



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DC Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Informe final de Proyecto de Investigación

DIGI-PUI-004

Informe final de proyecto de investigación

Universidad de San Carlos de Guatemala

Dirección General de Investigación

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente

Determinación de la época de reproducción del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y chacalín (*Xiphopenaeus riveti*) en el Pacífico de Guatemala

Unidad avaladora: Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas -IIH-, Centro de Estudios del Mar y Acuicultura -CEMA-

4.8.26.2.98

Nombre del coordinador: María Alejandra Paz Velásquez

Guatemala, 27 de febrero de 2026



Informe final de Proyecto de Investigación

Contraportada

Autoridades de la Dirección General de Investigación

Dra. Alice Patricia Burgos Paniagua

Directora General de Investigación

M. Sc. Andrea Rodas

Coordinador(a) del Programa Universitario de Investigación

Autores

María Alejandra Paz Velásquez, 20210626

Cristopher Giovanni Avalos Castillo, 20150404

Leysi Yasmin Díaz Apxuac, 20251180

Eliane Vanessa Monzon Motta, 20251137

Colaboradores:

Karol Rubí Rivas Díaz, Dirección de Pesca y Acuicultura DIPESCA-MAGA

El contenido de este informe de investigación es responsabilidad exclusiva de sus autores.

Esta investigación fue cofinanciada con recursos del Fondo de Investigación de la DIGI de la Universidad de San Carlos de Guatemala a través de la partida presupuestaria número: 4.8.26.2.98 en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente.

Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.

Este informe está licenciado bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).

Puede copiarse, distribuirse y adaptarse con la condición de dar crédito a los autores, no usarlo con fines comerciales y compartir cualquier obra derivada bajo la misma licencia.

Para más información, visite: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>.



Informe final de Proyecto de Investigación

Índice general

1. Introducción	5
2. Contexto de la investigación	7
3. Revisión de literatura	9
3.1. Características generales de los camarones peneidos	10
3.2. Biología reproductiva y maduración gonadal en camarones peneidos	10
3.3. Importancia pesquera y antecedentes reproductivos en el Pacífico oriental	11
3.4. Antecedentes en Guatemala y vacío de información	13
4. Planteamiento del problema	15
6.1. Tipo de investigación.	17
6.2. Enfoque y alcance de la investigación.	18
6.3. Diseño de la investigación.	19
6.4. Población, muestra y muestreo.	20
6.5. Técnicas.	21
6.6. Resumen de las variables o unidades de análisis.	23
6.7. Procesamiento y análisis de la información.	24
7. Resultados y discusión	27
7.1. Resultados	27
7.2. Discusión	38
8. Beneficiarios directos e indirectos	43
9. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.	44
10. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)	45
11. Otras contribuciones del proyecto al desarrollo	46
12. Vinculación	47
13. Conclusiones	49
14. Recomendaciones	51
Referencias	53
Apéndice	58



Informe final de Proyecto de Investigación

Índice de tablas

Tabla 1. Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.	23
Tabla 2. Rango y valores promedio de la longitud total (cm) por especie y sexo en camarones peneidos capturados en el Pacífico de Guatemala.	29
Tabla 3. Parámetros de crecimiento y de relación talla-peso de las principales especies de camarón	32
Tabla 4. Valores de L50 y L95 para las principales especies de camarón en el Pacífico de Guatemala.	36
Tabla 5. Parámetros biológicos reportados para especies de la familia Penaeidae en el Pacífico Oriental	41
Tabla 6. Beneficiarios directos e indirectos de la investigación	43
Tabla 7. Actividades de difusión y divulgación	44

Índice de Imágenes

Figura 1. Variación mensual en la abundancia de las especies de camarones peneidos capturadas en faenas de pesca de arrastre en el Pacífico de Guatemala (marzo 2025 – enero 2026).	28
Figura 2. Distribución de tallas por especie y sexo en camarones peneidos del Pacífico de Guatemala	31
Figura 3. Relación talla peso de las principales especies de camarones en el Pacífico de Guatemala.	32
Figura 4. Frecuencia mensual de estadios de madurez en machos y hembras de las principales especies de camarones en el Pacífico de Guatemala. El periodo sombreado corresponde a la época de veda.	34
Figura 5. Porcentaje de hembras maduras e inmaduras por mes de muestreo de las principales especies de camarón. El área sombreada corresponde al periodo de veda.	35
Figura 6. Curvas de acumulación de madurez y estimación de L50 y L95 para las principales especies de camarón.	36



Informe final de Proyecto de Investigación

Resumen

La limitada disponibilidad de información biológica actualizada sobre los camarones peneidos del Pacífico de Guatemala restringe la formulación de medidas de manejo basadas en evidencia científica. El presente estudio tuvo como objetivo caracterizar la composición específica, estructura de tallas, estadios de madurez gonadal y talla media de madurez (L50) de las principales especies explotadas mediante pesca de arrastre. Se desarrolló una investigación descriptivo-analítica con enfoque cuantitativo, basada en el análisis de 1,676 individuos recolectados entre marzo de 2025 y enero de 2026 en coordinación con actores del sector pesquero.

La captura estuvo dominada por *Penaeus vannamei* (51.0 %) y *P. californiensis* (27.5 %). En todas las especies del género *Penaeus*, las hembras alcanzaron mayores tallas promedio y máximas que los machos, registrándose longitudes máximas de 23.0 cm LT en *P. vannamei* y *P. stylirostris*, mientras que *P. brevirostris* presentó tallas entre 9.4 y 15.4 cm LT y *Xiphopenaeus riveti* las menores longitudes (3.5–8.0 cm). La estimación de L50 evidenció diferencias interespecíficas claras: 14.75 cm LT en *P. stylirostris*, 13.84 cm LT en *P. vannamei*, 11.01 cm LT en *P. brevirostris* y 7.04 cm LT en *P. californiensis*. Se observó un incremento de hembras en estadios avanzados entre septiembre y noviembre, sugiriendo un pico reproductivo en el segundo semestre. Los resultados proporcionan una base científica actualizada para fortalecer la ordenación y sostenibilidad del recurso camarón en el Pacífico guatemalteco.

Palabras clave

1. Camarones peneidos	2. Talla media de madurez (L50)	3. Madurez gonadal	4. Pesca de arrastre	5. Pacífico de Guatemala
-----------------------	---------------------------------	--------------------	----------------------	--------------------------



Informe final de Proyecto de Investigación

Abstract

The limited availability of updated biological information on penaeid shrimps from the Pacific coast of Guatemala restricts the formulation of science-based management measures. The objective of this study was to characterize species composition, size structure, gonadal maturity stages, and size at first maturity (L50) of the main species exploited by the trawl fishery. A descriptive–analytical quantitative approach was applied, based on the analysis of 1,676 individuals collected between March 2025 and January 2026 in coordination with stakeholders from the fishing sector.

The catch was dominated by *Penaeus vannamei* (51.0%) and *P. californiensis* (27.5%). In all species of the genus *Penaeus*, females reached greater mean and maximum lengths than males, with maximum total lengths of 23.0 cm recorded for *P. vannamei* and *P. stylirostris*, whereas *P. brevirostris* ranged between 9.4 and 15.4 cm TL and *Xiphopenaeus riveti* exhibited the smallest sizes (3.5–8.0 cm). The estimated L50 values showed clear interspecific differences: 14.75 cm TL for *P. stylirostris*, 13.84 cm TL for *P. vannamei*, 11.01 cm TL for *P. brevirostris*, and 7.04 cm TL for *P. californiensis*. An increase in females at advanced maturity stages was observed between September and November, suggesting a reproductive peak during the second semester of the year. These findings provide an updated scientific basis to strengthen management and sustainability of the shrimp resource in the Guatemalan Pacific.

Keywords

Penaeidae, Length at 50% maturity (L50), Gonadal development, Trawl fishery, Pacific coast of Guatemala



Informe final de Proyecto de Investigación

1. Introducción

Las capturas comerciales de camarón a nivel mundial están dominadas por alrededor de 100 especies, agrupadas en cinco familias: Penaeidae, Sicyoniidae, Solenoceridae, Pandalidae y Caridea (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1987). En el Pacífico Oriental, la familia Penaeidae se distribuye desde el norte del Golfo de California hasta Tumbes, Perú, y tiene una alta importancia económica, ya que en esta región se desarrolla una explotación pesquera tanto industrial como artesanal (FAO, 1987; Ramos-Cruz, 2011). Actualmente, países como México, Nicaragua, El Salvador, Ecuador, Perú y Colombia mantienen pesquerías dirigidas a especies de esta familia, entre las que destacan el camarón azul *Penaeus stylirostris* (Stimpson, 1871), el camarón blanco *Penaeus vannamei* (Boone, 1931), el camarón café *Farfantepenaeus californiensis* (Holmes, 1900) y el chacalín *Xiphopenaeus riveti* (Bouvier, 1907), las cuales sostienen una parte importante de la producción regional (FAO, 1987; Ramos-Cruz, 2009, 2011, 2012; Gutiérrez & Eslaquit, 2009; Gassman & López, 2016; Tito et al., 2024).

La pesca comercial de camarón en Guatemala se inició alrededor de la década de 1960, cuando se otorgó la primera licencia para la captura de este recurso en el Océano Pacífico. La alta abundancia de camarón y la creciente demanda del mercado impulsaron el rápido desarrollo de esta actividad en el país (Arévalo, 2006). Para 1981, las capturas alcanzaron aproximadamente 2,806 t de colas, superando el rendimiento máximo sostenible estimado para el recurso (Matthes, 1986). Como consecuencia de esta sobreexplotación, a partir de 1995 la pesquería de camarón comenzó a mostrar una tendencia decreciente, reflejada en bajos rendimientos tanto en la pesca industrial como en la artesanal.

Durante su período de mayor expansión, la industria camaronera llegó a contar con más de 60 embarcaciones autorizadas para la pesca a gran escala, así como con un aproximado de 1,500 embarcaciones artesanales operando en esteros y zonas marinas costeras (FAO, 2018; Matthes, 1986). Sin embargo, para el año 2022 la flota se había reducido considerablemente, registrándose únicamente una embarcación dedicada a la pesca a gran escala y 25 embarcaciones de mediana escala. Actualmente, los estudios indican que los desembarques



Informe final de Proyecto de Investigación

de camarón en el litoral Pacífico de Guatemala están compuestos por siete especies, entre las que se incluyen *Penaeus vannamei*, *Xiphopenaeus riveti*, *Penaeus californiensis*, *Penaeus stylirostris*, *Penaeus brevirostris* y *Penaeus occidentalis* (FAO, 2018).

Aunque la pesca comercial y artesanal de camarones costeros en el litoral Pacífico de Guatemala se encuentra regulada por el Decreto 80-2002 y el Acuerdo Gubernativo 223-2005, los cuales establecen que las especies objetivo deben pertenecer a la familia Penaeidae y que la actividad pesquera debe desarrollarse en la plataforma continental hasta una profundidad máxima de 150 m, la pesquería continúa mostrando signos de colapso. Asimismo, el Acuerdo Gubernativo 223-2005, en su Artículo 16, define las artes de pesca autorizadas según la escala de operación, permitiendo el uso de red agallera para la pesca artesanal y de pequeña escala, y red de arrastre de fondo para la pesca de mediana y gran escala. No obstante, a pesar del marco regulatorio existente, la presión sobre el recurso se ha mantenido elevada, y actualmente la demanda del mercado y las exportaciones están lideradas principalmente por camarón *Penaeus vannamei* proveniente de la acuicultura (FAO, 2018).

Como se mencionó anteriormente, desde mediados de la década de 1990 se ha registrado una disminución sostenida en las capturas de camarón, alcanzando niveles particularmente bajos en los últimos años. Esta situación ha derivado en una fuerte reducción de la flota industrial, al punto que aproximadamente el 80 % de las embarcaciones ha solicitado la suspensión de operaciones debido a la falta de rentabilidad de la pesquería (FAO, 2018). La disminución de las poblaciones de camarón responde a múltiples factores, entre los que destaca el régimen de libre acceso, caracterizado por la ausencia de limitaciones efectivas para el ingreso de nuevos participantes a la pesquería, lo que genera una alta competencia por el recurso entre los sectores artesanal y de gran escala (Gillett, 2010).

Este conflicto se ve acentuado por el hecho de que la pesca artesanal se realiza, en gran medida, en esteros y zonas costeras someras, donde se capturan principalmente estadios juveniles de camarón, reduciendo la probabilidad de que las poblaciones alcancen la madurez sexual y contribuyan al reclutamiento en mar abierto (Gracia, 1995). Sin embargo, más allá



Informe final de Proyecto de Investigación

de los aspectos operativos de la pesquería, uno de los principales problemas asociados a la disminución de las poblaciones de camarón es la limitada generación de información científica que permita sustentar adecuadamente las medidas de manejo. La ausencia de estudios biológicos y poblacionales dificulta el establecimiento de criterios de aprovechamiento sostenible y la implementación de una ordenación pesquera eficaz y equitativa para los distintos sectores usuarios del recurso (Gillett, 2010).

En Guatemala, la generación de información científica relacionada con el camarón se ha concentrado principalmente en el desarrollo de técnicas de captura y, en años recientes, en la promoción y expansión de la acuicultura como alternativa productiva (FAO, 2018; Vidal, 1971). Son escasos los estudios orientados a la comprensión de los aspectos biológicos y poblacionales de las especies explotadas, particularmente aquellos relacionados con su dinámica reproductiva (Salaverría, 1987; Franco et al., 2016). En este contexto, el presente estudio tiene como objetivo determinar la época reproductiva de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el litoral Pacífico de Guatemala, mediante la evaluación de la estructura de tallas, la estimación de los estadios de madurez gonadal y la determinación de la talla media de madurez. La información generada permitirá aportar criterios técnicos que puedan ser utilizados por los tomadores de decisión para fortalecer las estrategias de conservación y promover un aprovechamiento sostenible del recurso camarón, basado en los aspectos biológicos de las especies.

2. Contexto de la investigación

El presente estudio se desarrolló a lo largo de 12 meses, desde febrero de 2025 hasta enero de 2026, y se enfocó en la recolección de datos y muestras en la aldea de Buena Vista, ubicada en el municipio de Iztapa, departamento de Escuintla (Apéndice 1). La selección de esta localidad respondió a que en dicha comunidad se realizan los desembarques de camarón provenientes de la pesca de arrastre, particularmente de dos especies de alta importancia comercial: *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti*.

Iztapa es un municipio del departamento de Escuintla, situado a una altitud aproximada de 2.10 m s. n. m., con coordenadas geográficas 13°45'55" de latitud norte y 90°42'58" de



Informe final de Proyecto de Investigación

longitud oeste. Cuenta con una extensión territorial de 328 km² y una población estimada de 20,984 habitantes, de los cuales el 99 % se identifica como mestizo y el 1 % como indígena (Concejo Municipal de Iztapa, 2019; Instituto Nacional de Estadística [INE], 2020). Estas características demográficas y culturales permiten comprender el contexto social y económico en el que se desarrolla la actividad pesquera evaluada en este estudio.

La aldea de Buena Vista, localizada al oeste del municipio y perteneciente a la microregión III, se encuentra a orillas del océano Pacífico y paralela al canal de Chiquimulilla, lo que le confiere una ubicación estratégica para el desarrollo de actividades pesqueras. En esta localidad se realizaron los desembarques de *P. vannamei* y *X. riveti*, lo que permitió el acceso directo a las capturas provenientes de la pesca de arrastre y facilitó el análisis de la dinámica pesquera y la distribución de ambas especies.

Desde el punto de vista climático, la región presenta un clima cálido, con temperaturas medias que oscilan entre 27 y 29 °C, influenciado por las suaves pendientes que descienden hacia el litoral. La zona forma parte de la región de bosque húmedo subtropical, con precipitaciones anuales entre 1,300 y 1,400 mm y una humedad relativa cercana al 75 % (Concejo Municipal de Iztapa, 2019; Del Cid, 2013). Los suelos, predominantemente franco-arenosos, favorecen el desarrollo de diversas actividades económicas, entre las que destacan la pesca, el comercio, el turismo, la industria y la pesca deportiva.

La plataforma continental, de acuerdo con la definición establecida en la Política para el Manejo Integral de las Zonas Marinas y Costeras de Guatemala, corresponde al “lecho del mar y el subsuelo de las zonas submarinas adyacentes a las costas, pero situadas fuera de la zona de mar territorial, hasta una profundidad de 200 metros o más allá de este límite, hasta donde las profundidades de las aguas suprayacentes permitan la explotación de los recursos naturales de dicha zona” (Acuerdo Gubernativo 328-2009). Esta definición permitió enmarcar el origen de los camarones desembarcados en Buena Vista, los cuales provienen de la pesca de arrastre realizada en aguas profundas del Pacífico guatemalteco, y comprender la dinámica de explotación del recurso en la plataforma continental.



