



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente
-PUIRNA-

Nombre del programa universitario de investigación de la Digi

Evaluación del potencial pesquero de la sardina de hebra (complejo *Opisthonema*) en
el Pacífico de Guatemala

Nombre del proyecto de investigación

4.8.26.4.68

Partida presupuestaria

Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas -IIH-
Centro de Estudios del Mar y Acuicultura
Universidad de San Carlos de Guatemala

Unidad académica o centro no adscrito a unidad académica avaladora

M.Sc. José Roberto Ortíz
M.Sc. Francisco Emanuel Polanco Vásquez
Licda. María Alejandra Paz Velásquez

Nombre del coordinador del proyecto y equipo de investigación contratado por Digi

Guatemala 16/02/2024

Lugar y fecha de presentación del informe final



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Contraportada

Autoridades

Dra. Alice Burgos Paniagua
Directora General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

M.Sc. Andrea Eunice Rodas Morán
Nombre Coordinador(a) del Programa de Investigación

Autores

M.Sc. José Roberto Ortíz
Nombre del coordinador del proyecto

M.Sc. Francisco Emanuel Polanco Vásquez
Nombre del investigador

Licda. María Alejandra Paz Velásquez
Nombre de la investigadora – Estudiante de posgrado CEMA-USAC

Colaboradores:

Hugo Martínez – Independiente

Kimberly Andrea González Zelada - Independiente

M.Sc. Cristopher Giovanni Avalos Castillo - Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

Lic. Luis Pedro García Arroyave - Centro de Estudios del Mar y Acuicultura

T.A. María Fernanda Valenzuela Orozco - Centro de Estudios del Mar y Acuicultura



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

DG Dirección General
de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

*“La Usac investiga para el
bienestar de las personas
y el desarrollo sustentable”*

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Universidad de San Carlos de Guatemala, Dirección General de Investigación (Digi), 2023. 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 **4.8.26.4.68** en el Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA). Los autores son responsables del contenido, de las condiciones éticas y legales de la investigación desarrollada.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Índice general

2. Introducción	1
3. Antecedentes	3
4. Planteamiento del problema	5
5. Marco teórico	6
5.1 Familia Clupeidae	6
5.2 Complejo <i>Opisthonema</i>	7
5.3 Diferencias fenotípicas	7
5.4 <i>Opisthonema libertate</i>	7
5.5 <i>Opisthonema medirastre</i>	8
5.6 <i>Opisthonema bulleri</i>	8
5.7 Hábitos alimenticios de la sardina de hebra	9
5.8 Biología reproductiva de la sardina de hebra	9
5.9 Parámetros de crecimiento de la sardina de hebra	9
5.10 Potencial pesquero de la sardina de hebra <i>Opisthonema</i> sp.	10
6. Estado del arte	11
7. Objetivos generales y específicos	14
8. Hipótesis	14
9. Materiales y métodos	15
9.1 Enfoque de la investigación	15
9.2 Método y recolección de la información	15
9.3 Técnicas e instrumentos	17
9.4 Operacionalización de las variables o unidades de análisis	20
9.5 Procesamiento y análisis de la información	21
10. Resultados y discusión	23
10.1 Resultados	23
10.1.1 Caracterización de la pesquería de sardina (complejo <i>Opisthonema</i>)	23
10.1.2 Identificación de las especies del género <i>Opisthonema</i>	28



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

10.1.3	Parámetros poblacionales para <i>Opisthonema bulleri</i>	30
10.1.4	Parámetros poblacionales para <i>Opisthonema libertate</i>	37
10.2	Discusión de resultados	44
11.	Conclusiones	50
12.	Recomendaciones	51
13.	Referencias	52
14.	Apéndice	59
15.	Vinculación	62
16.	Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual	63
17.	Aporte de la propuesta de investigación a las Prioridades Nacionales de Desarrollo PND	63



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Índice de figuras

Figura 1	Ubicación de las comunidades pesqueras muestreadas en el Pacífico de Guatemala	16
Figura 2	Relación entre el número de branquiespinas en el hueso ceratobranquial y la longitud estándar en tres especies del género <i>Opisthonema</i>	17
Figura 3	Embarcación Moises utilizada para capturar sardina en el Pacífico de Guatemala	24
Figura 4	Características del arte de pesca (red de cerco) para la captura de sardina	25
Figura 5	Arte de pesca (red de cerco) operando para capturar sardina en el Pacífico de Guatemala	25
Figura 6	Embarcaciones artesanales que capturan sardina como carnada	26
Figura 7	Trasmallo utilizado para capturar sardinas en Tecojate en una embarcación que se dedica a capturar bagres	27
Figura 8	Relación de la longitud patrón LP en cm con el número de branquiespinas en el hueso ceratobranquial del primer arco branquial	28
Figura 9	Fotografía al estereoscopio de las branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial de un espécimen de <i>Opisthonema bulleri</i>	29
Figura 10	Fotografía al estereoscopio de las branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial de un espécimen de <i>Opisthonema libertate</i>	29
Figura 11	Distribución de frecuencias de tallas de la longitud total de machos y hembras de <i>Opisthonema bulleri</i> en el Pacífico de Guatemala	30



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 12	Relación longitud total cm- - peso g de los machos de <i>Opisthonema bulleri</i> en el Pacífico de Guatemala	32
Figura 13	Relación longitud total cm- - peso g de las hembras de <i>Opisthonema bulleri</i> en el Pacífico de Guatemala	33
Figura 14	Edad calculada según la talla para el Pacífico de Guatemala para la especie <i>Opisthonema bulleri</i>	34
Figura 15	Mortalidad para <i>Opisthonema bulleri</i> utilizando la curva de captura	35
Figura 16	Proporción de estadios de madurez de hembras de <i>Opisthonema bulleri</i>	36
Figura 17	Proporción de estadios de madurez de machos de <i>Opisthonema bulleri</i>	36
Figura 18	Distribución de frecuencias de tallas de la longitud total de machos y hembras de <i>Opisthonema libertate</i> en el Pacífico de Guatemala	37
Figura 19	Relación longitud total cm- - peso g de los machos de <i>Opisthonema libertate</i> en el Pacífico de Guatemala	39
Figura 20	Relación longitud total cm- - peso g de las hembras de <i>Opisthonema libertate</i> en el Pacífico de Guatemala	40
Figura 21	Edad calculada según la talla para el Pacífico de Guatemala para la especie <i>Opisthonema libertate</i>	41
Figura 22	Mortalidad para <i>Opisthonema libertate</i> utilizando la curva de captura	42
Figura 23	Proporción de estadios de madurez de hembras de <i>Opisthonema libertate</i>	43
Figura 24	Proporción de estadios de madurez de machos de <i>Opisthonema libertate</i>	43



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Índice de tablas

Tabla 1	Operacionalización de las variables o unidades de análisis	20
Tabla 2	Parámetros biológicos de <i>Opisthonema libertate</i>	46
Tabla 3	Parámetros biológicos de <i>Opisthonema bulleri</i> y <i>Opisthonema mediraastre</i>	48

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

1 Resumen

Las especies de sardina del complejo *Opisthonema* son un recurso pesquero de importancia económica en el Pacífico oriental tropical, explotado de forma artesanal e industrial. El objetivo principal del estudio fue evaluar el potencial pesquero del complejo *Opisthonema* en el Pacífico de Guatemala. Se determinó que para Guatemala se presentan tres especies *Opisthonema bulleri*, *Opisthonema libertate* y *Opisthonema medirastre*, siendo la primera la más abundante (53%). En la actualidad no existe una pesquería plenamente desarrollada enfocada a la explotación de la sardina en Guatemala. Los pescadores artesanales aprovechan este recurso como carnada para la captura de peces demersales y una empresa se encuentra realizando faenas de prueba con fines comerciales a mediano plazo con una embarcación de mediana escala que emplea red de cerco para la captura de sardina. Las hembras de *O. bulleri* presentaron una longitud promedio de 20.97 ± 2.136 cm de longitud total (LT) y los machos de 20.46 ± 2.17 cm LT. Las hembras son levemente más grandes que los machos (*Mann Whitney* $p < .05$). La proporción sexual fue de 1.30:1 (♀: ♂). El 58% de las ♀ y el 54% de los ♂ se presentaron en estadios sexualmente maduros. Las hembras de *O. libertate* presentaron una longitud promedio de 20.11 ± 1.715 cm LT y los machos de 18.95 ± 1.307 cm LT. Las hembras mostraron ser más grandes que los machos (*Mann Whitney* $p < .05$). La proporción sexual fue de (♀: ♂). El 82% de las ♀ y el 77% de los ♂ se presentaron en estadios sexualmente maduros. Los hallazgos del presente estudio son una línea base de información biológica pesquera que puede ser utilizada para desarrollar una pesquería en torno a este recurso de una forma sustentable y ordenada desde el inicio. El manejo futuro de esta pesquería debe considerar la presencia de las tres especies de *Opisthonema* en el Pacífico guatemalteco.

Palabras clave: *Opisthonema bulleri*, *Opisthonema libertate*, pesquería, parámetros poblacionales.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Abstract

The sardine species of the *Opisthonema* complex are an economically important fishing resource in the eastern tropical Pacific, exploited in an artisanal and industrial manner. The main objective of the study was to evaluate the fishing potential of the *Opisthonema* complex in the Pacific of Guatemala. It was determined that for Guatemala there are three species *Opisthonema bulleri*, *Opisthonema libertate* and *Opisthonema medirastre*, the first being the most abundant (53%). Currently there is no fully developed fishery focused on sardine exploitation in Guatemala. Artisanal fishermen use this resource as bait to capture demersal fish and a company is carrying out test operations for medium-term commercial purposes with a medium-scale vessel that uses purse seine to capture sardines. *O. bulleri* females had an average length of 20.97 ± 2.136 cm total length (TL) and males 20.46 ± 2.17 cm TL. Females are slightly larger than males (Mann Whitney $p < .05$). The sex ratio was 1.30:1 (♀:♂). 58% of the ♀ and 54% of the ♂ occurred in sexually mature stages. *O. libertate* females had an average length of 20.11 ± 1.715 cm TL and males 18.95 ± 1.307 cm TL. Females were shown to be larger than males (Mann Whitney $p < .05$). The sex ratio was (♀:♂). 82% of the ♀ and 77% of the ♂ occurred in sexually mature stages. The findings of this study are a baseline of fishery biological information that can be used to develop a fishery around this resource in a sustainable and orderly manner from the beginning. The future management of this fishery must consider the presence of the three *Opisthonema* species in the Guatemalan Pacific.

Keywords: *Opisthonema bulleri*, *Opisthonema libertate*, fishery, population parameters.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

2 Introducción

Las sardinas del complejo *Opisthonema* son especies que representan una importancia económica en la zona donde se distribuyen (desde México hasta Perú), ya que a escala regional este grupo de peces es sometido a explotación pesquera a nivel artesanal e industrial. Actualmente, México, Costa Rica y El Salvador son los países cercanos a Guatemala en donde se desarrolla una mayor explotación pesquera de estas especies, siendo una fuente importante de ingresos económicos y de generación de empleos (Alcívar-Rosado, 2017; Jacob-Cervantes et al., 2014; Pérez, 2015; Vega-Corrales, 2010). México es uno de los países que lidera las capturas de sardinas, existen reportes de hasta 1,333,786 toneladas de captura total, donde *Opisthonema libertate* (Günther, 1867) representa entre 50% y 75% de las capturas (Pérez-Quiñones et al., 2018; Jacob-Cervantes et al., 2014). Lo cual concuerda con diversos estudios que reportan que *O. libertate* es la especie dominante del género *Opisthonema* en su zona de distribución natural, siendo esta desde Baja California Sur hasta Perú (Payan-Alejo et al., 2020; Vega-Corrales, 2010; Whitehead, 1985).

Las especies pertenecientes a la familia Clupeidae son peces pelágicos que habitan aguas marinas subtropicales y templadas (Martínez-Porcha, 2012). En el Pacífico centro oriental esta familia reporta seis géneros *Dorosoma*, *Etrumeus*, *Harengula*, *Lile*, *Sardinops* y *Opisthonema* distribuidas en 10 especies. El género *Opisthonema* se integra por tres especies: *Opisthonema mediraastre* (Berry & Barret, 1963), *Opisthonema bulleri* (Regan, 1904) y *O. libertate* (Fischer et al., 1995). Estas especies cuentan con una morfología muy similar, por lo que para su identificación es necesario realizar conteo de branquiespinas (Víguez et al., 1990). A estas tres especies, se les conoce como el complejo *Opisthonema*, derivado de sus similitudes fenotípicas. Estas respuestas fenotípicas indican que estas especies comparten rasgos morfológicos, su distribución y comportamiento. Además, hacen uso de zonas de pesca similares, presentan importancia comercial y son capturadas de la misma manera (Vaz-dos-Santos, 2023; Pérez, 2015; Vega-Corrales, 2010). Siendo unas de las características morfológicas de estas especies, la presencia de un último radio filamentoso largo en la aleta



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

dorsal, la presencia de una fila de escudetes que recorren la línea media ventral, filas de escamas dorsales entre la cabeza y la aleta dorsal y una molleja de forma elíptica (Berry & Barrett, 1963; Pérez-Quiñones, 2014). Se han evidenciado diferencias fenotípicas menores entre las especies, siendo la más importante el número de branquiespinas con relación a la longitud estándar del organismo. La cantidad de branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial varía de acuerdo con la especie; *O. libertate* es la especie que presenta el rango mayor con 63 a 110 branquiespinas, seguido de *O. medirastre* con 50 a 68 y *O. bulleri* con el menor número, presentando entre 23 a 36 (Berry & Barrett, 1963; Fischer et al., 1995; Pérez-Quiñones, 2014).

