 10% se encontraba en el segundo estadio larvario. En el día 9 se evidenció 20% de ZIII y 80% de ZII en T15 y T20, por el contrario, en T25, T30 y T35 no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la muda ya que el 80% del cultivo larvario permaneció en la primera fase zoeal. En el 11avo día post-siembra salinidades mayores a 20 g/L resultaron mortales para las larvas, mientras que solo T15 y T20 continuaron su desarrollo encontrándose en el primero 50-50% de ZII y ZIV y en el segundo una tasa de metamorfosis del 60% de ZIII y 40% de ZIV. Para el día 13 del experimento se registró muda hasta el último estadio larvario de ZV en ambos tratamientos en

una tasa de 40-60%. Para el último día del experimento se registró 50% de ZV y 50% de megalopa en ambos tratamientos, completando su desarrollo larvario (Fig 13).

Figura 8

Tasa de metamorfosis larvaria en el último día de cultivo con su desviación estándar



3.3 Análisis de resultados

Estudios experimentales realizados sobre las especies de cangrejos de manglar *Ucides Cordatus* perteneciente al norte de Brasil por Diele & Simith, 2006 y Simith et. al. 2014, demostraron que diferentes regímenes de salinidad tienen un efecto determinante en la supervivencia larvaria y la duración de las fases de muda; bajas salinidades (<10 g/L) resultan en un aumento en la mortalidad larval y un retraso significativo en su desarrollo. El presente experimento demuestra que la supervivencia larval se encuentra influenciada por las condiciones osmóticas creadas por los diferentes tratamientos de salinidad. En el día 4, las tasas de supervivencia fueron generalmente altas ($\geq 80\%$) en la mayoría de los tratamientos, lo que indica que las larvas se aclimataron con éxito a los niveles de salinidad expuestos, sin embargo, a excepción del tratamiento T30 que registró una tasa de supervivencia ligeramente más baja,

se sugiere que incluso variaciones menores en la salinidad pueden afectar el cultivo en una etapa temprana. Para el día 7, se observó un marcado descenso en las tasas de supervivencia en todos los tratamientos lo que indica que, a pesar de la fase de aclimatación inicial, las larvas probablemente enfrentan un estrés creciente a medida que continúan desarrollándose. La caída significativa en las tasas de supervivencia y posterior mortalidad total para los días 9 y 11, particularmente en T25, T30 y T35, subraya el umbral crítico de salinidad más allá del cual los animales no pueden sobrevivir, sin embargo, los tratamientos con salinidades más bajas (T15 y T20) mostraron cierta resistencia larvaria, con una pequeña fracción de la población sobreviviendo y continuando con su crecimiento. El continuo declive en las poblaciones larvales en T15 y T20 indica que incluso las salinidades más bajas presentan desafíos para su desarrollo con tasas de supervivencia finales de 1.71% en T15 y 3.11% en T20. Asimismo, se compararon los resultados de la duración del desarrollo larvario desde ZI hasta megalopa de *U. occidentalis* obtenidos en el ensayo (17 días en total) con los datos del protocolo de producción de semillas del laboratorio de moluscos y crustáceos de CENAIM junto con otras especies de cangrejos de lodo/manglar tales como *U. cordatus*, *S. tranquebarica*, *S. serrata* y *C. guanhumi* (Tabla 7) evidenciándose una diferencia de solo 2 días adicionales de la investigación de Rodríguez-Pesantes et al. (2024), mientras que la metamorfosis de *U. cordatus* toma 5 días más en relación con su congénere; la duración del crecimiento larval de las especies restantes se aproxima al obtenido en el presente estudio, desarrollándose completamente hasta megalopa en 13-20 días. En cuanto a la tasa de metamorfosis final, se observó un 50% de larvas en el estadio ZV y un 50% en la etapa de megalopa, lo que indica que, a pesar de las bajas tasas de supervivencia las condiciones de salinidad de 15 g/L y 20 g/L permitieron que esta fracción de la población completara su desarrollo, lo que apoya el hallazgo de que T15 y T20 mostraron una mayor capacidad de adaptación en comparación con los tratamientos con salinidades más

altas, afirmando así que este umbral es favorable tanto para la supervivencia como el crecimiento.