Informe final de Proyecto de Investigación

Durante el período comprendido entre noviembre de 2025 y enero de 2026, el proceso de muestreo contó con el apoyo de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), particularmente en la recolección de muestras biológicas provenientes de los desembarques. Esta colaboración permitió fortalecer la representatividad de la información recopilada y asegurar la continuidad del muestreo durante la fase final del estudio.

En conjunto, el análisis del entorno geográfico, climático y socioeconómico del municipio de Iztapa proporcionó una base adecuada para la interpretación de los resultados, permitiendo evaluar cómo estos factores se relacionan con la dinámica de la pesca de arrastre y la explotación de *Litopenaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el litoral Pacífico de Guatemala.

3. Revisión de literatura

La presente investigación se sustenta en un conjunto de conceptos biológicos, marcos normativos, enfoques metodológicos y antecedentes científicos relacionados con la pesca de camarón peneido y su biología reproductiva en el Pacífico guatemalteco. Desde una perspectiva teórica, el estudio se apoya en los principios de la biología pesquera y la ecología reproductiva, los cuales permiten comprender la dinámica poblacional de especies explotadas comercialmente y su relación con los ciclos reproductivos, el ambiente y el esfuerzo pesquero (FAO, 1987; Gamboa, 2011).

En el ámbito normativo, la investigación se fundamenta en la Ley General de Pesca y Acuicultura de Guatemala (Decreto 80-2002), que define la pesca como la acción de capturar recursos hidrobiológicos mediante métodos autorizados y establece que las especies objetivo de la pesca comercial de camarón en el Océano Pacífico pertenecen a la familia Penaeidae (Congreso de la República de Guatemala, 2002). Asimismo, se incorpora el marco conceptual de la Política para el Manejo Integral de las Zonas Marinas y Costeras de Guatemala, la cual define la plataforma continental como el lecho y subsuelo marino adyacente a la costa hasta profundidades que permiten la explotación de los recursos naturales (Acuerdo Gubernativo

Informe final de Proyecto de Investigación

328-2009), aspecto clave para comprender el origen espacial de las capturas provenientes de la pesca de arrastre.

3.1. Características generales de los camarones peneidos

Los camarones peneidos pertenecen a la clase Malacostraca y se caracterizan por presentar un plan corporal compuesto por cefalotórax, abdomen y telson, segmentados en seis, ocho y seis somitas, respectivamente (Rabet, 2021). Presentan cuerpos alargados y lateralmente comprimidos, con una amplia variabilidad de tamaño entre especies. El rostro es una estructura bien desarrollada que presenta dientes dorsales y, en algunos casos, dientes ventrales, constituyendo un carácter morfológico clave para la identificación taxonómica del grupo (Fischer et al., 1995).

La familia Penaeidae comprende aproximadamente 33 géneros y 229 especies, distribuidas principalmente en regiones intertropicales y subtropicales, asociadas a fondos fangosos o franco-arenosos (FAO, 1987; Figueredo et al., 2023). Estas especies presentan un ciclo de vida caracterizado por una migración ontogénica, donde la reproducción ocurre en aguas marinas más profundas; posteriormente, las larvas y postlarvas se desplazan hacia áreas estuarinas y costeras, mientras que los juveniles y adultos retornan progresivamente al mar abierto, lo cual las hace particularmente vulnerables a la presión pesquera en distintas fases de su ciclo de vida (Gamboa, 2011).

3.2. Biología reproductiva y maduración gonadal en camarones peneidos

Desde el punto de vista reproductivo, los camarones peneidos presentan un marcado dimorfismo sexual. En los machos, el sistema reproductor está constituido por dos testículos, dos vasos deferentes y dos ámpulas terminales, donde se forman y almacenan los espermatozoides (Peralta et al., 2013). Externamente, los machos presentan modificaciones en las coxas del quinto par de pereópodos y en los endopoditos del primer par de pleópodos, los cuales forman el petasma, estructura especializada que permite la transferencia y fijación del espermatozoides durante el apareamiento (Gamboa, 2011).

En las hembras, el aparato reproductor está conformado por un par de ovarios parcialmente fusionados, con lóbulos anteriores, laterales y posteriores, conectados a un oviducto (Garza,



Informe final de Proyecto de Investigación

2011). Además, presentan una estructura externa denominada télico, localizada entre el tercer, cuarto y quinto par de pereopodos, la cual funciona como receptáculo del espermátforo y constituye el principal carácter para la diferenciación sexual en el grupo (Franco et al., 2016).

La maduración gonadal en camarones peneidos se evalúa mediante criterios morfológicos y gonadales. En los machos, la madurez sexual se alcanza cuando el petasma se encuentra completamente unido, condición que ocurre generalmente cuando el cefalotórax alcanza longitudes aproximadas entre 2.1 y 3.7 cm, dependiendo de la especie (Franco et al., 2016). En las hembras, la madurez se determina principalmente a partir del desarrollo, coloración y extensión de los ovarios, utilizándose escalas macroscópicas de maduración gonadal (Apéndice 2) que permiten identificar los estadios reproductivos, estimar la época reproductiva y calcular la talla media de madurez (L50), parámetros fundamentales para la ordenación y el manejo pesquero (Ramos-Cruz, 2009; Franco et al., 2016).

3.3. Importancia pesquera y antecedentes reproductivos en el Pacífico oriental

En el Pacífico oriental, las pesquerías de camarón peneido constituyen uno de los principales componentes de la actividad pesquera costera, tanto a nivel industrial como artesanal, debido a su alta demanda en los mercados nacionales e internacionales. En el litoral pacífico mexicano, la pesquería de camarón está integrada principalmente por tres especies: el camarón azul *Penaeus stylirostris* (Stimpson, 1871), el camarón blanco *P. vannamei* (Boone, 1931) y el camarón café *P. californiensis* (Holmes, 1900) (Instituto Nacional de Pesca [INAPESCA], 2016). Para el año 2022, las capturas de camarón en México alcanzaron aproximadamente 58,895 toneladas, siendo *P. vannamei* la especie con mayor contribución a los desembarques totales, lo que refleja su elevada importancia pesquera en la región (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, 2022; Ramos-Cruz, 2011).

Debido a su relevancia económica, *P. vannamei* ha concentrado la mayor parte de la investigación científica desde el punto de vista biológico y pesquero, con estudios enfocados en la dinámica poblacional, la reproducción y los criterios de manejo. En contraste, especies como el chacalín *X. riveti* han recibido menor atención científica, particularmente en lo



Informe final de Proyecto de Investigación

relativo a su biología reproductiva, a pesar de su importancia en las capturas artesanales y su contribución a los desembarques regionales (Ramos-Cruz, 2011). Esta asimetría en la generación de información científica ha condicionado el diseño de medidas de manejo enfocadas principalmente en *P. vannamei*.

Diversos estudios realizados en el Golfo de Tehuantepec, México, han documentado la dinámica reproductiva de *P. vannamei* a partir de muestreos provenientes de la pesca extractiva. Ramos-Cruz (2009) reportó que las hembras representaron el 60.6 % de las capturas, mientras que los machos constituyeron el 39.4 %, registrándose en el mes de junio el mayor porcentaje de hembras con ovarios maduros (estadio III), así como una proporción significativa de hembras desovadas (34.5 %). Asimismo, se observó una elevada proporción de machos sexualmente maduros durante este periodo. Posteriormente, durante cruceros de prospección pesquera realizados en el periodo de veda (junio–agosto), se estimó una talla media de primera madurez (L50) de 192 mm en hembras y 170.1 mm en machos, identificándose en agosto los mayores porcentajes de organismos con gónadas maduras (Ramos-Cruz, 2009; 2012).

En el ámbito sudamericano, se han desarrollado investigaciones orientadas a la identificación de la época reproductiva y la maduración gonadal de camarones peneidos en poblaciones silvestres. En Perú, se establecieron seis fases de maduración gonadal para *P. vannamei*, mediante escalas macroscópicas y microscópicas, lo que permitió diferenciar organismos juveniles, adultos, desovados y en recuperación, así como delimitar los periodos reproductivos de la especie (Tito et al., 2024). De manera similar, en Venezuela se realizaron estudios reproductivos para otras especies de peneidos, estimándose para *P. schmitti* una talla media de madurez (L50) de 13 cm en machos y 13.5 cm en hembras, con actividad reproductiva durante todo el año y una proporción sexual de 1:1.48 (Gassman & López, 2016).

Para Centroamérica, Nicaragua constituye uno de los pocos países donde se han desarrollado estudios reproductivos en poblaciones silvestres de camarón peneido. Gutiérrez y Eslaquit (2009) reportaron para *X. riveti* una proporción sexual de 1:3.8, tallas máximas de 122.7 mm

Informe final de Proyecto de Investigación

en hembras y 109.6 mm en machos, y una talla promedio de 120 mm, observándose que el 75 % de las hembras evaluadas presentaban gónadas maduras y el 24 % se encontraban desovadas. Para *P. vannamei*, los mismos autores estimaron una proporción sexual de 1:2.5, con una talla promedio de 157.5 mm, registrándose que el 74.2 % de las hembras se encontraban inmaduras, el 13 % maduras y el 12.8 % desovadas.

En conjunto, los estudios desarrollados en el Pacífico oriental evidencian que el análisis de la estructura de tallas, la evaluación de los estadios de madurez gonadal y la estimación de la talla media de madurez constituyen herramientas fundamentales para comprender la dinámica reproductiva de los camarones peneidos en pesquerías extractivas. No obstante, también ponen de manifiesto que la mayor parte de la información disponible se concentra en *P. vannamei*, mientras que especies como *X. riveti* continúan siendo escasamente estudiadas, particularmente en relación con su reproducción en condiciones naturales. Esta brecha de información refuerza la necesidad de generar estudios específicos en regiones donde ambas especies sostienen pesquerías activas, como el litoral Pacífico de Guatemala.

3.4. Antecedentes en Guatemala y vacío de información

En Guatemala, los estudios relacionados con el recurso camarón se han desarrollado de manera discontinua y con un enfoque predominantemente orientado a la pesquería, más que a los aspectos biológicos y reproductivos de las especies explotadas. Los primeros antecedentes datan del siglo XVIII, cuando Vidal (1791) realizó descripciones iniciales del recurso camarón con el objetivo de identificar técnicas de captura; en ese mismo período se efectuó una primera apreciación del recurso en el Pacífico guatemalteco mediante la aplicación del modelo de Schaefer, con el fin de estimar su potencial productivo (Keiser, 1971). Posteriormente, se llevó a cabo el primer diagnóstico formal de la pesquería de camarón en el litoral Pacífico, en el cual se concluyó que el recurso se encontraba altamente sobreexplotado (Matthes, 1986).

Desde una perspectiva poblacional, Salaverría (1987) desarrolló uno de los pocos estudios enfocados en *Penaeus vannamei*, **estimando parámetros de crecimiento y**



Informe final de Proyecto de Investigación

mortalidad que evidenciaron una elevada presión pesquera sobre la especie. En dicho estudio se determinó una longitud asintótica (L_{∞}) de 222 mm, un parámetro de crecimiento (k) de 0.14, un valor de t_0 de 0.7 meses, así como una tasa de mortalidad total (Z) de 0.4 mes^{-1} , una mortalidad natural (M) de 0.27 mes^{-1} y una mortalidad por pesca (F) de 0.2 mes^{-1} . Estos resultados confirmaron la vulnerabilidad del recurso frente al esfuerzo pesquero ejercido en el litoral Pacífico.

Más recientemente, el Diagnóstico del sector de la pesca y acuicultura señaló que los desembarques de camarón en el litoral Pacífico de Guatemala están dominados por las capturas artesanales e industriales de *P. vannamei* y *X. riveti*; sin embargo, también evidenció una disminución sostenida de los volúmenes de captura, lo que ha impactado negativamente en la rentabilidad del sector pesquero (FAO, 2018). A pesar de reconocer la importancia económica de estas especies, dicho diagnóstico resalta la limitada disponibilidad de información biológica que respalde medidas de manejo basadas en criterios científicos.

En contraste, para el litoral Atlántico de Guatemala se dispone de un estudio enfocado en la biología reproductiva, en el cual se determinó la época reproductiva y la talla media de madurez (L_{50}) de *P. notialis* y *P. schmittii*. En este trabajo se estableció que *P. notialis* presenta tallas promedio de 106 mm en hembras y 90 mm en machos, con una L_{50} de 122 mm, registrándose los mayores porcentajes de hembras sexualmente maduras entre enero y junio. Para *P. schmittii* se estimaron tallas promedio de 133 mm en hembras y 130 mm en machos, con una L_{50} de 143 mm, identificándose un mayor periodo reproductivo entre julio y octubre (Franco et al., 2016).

A pesar de estos antecedentes, no se dispone de información reciente ni actualizada sobre aspectos reproductivos fundamentales, como la época reproductiva, los estadios de madurez gonadal y la talla media de madurez, para especies de alta importancia pesquera como *P. vannamei* y *X. riveti* en el litoral Pacífico de Guatemala. Esta ausencia de información limita



Informe final de Proyecto de Investigación

la formulación de medidas de manejo basadas en criterios biológicos y evidencia un vacío científico que el presente estudio busca atender, contribuyendo a fortalecer la base técnica para la ordenación sostenible del recurso camarón en el país.

4. Planteamiento del problema

La pesquería de camarón ha constituido históricamente una de las actividades extractivas de mayor importancia económica y social a nivel mundial, especialmente en regiones tropicales donde representa una fuente significativa de empleo e ingresos para comunidades costeras que dependen directamente de este recurso (Gillett, 2010; Cruz-González et al., 2007). El incremento sostenido de la demanda internacional ha promovido el aumento del esfuerzo pesquero, generando una presión constante sobre las poblaciones naturales de camarón y afectando su dinámica poblacional (Tabash, 2016).

En el Pacífico oriental, diversos estudios han documentado disminuciones en los rendimientos de captura, cambios en la estructura de tallas y señales de sobreexplotación en especies de la familia Penaeidae (Ramos-Cruz, 2009). Estas condiciones no se han explicado únicamente por el incremento del esfuerzo extractivo, sino también por la combinación de factores institucionales y técnicos, tales como regímenes de acceso abierto, limitada incorporación de criterios biológicos en la gestión pesquera y escasa generación de información científica aplicada al manejo del recurso (Ruperti et al., 2002; Gillett, 2010).

En Guatemala, el camarón representa uno de los recursos pesqueros de mayor importancia económica en el litoral Pacífico, tanto para la pesca industrial como artesanal. Sin embargo, los desembarques han mostrado una disminución sostenida en los últimos años (FAO, 2018). Estudios históricos ya advertían sobre condiciones de sobreexplotación del recurso (Matthes, 1986), lo que evidencia que la presión pesquera sobre estas poblaciones ha sido un fenómeno persistente.

Desde una perspectiva biológica, la captura de individuos inmaduros constituye uno de los principales factores que comprometen la sostenibilidad de las poblaciones explotadas, ya que reduce el potencial reproductivo y limita el reclutamiento natural (Aragón-Noriega, 2015; FAO, 1987). La extracción de camarones antes de alcanzar la talla de primera madurez altera



Informe final de Proyecto de Investigación

la estructura poblacional y disminuye la fracción reproductiva del stock (Ramos-Cruz, 2009). En consecuencia, la implementación de medidas de ordenación, como el establecimiento de tallas mínimas de captura o periodos de veda, depende del conocimiento preciso sobre la época reproductiva y la talla de primera madurez de las especies objetivo, parámetros que constituyen criterios biológicos fundamentales para la regulación del esfuerzo pesquero (FAO, 1995; Aragón-Noriega, 2015).

En el Pacífico guatemalteco, históricamente no existían vedas para especies marinas (Monterroso, 2023). Posteriormente, mediante el Acuerdo Ministerial 29-2025, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación declaró una veda temporal para la captura de camarón costero en el litoral del Océano Pacífico. Si bien esta medida representó un avance en la gestión del recurso, la literatura especializada señala que la efectividad de las vedas depende de su correspondencia con los periodos reproductivos reales de las especies explotadas (Ramos-Cruz, 2012; FAO, 1995). En ausencia de información biológica actualizada, resulta complejo evaluar si la temporalidad establecida coincide con los picos reproductivos y si contribuye efectivamente a la protección del stock reproductor.