A nivel centroamericano la información sobre el complejo *Opisthonema* es escasa. En El Salvador, la explotación de la sardina de hebra a nivel comercial inicio a partir del 2013, estableciendo una cuota de captura anual de 6 toneladas métricas (TM) por embarcación y un máximo de 200 embarcaciones, siendo categorizada como un stock subexplotado (Pérez, 2015). En Costa Rica la especie más abundante en los desembarques fue *O. libertate*, para la cual se estimó una tasa de explotación (E) de 0.65 y para *O. medirastre* de 0.55 siendo categorizadas en un estado de plena explotación (Vega-Corrales, 2010). En Panamá en 2016, se evidenció que el género *Opisthonema* representó un 39% de la captura de pequeños pelágicos (Centro de desarrollo para la pesca [Cedepesca], 2016).

En Guatemala, la pesquería de sardina de hebra figura en la Ley General de Pesca y Acuicultura [Decreto 80-2002] y su Reglamento [Acuerdo gubernativo 223-2005] como una de las pesquerías que pueden ser autorizadas para el Pacífico, donde se establece a la red de cerco como arte de pesca autorizada (Congreso de la República de Guatemala, 2002). En 1986 se estimó una biomasa de aproximadamente 110,000 TM, posteriormente utilizando el método de área barrida se estimó que para las costas del Pacífico existen alrededor de 80,000 TM disponibles para la pesca, reportando una mayor abundancia de sardina frente a las costas del Puerto de Champerico y Puerto de San José a distancias de la línea de costa entre 20-10 millas



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

náuticas (MN) y profundidades entre los 20-30 m (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Medio Ambiente [Iarna], 2003; Salaverría, 2003). Esto sugiere que, en Guatemala, existe un potencial para desarrollar una pesquería dirigida a este recurso incrementando el aprovechamiento de la sardina hebra, con el principal fin de que los pescadores diversifiquen sus capturas y así aumentar sus ingresos económicos permitiéndoles tener una mejor calidad de vida.

Desafortunadamente, en la actualidad, en el Pacífico de Guatemala la sardina es utilizada únicamente como carnada para la captura de peces demersales con cimbra, no aprovechándose en su máximo potencial. Esto a pesar de que en el Reglamento de la Ley General de Pesca y Acuicultura en el Artículo 31 se establece que las especies de la familia Clupeidae son consideradas especies objetivo de pesca, así como también en el inciso c del Artículo 33 se hace mención de que las embarcaciones de mediana y gran escala pueden solicitar una licencia de pesca para capturar a la sardina de hebra *O. libertate* con red de cerco (Congreso de la República de Guatemala, 2002). Con base en lo anterior, este estudio pretende evaluar el potencial pesquero de la sardina de hebra en el Pacífico de Guatemala, mediante la estimación de los parámetros biológico-pesqueros de las especies, su estructura de tallas y la realización de una caracterización tecnológica de las embarcaciones que la capturan. La generación de esta información contribuirá no solo a determinar el potencial pesquero del recurso, sino también al desarrollo de una pesquería que aproveche de manera sostenible al recurso mediante la implementación de medidas de ordenamiento pesquero.

3 Antecedentes

El complejo *Opisthonema* está integrado por tres de las cinco especies de peces que componen el género *Opisthonema*, siendo estas: *O. medirastre*, *O. bulleri* y *O. libertate* (Fischer et al., 1995; Martínez-Porcha, 2012). Este complejo es de suma importancia económica ya que estas especies representan altos volúmenes de descarga de pesca en países como México, Ecuador y Chile (Alcívar-Rosado, 2017).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Como se menciona en este documento, existe muy poca información científica de este recurso y los pocos estudios están enfocados en taxonomía, caracterización de la pesquería, estimación de los parámetros poblacionales, reproducción, crecimiento y desarrollo gonádico pero el mayor problema es la falta de datos actualizados (Vega-Corrales, 2010). Guatemala no es la excepción a otros países de Latinoamérica que presentan muchas dificultades para generar información científica y la creación de medidas de ordenación que garanticen la sostenibilidad de los recursos pesqueros (Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura [Dipesca], 2018).

Con relación al complejo *Opisthonema*, el único estudio realizado en el país fue hace 21 años. Salaverria (2003), se enfocó en la estimación de la biomasa disponible del complejo *Opisthonema*, llevando a cabo 10 lances capturando un total de 23.0 toneladas métricas (TM). La captura promedio fue de 2 – 3 TM por lance de pesca, las áreas de mayor concentración de sardina fueron en el mar territorial frente a las costas de Puerto de Champerico y Puerto de San José a distancias entre 2-10 MN y a profundidades que oscilaron entre 20-30 m. Otro aspecto relevante fue que la sardina de hebra representó el 99.5% de la captura total, evidenciando que la captura incidental es muy reducida. Así mismo, estimó un Rendimiento Máximo Sostenible (RMS) para ese momento de 21,000 TM, sugiriendo un máximo de cuatro embarcaciones cerqueras y recomendando que se establecieran cuotas de captura/año, las cuáles deberían de cambiar con base en la disponibilidad del recurso. Sin embargo, en la actualidad no se ha desarrollado ninguna pesquería a nivel comercial que este dirigida a la sardina de hebra en el Pacífico de Guatemala.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

4 Planteamiento del problema

Las pesquerías tropicales de países latinoamericanos han evidenciado un incremento en el esfuerzo pesquero y un aumento de la demanda, sobre todo la pesca dirigida a especies tradicionales lo que ha conllevado a una disminución en cuanto a la disponibilidad del recurso y a la sobreexplotación de los stocks de dichas especies. Sumado a ello se evidencian problemáticas como los regímenes de acceso abierto, implementación poco efectiva en cuanto a regulaciones y estrategias de ordenación pesquera, poca inversión en investigación científica, escasa participación de los usuarios en el proceso de ordenamiento pesquero y falta de empleos alternativos a la pesca en las zonas costeras rurales (Begossi, 2010; Hernández-Padilla et al., 2020; Salas et al., 2007). Estos factores mencionados provocan el agotamiento de los stocks tradicionales de pesca, acompañado por la necesidad del sector pesquero por continuar generando ingresos. En este sentido, no solo se ha registrado una disminución en los volúmenes de captura empleando el mismo nivel de esfuerzo pesquero, sino también se observa la disminución en los tamaños promedio de las especies e incluso, en regiones con mayor presión, las especies con mayor valor en el mercado se han visto casi desaparecer de las zonas de pesca (King, 2013).

Se ha evidenciado que los parámetros poblacionales de las especies que son capturadas por flotas comerciales cambian a través del tiempo, esto dependiendo del grado de explotación del stock (Csirke, 1980; Gulland, 1971). Un stock pesquero puede ser considerado como una población cambiante en tamaño, estructura y composición, demostrando la importancia de su monitoreo en el tiempo (Vega-Corrales, 2010). Por lo que el manejo sostenible y racional de las pesquerías implica conocer los patrones espaciales y estructurales de las especies explotadas y los factores que promueven dichos patrones (Vaz-dos-Santos et al., 2023). En Costa Rica, los periodos de veda y la talla de primera captura establecidos por el ente regulador se encuentran totalmente desfasados de la época de desove y de la talla de primera madurez para la sardina hebra, evidenciando un mal manejo y gestión del recurso (Vega-Corrales, 2010).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Para Guatemala, la sardina de hebra es un recurso poco aprovechado por el sector pesquero del Pacífico de Guatemala, a pesar de que las especies que componen al complejo *Opisthonema* figuran como especies objetivo en el Reglamento de la Ley General de Pesca y Acuicultura. En este sentido, existe una oportunidad de mejorar e incrementar el aprovechamiento de estas especies, con el objetivo de dinamizar los ingresos económicos de los pescadores y mejorar sus condiciones de vida. El último estudio que se había realizado del complejo *Opisthonema* en el país se llevó a cabo hace 21 años (Salaverria, 2003). Derivado a la falta de información actualizada de este recurso, se realizó esta investigación con el objetivo de evaluar el potencial pesquero del recurso, generando información biológico-pesquera, la cual puede ser empleada para desarrollar no solo la pesquería sino también medidas de ordenación pesquera por parte de la autoridad nacional de pesca y generar un aprovechamiento sostenible del recurso.

5 Marco teórico

5.1 Familia Clupeidae

Son peces pequeños, generalmente entre 10 a 20 cm de longitud, cuerpo fusiforme, presentan mandíbula inferior corta. La mayoría de los clupeoideos son especies marinas, que se agrupan en grandes cardúmenes y forman la base de muchas pesquerías comerciales. Esta familia reporta seis géneros *Dorosoma*, *Etrumeus*, *Harengula*, *Lile*, *Sardinops* y *Opisthonema* (Fischer et al., 1995). El género *Opisthonema* se integra por cinco especies: *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818), *Opisthonema berlangai* (Berry & Barrett, 1963), *O. libertate*, *O. bulleri* y *O. mediraastre* (Pérez-Quiñonez, 2014). Este género se distingue por poseer una prolongación del último radio de la aleta dorsal y entre las especies existen algunas diferencias fenotípicas como la cantidad de branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial varía de acuerdo con la especie. *O. libertate* es la especie que presenta el rango mayor con 71 a 107 branquiespinas, seguido de *O. mediraastre* con 50 a 68 y *O. bulleri* con el menor número, presentando entre 28 a 35 (Berry & Barrett, 1963; Fischer et al., 1995; Pérez-Quiñones, 2014).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

5.2 Complejo *Opisthonema*

Las especies *O. medirastre*, *O. bulleri* y *O. libertate*, presentan similitudes fenotípicas, comparten el mismo hábitat y son de gran importancia comercial, derivado de lo anterior a estas tres especies se les denomina complejo *Opisthonema* (Vaz-dos-Santos et al, 2023; Pérez, 2015; Vega-Corrales, 2010). La mayoría de las capturas de sardinas por pesca, no se registran por especie, pero se ha reportado que la más abundante es *O. libertate* (Pérez-Quiñonez, 2014). En el sur del Golfo de California se ha reportado que entre el 50-75% de las capturas del complejo *Opisthonema* corresponden a *O. libertate* (Jacob-Cervantes & Aguirre-Villaseñor, 2014). De manera similar en el Pacífico costarricense en el Golfo de Nicoya, Vega Corrales (2010), reportó que el 78.4% de las capturas corresponde a esta especie, presentándose en menor abundancia *O. medirastre* (16.9%) y *O. bulleri* (4.7%). El autor reporta una discontinuidad en la aparición mensual de estas dos últimas especies.

5.3 Diferencias fenotípicas

Mediante análisis genéticos se evidenció la existencia de tres entidades taxonómicas que corresponden a las tres especies que conforman el género *Opisthonema*. De igual manera se confirmó que la relación del número de branquiespinas y la longitud total de los organismos es un factor determinante para su identificación a nivel de especie. Por otro lado, *O. bulleri* se diferencia de las otras dos especies por la altura de su cuerpo, mientras que la principal diferencia entre *O. libertate* y *O. medirastre* es la forma entre la aleta anal y la base del pedúnculo caudal, siendo la primera la que muestra una mayor depresión después de la aleta anal (Pérez-Quiñones, 2014).

5.4 *Opisthonema libertate*

O. libertate es una especie que presenta escamas cicloideas, cuerpo fusiforme, una sola aleta dorsal pequeña, las aletas pélvicas se encuentran por debajo de la aleta dorsal. Con 17 radios dorsales, 19-20 radios anales con ramificación, cuero moderadamente alto, aproximadamente un 38% de la longitud estándar, con el último radio dorsal alargado y filamentoso el cual se



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

extiende casi hasta la base de la aleta, con una aleta pectoral que sobrepasa el origen de la aleta dorsal y por último con ocho radios en las aletas pélvicas (Balart et al., 1997). Se ha registrado que *O. libertate* se alimenta de diatomeas como principal componente de su dieta, seguido de pequeños crustáceos pelágicos, huevos de peces y dinoflagelados. A pesar de no haber diferencias significativas en cuanto a la importancia de estos grupos en la alimentación de la especie, si se han registrado diferencias latitudinales en cuanto a la composición de la dieta. Esta especie ha sido catalogada como un forrajeador oportunista en lugar de un filtrador especializado (Jacob-Cervantes et al., 1992).

5.5 Opisthonema medirastre

O. medirastre reporta una talla máxima de 22 cm de longitud estándar, encontrándose comúnmente organismos de 20 cm. Especie pelágica de hábitos costeros que forma densos cardúmenes junto con *O. libertate* y *O. bulleri* y con una dieta basada en gasterópodos pelágicos y crustáceos (Fischer et al., 1995). En el Pacífico costarricense se evidenció mayor actividad reproductiva para esta especie durante el período de enero a abril (Rodríguez et al., 1986). Soto y Rodríguez (1988), estimaron una L_{∞} para hembras de 30.6 cm y L_{∞} para machos de 28.0 cm, de igual forma se evidenciaron valores bajos de la tasa de crecimiento para especies con ciclo de vida corto como *O. medirastre*. La talla media de madurez sexual fue de $L_{50} = 17.0$ cm de LT.

5.6 Opisthonema bulleri

O. bulleri reporta una talla máxima de 19.6 cm de longitud estándar, encontrándose comúnmente organismos de 18 cm. Especie pelágica de hábitos costeros que forma densos cardúmenes junto con *O. libertate* y *O. medirastre* y con una dieta basada en gasterópodos pelágicos y crustáceos (Fischer et al., 1995). Para Costa Rica se evidenció mayor actividad reproductiva para esta especie durante el período de abril a junio (Rodríguez et al., 1986). Así mismo, presenta entre 28 a 35 branquiespinas.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

5.7 Hábitos alimenticios de la sardina de hebra

Existen pocos estudios que indiquen los hábitos alimenticios de las especies que pertenecen al género *Opisthonema* (Rodríguez, 1988). Se conoce que *O. libertate* es un forrajeador oportunista, más que un filtrador especializado y que tiene preferencias por el fitoplancton. Existen reportes que indican que el fitoplancton constituye el 60% del contenido estomacal de esta especie, predominando las diatomeas, seguido de los dinoflagelados (Cellamare & Gómez, 2007; Jacob-Cervantes et al., 1992; Rodríguez, 1988). Por otro lado, *O. bulleri* se alimenta de crustáceos y pterópodos (Fischer et al., 1995).