Tabla 7

Duración del desarrollo larval de U. occidentalis y otras especies de cangrejos de manglar

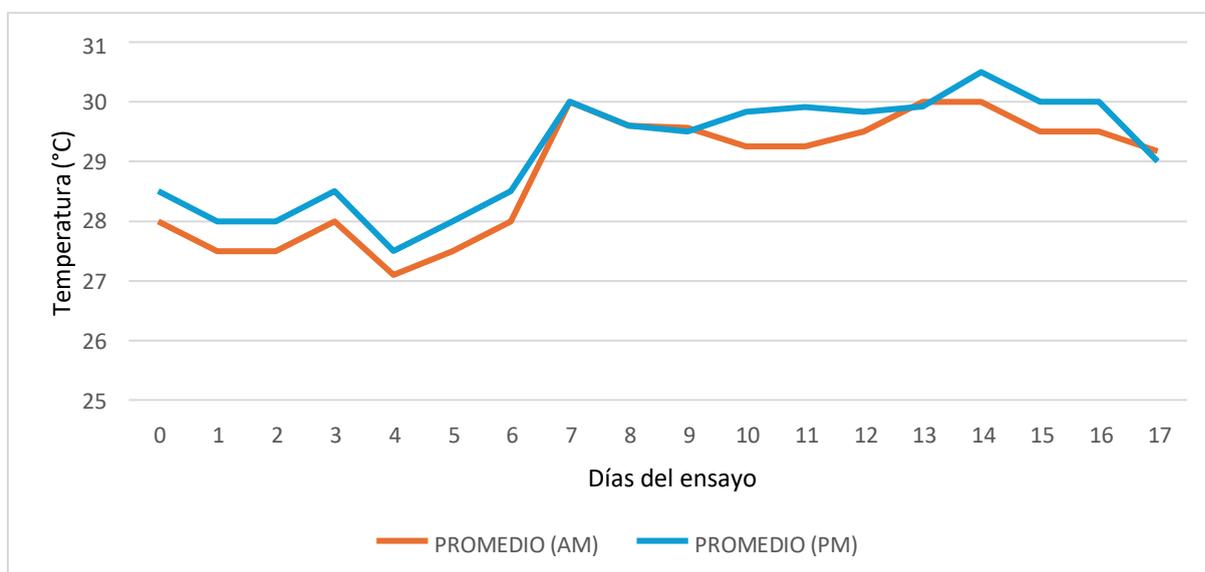
Estadio	<i>U. occidentalis</i>	<i>U. cordatus</i>	<i>S. tranquebarica</i>	<i>S. serrata</i>	<i>C. guanhumi</i>
ZI - ZII	2	4	4	2	5
ZII - ZIII	3	3	3	2	2
ZIII - ZIV	4	4	3	3	3
ZIV - ZV	3	4	3	3	4
ZV - M	3	5	3	3	4
TOTAL	15	20	16	13	18
Autor(es)	Rodríguez-Pesantes et al. 2024	Simith & Diele, 2008	Thirunavukkarasu et al. 2014	Lee et al. 2009	Cervantes et al. 2009

Por otro lado, las limitaciones que se presentaron a lo largo de ensayo fueron consideradas determinantes en la obtención de resultados con mayor eficiencia, por ejemplo, factores extrínsecos bióticos y abióticos que contribuyeron a la alta tasa de mortalidad y al retraso en la metamorfosis. En particular, la temperatura durante la primera semana del experimento alcanzó valores de 27°C (Fig 13), lo que podría haber generado fluctuaciones críticas para el desarrollo de las larvas de *U. occidentalis*. Estas bajas temperaturas se evidenciaron durante el día, lo que se atribuye a los días de recambio donde la entrada y salida de agua sin calentadores que regularan este factor. Esto indica que la temperatura también corresponde a una variable ambiental crucial que influye en la fisiología y el metabolismo de los branquiuros (Anger, 1983), por lo tanto, variaciones en este factor pueden inducir estrés térmico, afectando negativamente la supervivencia y el crecimiento. Otro aspecto relevante que considerar es la heterogeneidad de las larvas, es decir, que procedieron de diferentes hembras, utilizadas en el experimento ya que estudios previos han demostrado que la variabilidad genética materna puede influir en características como el tamaño de las larvas, la tasa de crecimiento y la