La revisión de literatura realizada previo al trabajo de campo evidenció que la mayoría de los estudios reproductivos sobre *Penaeus vannamei* se concentraban en el Pacífico mexicano y sudamericano (Ramos-Cruz, 2009; Tito et al., 2024), mientras que para Centroamérica la información disponible era limitada. En Guatemala, los antecedentes más recientes sobre aspectos reproductivos correspondían al litoral Atlántico (Franco et al., 2016), sin que existieran datos actualizados para el litoral Pacífico bajo las condiciones actuales de explotación.

La brecha de conocimiento identificada radicó en la ausencia de información científica sobre la estructura de tallas, estadios de madurez gonadal y la talla media de primera madurez (L50) de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el litoral Pacífico de Guatemala. Esta carencia limitaba la incorporación de criterios biológicos locales en la toma de decisiones relacionadas con la ordenación pesquera y la definición de medidas técnicas como tallas mínimas o periodos de veda (FAO, 1995; Gillett, 2010).



Informe final de Proyecto de Investigación

En este contexto, la investigación se orientó a responder las siguientes interrogantes: ¿Cuál fue la época reproductiva de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el Pacífico de Guatemala? ¿Cómo se distribuyeron los estadios de madurez gonadal durante el periodo de estudio? ¿Cuál fue la estructura de tallas de las capturas evaluadas? y ¿Cuál fue la talla media de primera madurez (L50) de ambas especies?

La información generada tiene como propósito aportar evidencia científica para fortalecer la gestión del recurso camarón en el litoral Pacífico guatemalteco. Los principales beneficiarios son el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, a través de la Dirección de Pesca y Acuicultura, así como el sector pesquero artesanal e industrial que depende de este recurso. Asimismo, la comunidad académica nacional se beneficia al contar con información actualizada que contribuye a reducir la brecha de conocimiento sobre la biología reproductiva de estas especies en el país.

5. Objetivos

Objetivo General

- Determinar la época de reproducción del camarón blanco *Penaeus vannamei* y chacalín *Xiphopenaeus riveti*, en la pesca de arrastre el Pacífico de Guatemala.

Objetivos específicos

- Evaluar la estructura de tallas de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* capturada por la pesca de arrastre del Pacífico de Guatemala.
- Establecer macroscópicamente los estadios de madurez gonadal de las poblaciones de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el Pacífico de Guatemala
- Determinar la talla media de madurez (L50) de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el Pacífico de Guatemala.

6. Método

6.1. Tipo de investigación.



Informe final de Proyecto de Investigación

De acuerdo con los criterios establecidos en el Manual de Frascati (OCDE, 2015), la presente investigación se clasificó como investigación aplicada, ya que generó conocimiento científico nuevo orientado hacia un propósito práctico específico.

El estudio produjo información actualizada sobre la dinámica reproductiva de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* en el litoral Pacífico de Guatemala, particularmente en lo referente a la estructura de tallas, la determinación macroscópica de los estadios de madurez gonadal y la estimación de la talla media de primera madurez (L50). Si bien estos resultados contribuyen al conocimiento biológico de ambas especies, su finalidad principal no fue únicamente ampliar el marco teórico existente, sino aportar evidencia técnica que pueda ser utilizada en la gestión y ordenación pesquera del recurso camarón.

La investigación aplicada se caracteriza por estar dirigida hacia un objetivo práctico determinado, orientando la generación de conocimiento hacia la resolución de problemas concretos. En este caso, la información obtenida puede servir de base para la definición o evaluación de medidas de manejo tales como periodos de veda, establecimiento de tallas mínimas de captura y regulación del esfuerzo pesquero, en concordancia con criterios biológicos locales.

Por lo tanto, aunque la investigación se sustentó en principios de biología pesquera y ecología reproductiva, su orientación estuvo enfocada en fortalecer técnicamente la toma de decisiones relacionadas con la sostenibilidad del recurso camarón en el Pacífico guatemalteco, lo que la ubica dentro de la categoría de investigación aplicada.

6.2. Enfoque y alcance de la investigación.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, ya que se fundamentó en la medición directa de variables biológicas obtenidas a partir de las capturas comerciales de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* provenientes de la pesca de arrastre en el litoral Pacífico de Guatemala.

Durante el trabajo de campo y laboratorio se registraron variables morfométricas como talla total, longitud del cefalotórax y peso, así como variables biológicas como sexo y estadio de



Informe final de Proyecto de Investigación

madurez gonadal. Aunque los estadios de madurez constituyen categorías biológicas, su análisis se realizó mediante procedimientos estadísticos que permitieron estimar frecuencias, proporciones y parámetros poblacionales, incluyendo la talla media de primera madurez (L50).

El tratamiento cuantitativo de la información permitió describir con precisión la estructura poblacional de las especies evaluadas y analizar la distribución temporal de la actividad reproductiva durante el periodo de estudio.

En cuanto al alcance, el estudio fue de tipo descriptivo-analítico. Fue descriptivo porque caracterizó la estructura de tallas de las capturas, la proporción sexual y la frecuencia de los estadios de madurez gonadal. Asimismo, tuvo un componente analítico al estimar parámetros biológicos clave como la talla media de primera madurez (L50) y examinar la variación temporal de los estadios reproductivos, con el fin de identificar posibles periodos de mayor actividad reproductiva.

La investigación no implicó manipulación experimental de las poblaciones ni intervención sobre el recurso, sino que se basó en el análisis biológico de organismos obtenidos en condiciones naturales de pesca comercial, por lo que corresponde a un estudio no experimental sustentado en observación directa y análisis poblacional.

6.3. Diseño de la investigación.

El diseño de la investigación fue no experimental, ya que no se manipuló ninguna variable ni se realizaron tratamientos sobre las poblaciones estudiadas. Los organismos analizados provinieron directamente de la actividad pesquera comercial de arrastre en el litoral Pacífico de Guatemala.

El estudio fue de tipo observacional y longitudinal, debido a que la información biológica se recolectó de manera sistemática durante once meses, comprendidos entre febrero de 2025 y enero de 2026, lo que permitió evaluar la variación temporal de la estructura de tallas y de los estadios de madurez gonadal de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti*.



Informe final de Proyecto de Investigación

La recolección de datos se realizó mediante muestreos mensuales en los desembarques efectuados en la aldea de Buena Vista, Iztapa. En cada jornada se seleccionaron ejemplares de las capturas comerciales y se registraron variables biológicas y morfométricas, tales como talla total, longitud del cefalotórax, peso, sexo y estadio de madurez gonadal, este último determinado macroscópicamente.

El diseño se basó en el análisis de organismos capturados en condiciones naturales de explotación, lo que permitió caracterizar la dinámica reproductiva de ambas especies en el contexto real de la pesquería.

6.4. Población, muestra y muestreo.

La población de estudio estuvo constituida por las capturas de camarón provenientes de la pesca de arrastre que opera sobre la plataforma continental del litoral Pacífico de Guatemala, específicamente aquellas desembarcadas en la aldea Buena Vista, municipio de Iztapa, departamento de Escuintla. Dentro de esta población, las especies objetivo del estudio fueron *Penaeus vannamei* (camarón blanco) y *Xiphopenaeus riveti* (chacalín), por su relevancia comercial en la región.

El muestreo se realizó de forma mensual durante el periodo comprendido entre febrero de 2025 y enero de 2026, mediante la revisión directa de los desembarques de las embarcaciones de arrastre. La selección de la muestra fue por conveniencia, considerando la disponibilidad de las capturas y el acceso a las embarcaciones al momento del desembarque. Este tipo de muestreo se justifica debido a que el estudio se basó en capturas comerciales y no implicó manipulación del esfuerzo pesquero ni de las condiciones de captura.

Como criterios de inclusión, se consideraron ejemplares completos y en condiciones adecuadas para la medición de las variables biológicas y la determinación macroscópica del estadio de madurez gonadal. Se excluyeron organismos con daño severo que impidiera su correcta identificación o medición.

Durante el periodo de estudio se analizaron un total de 1,676 ejemplares de camarones provenientes de la pesca de arrastre. De estos, 1,009 correspondieron a las especies objetivo.

Informe final de Proyecto de Investigación

Adicionalmente, se registraron otras especies presentes en las capturas, tales como *Penaeus californiensis*, *Penaeus brevirostris*, *Penaeus stylirostris*, *Penaeus occidentalis*, *Protrachypene precipua* y *Trachypenaeus byrdi*.

La unidad de muestreo estuvo representada por cada ejemplar analizado individualmente. El muestreo mensual permitió evaluar la variación temporal de la estructura de tallas y la distribución de los estadios gonadales de las especies objetivo en el área de estudio.

6.5. Técnicas.

La información se obtuvo mediante observación directa en desembarques pesqueros y análisis biológico en laboratorio, ya que el estudio se centró en evaluar parámetros reproductivos y poblacionales de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti*. No se aplicaron encuestas ni entrevistas, debido a que la investigación tuvo un enfoque estrictamente biológico.

- Recolección de muestras en campo

El muestreo se realizó mensualmente en los desembarques de camarón en la aldea Buena Vista, Iztapa, durante el periodo comprendido entre febrero de 2025 y enero de 2026. Los ejemplares fueron seleccionados directamente de las capturas provenientes de la pesca de arrastre en la plataforma continental del Pacífico guatemalteco.

Durante los meses de noviembre de 2025 a enero de 2026 se contó con el apoyo técnico y logístico de la Dirección de Pesca y Acuicultura del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) para la coordinación y recolección de muestras.

Las muestras fueron trasladadas para su análisis al Laboratorio de Ciencias Biológicas y Oceanográficas del Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA-USAC), donde se realizaron las mediciones y evaluaciones gonadales bajo condiciones controladas.

- Identificación taxonómica de las especies

La identificación de las especies se realizó utilizando caracteres morfológicos externos y claves taxonómicas especializadas. Como referencia principal se emplearon las fichas de

Informe final de Proyecto de Investigación

identificación de la FAO para camarones del Pacífico oriental (Fischer et al., 1995), considerando la forma y dentición del rostro, carinas, surcos, morfología de pereiópodos y patrón general de coloración.

- Mediciones biométricas

Para cada ejemplar se registró: longitud total (cm), oeso (g), sexo y estadio de madurez gonadal. La longitud total (cm) se midió desde el extremo anterior del rostro hasta el extremo distal del telson utilizando ictiómetros graduados y vernier digital. El peso total (g) se registró con una balanza digital Balance 700, previamente calibrada al inicio de cada jornada de trabajo. La determinación del sexo se realizó mediante observación de estructuras sexuales externas: petasma en machos y télico en hembras, siguiendo la descripción morfológica clásica para peneidos (Apéndice 3 y 4).

- Disección y evaluación macroscópica de gónadas

Para la determinación del estadio de madurez gonadal se realizó disección ventral utilizando equipo básico de disección (bisturí, tijeras finas y pinzas anatómicas), con el fin de exponer la gónada sin alterar su estructura. La observación se efectuó mediante inspección macroscópica directa y apoyo con estereoscopio binocular Optika, permitiendo evaluar tamaño, morfología y coloración ovárica.

La clasificación de los estadios gonadales se realizó utilizando la escala macroscópica descrita por Fenucci (1988), la cual divide el desarrollo ovárico en cinco estadios. Esta clasificación fue complementada con los criterios morfocromáticos propuestos por Ré (1996) y por Pérez y Páramo (2014), con el fin de fortalecer la precisión en la asignación de estadios (Apéndice 2).

- Organización y registro de la información

Los datos fueron registrados inicialmente en hojas de laboratorio estandarizadas y posteriormente digitalizados en una base de datos electrónica diseñada específicamente para

Informe final de Proyecto de Investigación

el proyecto. Cada registro incluyó el mes de análisis de la muestra en laboratorio, especie, longitud total (cm), peso (g), sexo y estadio de madurez gonadal.

6.6. Resumen de las variables o unidades de análisis.

Tabla 1. Objetivos, variable, instrumentos y unidad de medida o cualificación utilizada en la investigación.

Objetivo específico	Variable	Instrumentos	Unidad de medida
Evaluar la estructura de tallas de <i>Penaeus vannamei</i> y <i>Xiphopenaeus riveti</i> capturada por la pesca de arrastre del Pacífico de Guatemala.	Longitud total	Vernier digital e ictiómetro	Centímetros (cm)
	Peso total	Balanza electrónica digital	Gramos (g)
	Especie	Fichas taxonómicas FAO (Fischer et al., 1995)	Identificación taxonómica
	Sexo	Observación de estructuras sexuales externas (petasma y télico)	Macho / Hembra
Establecer macroscópicamente los estadios de madurez gonadal de las poblaciones de <i>P. vannamei</i> y <i>X. riveti</i> .	Estadio de madurez gonadal	Equipo de disección, estereoscopio, escala macroscópica de Fenuci (1988), criterios morfocromáticos de Ré (1996) y Pérez y Páramo (2014)	Estadio I, II, III, IV y V
Determinar la talla media de madurez (L50) de <i>P. vannamei</i> y <i>X. riveti</i> .	Proporción de individuos maduros por clase de talla	Base de datos digital y análisis estadístico en R	Proporción (%) de individuos inmaduros (I–II) y maduros (III–V) por intervalo de talla
	Talla media de primera madurez (L50)	Modelo logístico (R)	Centímetros (cm)

Informe final de Proyecto de Investigación

6.7. Procesamiento y análisis de la información.

La información biológica recolectada durante el período de estudio fue organizada, depurada y validada en hojas de cálculo utilizando el programa Microsoft Excel®. En esta etapa se realizó el control de calidad de los registros, verificación de consistencia, eliminación de datos atípicos evidentes y codificación de variables biológicas, incluyendo especie, sexo, estadio de madurez gonadal, longitud total (cm) y peso total (g). Asimismo, se aplicó estadística descriptiva mediante el cálculo de frecuencias, promedios, valores mínimos, máximos y rangos de talla, lo cual permitió caracterizar la estructura poblacional y la composición de las capturas por especie y período de muestreo.

Posteriormente, los análisis estadísticos fueron realizados en el entorno de programación R, a través de la interfaz RStudio®, el cual permitió analizar la estructura de tallas, la relación biométrica longitud-peso, los estados de madurez gonadal y estimar la talla media de madurez sexual (L50), así como evaluar diferencias en los períodos de madurez mediante análisis de varianza.

- Relaciones biométricas longitud-peso

La relación entre la longitud total (LT) y el peso total (PT) fue analizada mediante el modelo potencial:

$$PT = a(LT)^b$$

donde a corresponde al coeficiente de intercepto y b al exponente de crecimiento alométrico. Para estimar estos parámetros, los datos fueron transformados a escala logarítmica ($\log_{10}$), ajustándose una regresión lineal del tipo:

$$\log_{10}(PT) = \log_{10}(a) + b \cdot \log_{10}(LT)$$

Este procedimiento permitió obtener estimaciones robustas del coeficiente b y sus respectivos intervalos de confianza al 95%.

Informe final de Proyecto de Investigación

El patrón de crecimiento fue clasificado como isométrico cuando el intervalo de confianza del coeficiente b incluyó el valor teórico de 3, y como alométrico cuando dicho intervalo no lo incluyó.

El grado de ajuste del modelo fue evaluado mediante el coeficiente de determinación (R^2), y la significancia estadística de la relación fue determinada a partir del análisis de regresión ($p < 0.05$). Las diferencias interespecíficas en la relación talla–peso fueron evaluadas mediante análisis de covarianza (ANCOVA).

Adicionalmente, se estimó el factor de condición (K), como indicador del estado fisiológico de los individuos, utilizando la siguiente expresión:

$$K = \frac{PT}{LT^b}$$

donde PT corresponde al peso total, LT a la longitud total y b al coeficiente de crecimiento obtenido de la relación longitud-peso. Este factor permitió evaluar variaciones en la condición corporal entre individuos y grupos de talla.

- Análisis de la estructura de tallas

La estructura de tallas fue analizada agrupando los datos en intervalos de clase de 5 mm de longitud total, con el fin de describir la distribución de frecuencias y evaluar la composición de la población. Este análisis permitió identificar la presencia de diferentes grupos de talla, diferenciar individuos juveniles y adultos, y evaluar la variabilidad poblacional durante el período de estudio.

Asimismo, utilizando la información de biomasa y número de individuos obtenidos a partir de las muestras biológicas, se estimó la composición de la captura por intervalos de talla, permitiendo caracterizar la participación de las diferentes clases de longitud dentro de la captura comercial.