5.8 Biología reproductiva de la sardina de hebra

Establecer la época reproductiva de los pequeños pelágicos es difícil, debido a la maduración asincrónica de los ovocitos y que estas especies realizan múltiples desoves. Estudios realizados indican que el periodo de máxima actividad reproductiva ocurre en los meses de junio a septiembre y que la inactividad reproductiva se registra de noviembre a febrero (Rodríguez, 1988). En su caso *O. libertate* puede tener una época de desove que abarca verano-otoño, mientras que *O. bulleri* lo hace en primavera-verano (Jacob-Cervantes & Aguirre-Villaseñor, 2014; Jacob, 2022). Existen seis fases de desarrollo gonádico de la escala de Nikolsy (1963) modificada por Cisneros-Mata (1987), siendo estas: la fase 0 que es indiferenciado, fase I inmaduro, fase II desarrollo, fase III en proceso de maduración, fase IV pre-desove y fase V post desove (Jacob, 2022; Rodríguez, 1988).

5.9 Parámetros de crecimiento de la sardina de hebra

Para establecer un uso y manejo sostenible de las pesquerías, es necesario conocer los parámetros de crecimiento y edad de las especies que conforman los stocks de pesca (Ruíz-Domínguez & Quiñonez-Velázquez, 2018). *O. libertate* y *O. medirastre* presentan en los otolitos formación de bandas hialinas con crecimiento anuales, las cuales terminan de marcarse en verano, esta formación coincide con la actividad reproductiva de estas especies. Asimismo, se han registrado entre cinco (0-4 años) y seis (0-5 años) grupos de edades, siendo los grupos



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

de edades más jóvenes (grupo 1 y 2) los más representativos entre las sardinas. En la Bahía Magdalena se estimaron parámetros como la longitud máxima teórica [L_{∞}], coeficiente de crecimiento [k] y la edad a la longitud cero [t_0]), los resultados obtenidos fueron: $L_{\infty} = 18.68$, $k = 1.13$ y $t_0 = -0.03$ (Ruiz-Domínguez & Quiñonez-Velázquez, 2018; Payan-Alejo et al., 2020).

5.10 Potencial pesquero de la sardina de hebra *Opisthonema* sp.

A nivel regional el género *Opisthonema* es de gran importancia económica, siendo objeto de explotación pesquera desde las costas de México hasta Perú, tanto por embarcaciones artesanales como industriales. El nombre común varía en la región, como: sardina de hebra, sardina crinuda, machuelo hembra, sardina gallera, arenque común, entre otros. Los países hacen distintos usos de este recurso en el Pacífico centro oriental, lo comercializan en forma de harina y aceite de pescado y de forma secundaria para consumo humano directo (Alcívar-Rosado, 2017). En la región Centroamericana, Panamá ha aprovechado este recurso en la elaboración de alimento animal. En Costa Rica es utilizado como carnada para atrapar otros peces de mayor valor comercial (Ruano & Hernández, 2008; Soto & Rodríguez, 1999). El Salvador ha realizado algunos esfuerzos para estimar la biomasa de este recurso, reportando biomasa de 12,000 hasta 15,000 TM, aunque todas las investigaciones concuerdan que el rendimiento máximo sostenible deber de encontrarse entre las 6 TM anuales (Ruano & Hernández, 2008, Pérez, 2015). En Guatemala la biomasa del recurso total de la sardina hebra es de aproximadamente 80,000 TM, siendo el rendimiento máximo sostenible de 21,000 TM anuales (Salavarría, 2003).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

6 Estado del arte

En el litoral Pacífico mexicano, los pelágicos menores son uno de los recursos pesqueros más importantes para la flota industrial de cerco, siendo el complejo *Opisthonema* el más representativo en las capturas, representando cerca del 57% de los desembarques (Jacob-Cervantes, 2010; Casas & Ponce, 1996). La especie de mayor abundancia en los desembarques es *O. libertate*, por lo cual la mayor parte de la investigación científica se ha centrado en esta especie, contando con información limitada sobre la biología pesquera de *O. medirastre* y *O. bulleri* (Payan-Alejo et al., 2020). Estudios relacionados a la biología reproductiva de *O. libertate* llevados a cabo en la zona del Golfo de California, registraron una talla media de madurez sexual (L_{50}) para las hembras de 135 mm (Jacob-Cervantes & Aguirre-Villaseñor, 2014). Una de las pocas investigaciones para *O. medirastre* establecen que esta especie presenta un crecimiento muy acelerado, pudiendo alcanzar hasta el 78% de la talla máxima en los primeros dos años de vida (Payan-Alejo et al., 2020). A pesar de la importancia pesquera que este recurso representa para México los datos obtenidos por Ruiz-Domínguez y Quiñonez-Velázquez (2018), establecen que este recurso no presenta indicios de sobreexplotación. En ese mismo año, Pérez-Quiñonez y colaboradores (2018), identificaron la existencia de tres stocks fenotípicos para este recurso, asociados principalmente a las zonas o puertos de desembarque en las costas mexicanas del Océano Pacífico Oriental.

Para Centroamérica, la información sobre el complejo *Opisthonema* es escasa. El Salvador es uno de los países donde el complejo *Opisthonema* es aprovechado por el sector pesquero artesanal, denominándole “menjuga”. Borrás (2002), desarrollo una investigación desde el Golfo de Fonseca hasta la frontera con Guatemala estableciendo una biomasa total del recurso, siendo esta de 14,703 toneladas. De acuerdo con Pérez (2015), el 78% de los pescadores artesanales capturan a la menjuga de forma incidental y el 22% restante se dedican estrictamente a la captura de este recurso. Acajutla (occidente) y la Bahía de Jiquilisco (oriente) fueron identificadas como dos de las principales zonas de pesca de este recurso en El Salvador. Cinco embarcaciones son las que se dedican exclusivamente a la captura de la menjuga, las



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

cuales faenan un promedio de 136 viajes por año cada una. Los ingresos promedio mensuales por pescador durante la época de estiaje son de US\$ 600-960 y en época lluviosa US\$ 40-160. Así mismo, Barahona y Salazar (2013), recomiendan que el rendimiento máximo sostenible debe encontrarse en 6 toneladas, explotando el recurso con permiso de 200 embarcaciones, capturando la “menjuga” con el arte de enmalle con malla de 9 con la técnica de cerco.

Rodríguez y colaboradores (1986) determinaron que, en el Golfo de Nicoya en el Pacífico costarricense, el desove de esta especie es continuo y se presenta durante todo el año, aunque los picos de mayor reproducción son diciembre y marzo. La proporción sexual solo mostró diferencias durante mayo, septiembre y diciembre, concluyendo que ambos sexos pueden predominar en las capturas de las embarcaciones comerciales. Se evidenció una alta variación respecto al número de oocitos y un mismo peso o talla. La fecundidad promedio fue de 412.6 huevos por gramo de pez. Vega-Corrales (2010), determinó para la misma zona el período de desove y reclutamiento de *O. libertate* evidenciando que la especie desova intensamente durante la época de febrero a mayo y el principal período de reclutamiento se presenta entre septiembre y noviembre. De igual forma estimó una talla media de madurez sexual para *O. libertate* de 18.68 cm de LT y la ecuación de crecimiento de Von Bertalanffy fue de $L_t = 25.9 [1 - \exp(-1.03(t+0.13))]$ y para *O. medirastre* $L_t = 32.0 [1 - \exp(-1.10(t+0.15))]$. Determinó un índice de explotación para ambas especies de plena explotación, observando una mejoría en este parámetro en comparación con estudios realizados en años anteriores en la misma zona geográfica. Recomendó como medidas de manejo una veda espacio-temporal y no incrementar el esfuerzo pesquero en la zona.

En Sur América, se sabe que, en el Pacífico colombiano, la pesca dirigida a pequeños pelágicos se centra en la captura de *Opisthonema* sp. y *Cetengraulis mysticetus* (Günther, 1867). Esta pesquería inició en los años '80, manteniendo un esfuerzo de pesca constante y no superando las 10 embarcaciones, aunque es importante mencionar que en el país vecino Panamá, operan embarcaciones de bandera colombiana (Díaz et al., 2011). Urdánigo y Vizúeta (2009)



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

estudiaron el stock de *O. libertate* en la provincia de Manabí, Ecuador determinando una talla promedio de captura de 24.61 cm y un intervalo de tallas entre 20.3-30.1 cm de LT. La relación talla-peso entre hembras y machos no presento diferencias significativas ($p > 0.05$), estimándose una ecuación común de $y = 0.0117x^2.9364$ la cual evidencia un crecimiento isométrico. La especie se reproduce durante todo el año, pero la mayor actividad gonadal se presentó en febrero y julio.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

7 Objetivos (generales y específicos)

7.1 Objetivo general:

- Evaluar el potencial pesquero de la sardina de hebra (complejo *Opisthonema*) en el litoral Pacífico de Guatemala.

7.2 Objetivos específicos:

- Caracterizar la pesca artesanal de la sardina de hebra (complejo *Opisthonema*) en el litoral Pacífico de Guatemala.
- Estimar los parámetros poblacionales de las especies que conforman al complejo *Opisthonema* en el litoral Pacífico de Guatemala.
- Determinar la estructura de tallas de las especies que conforman al complejo *Opisthonema* en el litoral Pacífico de Guatemala.

8 Hipótesis

La sardina de hebra (complejo *Opisthonema*) presenta un elevado potencial pesquero para desarrollar una pesquería a nivel comercial en el litoral Pacífico de Guatemala.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

9 Materiales y métodos

9.1 Enfoque de la investigación

El enfoque de esta investigación fue mixto ya que se analizaron variables cualitativas de la actividad pesquera dirigida a la captura de sardina y variables cuantitativas de los parámetros biológicos de las especies de sardina capturadas. Las variables cualitativas fueron utilizadas para describir diferentes aspectos tecnológicos y económicos de la faena.

9.2 Método y recolección de la información

Para la caracterización de la actividad pesquera dirigida a la captura de sardina del complejo *Opisthonema*, se identificaron las embarcaciones que capturaban de forma dirigida a la sardina, de tres comunidades del litoral Pacífico de Guatemala: Buena Vista, Sipacate y Tecojate (Figura 1). La colecta de los organismos se realizó dependiendo de la disponibilidad del recurso de dos pesquerías: 1) pesca artesanal (Buena Vista y Tecojate) y 2) pesca de sardina de mediana escala (Buena Vista). Se llevaron a cabo siete muestreos durante el período de abril a diciembre del 2023, procurando para la mayoría de estos coleccionar más de 30 organismos (abril= 35 sardinias, mayo= 19, junio= 38, julio= 68, agosto= 90, septiembre= 67 y diciembre= 96).

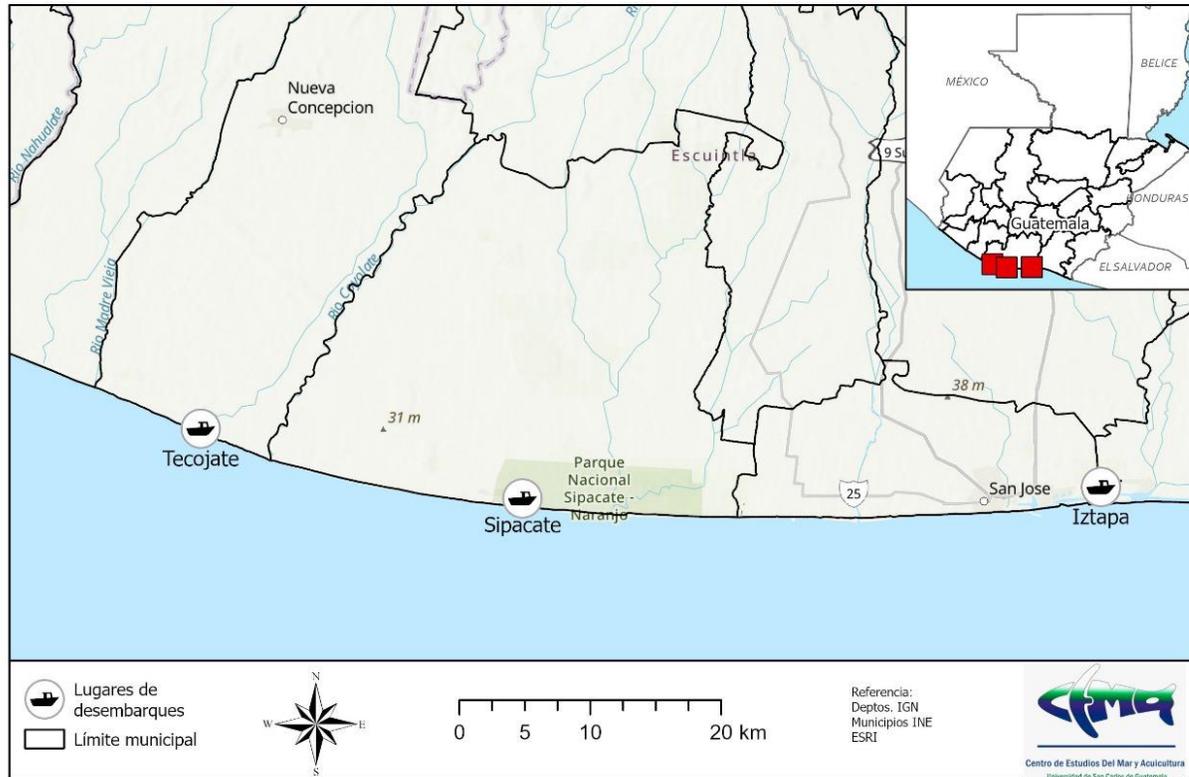
Posterior a la selección de las comunidades donde se realiza un aprovechamiento de la sardina (Buena Vista y Tecojate), se llevaron a cabo visitas mensuales con una duración de una semana al mes. El criterio de selección de los organismos fue contar con la mayor representatividad de tallas. Las sardinias fueron enhieladas y trasladadas a condiciones de laboratorio para realizar la identificación taxonómica, el registro de información morfométrica externa y posterior disección para evaluar aspectos reproductivos.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 1.