supervivencia (Qiu & Qian, 1999; Giménez & Anger, 2001). Las diferencias en la calidad de los huevos, determinadas por factores como el tamaño, la composición bioquímica y la cantidad de reservas energéticas, pueden resultar en variaciones en el vigor y la viabilidad de las larvas (Racotta et al., 2003). Estas diferencias individuales provocan que ciertos especímenes sean más resistentes a los desafíos ambientales, mientras que otros sucumben fácilmente a los factores estresantes que se presentan en el medio, como lo fueron las infecciones bacterianas y fúngicas provocadas por microorganismos patógenos en el agua, a pesar de los esfuerzos para obtener una óptima calidad de agua en cada estanque, y lo que según Lavilla-Pitogo y de la Peña (2004) disminuye de manera considerable la tasa de supervivencia de las larvas de cangrejo en cautiverio, así como el canibalismo en todas las etapas del desarrollo y a la falta de comprensión de las necesidades nutricionales pertinentes de estos animales (Quinitio 2004).

Figura 9

Variaciones de temperatura en la mañana y en la noche en cada estanque



Este experimento ha sido de gran utilidad para profundizar en el conocimiento de la biología del cangrejo rojo de manglar, una especie que ha sido poco estudiada en términos de su

desarrollo larvario y condiciones óptimas de cultivo. El hecho de que la supervivencia larvaria fuera mayor en T20 comparado con T15 y significativamente superior a las salinidades más altas, indica que *Ucides occidentalis* puede tener una tolerancia osmótica relativamente estrecha, con una preferencia por condiciones salinas ligeramente superiores a las de un estuario típicamente salobre, pero inferiores a las de agua de mar. Este hallazgo es consistente con la biología de muchas especies de cangrejos que habitan en estuarios y manglares, donde las fluctuaciones de salinidad son comunes, por lo que adoptan técnicas de exportación larvaria para acoplarse a los requerimientos adecuados para su supervivencia.

La información obtenida a partir de este estudio no solo contribuye a la comprensión de los requerimientos biológicos de *U. occidentalis*, sino que también presenta las bases para mejorar las prácticas de producción en laboratorio, lo que puede beneficiar la acuicultura y la conservación de esta especie en su hábitat natural. El conocimiento sobre la biología y ecología de esta especie es esencial para el desarrollo de estrategias de manejo y conservación efectivas y a medida que se avanza en la investigación sobre las condiciones óptimas para la supervivencia y el desarrollo larvario, se pueden establecer protocolos de cultivo más eficientes que maximicen la producción de larvas viables. Esto no solo contribuirá a la sostenibilidad de la acuicultura del cangrejo rojo de manglar, sino que también permitirá la restauración de poblaciones naturales que puedan estar en declive debido a la sobreexplotación y la degradación del hábitat. En general, este estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones y prácticas de manejo que promuevan la salud y la viabilidad de las poblaciones del guariche en entornos naturales y de cultivo.

Capítulo 4

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se demostró que la salinidad es un factor determinante en la supervivencia y desarrollo de las larvas de *Ucides occidentalis* en 15 g/L y 20 g/L respectivamente, que les permitió sobrevivir hasta completar exitosamente su metamorfosis hasta el estadio de megalopa; en contraste, salinidades superiores a 25 g/L resultaron letales o retrasaron severamente el desarrollo, lo que resalta la importancia de mantener condiciones osmóticas adecuadas para optimizar la producción de esta especie.
- Al analizar el efecto de la salinidad en las diferentes etapas del desarrollo larvario, se observó que 15 y 20 g/L favorecieron la muda, completando el desarrollo larvario en 17 días; en comparación con los tratamientos de mayor salinidad que no avanzaron del primer estadio larvario (ZI) proporcionan información valiosa para ajustar las condiciones de cultivo y maximizar el éxito de la producción larvaria.
- A pesar de que las salinidades de 15 y 20 g/L permitieron un desarrollo larvario exitoso, se identificaron varios factores limitantes que afectaron negativamente la supervivencia y el crecimiento de las larvas, por ejemplo, la calidad inicial de las larvas, determinada por factores como su origen genético y las condiciones de los reproductores, puede haber influido en la variabilidad observada en el cultivo; además, la contaminación del agua por hongos y protozoarios, a pesar de las medidas de manejo implementadas, pudo haber comprometido la salud de las larvas y contribuido a la mortalidad.