Informe final de Proyecto de Investigación

- Estimación de la talla media de madurez sexual (L50)

La talla media de madurez sexual (L50), definida como la longitud a la cual el 50% de los individuos alcanzan la madurez gonadal, fue estimada mediante el ajuste de un modelo logístico. Para este análisis, los individuos fueron clasificados como inmaduros (estadios I y II) y maduros (estadios III, IV y V), asignando valores binarios de 0 y 1, respectivamente.

El modelo logístico fue ajustado utilizando la siguiente función:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X)}}$$

donde:

- P corresponde a la probabilidad de que un individuo esté maduro
- X corresponde a la longitud total
- β_0 corresponde al intercepto
- β_1 corresponde a la pendiente del modelo

La talla media de madurez sexual (L50) fue estimada mediante la expresión:

$$L50 = -\frac{\beta_0}{\beta_1}$$

La estimación de la L50 constituye un indicador biológico fundamental para evaluar la dinámica reproductiva y el estado de explotación de la población.

- Análisis de varianza (ANOVA)

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con el propósito de evaluar diferencias significativas en la longitud total entre individuos maduros e inmaduros, así como entre períodos de muestreo. Este análisis permitió identificar patrones temporales en la madurez sexual y evaluar la dinámica reproductiva de las especies estudiadas.

El ANOVA fue aplicado considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$, lo cual permitió determinar la existencia de diferencias estadísticas entre los grupos analizados.

- Representación e interpretación de los resultados



Informe final de Proyecto de Investigación

Los resultados obtenidos fueron representados mediante tablas, histogramas de frecuencia de tallas, diagramas de dispersión y curvas logísticas de madurez, lo cual facilitó la interpretación de la estructura poblacional, el patrón de crecimiento y la dinámica reproductiva de las especies evaluadas.

7. Resultados y discusión

7.1. Resultados

El periodo de muestreo comprendió de marzo de 2025 a enero de 2026. No fue posible obtener muestras durante los meses de abril y mayo debido al establecimiento del periodo de veda para la pesca de camarón en el litoral Pacífico de Guatemala, conforme a lo dispuesto en el Acuerdo Ministerial No. 29-2025 del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), el cual reguló la veda espacio-temporal del 1 de mayo al 15 de junio de 2025 para camarones costeros de la familia Penaeidae.

Durante los meses efectivamente muestreados se registró un total de 1,676 individuos, correspondientes a ocho especies de camarones peneidos, capturados en faenas de pesca de arrastre en el Pacífico de Guatemala.

La composición específica estuvo claramente dominada por *Penaeus vannamei*, con 855 individuos (51.0%), constituyéndose como la especie de mayor prevalencia durante el periodo evaluado. Le siguió *Penaeus californiensis*, con 461 individuos (27.5%). En conjunto, ambas especies representaron el 78.5% del total de organismos registrados.

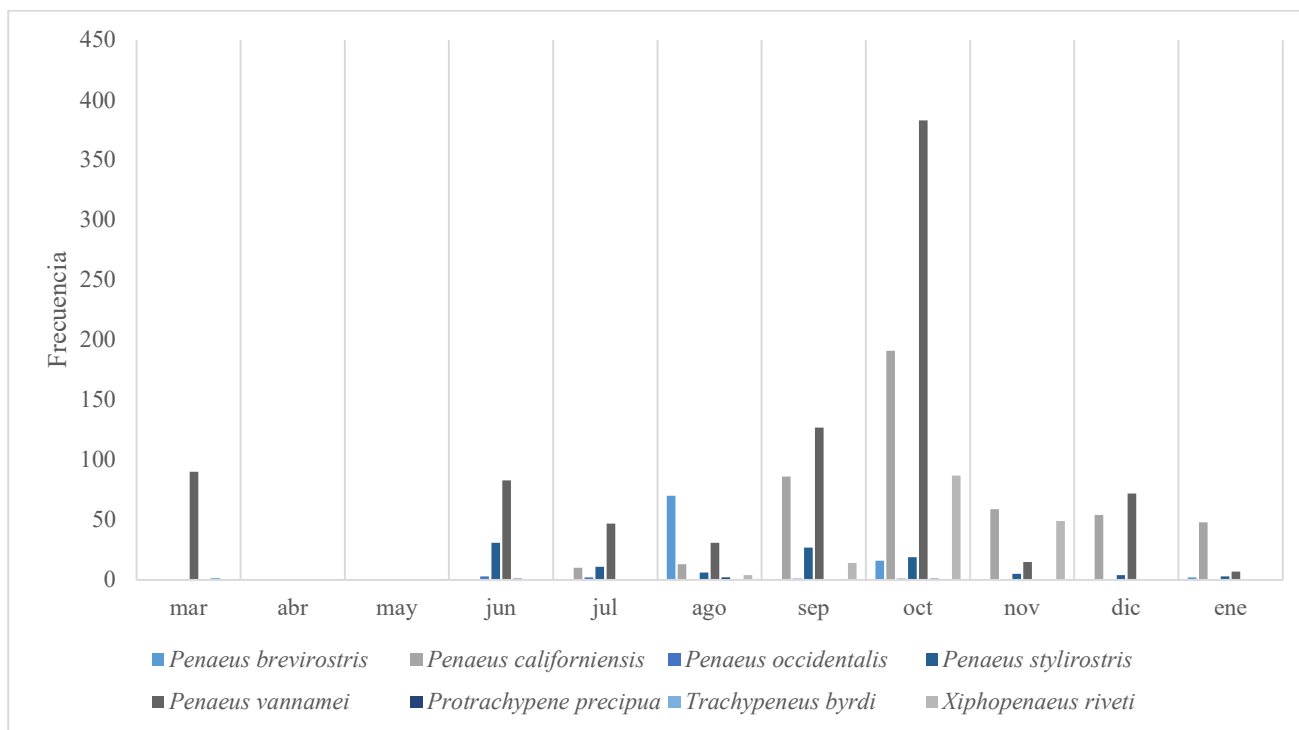
Otras especies registradas fueron *Xiphopenaeus riveti*, con 154 individuos (9.2%); *Penaeus stylirostris*, con 106 individuos (6.3%); y *Penaeus brevirostris*, con 88 individuos (5.3%).

Las especies con menor incidencia fueron *Penaeus occidentalis* (7 individuos; 0.4%), *Protrachipene precipua* (4 individuos; 0.2%) y *Trachypenaeus byrdi* (1 individuo; <0.1%). En conjunto, estas tres especies representaron menos del 1% de la muestra total.

Informe final de Proyecto de Investigación

La abundancia mensual evidenció un incremento progresivo a partir de septiembre, alcanzando el valor máximo en octubre, mes en el que se registró el mayor número de individuos para *Penaeus vannamei* y *Penaeus californiensis* (Figura 1). *P. vannamei* presentó un aumento sostenido entre septiembre y octubre, concentrando el mayor volumen de captura en ese periodo. De forma similar, *P. californiensis* mostró un incremento notable en octubre respecto a los meses previos. En contraste, julio presentó la menor abundancia total registrada durante el periodo de estudio.

Figura 1. Variación mensual en la abundancia de las especies de camarones peneidos capturadas en faenas de pesca de arrastre en el Pacífico de Guatemala (marzo 2025 – enero 2026).



Aunque *Xiphopenaeus riveti* representó el 9.2% de la captura total registrada durante el periodo de muestreo, su representatividad dentro de los análisis biológicos fue limitada. Los individuos de esta especie fueron desembarcados sin cabeza, práctica común en la cadena de comercialización, lo que impidió la obtención de medidas biométricas completas y restringió

Informe final de Proyecto de Investigación

la evaluación macroscópica integral de las gónadas. En consecuencia, *X. riveti* no pudo ser incorporada con el mismo nivel de detalle en los análisis de estructura de tallas y estadios de madurez gonadal, reduciendo su peso relativo dentro de la caracterización biológica desarrollada en el presente estudio.

- Estructura de tallas de las principales especies de camarones peneidos capturadas por la pesca de arrastre en el Pacífico de Guatemala

La estructura de tallas de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti*, especies objetivo del presente estudio, evidenció un amplio rango de longitudes dentro de la fracción explotada por la pesca de arrastre en el Pacífico de Guatemala (Tabla 1).

En *P. vannamei* se analizaron 854 individuos, constituyéndose como la especie con mayor tamaño de muestra. Las hembras (n = 562) presentaron un rango de 9.7 a 23.0 cm de longitud total (LT), con una talla media de 17.1 ± 2.0 cm LT. Los machos (n = 292) registraron tallas entre 10.5 y 19.5 cm LT, con una media de 15.3 ± 1.6 cm LT. Las hembras alcanzaron mayores tallas máximas y promedios en comparación con los machos.

Tabla 2. Rango y valores promedio de la longitud total (cm) por especie y sexo en camarones peneidos capturados en el Pacífico de Guatemala.

Especie	Sexo	n	LT min	LT max	LT media	LT sd
<i>Penaeus brevirostris</i>	hembra	22	9.4	15.4	12.1	1.3
	macho	66	8.5	14.0	11.0	1.1
<i>Penaeus californiensis</i>	hembra	229	9.4	23.0	15.8	2.7
	macho	232	7.5	21.7	14.6	1.9
<i>Penaeus stylirostris</i>	hembra	83	12.4	23.0	19.7	2.6
	macho	23	14.5	20.4	17.2	2.0
<i>Penaeus vannamei</i>	hembra	562	9.7	23.0	17.1	2.0
	macho	292	10.5	19.5	15.3	1.6
<i>Xiphopenaeus riveti</i>	hembra	147	3.5	8.0	5.7	0.8
	macho	7	4.3	13	6.4	3.0

n = número de individuos analizados; LT min = longitud total mínima registrada (cm); LT max = longitud total máxima registrada (cm); LT media = promedio de la longitud total (cm); LT sd = desviación estándar de la longitud total (cm).

Informe final de Proyecto de Investigación

En el caso de *Xiphopenaeus riveti*, se analizaron 154 individuos. Las hembras ($n = 147$) presentaron un rango de 3.5 a 8.0 cm, con una talla media de 5.7 ± 0.8 cm, mientras que los machos ($n = 7$) registraron tallas entre 4.3 y 13.0 cm, con una media de 6.4 ± 3.0 cm. En esta especie, las mediciones corresponden a longitud de cola (cm), conforme al protocolo de medición aplicado en la presente investigación. La proporción de machos fue considerablemente menor en comparación con las hembras dentro de la muestra evaluada.

Adicionalmente, se evaluó la estructura de tallas de otras especies con alta representatividad en la captura. *P. californiensis* presentó 461 individuos analizados. Las hembras ($n = 229$) registraron tallas entre 9.4 y 23.0 cm LT, con una media de 15.8 ± 2.7 cm LT, mientras que los machos ($n = 232$) presentaron un rango de 7.5 a 21.7 cm LT, con una media de 14.6 ± 1.9 cm LT. Las hembras alcanzaron mayores valores promedio y máximos respecto a los machos.

P. stylirostris presentó 106 individuos analizados. Las hembras ($n = 83$) mostraron un rango de 12.4 a 23.0 cm LT, con una talla media de 19.7 ± 2.6 cm LT, constituyéndose como la especie con mayor talla promedio entre las evaluadas. Los machos ($n = 23$) registraron tallas entre 14.5 y 20.4 cm LT, con una media de 17.2 ± 2.0 cm LT.

Por su parte, *P. brevirostris* presentó 88 individuos analizados. Las hembras ($n = 22$) registraron un rango de 9.4 a 15.4 cm LT, con una media de 12.1 ± 1.3 cm LT, mientras que los machos ($n = 66$) presentaron tallas entre 8.5 y 14.0 cm LT, con una media de 11.0 ± 1.1 cm LT, siendo la especie con menores tallas promedio dentro del género *Penaeus*.

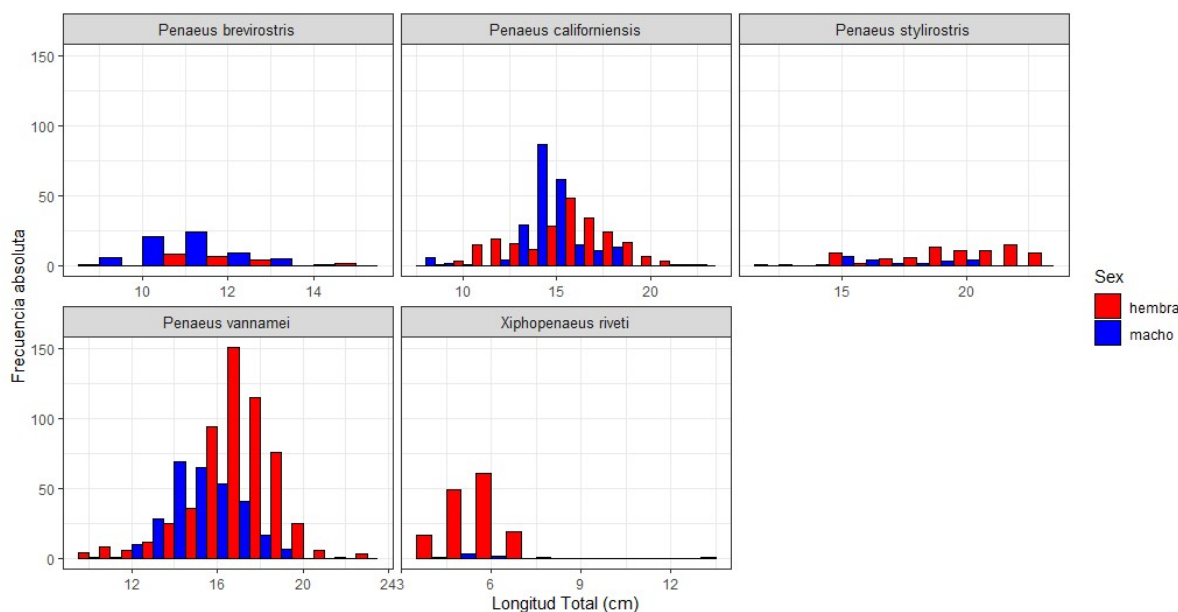
En todas las especies del género *Penaeus* se observó que las hembras alcanzaron mayores tallas promedio y máximas en comparación con los machos.

Estos patrones de talla se reflejan claramente en la distribución de frecuencias por clases, donde se observa la concentración de individuos en determinados rangos de longitud (Figura 2). En *P. vannamei*, se evidenció una mayor concentración de individuos entre 15 y 18 cm LT, con predominio de hembras en las clases superiores. En *P. californiensis*, la mayor frecuencia se registró entre 14 y 17 cm LT, mostrando igualmente una ligera tendencia de las hembras hacia clases de mayor talla. *P. stylirostris* presentó una distribución desplazada

Informe final de Proyecto de Investigación

hacia tallas mayores, con mayor representación entre 18 y 21 cm LT. Por su parte, *P. brevisrostris* mostró mayor concentración en clases de 10 a 12 cm LT, coherente con sus menores valores promedio dentro del género. En el caso de *Xiphopenaeus riveti*, la distribución evidenció mayor concentración de hembras entre 4 y 7 cm, con escasa representación de machos dentro de la muestra analizada.

Figura 2. Distribución de tallas por especie y sexo en camarones peneidos del Pacífico de Guatemala



● Relación talla-peso

La relación talla–peso fue significativa en todas las especies evaluadas ($p < 0.001$), evidenciando una asociación positiva entre el incremento en longitud total y el aumento en peso corporal. El modelo alométrico ajustado ($\log_{10} W$ vs $\log_{10} LT$) presentó coeficientes de determinación (R^2) moderados a altos en la mayoría de los casos, indicando un ajuste adecuado del modelo a los datos observados (Figura 3; Tabla 3). Los valores del exponente de crecimiento (b) oscilaron entre 0.893 y 3.099, reflejando diferencias en los patrones de crecimiento entre especies.

Informe final de Proyecto de Investigación

Figura 3. Relación talla peso de las principales especies de camarones en el Pacífico de Guatemala.