Ubicación de las comunidades pesqueras muestreadas en el Pacífico de Guatemala



De cada organismo se registraron las siguientes variables: 1) longitud total en cm, 2) longitud precaudal en cm, 3) longitud furcal en cm, 4) peso total en g, 5) peso de la gónada en g, 6) peso del hígado en g, 7) sexo, 8) estadio de maduración sexual y 9) número de branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial (Anexo 2). Cada organismo fue identificado a nivel de especie mediante la estimación de la relación entre el número de branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial y la longitud estándar (Figura 2). *O. bulleri* presenta un número bajo de branquiespinas (23 a 36 en organismos mayores a 10 cm de longitud estándar), *O. libertate* (en organismos mayores a 14 cm de longitud estándar) presenta entre 63 a 110 branquiespinas y *O.*

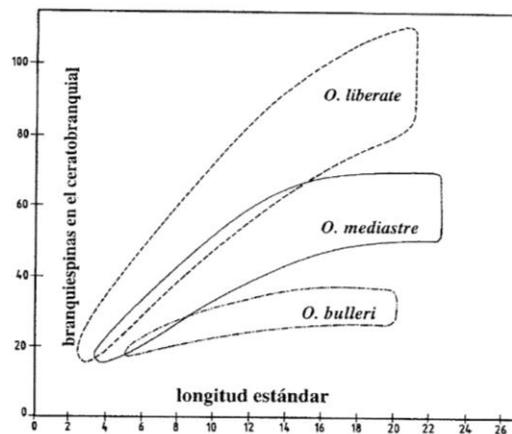


Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

medirastre entre 41 a 69 (en organismos mayores a 14 cm de longitud estándar) (Berry & Barrett, 1963; Fischer et al., 1995; Pérez-Quñones, 2014).

Figura 2.

Relación entre el número de branquiespinas en el hueso ceratobranquial y la longitud estándar en tres especies del género *Opisthonema* (Fischer et al., 1995).



9.3 Técnicas e instrumentos

- Caracterización de la pesquería

Se seleccionaron tres de las comunidades de pescadores más importantes en términos de número de pescadores en el litoral Pacífico de Guatemala (Buena Vista, Sipacate y Tecojate), en las cuáles se identificaron a las embarcaciones que capturaban de forma dirigida y/o incidental a la sardina de hebra. Mediante una boleta se registró información sobre las faenas de pesca, los costos de la faena y las capturas (Anexo 1).

- Estimación de los parámetros poblacionales

Se estimaron las siguientes variables por especie: 1) crecimiento, 2) proporción de sexos, 3) porcentaje de estadios de madurez sexual, 4) edad, 5) mortalidad natural, 6) mortalidad por pesca y 7) mortalidad total.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

El sexado de los organismos se realizó mediante la disección y observación macroscópica de ciertas características de la gónada. El desarrollo y la madurez sexual de las especies fue determinado utilizando la escala macroscópica propuesta por Rodríguez y colaboradores (1986) y modificada por Vega-Cendejas y colaboradores (1997):

- Estadio I: Sardina indefinida, ausencia de gónadas, no es posible definir el sexo, se presenta en individuos jóvenes.
- Estadio II: Sardina virgen, gónadas pequeñas, huevos no visibles a simple vista, ovarios de color blanco o rojizo claro; testículos de blanquecinos a rojizos o grisáceos.
- Estadio III: Sardina madura, las gónadas ocupan casi la mitad del cuerpo, de 2 a 3 cm de largo, los huevos visibles son relativamente pocos. Ovario de color vino, rojizo o naranja, en los casos de reabsorción se pueden ver vasos sanguíneos prominentes; testículos grisáceos.
- Estadio IV: Sardina en desove, gónada grande, huevos observables a simple vista, estos son redondos, opacos o transparentes, de color naranja o amarillento; testículos blancos en diferentes tonalidades.
- Estadio V: Sardina desovada, gónada grande en forma de bolsa ensangrentada, ovarios vacíos o con huevos residuales; testículos largos y flácidos, pueden contener remanentes de esperma.

Para determinar la estructura de edades de cada una de las especies se utilizaron los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy generados para el Pacífico de Costa Rica (Vega-Corrales, 2010). Para *O. libertate* se utilizaron los siguientes parámetros: $k= 1.03$, $L_{inf}=27.5$ cm y la $t_0=-0.1$. Para *O. bulleri* se utilizaron los siguientes parámetros: $k= 1.1$, $L_{inf}=29.5$ cm y la $t_0=-0.15$. Para esto de la fórmula original de Von Bertalanffy se despejó para t la cual se refiere a la edad que depende de la talla quedando la fórmula de la siguiente forma:



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

$$t = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{G_{\infty}}{G_{\infty} - G(t)} \right) + t_0$$

Donde t es la edad según la talla G(t); G_{∞} se refiere a la longitud infinita y k es la tasa de crecimiento de la especie, finalmente t_0 se refiere a la talla de nacimiento de la especie.

La mortalidad se calculó utilizando paqueterías de R studio. Para el cálculo de la mortalidad natural M se utilizó la paquetería TropFishR utilizando la metodología de Pauly (1980), Rikther y Efanov (1976) y Roff (1984) las cuales se promediaron. Para la mortalidad total se utilizó la paquetería FSA utilizando el método de curva de captura.

- Determinación de la estructura de tallas

La estructura de tallas se analizó por medio de los histogramas de tallas y la estimación de parámetros estadísticos básicos como talla promedio, valor máximo y mínimo, desviación estándar, etc.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

9.4 Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Tabla 1

Operacionalización de las variables o unidades de análisis

Objetivos específicos	VARIABLES O UNIDADES DE ANÁLISIS que serán consideradas	Forma en que se medirán, clasificarán o cualificarán
Caracterizar la pesca artesanal de la sardina de hebra (complejo <i>Opisthonema</i>) en el litoral Pacífico de Guatemala.	Arte de pesca	Tipo de arte de pesca y sus características.
	Características de la embarcación	Eslora, manga, capacidad de almacenamiento, potencia de motor.
	Aspectos de la faena de pesca.	Duración de la faena, distancia de pesca, profundidad de pesca, número de tripulantes, tiempo de remojo del arte de pesca, costos de operación
	Esfuerzo de pesca	Número de embarcaciones.
	Volumen de captura	Libras de sardina de hebra por faena.
Estimar los parámetros poblacionales de las especies que conforman al complejo <i>Opisthonema</i> en el litoral Pacífico de Guatemala.	Crecimiento por especie	Parámetros de a y b de la ecuación de crecimiento.
	Proporción de sexos por especie.	%
	% de estadios de madurez sexual	Centímetros
	Edad por especie	Años
	Mortalidad natural (M)	Adimensional
	Mortalidad por pesca (F)	
	Mortalidad total (Z)	
Determinar la estructura de tallas de las especies que conforman al complejo <i>Opisthonema</i> en el litoral Pacífico de Guatemala.	Longitud total promedio por especie.	Centímetros
	Intervalo de tallas por especie.	Centímetros
	Proporción de sexos por especie.	Porcentaje



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

9.5 Procesamiento y análisis de la información

Se realizó una comparación de variables como la longitud total, peso total, longitud máxima teórica, constante de crecimiento, edad a la longitud cero, talla media de madurez sexual, coeficiente de alometría y tasa de explotación de los resultados obtenidos en el presente estudio de las especies que conforman al complejo *Opisthonema*, con investigaciones desarrolladas en diferentes regiones del Pacífico mexicano, Costa Rica y Ecuador (Cajas-Flores et al., 2022; Fuentes, 1983; Jacob-Cervantes & Aguirre-Villaseñor, 2014; Martínez, 2019; Soto & Rodríguez, 1999; Ruíz, 2019; Ruíz, 2015; Ruíz-Domínguez & Quiñónez-Velásquez, 2018; Vallarta-Zaráte et al., 2023; Vega-Corrales, 2010; Zamora-Sarabia et al., 2022).

Los análisis estadísticos se realizaron en el programa de R Studio y Excel utilizando funciones incluidas en ambos programas. Se realizó un histograma de frecuencias de tallas para observar la estructura de tallas de machos y hembras de las distintas especies registradas. Se empleó un análisis de varianza para evaluar diferencias estadísticas entre las tallas de machos y hembras por especie. Para determinar la proporción de sexos, se contabilizó el total de ejemplares de cada sexo y se dividió entre el total de organismos colectados por especie. La proporción obtenida se analizó bajo la hipótesis nula de que existe una proporción 1:1, la prueba estadística a utilizada fue la prueba de chi-cuadrada (χ^2) con corrección de Yates y una confianza del 95%.

Para describir la relación entre la longitud total y el peso de cada una de las especies muestreadas se utilizó la ecuación potencial propuesta por Sparre y Venema (1997):

$$PT = a * LF^b$$

Donde:

- PT = Peso total en g
- LF = Longitud total en cm
- a = Intercepto



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- b = Coeficiente de alometría

Para evaluar si el valor de “ b ” era diferente del valor teórico de crecimiento isométrico (3), se aplicó una prueba t de Student. De igual manera, para evaluar si existen diferencias significativas en la relación longitud-peso entre sexos se llevó a cabo un análisis de covarianza (Ancova) (Zar, 1996).

Para realizar la reconstrucción de las edades de las especies de *Opisthonema*, se utilizó la ecuación de von Bertalanffy complementada con la ecuación de Pauly, utilizando la siguiente fórmula:

$$L_t = L_\infty [1 - \exp^{-k(t-t_0)}]$$

Donde:

- L_t = Longitud del pez en la edad “ t ”
- L_∞ = constante, longitud asintótica (cm) (longitud que el pez puede alcanzar cuando $t = \infty$).
- K = constante, coeficiente de crecimiento
- t = edad del pez (años)
- t_0 = representa la edad del pez (años) cuando su longitud es igual a cero; este parámetro será estimado por medio de la ecuación de Pauly:

$$\text{Log}([L_t - L_0]) = 0.3922 - (0.2752 \log_{10} [L_\infty(\text{cm}) - (1.038 \log K/\text{año})])$$

La mortalidad total (Z) se estimó con el método de Beverton y Holt y la mortalidad natural (M) por la fórmula empírica de Pauly utilizadas en Vega-Corrales (2010), mediante el TropFishR: Tropical Fisheries Analysis with R. R package version 1.2.1 en el programa R Studio (Mildenberger et al., 2018). Al obtener la mortalidad natural y la mortalidad total, se estimará la mortalidad por pesca (F) a través de $Z = F + M$, lo cual permite determinar el coeficiente de explotación (E) con la siguiente fórmula: $E = F/Z$.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

10 Resultados y discusión

10.1 Resultados

10.1.1 Caracterización de la pesquería de sardina (complejo *Opisthonema*)

Actualmente en el Pacífico de Guatemala no existe ninguna pesquería plena o altamente desarrollada que se dedique a las capturas comerciales del complejo *Opisthonema*, únicamente se detectaron dos formas de explotación:

- Pesquería de mediana escala de sardina en el Pacífico de Guatemala

Existe una empresa que está realizando estudios y prospecciones para determinar el potencial comercial de este grupo de especies, pero se encuentran en fase de desarrollo al haber únicamente una embarcación. La embarcación pertenece a la categoría de mediana escala, que tradicionalmente se conocen como barcos tiburoneros, al cual le adaptaron la tecnología para poder operar el arte de pesca sardinero.

Las faenas de pesca duran aproximadamente 24 h. La embarcación utilizada es considerada como un barco de mediana escala, el nombre es Moises. Tiene una eslora de 70 pies de largo. El material de fabricación es de fibra de vidrio y de metal. Cuenta con un motor de la marca Cummins 310 diesel de 300 caballos de fuerza. La embarcación cuenta con dos bodegas de almacenamiento, con capacidad de almacenar hasta de 15 toneladas cada bodega (Figura 3). Las faenas de pesca se realizan durante el día, con una duración aproximada de hasta 15 horas. La embarcación tiene la capacidad de albergar hasta 10 marineros. Actualmente solo hay una embarcación operando.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 3.

Embarcación Moises utilizada para capturar sardina en el Pacífico de Guatemala.



El arte de pesca que utilizan es una red de cerco de 250 metros de largo con una caída de malla de 36 metros. El material de fabricación en la relinga superior es de cabo de polipropileno color verde el cual utiliza seis flotadores por metro, cabecero de cabo de nylon negro en los laterales y en la relinga inferior está fabricada por cuerda poliamida negra. En la parte superior cuenta con 24 flotadores y en la parte inferior con 40 anillos de acero inoxidable de varilla como plomos separados cada 5 m. La luz de malla de la red en las primeras 30 mallas de altura es de 28.6 mm, al igual que en las últimas 30 mallas de altura. El resto de la red es de una luz de malla de 14.3 mm (Figura 4 y 5). El valor aproximado por faena de pesca es de 1000 USD, esto incluye el pago de salarios de la tripulación que es de aproximadamente seis personas, alimentación y pago de combustible. Las capturas que se han reportado son de aproximadamente 841 kg (1,850.2 lb) por faena de pesca, con un máximo de 1,814 (3,990.8 lb) y un mínimo de 208 kg (457.6 lb).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 4.