4.2 Recomendaciones

- Implementar un protocolo riguroso de monitoreo de la calidad del agua que incluya análisis regulares de parámetros como salinidad, pH, temperatura, y la presencia de contaminantes biológicos; en especial de hongos. Esto permitirá identificar y mitigar problemas de contaminación antes de que afecten la salud de las larvas; además, se sugiere el uso de tratamientos preventivos, como la filtración y desinfección del agua, para reducir la carga microbiana y mejorar las condiciones de cultivo.
- Priorizar que las larvas para el experimento provengan de la misma hembra para que la variabilidad genética no sea un limitante en el desarrollo larvario, asimismo se debe realizar un adecuado acondicionamiento de las hembras antes del desove ya que puede mejorar la calidad de las larvas y su capacidad de supervivencia en condiciones de cultivo.
- Desarrollar y probar estrategias de alimentación que se alineen adecuadamente a la metamorfosis en cada fase zoeal de las larvas, por ejemplo, empezar con la alimentación con microalgas y rotíferos en estadios tempranos (ZI y ZII) y administrar artemia a partir de ZII, lo que puede incentivar la muda, lo que asegurará que las larvas reciban una dieta adecuada a sus necesidades nutricionales específicas, lo que puede contribuir a mejorar su crecimiento y supervivencia.

Referencias

- Alava, J. J., Lindop, A., & Jacquet, J. (2015). Marine fisheries catchreconstructions for continental Ecuador: 1950-2010 (Vancouver, Canada:University of British Columbia), 1–25. <https://doi.org/10.13140//2.1.1150.5447>
- Alemán & Ordinola, 2017. Ampliación de la distribución sur de *Ucides occidentalis* (Decapoda: Ucididae) y *Cardisoma crassum* (Decapoda: Gecarcinidae). Revista Peruana de Biología 24(1): 107–110. <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v24i1.13110>
- Alemán, C. (2015). Crecimiento alométrico del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil, ResearchGate. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4769.1686>
- Alves R., Nishida A. & Hernández. M. (2005). Environmental perception of gatherers of the crab “caranguejo-uçá” (*Ucides Cordatus*, Decapoda, Brachyura) affecting their collection attitudes. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine 1(10): 1–8.
- Anger, K. (1983). Temperature and the larval development of *Hyas araneus* L. (Decapoda: Majidae); extrapolation of laboratory data to field conditions. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 69(3), 203–215. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(83\)90070-9](https://doi.org/10.1016/0022-0981(83)90070-9)
- Andersson, M., Iwasa Y. (1994). Sexual selection. Princeton University Press. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(96\)81042-1](https://doi.org/10.1016/0169-5347(96)81042-1)
- Anger, K. (1991). Effects of temperature and salinity on the larval development of the Chinese mitten crab *Eriocheir sinensis* (Decapoda: Grapsidae). Mar. Ecol. Progr. Ser., 72: 103-110. <https://doi.org/10.3354//meps072103>

- Anger K., Charmantier, G., 2000. Ontogeny of osmoregulation and salinity tolerance in a mangrove crab, *Sesarma curacaoense* (Decapoda: Grapsidae). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 251, 265–274. S., & E.
- Anger K., 2001. *The biology of decapod crustacean larvae, crustacean issues, vol. 14.* A. A. Balkema Publishers, Lisse, The Netherlands.
- Anger, K. (2003). Salinity as a key parameter in the larval biology of decapod crustaceans. *Invertebrate Reproduction & Development*, 43(1), 29-45. <https://doi.org/10.1080/07924259.2003.9652520>
- Anger K., 2006. Contributions of larval biology to crustacean research: a review. *Invertebr. Reprod. Dev.* 49 (3), 175–205.
- Barragán, J. (1993). Biología del cangrejo rojo de manglar *Ucides occidentalis* Ortmann, (Crustácea: Decápoda: Gecarcinidae). *Revista de Ciencias Del Mar Y de Limnología*, 3(1), 135–149.
- Bright D.B., & C.L. Hogue. 1972. A synopsis of the burrowing land crabs of the world and list of their arthropod symbionts and burrow associates. *Contributions in Science* 220: 1–58. <https://www.biodiversitylibrary.org/part/241205>
- Capparelli, M., & McNamara, J. C. (2015). Responses of the mudflat fiddler crab *Uca rapax* (Ocypodidae, Brachyura) to contamination by metals. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/302934784_Responses_of_the_mudflat_fiddler_crab_Uca_rapax_Ocypodidae_Brachyura_to_contamination_by_metals_use_of_biochemical_and_physiological_biomarkers_as_indicators
- Cervantes, G., & Shadiel, K. (2020). *Desarrollo del ciclo larval del Cangrejo Azul Cardisoma guanhumi Latreille, 1828 en sistemas cerrados* (Doctoral dissertation, Universidad del Sinú, seccional Cartagena)