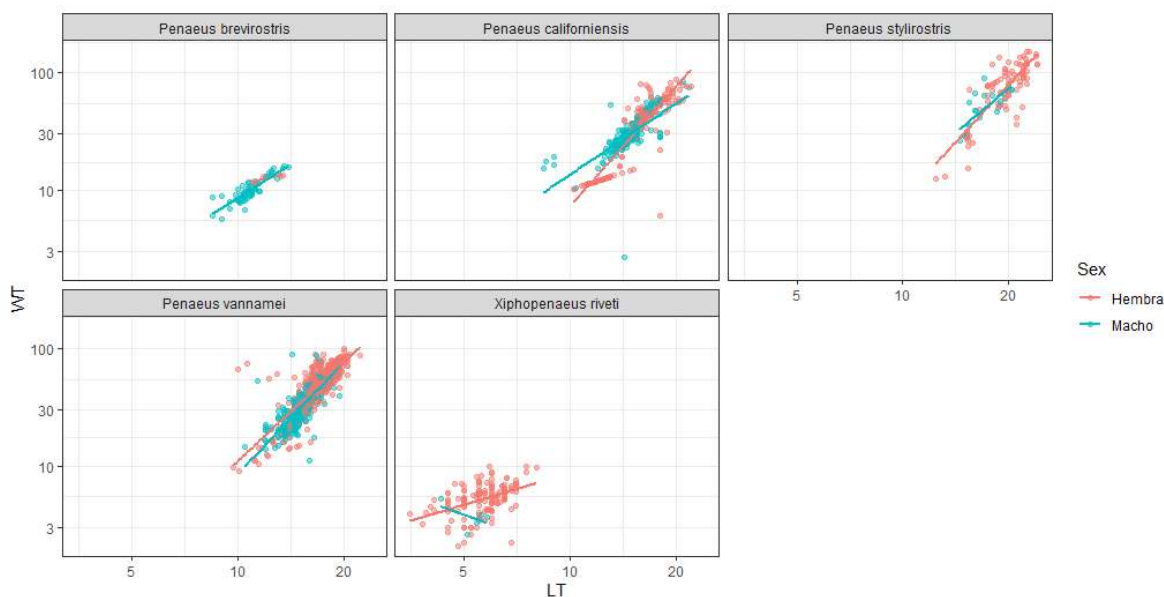


Tabla 3. Parámetros de crecimiento y de relación talla-peso de las principales especies de camarón

Especie	n	a	b	IC95% (b)	R ²	p
<i>Penaeus vannamei</i>	785	0.0082	3.057	2.919–3.196	0.706	<0.001
<i>Penaeus stylirostris</i>	104	0.0073	3.099	2.689–3.509	0.688	<0.001
<i>Penaeus californiensis</i>	430	0.0133	2.857	2.680–3.034	0.702	<0.001
<i>Penaeus brevirostris</i>	71	0.1163	1.868	1.620–2.117	0.765	<0.001
<i>Xiphopenaeus riveti</i>	145	1.0927	0.893	0.584–1.202	0.186	<0.001

Penaeus vannamei mostró un crecimiento isométrico ($b = 3.057$; IC95%: 2.919–3.196; $R^2 = 0.706$; $n = 785$), patrón similar al observado en *Penaeus stylirostris* ($b = 3.099$; IC95%: 2.689–3.509; $R^2 = 0.688$; $n = 104$) y *Penaeus californiensis* ($b = 2.857$; IC95%: 2.680–3.034;

Informe final de Proyecto de Investigación

$R^2 = 0.702$; $n = 430$), cuyos intervalos de confianza incluyeron el valor teórico de crecimiento isométrico ($b = 3$).

En contraste, *Penaeus brevirostris* presentó un crecimiento alométrico negativo ($b = 1.868$; IC95%: 1.620–2.117; $R^2 = 0.765$; $n = 71$), mientras que *Xiphopenaeus riveti* registró el valor más bajo del exponente ($b = 0.893$; IC95%: 0.584–1.202; $R^2 = 0.186$; $n = 145$), indicando que el incremento en talla fue proporcionalmente mayor que el aumento en peso en estas especies.

El análisis de covarianza (ANCOVA) evidenció diferencias significativas entre especies en la relación talla–peso ($F = 68.08$; $p < 0.001$), confirmando variación interespecífica en los parámetros de crecimiento.

- Madurez gonadal en las principales especies de camarón peneido del Pacífico de Guatemala

El análisis macroscópico de los estadios de madurez gonadal evidenció variaciones mensuales en la frecuencia de los estadios I–V en hembras y en la condición de madurez en machos (IM = inmaduro; M = maduro) de las principales especies de camarón peneido registradas durante el periodo de muestreo (Figura 4). No se presentan registros en abril y mayo debido al periodo de veda establecido para la pesquería.

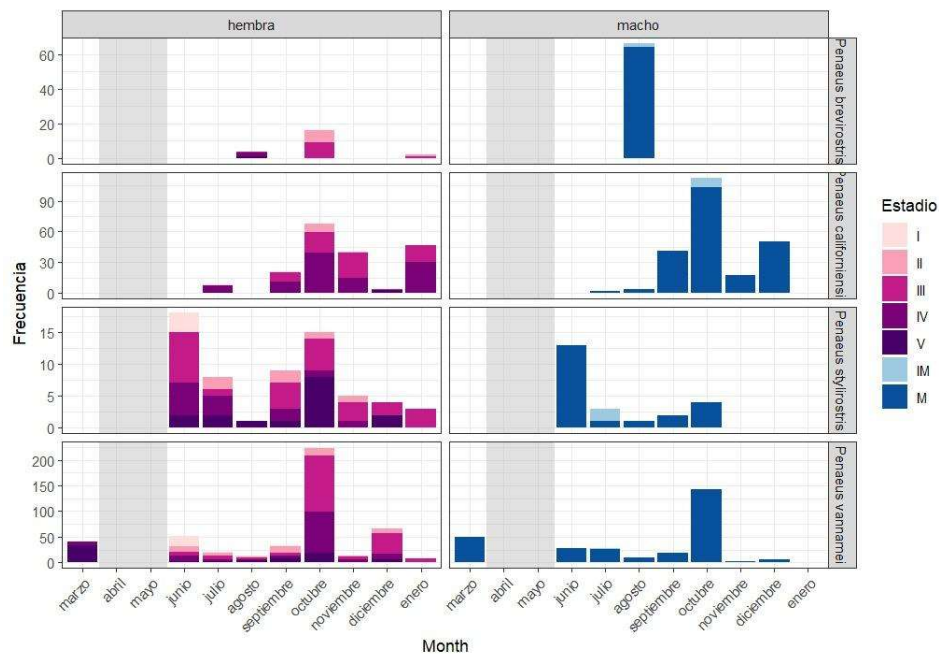
En hembras, los estadios avanzados (III, IV y V) mostraron un incremento progresivo a partir de agosto, alcanzando sus mayores frecuencias entre septiembre y noviembre. Este patrón fue particularmente evidente en *Penaeus vannamei*, donde el mayor número absoluto de hembras en estadios III y IV se registró en octubre, seguido por diciembre. En esta especie, el estadio III fue el más representativo en términos de frecuencia, seguido por el estadio IV, mientras que el estadio V presentó menor frecuencia relativa.

En *Penaeus californiensis*, los estadios III y IV estuvieron presentes durante la mayor parte del periodo evaluado, con mayor concentración en el segundo semestre del año. En *P. stylirostris*, aunque con menor tamaño de muestra, también se observó predominancia de

Informe final de Proyecto de Investigación

estadios intermedios y avanzados entre septiembre y noviembre. Por su parte, *P. brevirostris* presentó mayor frecuencia de estadios tempranos (I y II) durante junio y julio, con un incremento posterior de estadios III y IV hacia el segundo semestre.

Figura 4. Frecuencia mensual de estadios de madurez en machos y hembras de las principales especies de camarones en el Pacífico de Guatemala. El periodo sombreado corresponde a la época de veda.



En machos, la frecuencia absoluta fue considerablemente menor que la registrada en hembras en todas las especies analizadas. No obstante, se observó un incremento en la presencia de individuos maduros durante el segundo semestre del año. En *Penaeus vannamei*, el mayor número de machos maduros se registró en octubre, coincidiendo temporalmente con el aumento de hembras en estadios avanzados. En *P. californiensis* y *P. stylirostris* también se evidenció mayor frecuencia de machos maduros entre septiembre y noviembre, mientras que durante junio y julio predominó la condición de individuos inmaduros.

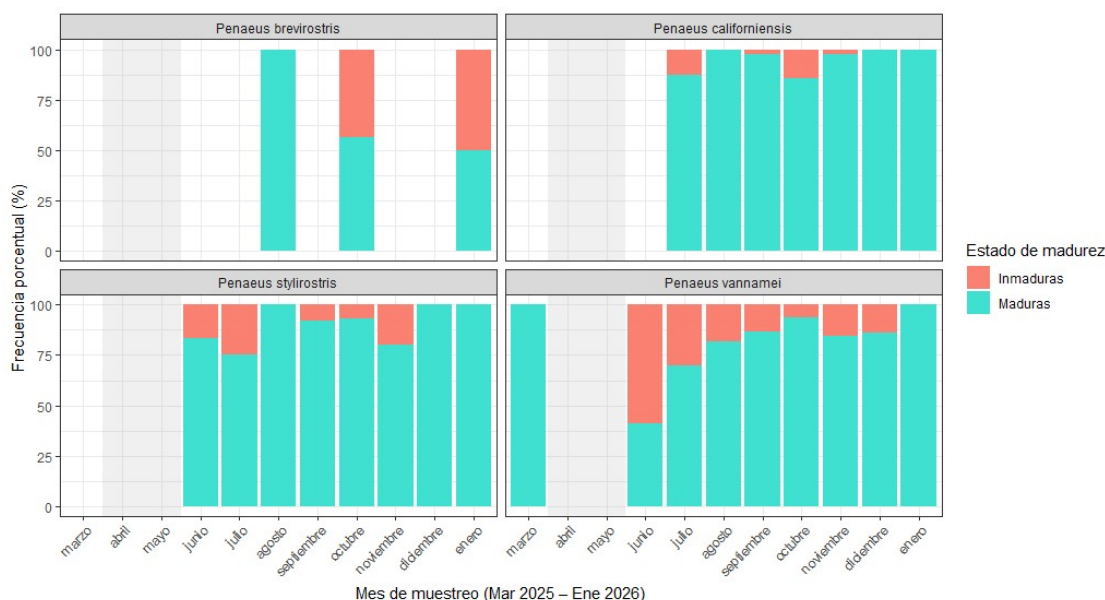
Al agrupar los estadios I–II como inmaduros y III–V como maduros en hembras, el análisis porcentual mostró patrones temporales consistentes con la frecuencia absoluta observada

Informe final de Proyecto de Investigación

(Figura 5). En hembras, la proporción de individuos maduros superó el 80 % entre agosto y enero en *Penaeus vannamei*, *P. californiensis* y *P. stylirostris*. En contraste, durante junio y julio se registró un aumento relativo de hembras inmaduras, particularmente en *P. vannamei* y *P. brevisrostris*. En *P. californiensis*, la proporción de hembras maduras se mantuvo elevada durante la mayor parte del periodo evaluado.

En machos, la proporción de individuos maduros también mostró un incremento durante el segundo semestre, especialmente entre septiembre y noviembre, mientras que en junio y julio predominó una mayor proporción relativa de individuos inmaduros en la mayoría de las especies evaluadas.

Figura 5. Porcentaje de hembras maduras e inmaduras por mes de muestreo de las principales especies de camarón. El área sombreada corresponde al periodo de veda.



- Talla media de madurez (L50) en camarones peneidos del Pacífico de Guatemala

El análisis de regresión logística evidenció una relación sigmoidea clara entre la longitud total (LT) y la probabilidad de madurez sexual en las especies de camarón peneido evaluadas (Figura 6). En todas las especies, la probabilidad de que un individuo se encontrara maduro aumentó progresivamente con la longitud, permitiendo estimar la longitud media de madurez

Informe final de Proyecto de Investigación

(L50), definida como la talla a la cual el 50 % de los individuos están maduros, así como la longitud correspondiente al 95 % de individuos maduros (L95).

Se observaron diferencias interespecíficas marcadas en los valores estimados de L50 y L95 (Tabla 3). *Penaeus stylirostris* presentó el valor más alto de L50 (14.75 cm LT) y L95 (19.54 cm LT), seguido por *Penaeus vannamei* (L50 = 13.84 cm LT; L95 = 17.91 cm LT). *Penaeus brevisrostris* mostró valores intermedios (L50 = 11.01 cm LT; L95 = 15.63 cm LT), mientras que *Penaeus californiensis* registró el valor más bajo de L50 (7.04 cm LT) y una L95 de 15.29 cm LT.

Figura 6. Curvas de acumulación de madurez y estimación de L50 y L95 para las principales especies de camarón.

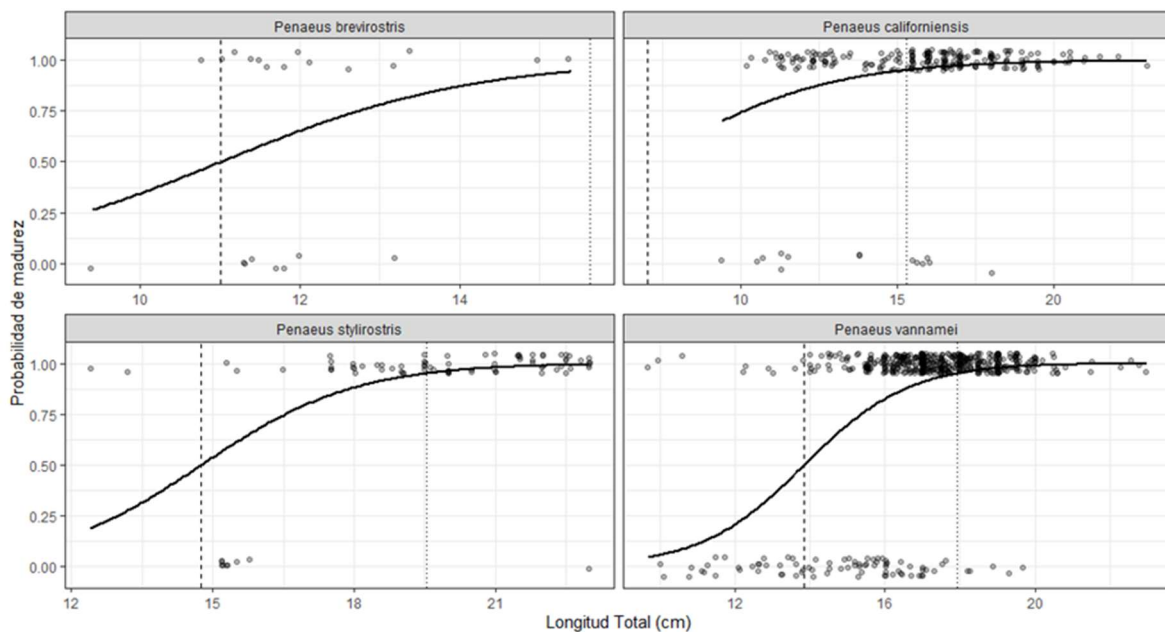


Tabla 4. Valores de L50 y L95 para las principales especies de camarón en el Pacífico de Guatemala.

Especies	L50 (cm)	L95 (cm)
<i>Penaeus brevisrostris</i>	11.0	15.6
<i>Penaeus californiensis</i>	7.0	15.3

Informe final de Proyecto de Investigación

<i>Penaeus stylirostris</i>	14.8	19.5
<i>Penaeus vannamei</i>	13.8	17.9

En *Penaeus vannamei*, la curva logística evidenció una transición relativamente abrupta hacia la madurez, reflejada en una pendiente más pronunciada, lo que indica que la probabilidad de madurez aumenta rápidamente en un rango reducido de tallas. En contraste, *Penaeus californiensis* mostró una transición más gradual, con presencia de individuos maduros a tallas menores y un rango más amplio de longitudes asociado al proceso de maduración.

Al contrastar estos valores con la estructura de tallas previamente descrita (Tabla 1; Figura 2), se observa que en *P. vannamei* y *P. stylirostris* una proporción considerable de los individuos capturados se concentra en rangos iguales o superiores a sus respectivas L50. En *P. vannamei* (L50 = 13.84 cm LT), la mayor frecuencia de tallas se ubicó entre 14 y 18 cm LT, con un pico entre 15 y 17 cm LT, intervalo en el cual la probabilidad de madurez supera el 50 %. De manera similar, en *P. stylirostris* (L50 = 14.75 cm LT) las tallas predominantes se concentraron principalmente entre 16 y 21 cm LT, es decir, por encima de la talla media de madurez estimada.

Por su parte, *Penaeus brevis* presentó una distribución de tallas que incluyó individuos por debajo y por encima de la L50 estimada (11.01 cm LT), indicando la coexistencia de fracciones inmaduras y maduras dentro de la captura. En *P. californiensis*, pese a su baja L50 (7.04 cm LT), la amplitud entre L50 y L95 sugiere una transición extendida hacia la madurez, coherente con la dispersión observada en la estructura de tallas.