Características del arte de pesca (red de cerco) para la captura de sardina.

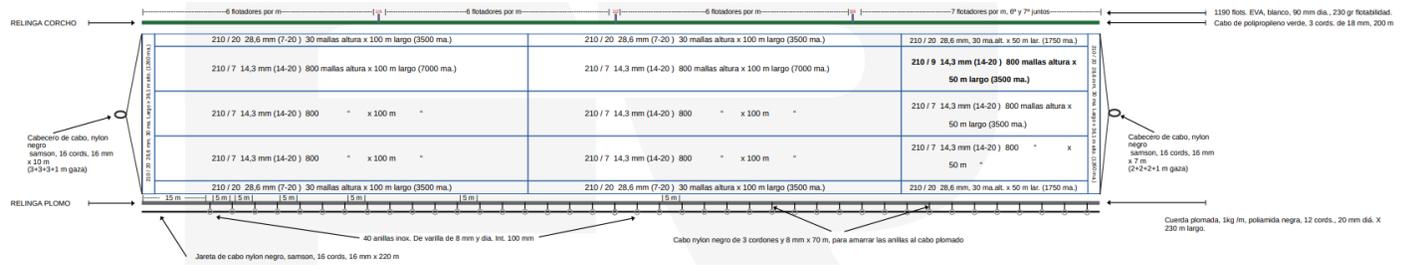
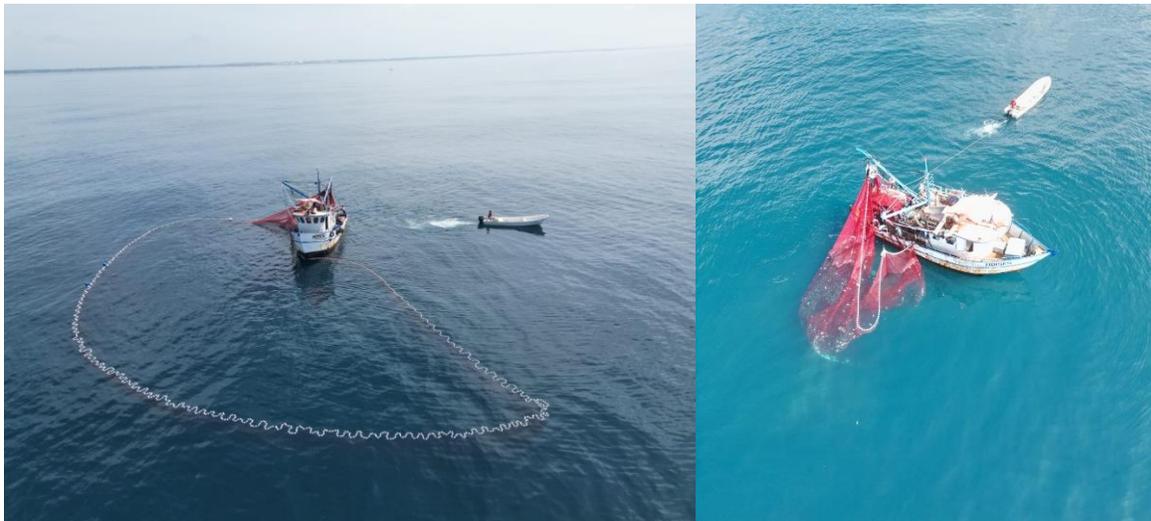


Figura 5.

Arte de pesca (red de cerco) operando para capturar sardina en el Pacífico de Guatemala.



- Captura de sardina para ser empleada como carnada de especies pelágicas

En el Pacífico de Guatemala en algunas comunidades como Buena Vista en Iztapa y Tecojate en Nueva Concepción algunos pescadores capturan estas especies con el objetivo de utilizarlas para carnada y ser señuelo para especies conocidas como bagres (familia Ariidae). En términos generales no se podría catalogar como una pesquería desarrollada, ya que con las mismas embarcaciones que utilizan para capturar las especies objetivos capturan al complejo *Opisthonema* y la cantidad de pescadores no sobrepasa los 20 pescadores por comunidad.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Las embarcaciones utilizadas son lanchas de pesca artesanal fabricadas con fibra de vidrio las cuales tienen un tamaño de 23 pies de eslora y utilizan únicamente un motor fuera de borda de 40 caballos de fuerza. El número de pescadores que participan en la faena de pesca son dos personas y las faenas duran entre dos y tres días. Las embarcaciones no cuentan con bodega de almacenamiento, en cambio los pescadores han adaptado refrigeradores de fibra de vidrio como hieleras, algunos otros utilizan hieleras grandes (Figura 6).

Figura 6.

Embarcaciones artesanales que capturan sardina como carnada.



El arte de pesca utilizado para capturar a estas especies es un trasmallo de 300 metros de largo y de aproximadamente 6 metros de alto. Localmente se conoce como trasmallo malla 10, esto significa que al momento de medir una cuarta de un trasmallo se van a poder contabilizar al menos 10 nudos (Figura 7). Dependiendo del pescador es el número de bollas y de lastre utilizado, tanto en la relinga superior como en la inferior.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 7.

Trasmallo utilizado para capturar sardinas en Tecojate en una embarcación que se dedica a capturar bagres.



El costo de la faena se divide en gasto de hielo (Q90), alimentación (Q250.00) y gasolina (Q 500- 800), pero este gasto no es exclusivo para capturar sardinas, es el gasto general de la faena de pesca donde el objetivo es capturar especies demersales. La captura de sardina es una parte de la faena de algunas embarcaciones que la utilizan como carnada. Para la captura de estas especies el trasmallo se utiliza en la superficie o flotado, generalmente al momento de salir a la faena los pescadores lo primero que realizan es la captura de las sardinas para poder utilizarla en la misma faena de pesca. El tiempo de mojado del trasmallo sardinero va de una hora a tres horas, ya que no pueden dedicar mucho tiempo debido a que el objetivo es capturar otras especies que si son objeto principal de captura y que presentan un mayor valor comercial.



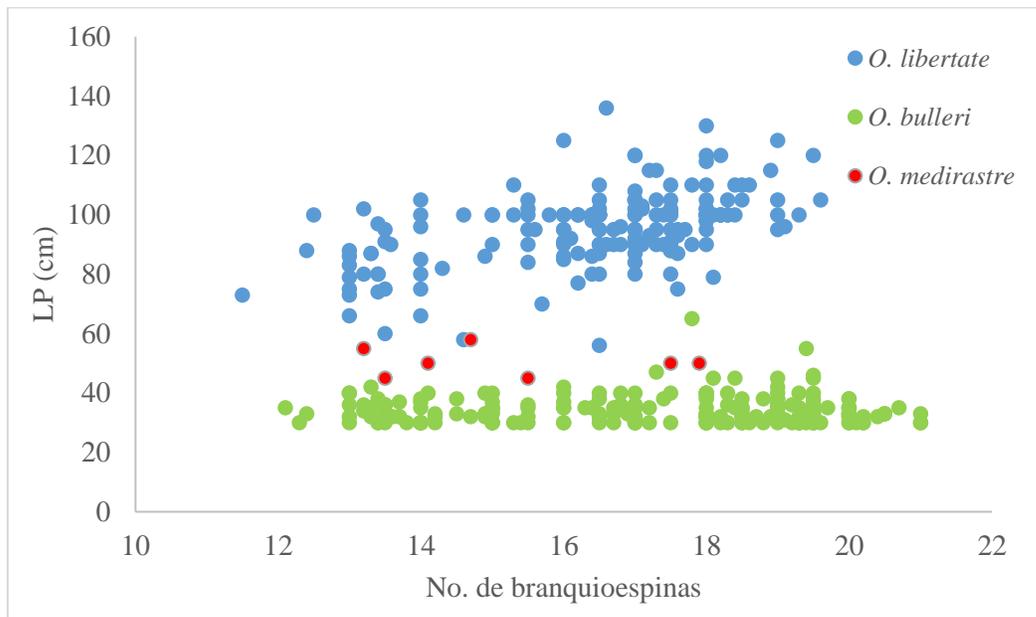
Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

10.1.2 Identificación de las especies del género *Opisthonema*

Se colectaron 407 organismos identificando tres especies del complejo *Opisthonema*, de los cuales 216 organismos son de la especie *O. bulleri* (53%), 184 organismos de *O. libertate* (45%) y siete organismos de *O. medirastre* (2%) (Figura 8). La identificación se realizó por medio del conteo de branquiespinas en el hueso ceratobranquial del primer arco branquial y la relación con la longitud patrón (LP). *O. bulleri* presentó un rango de branquiespinas entre 30 a 65 (Figura 9), para *O. libertate* el número mínimo de branquiespinas fue de 56 y el máximo de 136 (Figura 10) y para *O. medirastre* fue de 45 a 58 branquiespinas.

Figura 8.

Relación de la longitud patrón LP en cm con el número de branquiespinas en el hueso ceratobranquial del primer arco branquial.





Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 9.

*Fotografía al estereoscopio de las branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial de un espécimen de *Opisthonema bulleri*.*

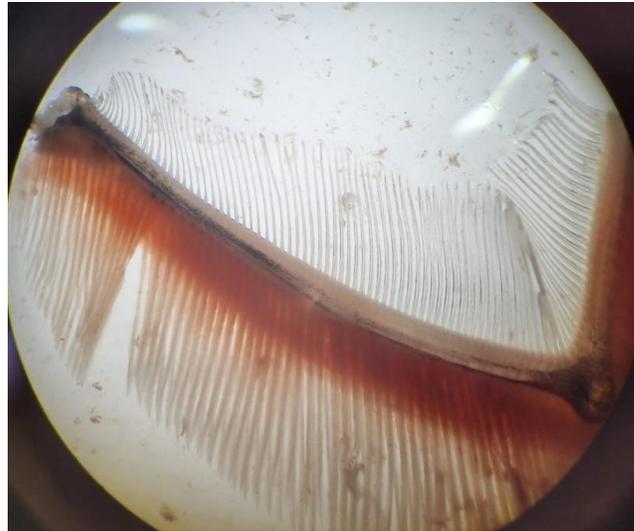


Figura 10.

*Fotografía al estereoscopio de las branquiespinas del hueso ceratobranquial del primer arco branquial de un espécimen de *Opisthonema libertate*.*





Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

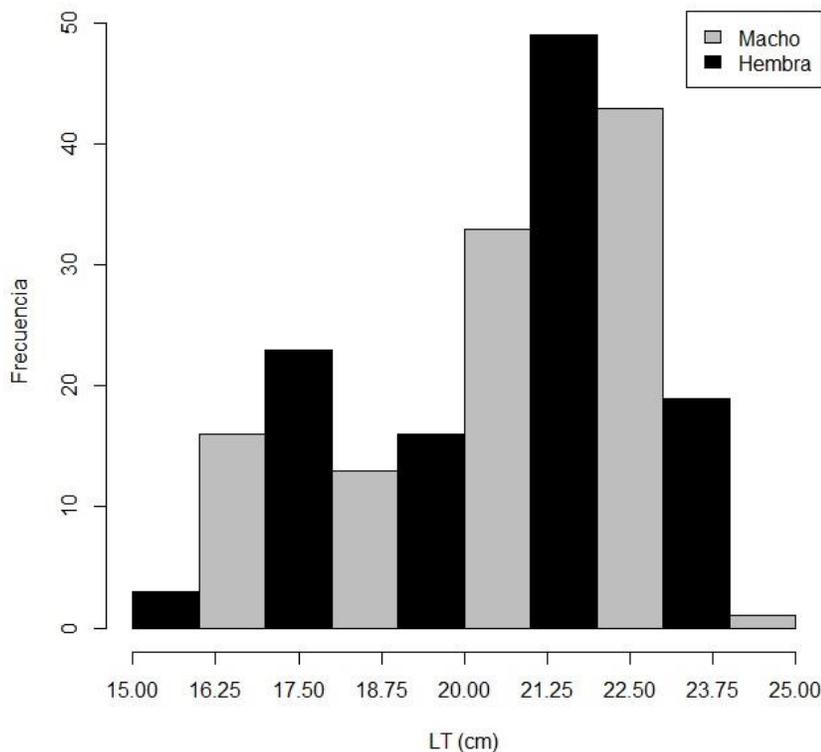
10.1.3 Parámetros poblacionales para *Opisthonema bulleri*

- Estructura de tallas

Se utilizó información morfométrica de 216 organismos, 122 hembras y 94 machos. Las hembras presentaron una talla promedio de 20.97 ± 2.136 cm LT y un intervalo de talla de 115.5-24.8 cm LT. La talla promedio de los machos fue de 20.46 ± 2.17 cm LT. Y un intervalo de talla de 15.5-24 cm LT (Figura 11). Los datos de longitud total de las hembras y machos no se distribuyeron de manera normal (K-S $p < .05$). Según la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, se encontraron diferencias estadísticas entre las LT de los dos sexos ($p < .05$). Las hembras son levemente más grandes que los machos.

Figura 11.