- Chalen, X.; Correa, J. & Miranda, M. (2004). Seguimiento de la actividad de extracción del cangrejo rojo en los manglares de Ecuador. Informe interno, Instituto Nacional de Pesca. Guayaquil- Ecuador. 11 pp.
- Charmantier, G., 1998. Ontogeny of osmoregulation in crustaceans: a review. *Invertebrate Reproduction and Development*.
- Chuquimarca, L. (2015). Contenido de metales pesados (Hg, Pb, Cd), en el tejido blando del quelípedo y hepatopáncreas del cangrejo rojo (*Ucides Occidentalis*), en tres localidades del perfil costero de la provincia del El Oro, 2014.
- Cedeño I., Bravo M., Solano F., Peña M. & Zambrano R. (2012). Abundancia relativa y estructura de tallas de cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil, Febrero 2011-Enero 2012. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3801.4966>
- Cedeño, I. (2013). Aspectos Reproductivos del Cangrejo Rojo de Manglar (*Ucides occidentalis*) en el Golfo de Guayaquil. Diciembre 2011– abril 2012. Boletín Especial. https://biblioteca.imarpe.gob.pe/opac_css/index.php?lvl=bulletin_display&id=32690
- Cedeño, J., Donoso, M. C. 2010. Atlas pluviométrico del Ecuador. Programa hidrológico internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe 21: 1–86. Guayaquil, Ecuador
- Cuadrado Ortiz, JE, Parrales Choez, LJ, & Calles, A. (2022). Protocolo para desove de hembras ovadas *Ucides occidentalis* en condiciones de laboratorio (Tesis doctoral, ESPOL. FIMCM: Acuicultura).
- Dalabona, G., & J.L., S. (2005). Periodo reproductivo de *Ucides Cordatus* (Linnaeus) (Brachyura, Ocypodidae) na Bahía das Laranjeiras, sul do Brasil. *Acta Biológica Paranaense*, 115–126.
- Da Silva, UA, Cottens, K., Ventura, R., Boeger, WA y Ostrensky, A. (2012). Diferentes vías en el desarrollo larvario del cangrejo *Ucides cordatus* (Decapoda, Ocypodidae) y

su relación con altas tasas de mortalidad por el fin de larviculturas masivas. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 32, 284-288.

- Diele, K., & Simith, D. (2006). Salinity tolerance of northern Brazilian mangrove crab larvae, *Ucides cordatus* (Ocypodidae): Necessity for larval export? *Estuarine, Coastal And Shelf Science*, 68(3-4), 600-608. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.03.012>
- Fisher W., Krupp F., Schneider W., Sommer C., Carpenter K., Niem, V. (1995). Guía FAO para la identificación de especies para los fines de la pesca. Pacífico centro-oriental. https://www.researchgate.net/profile/Friedhelm-Krupp/publication/292139039_Guia_FAO_para_la_identificacion_de_especies_para_los_fines_de_la_pesca_Pacifico_centro-oriental_vol_1/links/56a9ced308ae2df821653fb6/Guia-FAO-para-la-identificacion-de-especies-para-los-fines-de-la-pesca-Pacifico-centro-oriental-vol-1.pdf
- Flores, J. (2012). Cadena de valor del cangrejo rojo en el Golfo de Guayaquil (p. 74). Usaid Costas y Bosques Sostenibles. https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PA00JNJ8.pdf
- García, M. (2018). Estado de madurez sexual de (*Ucides occidentalis*) en el manglar de Puerto Pizarro, Tumbes Perú. Universidad Nacional de Tumbes. <http://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/894/TESISGARCIAAGARCIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Giménez, L., & Anger, K. (2001). Relationships among salinity, egg size, embryonic development, and larval biomass in the estuarine crab *Chasmagnathus granulata* Dana, 1851. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 260(2), 241-257.
- Guillard, RR (1975). Cultivo de fitoplancton para alimentación de invertebrados marinos. En *Cultura de animales invertebrados marinos: actas — Primera conferencia sobre cultivo de animales invertebrados marinos en Greenport* (págs. 29-60). Springer Estados Unidos.

- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2023, 3 15). RED DE ESTACIONES AUTOMÁTICAS HIDROMETEOROLÓGICAS. <http://186.42.174.236/InamhiEmas/>
- Islam, M. S., Shokita, S., & Naruse, T. (2002). Effects of salinity on the larval development of the semiterrestrial sesarmid mangrove crab *Neosarmatium indicum* (A. Milne Edwards) under laboratory conditions. *Crustacean Research*, 31(0), 1–8. https://doi.org/10.18353//crustacea.31.0_1
- Lavilla-Pitogo C.R. & de la Pena L.D. (2004) Diseases in Farmed Mud Crabs *Scylla* spp.: Diagnosis, Prevention and Control. Aquaculture Department. Southeast Asian Fisheries Development Center, Tigbauan, Iloilo, Philippines, p.19.
- Lee, Sun-Gil, 이소광, & Lee, Jeong Mee. (2009). Preliminary Study of Seed Production of the Micronesian Mud Crab *Scylla serrata* (Crustacea: Portunidae) in Korea. *Ocean and Polar Research*, 31(3), 257–264. <https://doi.org/10.4217/OPR.2009.31.3.257>
- Luppi, T. A., Spivak, E. D., & Bas, C. C. (2003). The effects of temperature and salinity on larval development of *Armases rubripes* Rathbun, 1897 (Brachyura, Grapsoidea, Sesarmidae), and the southern limit of its geographical distribution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58(3), 575-585. [https://doi.org/10.1016/s0272-7714\(03\)00136-7](https://doi.org/10.1016/s0272-7714(03)00136-7)
- MAGAP (2014). Reforma veda del cangrejo rojo – Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2014). Agricultura.gob.ec. <https://www.agricultura.gob.ec/magap-reforma-veda-del-cangrejo-rojo/>
- Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca. (s. f.). Acuerdo Ministerial establece periodo de primera veda de cangrejo rojo y azul

<https://www.produccion.gob.ec/acuerdo-ministerial-establece-periodo-de-primeraveda-de-cangrejo-rojo-y-azul/>

- Mora, A. (2015). Estructura poblacional del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en un gradiente de inundación dentro de un bosque de manglar riverino (Isla Mondragón, estuario río Guayas). Escuela Superior Politécnica Del Litoral (Espol). <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31064>
- Moreno J., & W. Ruiz. 2010. Situación Actual del Guariche *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) en el Estuario del Río Chone, Manabí durante Abril 2009-2010. Boletín Científico y Técnico (Instituto Nacional de Pesca, Ecuador) 20(8): 16–35. <http://hdl.handle.net/1834/4794>
- Olguín, E., Hernández, M., & Sánchez-Galván, G. (2007). Contaminación de manglares por hidrocarburos y estrategias de biorremediación, fitorremediación y restauración. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 23(3), 139–154. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018849992007000300004&script=sci_abstract
- Ordinola E., Montero P., Alemán S. & Llanos J. (2010). El cangrejo de los manglares *Ucides Occidentalis* (Ortman) en Tumbes, Perú. Primavera 2007. https://www.researchgate.net/publication/312931199_El_cangrejo_de_los_manglares_Ucides_occidentalis_ORTMAN_en_Tumbes_Peru_Primavera_2007
- Qiu, G. F., & Qian, P. Y. (1999). Tolerance of the barnacle *Balanus amphitrite* to salinity and temperature stress of its embryos and naupliar larvae. *Marine Ecology Progress Series*, 191, 193-202.
- Quintio E.T. (2004) Mud crab hatchery and grow-out status in the Philippines. In: *Mud Crab Aquaculture in Australia and Southeast Asia*. Proceedings of the ACIAR Crab Aquaculture Scoping Study and Workshop, Joondoburri Conference Centre, Bribie

Island, 28[^]29 April 2003 (ed. by G. Allan & D. Fielder), pp.53[^]56. ACIAR, Canberra, Australia.