En conjunto, los modelos logísticos permitieron estimar diferencias claras en la talla media de madurez entre las especies analizadas, evidenciando variación en la longitud a la cual el 50 % y el 95 % de los individuos alcanzan la madurez sexual dentro de la fracción explotada durante el periodo de estudio.



Informe final de Proyecto de Investigación

7.2. Discusión

La estructura poblacional y reproductiva de los camarones peneidos evaluados en el Pacífico de Guatemala refleja patrones consistentes con la dinámica descrita para pesquerías tropicales de ciclo de vida corto, caracterizadas por crecimiento rápido, alta mortalidad natural y fuerte dependencia del reclutamiento anual (FAO, 1987; Gamboa, 2011). El análisis integrado de la composición específica, estructura de tallas, relación talla–peso y parámetros de madurez sexual permite interpretar el estado biológico de las principales especies explotadas bajo el marco de la biología pesquera aplicada y dentro del contexto regional del Pacífico oriental tropical.

La composición específica evidenció una marcada dominancia de *Penaeus vannamei* (51.0 %) y *P. californiensis* (27.5 %), que en conjunto representaron el 78.5 % de la muestra total. Este patrón coincide con lo señalado para otras áreas del Pacífico oriental, donde *P. vannamei* constituye la especie de mayor importancia pesquera y concentra la mayor parte de la investigación científica regional (INAPESCA, 2016; Ramos-Cruz, 2011). La baja representación de especies como *P. occidentalis*, *Protrachipene precipua* y *Trachypenaeus byrdi* confirma que la fracción explotada está dominada por un número reducido de especies objetivo, incrementando la dependencia del sector pesquero respecto a la dinámica poblacional de estas especies principales.

En términos de estructura de tallas, en todas las especies del género *Penaeus* las hembras alcanzaron mayores longitudes promedio y máximas que los machos, patrón consistente con el dimorfismo sexual característico de la familia Penaeidae (García & Le Reste, 1981; Pérez-Farfante & Kensley, 1997). Esta diferenciación tiene implicaciones directas sobre el potencial reproductivo, ya que las hembras de mayor talla presentan generalmente mayor fecundidad y contribución al desove. Franco et al. (2016) destacan que la identificación de la

Informe final de Proyecto de Investigación

talla media de madurez y la protección de la fracción femenina reproductiva constituyen elementos esenciales en la ordenación pesquera de peneidos.

La distribución de frecuencias por clases de talla mostró patrones diferenciados entre especies. *Penaeus stylirostris* presentó la mayor talla promedio (19.7 cm en hembras), con una distribución desplazada hacia clases superiores (18–21 cm), consistente con su mayor longitud máxima registrada en Guatemala (23 cm LT) y con valores similares reportados para México (García-Juárez, 2012), lo que sugiere coherencia regional en el potencial de crecimiento corporal de la especie (FAO, 1995). Este patrón concuerda con estrategias de historia de vida asociadas a especies de mayor tamaño corporal que tienden a madurar a longitudes mayores (Gulland, 1983).

En contraste, *Penaeus brevirostris* mostró las menores tallas (10–12 cm), con una longitud máxima de 15.4 cm LT, valores comparables a los reportados para El Salvador (Barahona Hernández, 2021), confirmando su menor tamaño corporal relativo y una estrategia de maduración a tallas reducidas, coherente con especies sometidas a mayores tasas de mortalidad natural o presión pesquera (Gulland, 1983).

Penaeus vannamei y *P. californiensis* presentaron concentraciones marcadas en rangos intermedios (14–18 cm y 14–17 cm, respectivamente), con escasa representación de clases superiores, pese a que ambas especies alcanzan longitudes máximas de hasta 23 cm LT en Guatemala, comparables a las registradas en otras regiones del Pacífico oriental (Chávez-Villalba et al., 2010; Instituto Nacional de Pesca, 2016). Esta diferencia entre el potencial máximo de crecimiento y la estructura observada en la fracción explotada sugiere que la pesquería opera principalmente sobre cohortes intermedias. Este patrón coincide con lo documentado para el Golfo de Tehuantepec, donde Ramos-Cruz (2009, 2012) describió poblaciones dominadas por cohortes jóvenes en pesquerías de arrastre tropicales. Dall et al. (1990) y King (2007) señalan que en estos sistemas la biomasa explotable depende fuertemente del éxito anual del reclutamiento, mientras que la permanencia en clases de talla grandes suele ser limitada debido a la combinación de mortalidad natural y pesquera.

Informe final de Proyecto de Investigación

En el caso de *Xiphopenaeus riveti*, aunque las mediciones corresponden a longitud de cola y no son directamente comparables con la longitud total del género *Penaeus*, se registraron las menores tallas del conjunto evaluado, con mayor concentración entre 4 y 7 cm. Este patrón es consistente con el menor tamaño corporal característico de la especie y con lo reportado para poblaciones centroamericanas (Gutiérrez & Eslaquit, 2009), sugiriendo igualmente una alta dependencia del reclutamiento reciente y limitada permanencia en clases de mayor tamaño, rasgo típico de peneidos tropicales explotados mediante arrastre (Dall et al., 1990).

La relación talla–peso evidenció un patrón diferenciado entre especies. En *Penaeus vannamei*, *P. stylirostris* y *P. californiensis*, los valores del exponente de crecimiento (b) fueron cercanos a 3, indicando crecimiento isométrico, es decir, un incremento proporcional entre longitud y peso dentro del rango de tallas analizado. Este patrón es consistente con lo descrito para peneidos tropicales bajo condiciones ambientales favorables y adecuada disponibilidad de alimento (Le Cren, 1951; Froese, 2006; King, 2007; Arzola-González et al., 2018; López-Martínez et al., 2019).

En contraste, *Penaeus brevirostris* y *Xiphopenaeus riveti* presentaron valores de b inferiores a 3, evidenciando crecimiento alométrico negativo, lo que indica que el incremento en longitud supera proporcionalmente al aumento en peso. Estas diferencias pueden asociarse a variaciones ontogénicas, condición fisiológica, estructura de tallas o asignación energética (Le Cren, 1951; Froese, 2006; Gulland, 1983; Rueda et al., 2021), así como al rango de tallas evaluado, que puede influir en la estimación del parámetro b (FAO, 1987).

En conjunto, estos patrones de crecimiento constituyen un marco biológico clave para interpretar la dinámica poblacional de las especies evaluadas, ya que el desarrollo somático está estrechamente vinculado a la madurez sexual y a la inversión energética en reproducción (King, 2007; FAO, 1987). En este sentido, el análisis de los estadios gonadales permite complementar la comprensión del ciclo de vida y la temporalidad reproductiva del recurso.

Informe final de Proyecto de Investigación

Desde el punto de vista reproductivo, se observó un incremento progresivo de hembras en estadios avanzados (III–V) a partir de agosto, con máximos entre septiembre y noviembre, patrón consistente con la intensificación reproductiva descrita para el Pacífico mexicano (Ramos-Cruz, 2009; Aragón-Noriega & García-Juárez, 2007) y con la reproducción prolongada característica de peneidos tropicales (Dall et al., 1990). La migración ontogénica descrita para estas especies (Gamboa, 2011) refuerza la necesidad de considerar la sincronización entre ciclos reproductivos y medidas de manejo.

La estimación de la talla media de madurez (L50) evidenció diferencias interespecíficas claras, coherentes con la teoría de historia de vida (Gulland, 1983). La comparación regional (Tabla 4) muestra que los valores obtenidos para Guatemala se sitúan dentro del rango del Pacífico oriental, aunque con diferencias notables en *P. californiensis*, cuya L50 fue inferior a la reportada en El Salvador, lo que podría reflejar variabilidad poblacional o diferencias metodológicas.

Al contrastar la estructura de tallas con los valores de L50, se observa que en *P. vannamei* y *P. stylirostris* una proporción considerable de los individuos capturados se ubica en rangos iguales o superiores a la talla media de madurez. Sin embargo, la concentración en clases inmediatamente superiores a la L50 sugiere que la pesquería podría estar operando en niveles cercanos a sobrepesca por crecimiento (*growth overfishing*) (Gulland, 1983), situación que, si bien no implica necesariamente un colapso inmediato en especies de ciclo corto, podría reducir progresivamente el potencial reproductivo si disminuye la proporción de individuos en clases de mayor talla.

Tabla 5. Parámetros biológicos reportados para especies de la familia Penaeidae en el Pacífico Oriental

Lugar	Autor	Especie	LT mín (cm)	LT máx (cm)	LT media (cm)	L50 (cm)
Guatemala	Este estudio	<i>Penaeus stylirostris</i>	H = 12.4; M = 14.5	H = 23.0; M = 20.4	H = 19.7; M = 17.2	14.8
Guatemala	Este estudio	<i>Penaeus vannamei</i>	H = 9.7;	H = 23.0;	H = 17.1;	13.8



Informe final de Proyecto de Investigación

			M = 10.5	M = 19.5	M = 15.3	
Guatemala	Este estudio	<i>Penaeus californiensis</i>	H = 9.4; M = 7.5 H = 9.4;	H = 23.0; M = 21.7 H = 15.4;	H = 15.8; M = 14.6 H = 12.1;	7
Guatemala	Este estudio	<i>Penaeus brevisrostris</i>	M = 8.5	M = 14.0	M = 11.0	11
El Salvador	Barahona Hernández (2021)	<i>Penaeus vannamei</i>	8.1	22	—	M = 13.5; H = 12.2
El Salvador	Barahona Hernández (2021)	<i>Penaeus stylirostris</i>	10	22.5	—	13.5
El Salvador	Barahona Hernández (2021)	<i>Penaeus californiensis</i>	9	21.5	—	10.4
El Salvador	Barahona Hernández (2021)	<i>Penaeus brevisrostris</i>	8	22.5	—	M = 8.5; H = 10.8
El Salvador	Barahona Hernández (2021)	<i>Penaeus occidentalis</i>	11	23	—	—
Costa Rica	Tabash & Palacios (1996)	<i>Penaeus occidentalis</i>	—	—	—	12.3
Costa Rica	Tabash & Palacios (1996)	<i>Penaeus stylirostris</i>	—	—	—	11.5
México	Chávez-Villalba et al., 2010	<i>Penaeus vannamei</i>	—	—	—	12.2
México	García-Juárez, A.R. (2012)	<i>Penaeus stylirostris</i>	10	23	—	—
Ecuador	Instituto Nacional de Pesca (2016)	<i>Penaeus vannamei</i>	—	23	—	12.8
Nicaragua	Gutiérrez y Eslaquit (2009)	<i>Penaeus vannamei</i>	—	15.8	—	—
Nicaragua	Gutiérrez y Eslaquit (2009)	<i>Xiphopenaeus riveti</i>	—	H = 12.6; M = 11.0	—	—

LT min= longitud total mínima, LT máx= longitud total máxima, LT media= longitud total media, L50= talla media de madurez sexual.

Los antecedentes nacionales refuerzan esta interpretación. Salaverría (1987) documentó elevada mortalidad en *P. vannamei*, y la FAO (2018) señaló una disminución sostenida en



Informe final de Proyecto de Investigación

los desembarques del Pacífico guatemalteco, evidenciando la necesidad de fortalecer la base biológica para la ordenación del recurso.

En conjunto, los resultados confirman que las principales especies de camarón peneido del Pacífico de Guatemala presentan patrones biológicos coherentes con los descritos para el Pacífico oriental tropical. No obstante, la dominancia de cohortes intermedias y la evidencia histórica de presión pesquera subrayan la importancia de mantener y fortalecer medidas de ordenación basadas en criterios biológicos, orientadas a preservar la fracción reproductiva y garantizar la sostenibilidad del recurso a mediano y largo plazo.

8. Beneficiarios directos e indirectos

Tabla 6. Beneficiarios directos e indirectos de la investigación

Resultados o productos potenciales	Beneficiarios directos	Número de beneficiarios directos	Beneficiarios indirectos	Número de beneficiarios directos
Estimación de la estructura de tallas de camarón blanco (<i>Penaeus vannamei</i>) y chacalín (<i>Xiphopenaeus riveti</i>)	Dirección de Normatividad de la Pesca de DIPESCA, cooperativas de pesca de arrastre, líderes de embarcaciones industriales	50	Pescadores artesanales, pescadores estuarinos, trabajadores de plantas procesadoras, comercializadores locales, comunidades costeras del Pacífico de Guatemala	1,500
Estimación del porcentaje de individuos maduros sexualmente	DIPESCA, cooperativas y asociaciones de pesca de arrastre	50	Pescadores artesanales y ribereños, cadena de comercialización, investigadores académicos,	1,500



Informe final de Proyecto de Investigación

			estudiantes universitarios	
Determinación de la talla media de primera madurez (L50) y época reproductiva para medidas de ordenación (vedas espacio-temporales)	DIPESCA, autoridades del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, cooperativas de pesca	60	Comunidades pesqueras costeras, consumidores locales, sector exportador de productos pesqueros, generaciones futuras dependientes del recurso	2,000

9. Estrategia de divulgación y difusión de los resultados.

Tabla 7. Actividades de difusión y divulgación

	Sí	No
Presentación TV		X
Entrevistas radiales		X
Podcast		X
Entrevista DIGI		X
Recursos audiovisuales		X
Congresos científicos nacionales o internacionales	X	
Talleres	X	
Publicación de libro		X
Publicación de artículo científico	X	
Divulgación por redes sociales institucionales	X	
Presentación pública		X
Presentación autoridades USAC	X	



Informe final de Proyecto de Investigación

	Sí	No
Presentación a beneficiarios directos	X	
Entrega de resultados	X	
Docencia en grado		X
Docencia postgrado		X
Póster científico		X
Trifoliales		X
Conferencias		X
Material de divulgación técnica	X	

10. Contribución a las Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND)

La presente investigación contribuye al cumplimiento del Objetivo de Desarrollo Sostenible (ODS) 14: Vida Submarina, particularmente a la meta 14.4, la cual establece la necesidad de regular eficazmente la explotación pesquera y aplicar medidas de ordenación basadas en fundamentos científicos que permitan asegurar la sostenibilidad de las poblaciones explotadas y prevenir la sobreexplotación. En este contexto, la estimación de parámetros biológicos como la talla media de madurez sexual (L50), el análisis de la estructura de tallas y la identificación de los períodos reproductivos de *Penaeus vannamei* y *Xiphopenaeus riveti* constituyen herramientas fundamentales para el establecimiento de medidas de manejo pesquero orientadas a proteger la capacidad reproductiva de las poblaciones y favorecer su aprovechamiento sostenible, en concordancia con los principios del Rendimiento Máximo Sostenible.

En el ámbito nacional, la investigación contribuye directamente a la Prioridad Nacional de Desarrollo (PND) “Disponibilidad y acceso al agua y gestión de los recursos naturales”, específicamente a la Meta 12.2: “Para 2030, lograr la ordenación sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales”. Los resultados obtenidos aportan información científica clave sobre el estado biológico del recurso camarón, permitiendo fortalecer el establecimiento de



Informe final de Proyecto de Investigación

medidas de ordenación pesquera, tales como la definición de tallas mínimas de captura y períodos de veda biológica, orientadas a asegurar la sostenibilidad del recurso y su aprovechamiento responsable.

El fortalecimiento del manejo sostenible del recurso camarón contribuye, de manera indirecta, al “Valor económico de los recursos naturales”, al favorecer la conservación de poblaciones explotables que permiten la continuidad de la actividad pesquera en el tiempo. La implementación de medidas de manejo basadas en evidencia científica contribuye a reducir el riesgo de sobreexplotación, favoreciendo la estabilidad del sector pesquero, la generación de empleo y el aprovechamiento sostenible de un recurso que representa un componente importante de la economía y del desarrollo de las comunidades costeras.

De igual forma, se contribuye a la PND “Seguridad alimentaria y nutricional”, al asegurar la disponibilidad de este recurso hidrobiológico como fuente de proteína de origen marino. La protección de los procesos reproductivos y el mantenimiento de poblaciones saludables favorecen la disponibilidad del recurso en el largo plazo, contribuyendo a la sostenibilidad de la actividad pesquera y al abastecimiento continuo de alimentos.

En este contexto, los resultados obtenidos constituyen una base científica que fortalece el proceso de ordenamiento pesquero impulsado por la Dirección de Normatividad de Pesca y Acuicultura (DIPESCA), contribuyendo a la gestión sostenible del recurso camarón y al cumplimiento de los compromisos internacionales y nacionales orientados al manejo responsable de los recursos hidrobiológicos y la conservación de los ecosistemas marino-costeros del país.