*Distribución de frecuencias de tallas de la longitud total de machos y hembras de *Opisthonema bulleri* en el Pacífico de Guatemala.*





Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Relación talla (longitud total)-peso

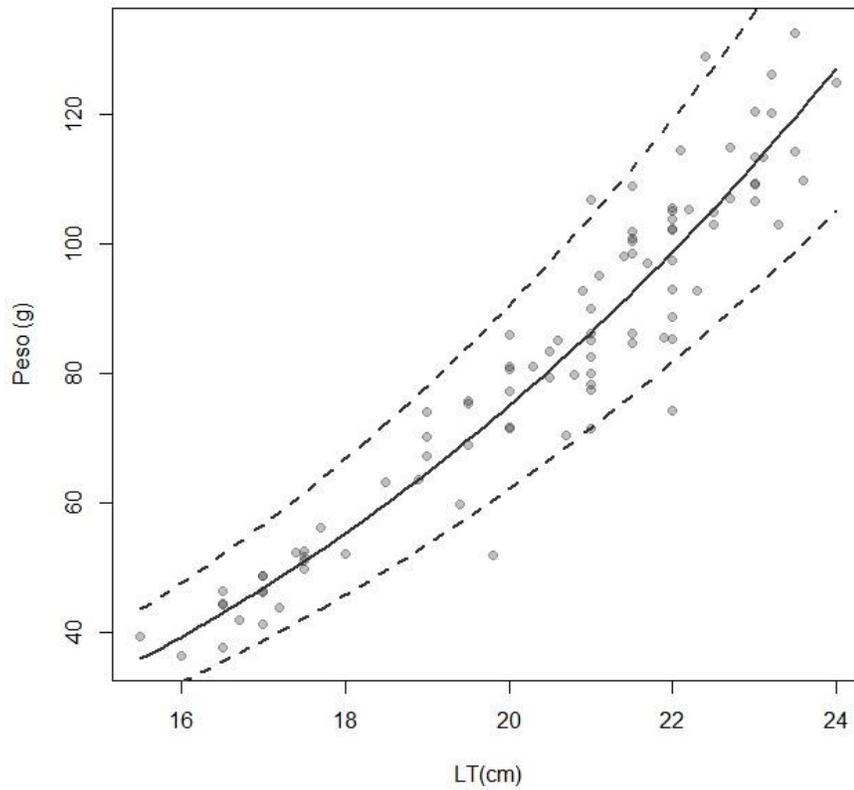
Se utilizó el peso (g) de cada uno de los organismos para estimar la relación entre la longitud total y el peso, de estos 122 eran hembras y 94 machos. Las hembras presentaron un peso promedio de 92.22 ± 25.20 g, el intervalo fue de 38.3-148 g. El peso promedio de los machos fue de 82.86 ± 24.88 g, y un intervalo de peso de 36.5-132.5 g. El análisis de covarianza realizado a fin de verificar si el crecimiento era diferente o igual en los dos sexos, el resultado no mostro mostró diferencias entre el valor de b ($p > .05$) pero si del intercepto (a; $p = .001$). La relación talla-peso, utilizándose los datos de los machos resultó de la siguiente manera: $b = 2.89$; $a = 0.1513$, con valor de significancia de $p < .05$, indica la existencia de una relación lineal significativa entre los valores de la talla y el peso, el valor de la r^2 fue de 0.92 (Figura 12). La relación talla-peso de las hembras resultó de la siguiente manera: $b = 2.82$, $a = 0.169$, con valor de significancia de $p < .05$, indica la existencia de una relación lineal significativa entre los valores de la longitud total y el peso, el valor de la r^2 fue de 0.91 (Figura 13). Según lo observado en el grupo de machos, la prueba t de Student demostró que el valor de b no es significativamente diferente de 3 ($p = .2726$). Este resultado, significa y comprueba que crece de forma isométrica. Para hembras la prueba t de Student demostró que el valor de b es diferente a 3 ($p = .0267$). Este resultado, significa y comprueba que crece de forma alométrica negativa.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 12.

*Relación longitud total cm - peso g de los machos de *Opisthonema bulleri* en el Pacífico de Guatemala.*

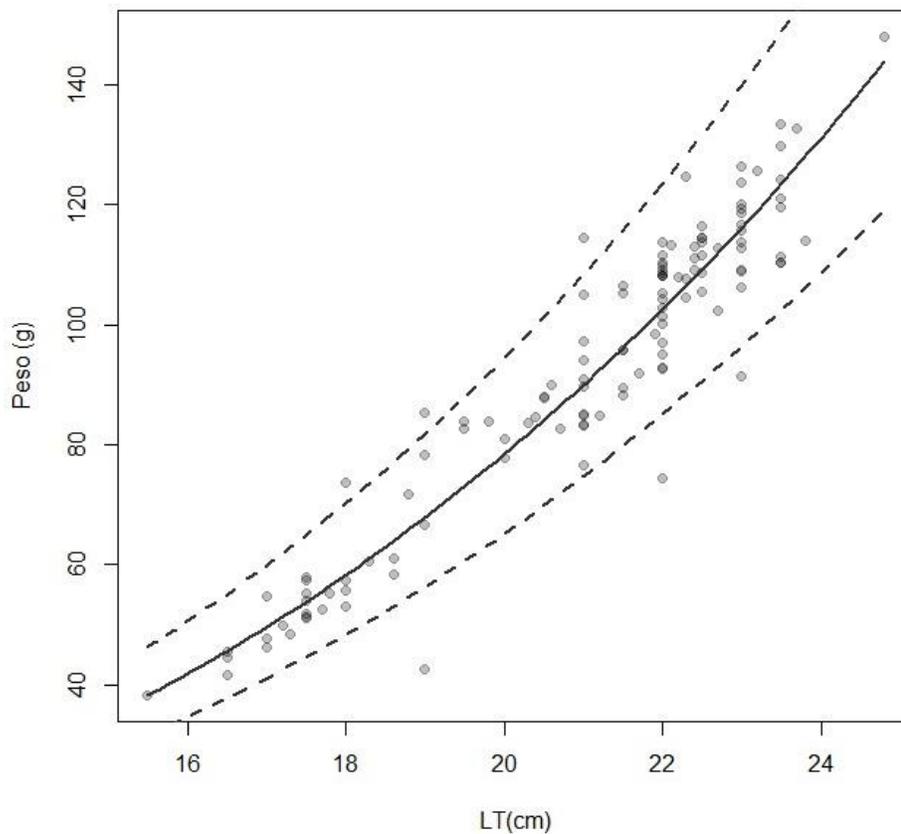




Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 13.

Relación longitud total cm - peso g de las hembras de *Opisthonema bulleri* en el Pacífico de Guatemala.



- Edad y crecimiento

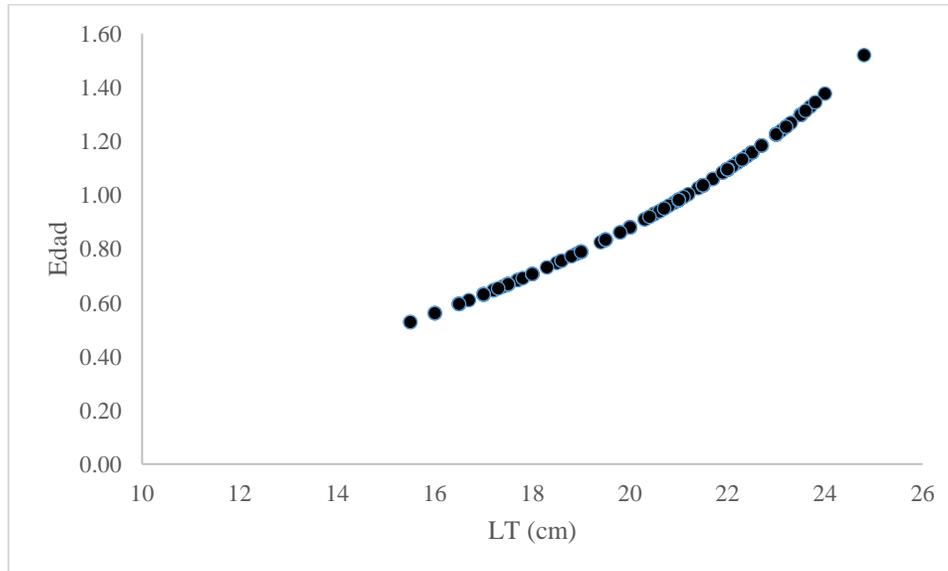
Utilizando los parámetros (k 1.1, L_{∞} 29.8 y t_0 -0.11) de la ecuación de Von Bertalanffy generados para el Pacífico de Costa Rica (Vega-Corrales, 2010) y utilizando las tallas encontradas en este trabajo se calculó la edad de los organismos capturados durante los muestreos. La edad promedio fue de 0.98 años ± 0.21 con un intervalo de 0.53 a 1.52 años (Figura 14).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 14.

*Edad calculada según la talla para el Pacífico de Guatemala para la especie *Opisthonema bulleri*.*



- Tasas de mortalidad

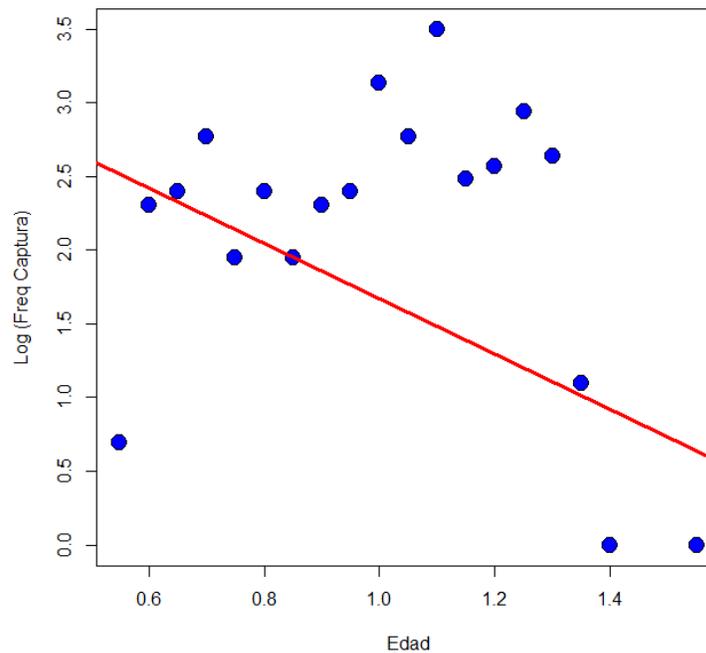
La mortalidad natural calculada para cada uno de los métodos fue Pauly (1980) 1.91, Rikther y Efanov (1976) 2.15 y Roff (1984) 3.87. El promedio de la mortalidad natural M fue de 2.64. La mortalidad total utilizando el método de curva de captura 7.10 (Figura 15). La mortalidad por pesca F es de 4.46.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 15.

*Mortalidad para *Opisthonema bulleri* utilizando la curva de captura*



- Aspectos reproductivos

La proporción sexual resultó de 1.30:1 hembras por cada macho, no se mostró diferencias estadísticas según la prueba de chi cuadrada ($X^2= 3.38$; $p>.05$). Las proporciones de los estadios de madurez sexual en hembras de *O. bulleri* se distribuyeron de la siguiente forma: estadio I 1%, II 41%, estadio III 37% y estadio IV 21%, esto quiere decir que el 42% de las hembras se encontraban en estadios sexualmente inmaduros y el 58% restante se trataba de hembras sexualmente maduras (Figura 16). Para los machos el porcentaje de los estadios de madurez sexual fue de 1% estadio I, 45% estadio II, 35% estadio III y 19% estadio IV, lo que significa que el 46% de los machos se encontraba en estadios sexualmente inmaduros y el 54% restante se trataba de machos sexualmente maduros (Figura 17).

No fue posible estimar la talla media de madurez sexual L_{50} para *O. bulleri* debido a que se tenían pocos organismos inmaduros, por lo que el análisis no fue significativo. En el caso de



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

las hembras se reportaron 51 organismos como inmaduros lo que corresponde al 41%, para los machos se reportaron 50 organismos inmaduros representando el 53%. Para esta especie la mitad de los organismos fueron maduros.

Figura 16.

Proporción de estadios de madurez de hembras de Opisthonema bulleri

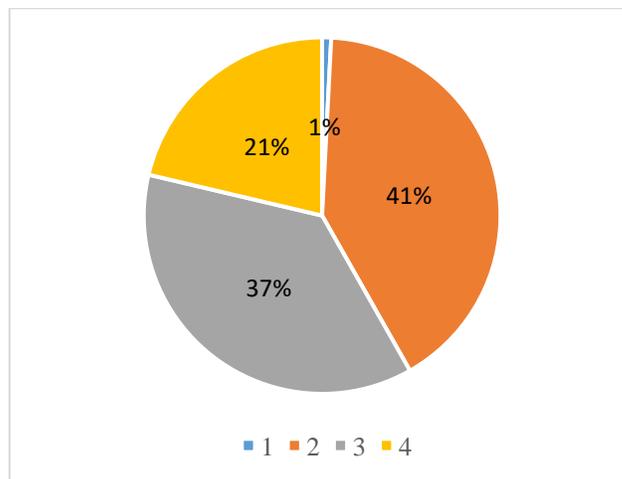
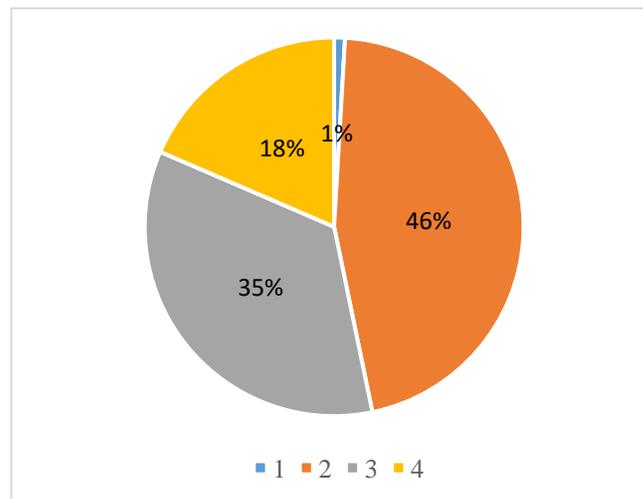


Figura 17.