- Racotta, I. S., Palacios, E., & Ibarra, A. M. (2003). Shrimp larval survival and growth with maternal and dietary docosahexaenoic acid. *Aquaculture*, 227(1-4), 107-118.
- Ramos-Veliz, J., Gainza-Roche, O., Cumbicos-Ortega, D., & Pozo-Cajas, M. (2022). Red mangrove crab *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1987) (Brachyura: Ocypodidae): complete embryonic development under laboratory conditions. *Latin american journal of aquatic research*, 50(1), 60-67.
- Rivera, C. (2010). Morfometría, abundancia y distribución de *Ucides occidentalis* (“punches”). En C. Rivera y T. Cuellar (Eds.): *El Ecosistema de Manglar de La Bahía de Jilisco (Sector Occidental)*, 137–155.
- Rivera, C. (2013). Manejo Pesquero Sostenible de *Ucides occidentalis* (“punche”), recurso hidrobiológico de la Cuenca Baja del Río Lempa, Bahía de Jiquilisco, departamento de Usulután. San Salvador: Universidad de El Salvador.
- Rodríguez-Pesantes, D., Reyes, J., Tenempaguay, N., Sonnenholzner S., & Nieto-Wigby, J. (2024). Embryonic and Larval Development of the Red Mangrove Crab *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1987): Microalgal Feeding and Its Effect on Metamorphosis and Survival. *Journal of Shellfish Research*, 43(1).
<https://doi.org/10.2983/035.043.0110>
- Rujel, J. G. (1996). Biología reproductiva de *Ucides Occidentalis* “cangrejo de los manglares” en el litoral de Tumbes. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo.
- San Andrés, C. (2016). Evaluación de la influencia de la salinidad en la supervivencia y peso de cangrejos adultos *Ucides Occidentalis* en cautiverio. Espol.edu.ec.
<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/41395>

- Sánchez, P. (2021). Evaluación de la población de *Ucides occidentalis* y su hábitat en manglares de la cooperativa Nuevo Porvenir, Naranjal - Ecuador. *Ebuah.uah.es*. <http://hdl.handle.net/10017/54583>
- Sastry, A., 1983. Ecological aspects of reproduction. In: Vernberg, F., Vernberg, W. (Eds.), *The Biology of Crustacea. Environmental Adaptations*, vol. 8. Academic Press, New York, pp. 179e270.
- Schories, D., Barletta Bergan, A., Barletta, M., Krumme, U., Mehlig, U., & Rademaker, V. (2003). The keystone role of leaf-removing crabs in mangrove forests of North Brazil. *Wetlands ecology and management*, 11, 243-255.
- Solano, F. (2006). Aspectos pesqueros biológicos y socioeconómicos de la captura de cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en los manglares del Ecuador. Guayaquil, Ecuador: Instituto Nacional de Pesca. *Proceso de Investigación de Los Recursos Bioacuáticos y Su Ambiente*
- Solano F., Moreno J., (2009). Cangrejo Rojo (*Ucides occidentalis*): Un análisis durante el periodo de veda reproductiva. Instituto Nacional de Pesca. <https://aquadocs.org/handle/1834/4564>
- Solano F., L. Flores & W. Ruiz. 2010. Capturas de Cangrejo Rojo durante el 2009 en los Puertos de la Provincia de Guayas y El Oro, Ecuador. *Boletín Científico y Técnico (Instituto Nacional de Pesca, Ecuador)* 20(8): 1–15. <http://hdl.handle.net/1834/4793>
- Solano F., W. Ruiz, T. Villegas & L. Flores. 2012. La pesquería del cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) en puertos de la Provincia de El Oro en Ecuador en el 2011. *Boletín Científico y Técnico (Instituto Nacional de Pesca, Ecuador)* 22(3): 17–27.
- Strathmann, R.R., 1982. Selection for retention or export of larvae in estuaries. In:

Kennedy, V.S. (Ed.), *Estuarine Comparisons*. Academic Press, New York, pp. 521–535.