11. Otras contribuciones del proyecto al desarrollo

La presente investigación genera información técnico-científica relevante que contribuye al fortalecimiento del ordenamiento pesquero de los camarones costeros pertenecientes a la familia Penaeidae en el Pacífico de Guatemala. Los resultados obtenidos sobre la estructura de tallas, la talla media de madurez sexual (L50) y la dinámica reproductiva constituyen parámetros biológicos fundamentales que pueden ser utilizados como criterios técnicos para



Informe final de Proyecto de Investigación

sustentar el diseño, evaluación y fortalecimiento de medidas de manejo orientadas a la sostenibilidad del recurso.

En este contexto, la identificación de los períodos de mayor actividad reproductiva aporta evidencia científica que puede ser incorporada en la definición y ajuste de medidas de ordenación pesquera, particularmente aquellas orientadas a la protección de los procesos reproductivos y la capacidad de renovación natural de las poblaciones. Este tipo de información es consistente con los instrumentos de manejo actualmente implementados a nivel nacional, como los períodos de veda establecidos para los camarones costeros de la familia Penaeidae, y contribuye a fortalecer su sustento técnico mediante la incorporación de criterios biológicos derivados de evaluaciones científicas.

Asimismo, los resultados del estudio constituyen un insumo técnico que puede ser utilizado por la Dirección de Normatividad de Pesca y Acuicultura (DIPESCA) y el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) en los procesos de toma de decisiones orientados al manejo sostenible de los recursos hidrobiológicos. La disponibilidad de información biológica actualizada contribuye al fortalecimiento de las políticas públicas, programas de monitoreo y estrategias de ordenamiento pesquero, promoviendo un enfoque de gestión basado en evidencia científica.

En este sentido, la investigación contribuye a la generación de insumos técnicos aplicables al fortalecimiento de instrumentos normativos y estrategias de manejo pesquero, en concordancia con la Acción 4 del Objetivo 2 de investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala, orientada a promover el desarrollo nacional mediante la generación de conocimiento científico aplicable a la gestión sostenible de los recursos naturales.

12. Vinculación

El desarrollo de la presente investigación se realizó en vinculación con instituciones gubernamentales, organizaciones de conservación, autoridades locales y actores del sector pesquero, con el propósito de fortalecer la generación y aplicación de información científica orientada al manejo sostenible de los camarones costeros de la familia Penaeidae en el Pacífico de Guatemala.



Informe final de Proyecto de Investigación

La principal institución vinculada al proyecto fue la Dirección de Normatividad de Pesca y Acuicultura (DIPESCA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), como ente rector de la gestión y ordenamiento de los recursos hidrobiológicos a nivel nacional. Durante el desarrollo del proyecto, se mantuvo coordinación técnica con esta institución, considerando que los resultados generados constituyen un insumo científico relevante para el fortalecimiento del proceso de ordenamiento pesquero. Como parte de esta vinculación, el informe final será entregado en formato digital (PDF), junto con la “Guía de identificación de especies de camarón de importancia pesquera en el Pacífico de Guatemala”, como herramienta técnica de apoyo para el monitoreo y manejo del recurso.

Asimismo, el proyecto se vinculó con la organización Wildlife Conservation Society (WCS), la cual desarrolla iniciativas orientadas al manejo sostenible de los recursos marino-costeros en el Pacífico de Guatemala. Esta vinculación se fortaleció a través del trabajo conjunto con el Centro de Estudios del Mar y Acuicultura (CEMA-USAC), en el marco de los procesos de cooperación institucional orientados a la generación de información científica para la gestión de los recursos hidrobiológicos.

También se establecieron vinculaciones con las municipalidades de Puerto San José y Buena Vista, como autoridades locales con competencia en el desarrollo territorial y el fortalecimiento del sector pesquero. La información generada podrá ser utilizada como base técnica para apoyar estrategias locales orientadas al manejo sostenible de los recursos marino-costeros.

De igual forma, el proyecto se vinculó con pescadores y cooperativas dedicadas a la captura de camarones costeros, quienes constituyen actores clave en el aprovechamiento del recurso. Como parte del proceso de transferencia de resultados, se realizará la divulgación de los principales hallazgos del estudio con los actores del sector pesquero, con el fin de fortalecer el conocimiento sobre los aspectos biológicos del recurso y su importancia en la sostenibilidad de la actividad pesquera.

En este contexto, la investigación contribuye al fortalecimiento de la vinculación entre la Universidad de San Carlos de Guatemala, las instituciones gubernamentales, organizaciones



Informe final de Proyecto de Investigación

de conservación y el sector pesquero, promoviendo la generación y transferencia de conocimiento científico aplicable a la gestión sostenible de los recursos hidrobiológicos del país.

13. Conclusiones

El presente estudio permitió caracterizar la estructura poblacional y reproductiva de las principales especies de camarón peneido explotadas mediante pesca de arrastre en el Pacífico de Guatemala, contribuyendo a reducir la brecha de información biológica previamente identificada para la región y generando insumos técnicos actualizados para la ordenación del recurso.

La composición específica estuvo dominada por *Penaeus vannamei* y *P. californiensis*, que en conjunto representaron el 78.5 % de los individuos registrados, confirmando su papel como especies principales dentro de la fracción explotada. Esta dominancia refuerza la alta dependencia de la pesquería respecto a la dinámica poblacional de estas especies. Aunque *Xiphopenaeus riveti* presentó menor representatividad relativa (9.2 %) y limitaciones metodológicas asociadas al desembarque sin cefalotórax, su presencia constante confirma su importancia dentro de la pesquería costera y la necesidad de profundizar en su caracterización biológica en estudios futuros.

La estructura de tallas mostró un marcado dimorfismo sexual en todas las especies del género *Penaeus*, con hembras alcanzando mayores longitudes promedio y máximas que los machos. Las distribuciones de frecuencia evidenciaron predominancia de clases intermedias en *P. vannamei* y *P. californiensis*, mientras que *P. stylirostris* presentó una estructura desplazada hacia tallas mayores y *P. brevirostris* registró las menores tallas dentro del género. En el caso de *X. riveti*, se confirmaron las menores longitudes corporales del conjunto evaluado, coherentes con su estrategia de crecimiento y menor tamaño máximo característico. En conjunto, estos patrones sugieren que la fracción explotada está compuesta mayoritariamente por cohortes jóvenes y adultos recientes, rasgo típico de pesquerías tropicales dependientes del reclutamiento anual.

Informe final de Proyecto de Investigación

La relación talla–peso mostró predominancia de crecimiento alométrico negativo en la mayoría de las especies evaluadas, particularmente en *P. vannamei*, mientras que *P. stylirostris* y las hembras de *P. californiensis* presentaron patrones cercanos a la isometría. Estos resultados reflejan diferencias interespecíficas en asignación energética y condición corporal dentro del rango de tallas analizado.

Desde el punto de vista reproductivo, se observó una actividad prolongada con incremento de hembras en estadios avanzados (III–V) a partir de agosto y máximos entre septiembre y noviembre en las principales especies. Este comportamiento indica la existencia de un pico reproductivo en el segundo semestre del año, consistente con la dinámica descrita para el Pacífico oriental tropical.

La estimación de la talla media de madurez (L50) reveló diferencias interespecíficas claras: *P. stylirostris* presentó el mayor valor (14.75 cm LT), seguido de *P. vannamei* (13.84 cm LT), mientras que *P. brevirostris* y *P. californiensis* mostraron valores menores (11.01 cm y 7.04 cm LT, respectivamente). Estos valores se sitúan dentro del rango reportado para la región, evidenciando coherencia biológica a escala regional.

El contraste entre la estructura de tallas y los valores de L50 indica que una proporción significativa de los individuos capturados en *P. vannamei* y *P. stylirostris* ha alcanzado la madurez sexual al momento de su captura; sin embargo, la concentración en clases inmediatamente superiores a la L50 sugiere que la pesquería podría estar operando cercana a niveles de sobrepesca por crecimiento. Si bien esta condición no implica necesariamente un riesgo inmediato en especies de ciclo corto, podría reducir progresivamente el potencial reproductivo si disminuye la proporción de individuos en clases de mayor talla.

En conjunto, los resultados confirman que las principales especies de camarón peneido del Pacífico de Guatemala, incluyendo *Xiphopenaeus riveti* como componente relevante de la fracción costera, presentan patrones biológicos coherentes con la dinámica descrita para el Pacífico oriental tropical. La información generada constituye una base técnica sólida para fortalecer medidas de ordenación orientadas a la protección de la fracción reproductiva y a la sostenibilidad del recurso a mediano y largo plazo.



Informe final de Proyecto de Investigación

14. Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, se recomienda fortalecer el monitoreo biológico de las principales especies de camarón peneido del Pacífico de Guatemala mediante series temporales multianuales que permitan evaluar la variabilidad interanual en la estructura poblacional, la talla media de madurez y la dinámica reproductiva. Si bien el presente estudio permitió identificar patrones claros durante el periodo evaluado, particularmente un incremento consistente de hembras en estadios avanzados entre septiembre y noviembre, la confirmación de la estabilidad de estos picos reproductivos requiere información adicional que permita descartar posibles efectos asociados a variaciones ambientales o fluctuaciones anuales en el reclutamiento.

En este contexto, y considerando que se identificó una concentración significativa de actividad reproductiva en el segundo semestre del año, podría evaluarse técnicamente la sincronización temporal de las medidas de manejo con base en distintos escenarios. Un primer escenario consistiría en proteger el periodo completo de mayor intensidad reproductiva identificado (septiembre–noviembre), lo cual permitiría resguardar una proporción amplia de hembras en estadios avanzados y maximizar el aporte al desove. Un segundo escenario podría enfocarse en la protección puntual del mes con mayor concentración de hembras maduras (octubre), ofreciendo una alternativa de menor duración pero dirigida al momento de mayor actividad reproductiva detectada. Finalmente, un tercer escenario implicaría mantener esquemas de protección basados en criterios precautorios mientras se consolida información multianual adicional, priorizando la estabilidad normativa hasta contar con evidencia robusta que respalde ajustes temporales más específicos. La evaluación comparativa de estos escenarios debería fundamentarse en monitoreo continuo y análisis integrales que incluyan variables biológicas y pesqueras.

Asimismo, se recomienda complementar la evaluación macroscópica de madurez gonadal con análisis histológicos en futuras investigaciones, especialmente en especies donde se



Informe final de Proyecto de Investigación

observaron transiciones graduales hacia la madurez o diferencias regionales en la L50, como *Penaeus californiensis*. La validación histológica permitiría reducir la incertidumbre en la clasificación de estadios reproductivos y fortalecer la precisión de los parámetros estimados.

En el caso de *Xiphopenaeus riveti*, resulta prioritario fortalecer su caracterización biológica mediante la implementación de protocolos de desembarque que permitan la obtención de individuos completos. Las limitaciones derivadas del desembarque sin cefalotórax restringieron el alcance del análisis biométrico y reproductivo, pese a tratarse de una especie relevante dentro de la pesca costera. Un monitoreo específico para esta especie contribuiría a reducir la brecha de información existente y a integrar de manera más equilibrada su dinámica poblacional en los esquemas de manejo.

Adicionalmente, se recomienda integrar los parámetros biológicos obtenidos con indicadores pesqueros históricos, tales como esfuerzo de pesca, capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) y tendencias de desembarque, con el fin de desarrollar evaluaciones más integrales del estado del recurso bajo un enfoque de manejo basado en evidencia científica. La evaluación de la selectividad del arte de pesca y su relación con la captura de individuos en clases inmediatamente superiores a la L50 podría aportar información clave para prevenir escenarios de sobrepesca por crecimiento y optimizar el rendimiento en biomasa.

Finalmente, se considera pertinente establecer un programa permanente de monitoreo biológico para las principales especies de camarón peneido del Pacífico guatemalteco, que permita actualizar periódicamente parámetros como la talla media de madurez, la relación talla–peso y la proporción sexual. La consolidación de información continua fortalecerá la toma de decisiones adaptativas y garantizará que las medidas de ordenación se fundamenten en información científica actualizada, contribuyendo a la sostenibilidad del recurso a mediano y largo plazo.



Informe final de Proyecto de Investigación

Referencias

- Aragón-Noriega, E. A. (2015). Talla de madurez de almeja de sifón *Panopea globosa* en la parte central del Golfo de California. *Acta Universitaria*, 25(5), 3–10. <https://doi.org/10.15174/au.2015.800>
- Aragón-Noriega, E. A., & García-Juárez, A. R. (2007). Seasonal abundance of juvenile shrimp in the Gulf of California. *Revista de Biología Tropical*, 55(1), 267–275.
- Aragón-Noriega, E. A., Calderón-Aguilera, L. E., & Cisneros-Mata, M. A. (2017). Size at sexual maturity of penaeid shrimp in the eastern Pacific Ocean. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(3), 423–432.
- Arévalo, C. (2006). *Planeación estratégica para la comercialización de la pesca artesanal por asociaciones de pescadores en el departamento de Escuintla (caso particular Puerto de San José e Iztapa)* [Tesis de licenciatura, Universidad Mariano Gálvez de Guatemala].
- Arzola-González, J. F., Flores-Campaña, L. M., Ramírez-Rodríguez, M., & Rodríguez-Romero, J. (2018). Length–weight relationships of commercially important shrimp species from the eastern tropical Pacific. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(2), 417–420. <https://doi.org/10.1111/jai.13584>
- Barahona Hernández, D. E. (2021). *Life history of the five main commercial shrimp species (Penaeidae family) in coastal waters of El Salvador* [Final project]. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, El Salvador.
- Carpenter, K. E. (Ed.). (2002). *The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 1: Introduction, molluscs, crustaceans, hagfishes, sharks, batoid fishes, and chimaeras*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- Chávez-Villalba, J., Barón-Sevilla, B., & Aragón-Noriega, E. A. (2010). Reproductive dynamics of white shrimp (*Penaeus vannamei*) in the eastern Pacific. *Journal of Shellfish Research*, 29(3), 683–689.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca. (2022). *Anuario estadístico de acuicultura y pesca 2022*. <https://www.gob.mx/conapesca>
- Concejo Municipal de Iztapa. (2019). *Plan de desarrollo municipal y ordenamiento territorial del municipio de Iztapa, Escuintla 2019–2032*. SEGEPLAN.
- Congreso de la República de Guatemala. (2002). *Ley General de Pesca y Acuicultura (Decreto 80-2002) y su Reglamento (Acuerdo Gubernativo 223-2005)*.



Informe final de Proyecto de Investigación

- Cruz-González, F., Aragón-Noriega, E. A., Urciaga-García, J., Salinas-Zavala, C., Cisneros-Mata, M. Á., & Beltrán-Morales, L. (2007). Análisis socioeconómico de las pesquerías de camarón y calamar gigante en el Noroeste de México. *Interciencia*, 32(3), 144–150.
- Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C., & Sharples, D. J. (1990). *The biology of the Penaeidae*. Academic Press.
- Del Cid, R. (2013). *Diagnóstico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Fenucci, J. L. (1988). *Manual para la cría de camarones peneidos* (Documento de campo No. 8). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- Figueredo, A., Lira, C., Vera-Caripe, J., De Donato, M., & Lodeiro, C. (2023). The Pacific white shrimp, the most cultivated shrimp species: Is it *Litopenaeus* or *Penaeus vannamei*? *Reviews in Aquaculture*, 15(1), 7–13.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (Eds.). (1995). *Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental* (Vol. 1). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO]. (1995). *Code of conduct for responsible fisheries*. FAO. <https://www.fao.org/3/v9878e/v9878e00.htm>
- Franco de León, M. A., Polanco Vásquez, F. E., Ávalos Castillo, C. G., & Ruíz Rivas, C. (2016). *Determinación de la época de reproducción del camarón Farfantepenaeus notialis (Pérez Farfante, 1967) y Litopenaeus schmitti (Burkenroad, 1936) en el Atlántico de Guatemala* (Informe final). Dirección General de Investigación, Universidad de San Carlos de Guatemala. <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/prunian/INF-2015-20.pdf>
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Fisheries Research*, 77(2), 241–253. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2005.10.011>
- Gamboa, M. (2011). *Evaluación del desempeño reproductivo de dos especies de camarones peneidos en un sistema de recirculación de agua* [Tesis de licenciatura, Instituto Tecnológico de Conkal].
- García-Juárez, A. R. (2012). *Propuesta de manejo para la pesquería de camarón azul (Litopenaeus stylirostris) en el alto Golfo de California*. En J. López-Martínez & E.