Proporción de estadios de madurez de machos de Opisthonema bulleri



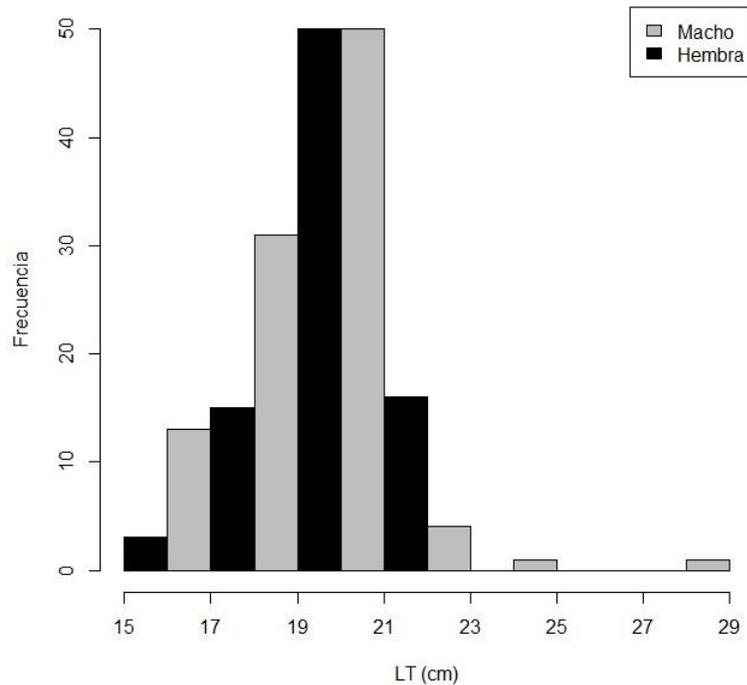
Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

10.1.4 Parámetros poblacionales para *Opisthonema libertate*

Se utilizó información morfométrica de 184 organismos, 112 hembras y 72 machos. Las hembras presentaron una talla promedio de 20.11 ± 1.715 cm de longitud total (LT) y un intervalo de talla de 15.4-28 cm LT. La talla promedio de los machos fue de 18.95 ± 1.307 cm LT. Y un intervalo de talla de 15.4-23 cm LT (Figura 18). Los datos de longitud total de las hembras no se distribuyeron de manera normal Kolmogorov-Smirnov (K-S $p < .05$). Los datos de los machos se distribuyeron de manera normal (K-S $p > .05$). Según la prueba no paramétrica de Mann-Whitney, se encontraron diferencias estadísticas entre las LT de los dos sexos ($p < .05$), siendo las hembras más grandes que los machos.

Figura 18.

*Distribución de frecuencias de tallas de la longitud total de machos y hembras de *Opisthonema libertate* en el Pacífico de Guatemala.*





Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Relación Talla (Longitud total)-peso

Se utilizó el peso (g) de cada uno de los organismos para estimar la relación entre la longitud total y el peso, de estos 112 eran hembras y 72 machos. Las hembras presentaron un peso promedio de 86.06 ± 20.97 gramos (g), el intervalo fue de 41.4-182.3 g. El peso promedio de los machos fue de 68.07 ± 15.96 g, y un intervalo de peso de 33.10-111.90 g. El análisis de covarianza realizado a fin de verificar si el crecimiento era diferente o igual en los dos sexos, el resultado no mostro mostró diferencias entre el valor de b ($p > .05$) pero si del intercepto (a; $p = .0024$).

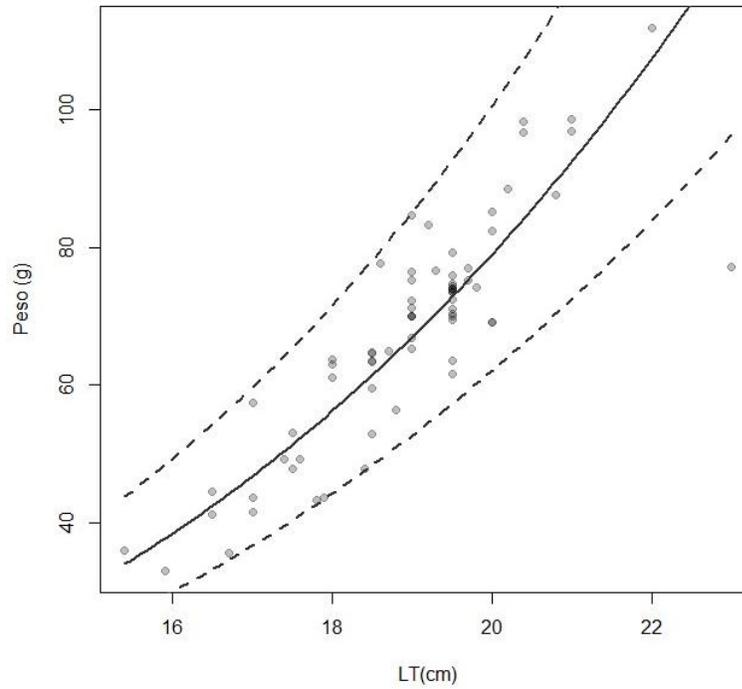
La relación talla-peso, utilizándose los datos de los machos resultó de la siguiente manera: $b = 3.225$; $a = 0.1004$, con valor de significancia de $p < 0.05$, indica la existencia de una relación lineal significativa entre los valores de la talla y el peso, el valor de la r^2 fue de 0.78 (Figura 19). La relación talla-peso de las hembras resultó de la siguiente manera: $b = 2.99$, $a = 0.137$, con valor de significancia de $p < 0.05$, indica la existencia de una relación lineal significativa entre los valores de la longitud total y el peso, el valor de la r^2 fue de 0.765 (Figura 20). Según lo observado en el grupo de machos, la prueba t de Student demostró que el valor de b no es significativamente diferente de 3 ($p = .2726$). Este resultado, significa y comprueba que crece de forma isométrica. Para hembras la prueba t de Student demostró que el valor de b es igual a 3 ($p = .9945$). Este resultado, significa y comprueba que crece de forma isométrica.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 19.

*Relación longitud total cm - peso g de los machos de *Opisthonema libertate* en el Pacífico de Guatemala.*

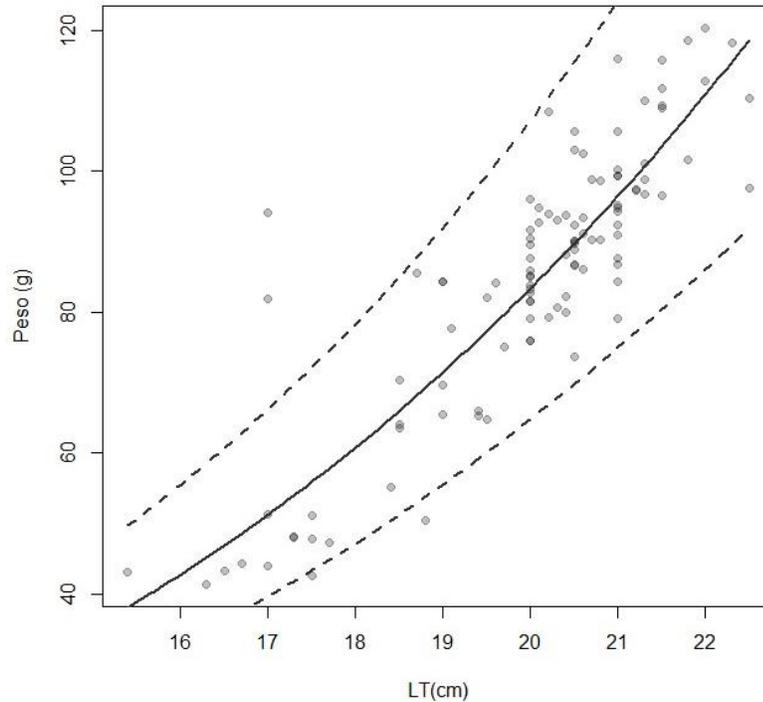




Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 20.

*Relación longitud total cm - peso g de las hembras de *Opisthonema libertate* en el Pacífico de Guatemala.*



- Edad y crecimiento

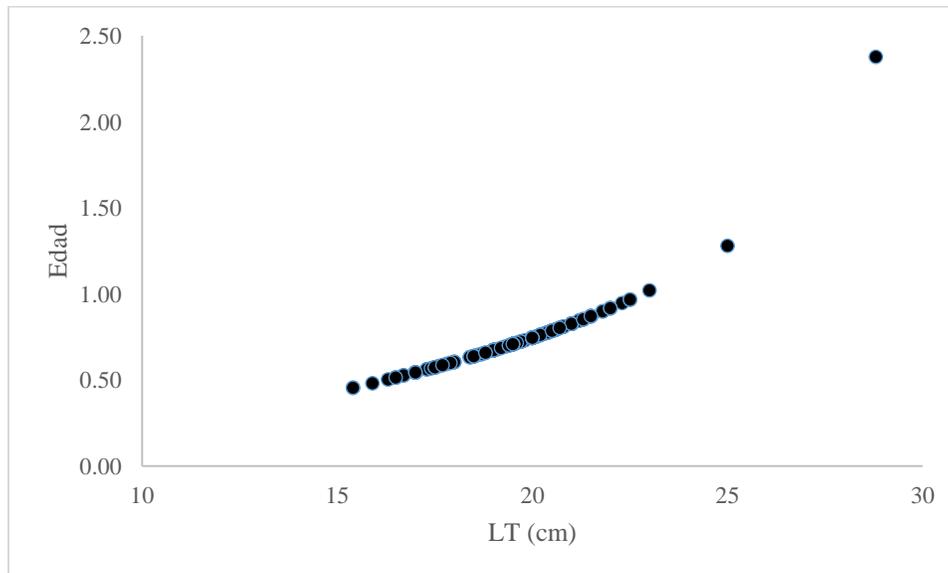
Utilizando los parámetros (k 1.3, L_{∞} 30 y t_0 -0.1) de la ecuación de Von Bertalanffy generados para el Pacífico de Costa Rica (Corrales, 2010) y utilizando las tallas encontradas en este trabajo se calculó la edad de los organismos capturados durante los muestreos. La edad promedio fue de 1.13 años \pm 0.19 con un intervalo de 0.70 a 2.23 años (Figura 21).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 21.

*Edad calculada según la talla para el Pacífico de Guatemala para la especie *Opisthonema libertate**



- Tasas de mortalidad

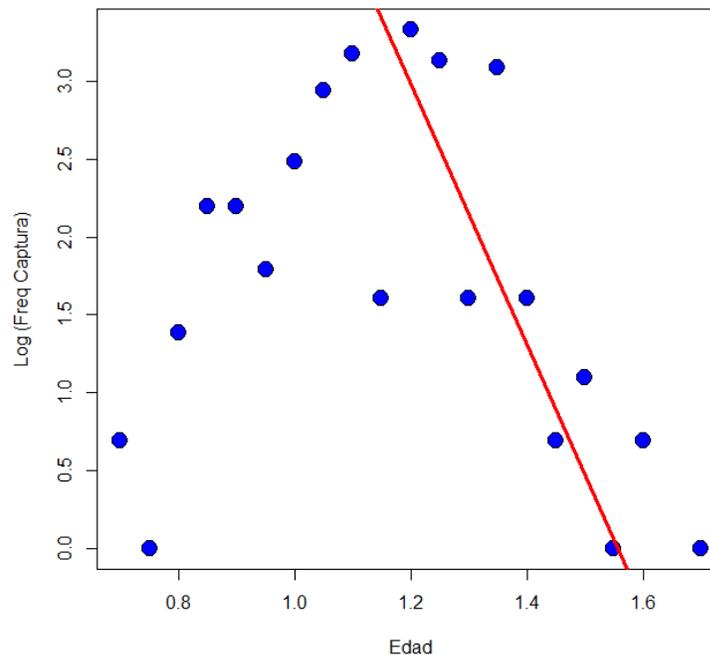
La mortalidad natural calculada para cada uno de los métodos fue Pauly (1980) 1.86, Rikther y Efanov (1976) 1.91 y Roff (1984) 3.24. El promedio de la mortalidad natural M fue de 2.33. La mortalidad total utilizando el método de curva de captura 6.76 (Figura 22). La mortalidad por pesca F es de 3.52.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Figura 22.

*Mortalidad para *Opisthonema libertate* utilizando la curva de captura*



- Aspectos reproductivos

La proporción sexual resultó de 1.56:1 hembras por cada macho, se mostró diferencias estadísticas según la prueba de chi cuadrada ($X^2 = 8.27$; $p < .05$). Las proporciones de los estadios de madurez sexual en hembras de *O. libertate* se distribuyeron de la siguiente forma: estadio II 18%, estadio III 59% y estadio IV 23%, esto quiere decir que el 18% de las hembras se encontraban en estadios sexualmente inmaduros y el 82% restante se trataba de hembras sexualmente maduras (Figura 23). Para los machos el porcentaje de los estadios de madurez sexual fue de 23% estadio II, 66% estadio III, 6% estadio IV y 5% estadio V, lo que significa que el 23% de los machos se encontraba en estadios sexualmente inmaduros y el 77% restante se trataba de machos sexualmente maduros (Figura 24).

No fue posible estimar la talla media de madurez sexual L_{50} para *O. libertate* debido a que se tenían pocos organismos inmaduros, por lo que el análisis no fue significativo. En el caso de



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

las hembras solo se reportaron 11 hembras como inmaduras lo que corresponde al 9.7%, para los machos únicamente 22 organismos fueron inmaduros representando el 16.17%. Tanto para hembras como para machos la gran mayoría de organismos fueron catalogados como maduros.

Figura 23.