- Tazan G. & Wolf B. 2000. El cangrejo rojo *Ucides occidentalis* (Ortmann) en la Reserva Ecológica Manglares Churute. Parte I Estudio Bioecológico. Fundación Natura. <https://search.worldcat.org/es/title/cangrejo-rojo-ucides-occidentalis-ortmann-en-la-reserva-ecologica-manglares-churute/oclc/47060032>
- Tazán, G., & Pozo, M. (2001). Análisis de las pesquerías de *Ucides occidentalis* Ortmann y su manejo sostenible en la Reserva Ecológica Manglares Churute. Universidad Agraria.
- Telesh, I., & Khlebovich, V. (2010). Principal processes within the estuarine salinity gradient: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 61(4-6), 149-155. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.02.008>
- Thirunavukkarasu, N., Nesakumari, C. S. A., & Shanmugam, A. (2014). Larval rearing and seed production of mud crab *Scylla tranquebarica* (Fabricius, 1798). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 2(2), 19-25.
- Twilley, R. R., Pozo, M., García, V. H. L., Rivera-Monroy, V. H., Zambrano, R. H., & Boderó, A. (1997). Litter dynamics in riverine mangrove forests in the Guayas River estuary, Ecuador. *Oecologia*, 111(1), 109-122. <https://doi.org/10.1007/s004420050214>
- *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) in GBIF Secretariat (2023). GBIF Backbone Taxonomy. <https://www.gbif.org/species/5971233> IMAGEN
- Villón, A. (2021). Análisis de las capturas anuales del cangrejo rojo *Ucides Occidentalis*, en las provincias del Guayas y El Oro, Ecuador 2009-2019. Upse.edu.ec. <https://doi.org/UPSE-TBI-2021-0027>

- WoRMS - World Register of Marine Species - *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897). (2024). Marinespecies.org.
<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=445001>
- Zambrano, R., & Solano F., (2014). Análisis de las capturas de cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*), en el Golfo de Guayaquil-Ecuador durante el 2013. Boletín Especial (Instituto Nacional de Pesca, Ecuador), 12(2), 72-82.
<https://doi.org/10.31876/rcm.v12i2.42>
- Zambrano, R., & Meiners, C. (2018). Notas sobre taxonomía, biología y pesquería de *Ucides occidentalis* (Brachyura: Ocypodidae) con énfasis en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Revista Peruana de Biología, 25(1), 055-066.
<https://doi.org/10.15381/rpb.v25i1.13821>
- Zambrano R. 2014. Capturas comerciales del cangrejo rojo de manglar (*Ucides occidentalis*) durante el 2012, en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Boletín Especial (Instituto Nacional de Pesca, Ecuador) 5(1): 1–11.
- Zambrano, R., Cedeño, I., & García, A. (2019). Lineamientos de manejo pesquero basados en derechos de acceso para el recurso cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*) referentes a la Asociación de Cangrejeros y Pescadores de Balao.
[https://www.researchgate.net/publication/343295410 Lineamientos de manejo pesquero basados en derechos de acceso para el recurso cangrejo rojo *Ucides occidentalis* referentes a la Asociacion de Cangrejeros y Pescadores de Balao](https://www.researchgate.net/publication/343295410_Lineamientos_de_manejo_pesquero_basados_en_derechos_de_acceso_para_el_recurso_cangrejo_rojo_Ucides_occidentalis_referentes_a_la_Asoociacion_de_Cangrejeros_y_Pescadores_de_Balao)
- Zambrano, R., & Aragón-Noriega A. (2016). Sexual dimorphism and morphometric maturity in males of *Ucides occidentalis* (Ortmann, 1897) (Brachyura, Ocypodidae) in the Gulf of Guayaquil, Ecuador. Crustaceana, 89(10), 1115–1124.
<https://doi.org/10.1163/15685403-00003582>

- Zambrano, R. (2016). Periodo reproductivo de *Ucides Occidentalis* en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales, 10(2), 1–2. <https://doi.org/10.53591/cna.v10i2.257>
- Zambrano, R. (2017). Primer registro de malformaciones en machos de *Ucides occidentalis* (Brachyura, Ocypodidae) en el Golfo de Guayaquil, Ecuador. Crustaceana, 90(5), 631-638