Informe final de Proyecto de Investigación

- Morales-Bojórquez (Eds.), *Efectos de la pesca de arrastre en el Golfo de California* (pp. 355–384). Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. & Fundación Produce Sonora.
- Garza, R. (2011). *Estudio sobre el órgano genital del camarón blanco del Pacífico Litopenaeus vannamei* [Tesis de licenciatura, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste].
- Gassman, J., & López, H. (2016). Biología y pesquería del camarón *Litopenaeus schmitti* en la Laguna de Tacarigua, Venezuela. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 51(3), 655–663. <https://doi.org/10.4067/S0718-19572016000300016>
- Gillett, R. (2010). *Estudio mundial sobre las pesquerías del camarón* (Documento Técnico No. 475). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- Gracia, A. (1995). Impacto de la pesca artesanal sobre la producción del camarón rosado *Farfantepenaeus duorarum*. *Ciencias Marinas*, 21(3), 343–359.
- Gulland, J. A. (1983). *Fish stock assessment: A manual of basic methods*. John Wiley & Sons.
- Gutiérrez, R., & Eslaquit, B. (2009). *Resultados del primer monitoreo realizado al camarón costero del Pacífico de Nicaragua (noviembre–diciembre 2008)*. Instituto Nicaragüense de la Pesca y Acuicultura.
- Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2020). *Estimación y proyecciones de la población a nivel municipal 2015–2030*.
- Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura [INAPESCA]. (2016). *Evaluación y manejo de la pesquería de camarón del Pacífico mexicano*.
- Keiser, R. (1971). *An appraisal of the shrimp resource of the Guatemalan Pacific coast*. FAO-PNUD.
- King, M. (2007). *Fisheries biology, assessment and management* (2nd ed.). Blackwell Publishing.
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201–219. <https://doi.org/10.2307/1540>
- López-Martínez, J., Rodríguez-Romero, J., & Hernández-Vázquez, S. (2019). Growth patterns and population dynamics of penaeid shrimps in the eastern Pacific Ocean. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 47(3), 456–468.



Informe final de Proyecto de Investigación

- Matthes, H. (1986). *La situación de la pesca y acuicultura en Guatemala y los lineamientos para su desarrollo futuro*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO].
- Monterroso, D. (2023). Pesca del tiburón martillo en el Océano Pacífico de Guatemala. *Revista Análisis de la Realidad Nacional*, 251, 16–31.
- Organisation for Economic Co-operation and Development [OCDE]. (2015). *Frascati manual 2015: Guidelines for collecting and reporting data on research and experimental development*. OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1987). *Ciclos vitales, dinámica, explotación y ordenación de las poblaciones de camarones peneidos costeros* (Documento Técnico No. 203).
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2018). *Diagnóstico del sector de la pesca y la acuicultura en Guatemala*.
- Peralta, M., Martínez, I., Unzueta, M., Montaldo, H., & Castillo-Juárez, H. (2013). Morfología del sistema reproductor y del espermatóforo de *Litopenaeus vannamei*. *Hidrobiológica*, 23(3), 313–319.
- Pérez-Farfante, I., & Kensley, B. (1997). *Penaeoid and sergestoid shrimps and prawns of the world: Keys and diagnoses for the families and genera*. Muséum national d'Histoire naturelle.
- Pérez-Ferro, D. G., & Páramo-Granados, J. E. (2014). Estadios de madurez del camarón rosado *Farfantepenaeus notialis* en el Caribe colombiano. *Acta Biológica Colombiana*, 19(2), 185–194.
- Rabet, N. (2021). Crustaceans. En A. Boutet & B. Schierwater (Eds.), *Handbook of marine model organisms in experimental biology* (pp. 271–287). CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781003217503-15>
- Ramos-Cruz, S. (2009). Tallas, sexo y desarrollo gonádico de *Litopenaeus vannamei* durante la veda de 1999 en el Golfo de Tehuantepec. *Ciencia Pesquera*, 17(2), 29–39.
- Ramos-Cruz, S. (2011). Relación biométrica del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* en el Golfo de Tehuantepec. *CICIMAR Oceánides*, 26(2), 71–75.
- Ramos-Cruz, S. (2012). Aspectos biológicos y poblacionales del camarón blanco *Litopenaeus vannamei* durante la veda de 2006 en el Golfo de Tehuantepec. *CICIMAR Oceánides*, 27(1), 11–24.



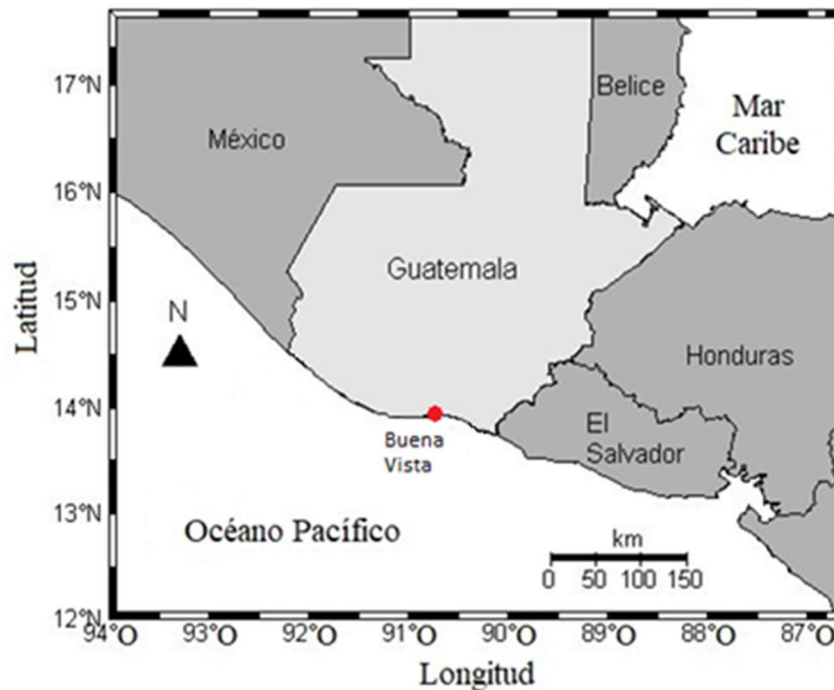
Informe final de Proyecto de Investigación

- Ré, C. (1996). Estacionalidad reproductiva del camarón blanco *Penaeus setiferus* en la Sonda de Campeche. *Ciencia Pesquera*, 12, 35–40.
- Rueda, M., Santos, A., & Duarte, L. O. (2021). Length–weight relationships and condition of penaeid shrimp species in Pacific coastal ecosystems. *Regional Studies in Marine Science*, 41, 101560. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2020.101560>
- Ruperti, H., Salvador, J., Apolinario, A., & Gaibor, N. (2002). *Manejo participativo comunitario del recurso camarón en Puerto Cayo*. Subsecretaría de Recursos Pesqueros.
- Salaverría, A. (1987). *La pesquería del camarón blanco del Pacífico de Guatemala* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur].
- Tabash, F. (2016). Explotación de la pesquería de arrastre de camarón durante el período 1991–1999 en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 55(1), 207–218.
- Tabash, F. A. B., & Palacios, J. A. V. (1996). Stock assessment of two penaeid prawn species, *Penaeus occidentalis* and *Penaeus stylirostris* (Decapoda: Penaeidae) in the Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 44(2), 595–602.
- Tito, L., Vera, M., Ordinola, E., Alemán, S., & Perea, A. (2024). Escala macroscópica de madurez gonadal de hembras de *Litopenaeus vannamei* validada histológicamente, Perú. *Boletín del Instituto del Mar del Perú*, 39(1), 26–27. <https://doi.org/10.53554/boletin.v39i1.396>
- Vidal, J. (1971). *Recursos de camarón y langostinos de profundidad en el Pacífico de Centro América*. FAO-PNUD.

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice

Apéndice 1. Mapa de desarrollo del proyecto.



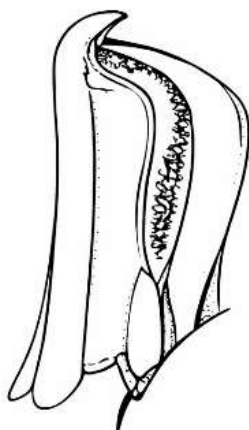
Apéndice 2. Estadios de maduración gonadal en hembras de Peneidos (Fenucci, 1988).

Estadio	Visibles	Aspectos macroscópicos	Coloración
Estadio I Desarrollo	Gónadas invisibles a través del exoesqueleto	Filiforme, confinadas al abdomen, flácidas	Blanco translúcido
Estadio II Desarrollo	Gónadas invisibles a través del exoesqueleto	Filiforme, desarrollo del lóbulo anterior,	Blanco translúcido
Estadio III Inmadura	Gónadas invisibles a través del exoesqueleto	Alargamiento del lóbulo anterior con lobulaciones digitiformes que cubren el hepatopáncreas	Transparentes con muchos cromatóforos.
Estadio IV	Gónadas visibles a través del	Se diferencian tres regiones:	Verde pálido

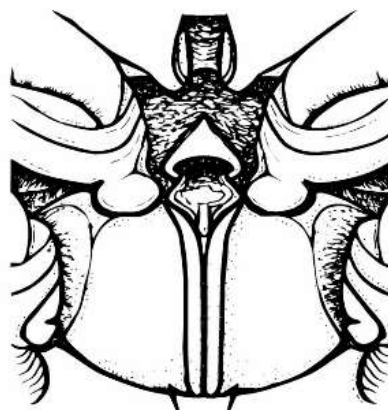
Informe final de Proyecto de Investigación

Madura	exoesqueleto	una anterior con dos lóbulos, media con varias lobulaciones y posterior que se continúa hasta el telson.	
Estadio V Madura	Gónadas visibles a través del tegumento	Región anterior compuesta por dos lóbulos doblados en forma de gancho, la región media con 6 lobulaciones laterales digitiformes y una región posterior abdominal que se extiende hasta el telson.	Verde oliva con cromatóforos
Estadio VI Desovado	Gónadas visibles a través del tegumento	Flácida y cremosa, deshaciéndose al tratar de removerlo	Verde rojizo

Apéndice 3. Estructuras sexuales externas presentes en adultos de camarones peneidos. A) Petasma del macho (vista lateral). B) Telicium de la hembra (Vista ventral) (Carpenter, 2002).



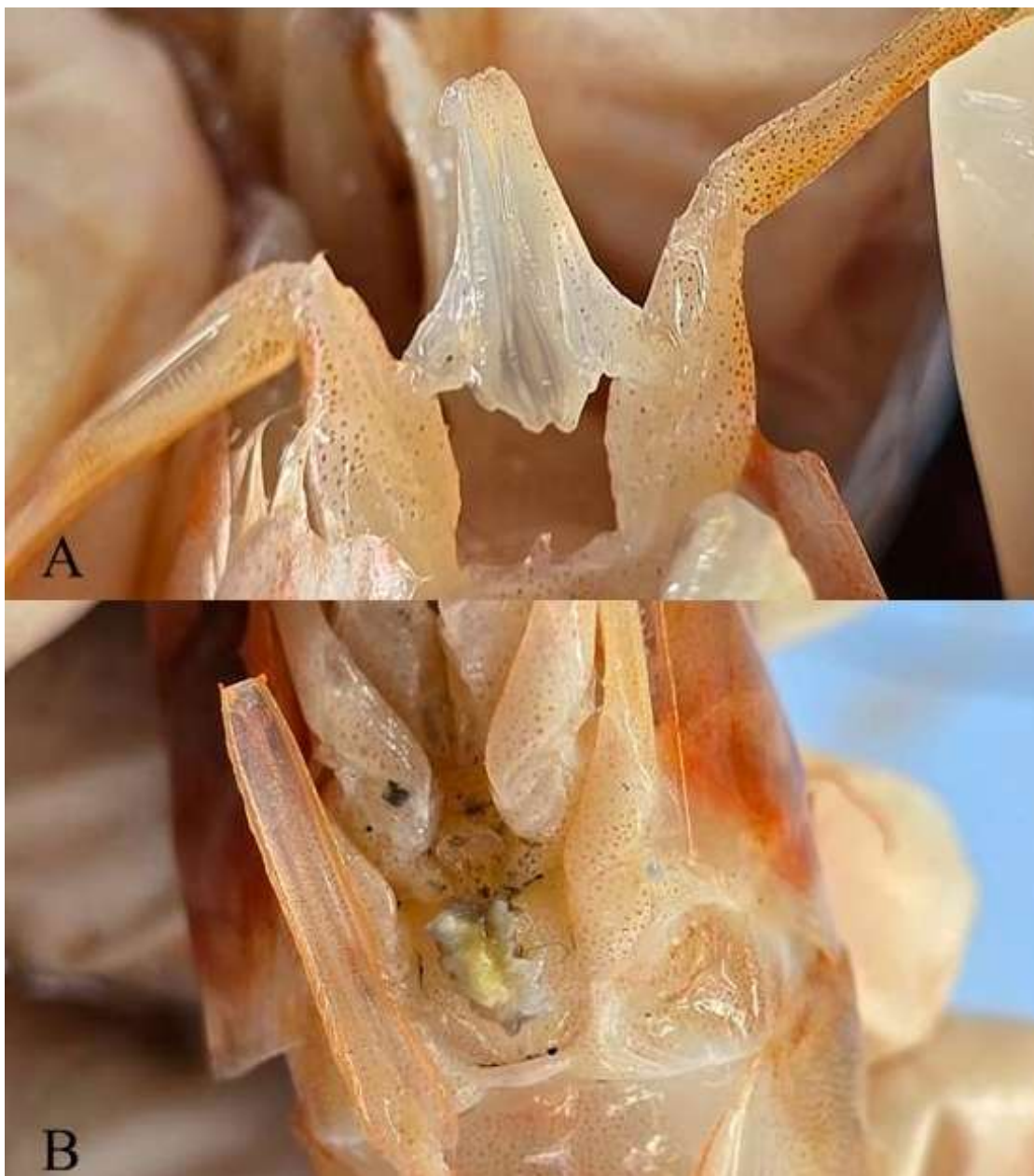
A



B

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 4. Evidencia fotográfica del proceso de identificación sexual en camarones peneidos analizados durante el proyecto DIGI 2025. Figura A. Petasma de *Penaeus vannamei*, observado en vista ventral. La estructura corresponde a la modificación del primer par de pleópodos del macho utilizada para la transferencia del espermatóforo. Figura B. Télico de *Penaeus vannamei*, observado en vista ventral. Estructura sexual externa característica de hembras de camarones peneidos.



Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 5. Gónada de hembra de *Penaeus stylirostris* en diferentes estadios de madurez gonadal. A) Estadio III (maduración); B) Estadio IV (maduro).



A



B

Apéndice 6. Gónada de hembra de *Penaeus vannamei* en diferentes estadios de madurez gonadal. A) Estadio III (maduración); B) Estadio IV (maduro).



A



B

Informe final de Proyecto de Investigación

Apéndice 7. Comparación macroscópica de la coloración gonadal en estadios avanzados de madurez entre *Penaeus vannamei* y *Penaeus stylirostris*.

Espece	Estadio III	Estadio IV	Característica distintiva
<i>Penaeus vannamei</i>	Amarillo claro a mostaza	Amarillo intenso a dorado	No presenta verde intenso
<i>Penaeus stylirostris</i>	Anaranjado a marrón claro	Verde oscuro	Color verde característico

Apéndice 7. Capacitación técnica sobre identificación de camarones peneidos dirigida a personal de DIPESCA.





Informe final de Proyecto de Investigación

Declaración del coordinador (a) del proyecto de investigación

El coordinador (a) de proyecto de investigación con base en el Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación, artículo 20, elaboró este informe en función de los datos recabados en el proyecto.

María Alejandra Paz Velásquez Licenciada en Acuicultura Coordinadora Proyecto	Firma
Fecha: 18/02/2026	

Aval del director (a) del instituto, centro, unidad o departamento de investigación o coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 19 del Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación cofinanciados por medio del Fondo de Investigación otorgo el aval al presente informe final de las actividades realizadas en el proyecto Determinación de la época de reproducción del camarón blanco (*Penaeus vannamei*) y chacalín (*Xiphopenaeus riveti*) en el Pacífico de Guatemala en mi calidad de Director del del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas -IIH-, mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

Vo.Bo. M. Sc. José Roberto Ortíz Coordinador del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas -IIH CEMA-USAC	Firma
Fecha: 18/02/2026	

Recepción de la Dirección General de Investigación

Vo.Bo. M. Sc. Andrea Rodas	Firma
Fecha: 18/02/2026	

/Digi2025