Proporción de estadios de madurez de hembras de Opisthonema libertate

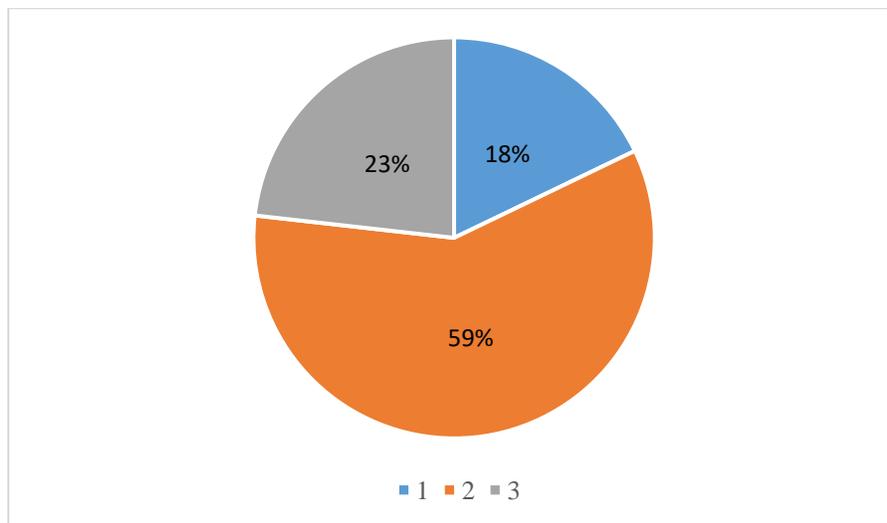
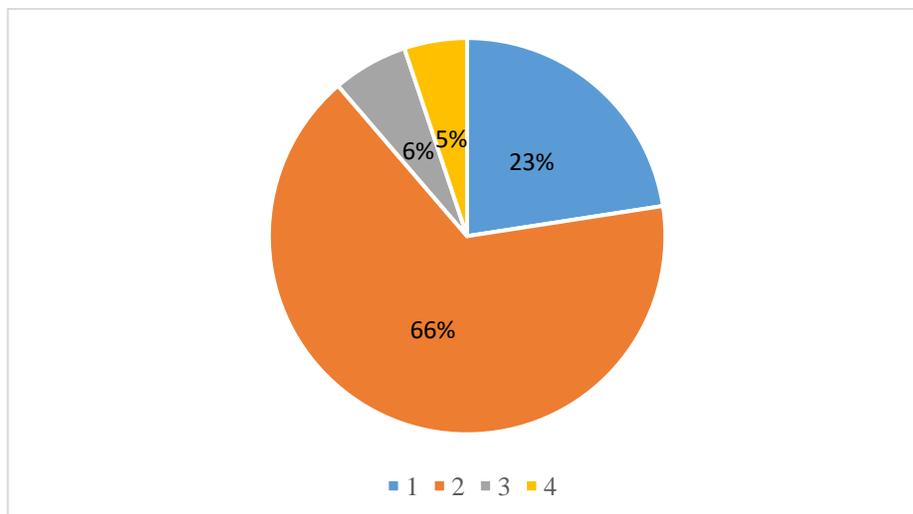


Figura 24.

Proporción de estadios de madurez de machos de Opisthonema libertate





Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

10.2 Discusión de resultados

Según las características mencionadas por Froese y Kesner-Reyes (2002) en cuanto a la clasificación de los diferentes estados de explotación o aprovechamiento de una pesquería; esta actividad en el Pacífico de Guatemala se puede catalogar como una pesquería en subdesarrollo o subexplotada ya que el esfuerzo pesquero para extraer este recurso ha sido mínimo. Esto mismo lo reporta Pérez (2015) para el Pacífico de El Salvador, donde mencionan que la pesquería de sardina la consideran en subdesarrollo debido al nivel de aprovechamiento. Actualmente en el Pacífico de Guatemala el principal uso que se le da a este recurso es como carnada o señuelo para capturar bagres, principalmente en dos comunidades Tecojate, Nueva Concepción Escuintla y en Ocos San Marcos por parte de los pescadores artesanales. Estos bagres son capturados con un arte de pesca llamado cimbra el cual es un palangre de fondo. En el 2002 se menciona que se realizaron los primeros esfuerzos de explotar esta pesquería en el Pacífico de Guatemala (Iarna, 2003). Hasta el año 2023 se volvieron a reanudaron los esfuerzos para poder aprovechar comercialmente este recurso por medio de una empresa pesquera que actualmente se encuentra desarrollando pruebas para perfeccionar la técnica de pesca en aguas guatemaltecas.

Por primera vez para el Pacífico de Guatemala se reporta la presencia de dos especies del complejo *Opisthonema*; *O. bulleri* y *O. medirastre*, ya que en estudios realizados anteriormente solo se reportaba la presencia de *O. libertate* (Iarna, 2003; Salaverria, 2003). Ninguno de estos estudios presenta la forma mediante la cual se identificaron las especies, tema que es muy importante debido a la dificultad de identificar a los organismos por sus similitudes fenotípicas. En estos mismos estudios se mencionaba que la especie más abundante era *O. libertate*, nuestro estudio demuestra que la especie más abundante es *O. bulleri* y en segundo lugar *O. libertate*. Esto coincide con lo reportado para el Golfo de Tehuantepec donde se reporta que la especie más abundante es *O. bulleri* con el 91% seguido de *O. libertate* con el 8.75% finalmente *O. medirastre* represento el 0.25% (Vallarta-Zárate et al., 2023). En el año 2021 se encontró que el 93% correspondió a *O. bulleri* (Vallarta-Zárate et al., 2021).



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Por primera vez para el Pacífico de Guatemala se generan datos morfométricos de longitud total, longitud furcal y longitud precaudal de las especies *O. libertate* y *O. bulleri*. Es importante señalar que la mayoría de los organismos colectados para ambas especies se reportaron como maduros sexualmente, por lo que no se tuvo acceso a la porción de tallas consideradas como inmaduras lo que limita realizar cálculos como la talla de madurez sexual L_{50} . Del mismo modo se generaron los parámetros a y b de la relación talla peso para ambas especies por sexo, información que es fundamental para entender el crecimiento de las especies, al mismo tiempo puede ser utilizada por metodologías de evaluación de stocks pesqueros. Para *O. libertate* ambos sexos fueron isométricos en cuanto a los valores de a y b de la relación talla peso, esto es similar a lo reportado para Mazatlán, Sinaloa y en el Sur del Golfo de California, México (Ruíz, 2015; Ruíz, 2019). Para este estudio *O. bulleri* presento valor de isometría negativa para las hembras, esto es similar a lo reportado para ambos sexos en Sonora, México (Ruíz, 2019).

Para ambas especies las hembras presentaron tallas de LT más grandes que los machos, en algunas especies esta es una característica común debido a que las hembras deben de tener una mejor condición debido al evento reproductivo. Esto es similar para *O. libertate* en el Sur del Golfo de California donde las hembras fueron más grandes que los machos (Ruíz, 2015). Los resultados de la longitud patrón LP reportados por este trabajo para *O. libertate* (H: 16.37 cm LP y M: 14.91 cm LP) y *O. bulleri* (H: 16.87 cm LP y M: 16.30 cm LP) son similares a lo reportado para el Golfo de Tehuantepec *O. bulleri* (16.44 cm LP) y *O. libertate* (14.6 cm LP) (Vallarta et al., 2023). En el caso del Sur del Golfo de California la LP de *O. libertate* es de 15.6 cm (Ruíz, 2015), de 15.40 cm LP para Mazatlán y de 16.89 cm LP para Sonora (Ruíz, 2019). Para *O. bulleri* 15.48 cm LT en Mazatlán y 17.46 cm LT en Sonora (Ruíz, 2019) lo que nos indica que probablemente en la zona del Pacífico de México y Guatemala las tallas son muy parecidas (Tabla 2 y 3)

Tabla 2.

Parámetros biológicos de Opisthonema libertate

Lugar	Autor	Especie	LT prom (cm)	LT min (cm)	LT máx. (cm)	PT min (g)	PT máx. (g)	L_{∞}	k	t0	L_{50} (cm)	b	E
Pacífico de Guatemala	Este estudio	<i>O. libertate</i>	20.11 H	15.4	28	41.4	182.3						2.99
			18.95 M	15.4	23	33.1	111.9						3.225
Golfo de Tehuantepec	Vallarta-Zaráte et al., 2023	<i>O. libertate</i>	14.6 LP	13.1	16.4								
Costa Rica, Golfo de Nicoya	Vega-Corrales, 2010	<i>O. libertate</i>		10.6	25.6	11.29	169.02	25.9	1.03	-0.13	18.6		0.65
Costa Rica, Golfo de Nicoya	Soto & Rodríguez, 1999	<i>O. libertate</i>						30.0 H	1.6	-0.10	18		
									30.1 M	1.1	-0.14		
Mazatlán Sonora	Ruíz, 2019	<i>O. libertate</i>	15.40 LP	10.8	20.9								
			16.89 LP	9.5	21.5								
Sur Golfo de California	Ruiz, 2015	<i>O. libertate</i>	15.6 LP	11	21			20.3	0.48	-1.9		3	
México, Bahía Magdalena	Ruiz-Domínguez & Quiñonez- Velázquez, 2018	<i>O. libertate</i>						18.68	1.13	-0.03			0.7

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

México, Golfo de California	Martínez, 2019	<i>O. libertate</i>			11.46	0.0086	-0.198	3.4
México, Golfo de California	Jacob-Cervantes & Aguirre-Villaseñor, 2014	<i>O. libertate</i>						13.5
México, Golfo de California	Zamora-Sarabia et al, 2022	<i>O. libertate</i>			22.4	0.650	-0.311	
Océano Pacífico ecuatoriano	Cajas-Flores et al. 2022	<i>O. libertate</i>	10.6	29.3				3.21
Pacífico ecuatorial	Fuentes, 1983	<i>Opisthonema spp</i>			31.7	0.216	-2.52	

LT prom= longitud promedio total, LT min= longitud total mínima, LT máx= longitud total máxima, PT mín= peso total mínimo, PT máx= peso total máximo, LP= longitud patrón, L_{∞} = longitud máxima teórica, k= constante de crecimiento, t_0 = edad a la longitud cero, L_{50} = talla media de madurez sexual, b= coeficiente de alometría, E= tasa de explotación.

Tabla 3.

Parámetros biológicos de Opisthonema bulleri y Opisthonema medirastre

Lugar	Autor	Especie	LT prom (cm)	LT min (cm)	LT máx. (cm)	PT min (g)	PT máx. (g)	L_{∞}	k	t0	L_{50}	b	E
Pacífico de Guatemala	Este estudio	<i>O. bulleri</i>	20.97 H	11.5	24.8	38.3	148						2.82
			20.46 M	15.5	24	36.5	132.5						2.89
Costa Rica, Golfo de Nicoya	Soto & Rodríguez, 1999	<i>O. bulleri</i>						H=29.8	1.1	-0.15			
								M=29.5	1.4	-0.11			
Costa Rica, Golfo de Nicoya	Vega-Corrales, 2010	<i>O. bulleri</i>		13.4	29.7	20.87	264.55						
Golfo de Tehuantepec	Vallarta-Zaráte et al., 2023	<i>O. bulleri</i>	16.4 LP	9.8	20.5								
Mazatlán Sonora	Ruíz, 2019	<i>O. bulleri</i>	15.58 17.46	11.4 12.5	20.5 21.5								
Costa Rica, Golfo de Nicoya	Soto & Rodríguez, 1999	<i>O. medirastre</i>						H=30.6	0.96	-0.16	170		
								M=28.0	1.2	-0.13			
Costa Rica, Golfo de Nicoya	Vega-Corrales, 2010	<i>O. medirastre</i>		11	31.2	12.95	304.24	32.0	1.10	-0.15			0.55

LT prom= longitud promedio total, LT min= longitud total mínima, LT máx= longitud total máxima, PT mín= peso total mínimo, PT máx= peso total máximo, LP= longitud patrón, L_{∞} = longitud máxima teórica, k= constante de crecimiento, t0= edad a la longitud cero, L_{50} = talla media de madurez sexual, b= coeficiente de alometría, E= tasa de explotación.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

La gran mayoría de organismos para *O. libertate* y *O. medirastre* se reportaron como maduros, esto dificultó el cálculo de la L_{50} ya que el modelo necesita registrar todo el intervalo de tallas. Por esto es muy probable que la L_{50} este por debajo de las tallas promedio registradas para ambas especies. Para *O. libertate* las tallas promedio de hembras y machos reportadas por este trabajo fueron de 20.11 y 18.95 cm LT, estas tallas están por arriba de la L_{50} reportada para el Pacífico de Costa Rica 18.68 cm LT (Vega-Corrales, 2010). Tomando en cuenta la longitud patrón de este trabajo, para el Noroeste de México la L_{50} varió entre 13.29 y 13.58 cm LP (Ruíz, 2019), estas tallas están por debajo de la LP reportada para Guatemala 16.37 y 14.91 cm LP. Para *O. bulleri* para el Noroeste de México la L_{50} varió entre 15 y 17 cm LP, estas tallas son similares a las tallas promedio reportadas en este trabajo para la especie (Ruíz, 2019).

El cálculo de la edad se realizó para ambas especies utilizando valores de los parámetros de la ecuación de Von Bertalanffy publicados en la literatura de las zonas más cercanas, aun así, es recomendable realizar trabajos de edad y crecimiento a nivel local ya que las variaciones de la estructura de edad eran considerables según los parámetros que se utilizan. En este mismo modo variaron los parámetros de mortalidad natural, por pesca y total.

En el caso de la mortalidad natural se presentaron altos valores (*O. libertate* 3.34 y *O. bulleri* 3.87), esto es normal tomando en cuenta que es una especie que tiene un ciclo de vida corto y rápido (Vega-Corrales, 2010). Los valores de mortalidad por pesca variaron según la especie (*O. libertate* 3.52 y *O. bulleri* 4.46) esto es debido a que son dos especies diferentes que a pesar de compartir hábitat presentan parámetros biológicos diferentes. Del mismo modo que el cálculo de la edad es importante calcular los parámetros de edad y crecimiento para la zona ya que la mortalidad total variaba considerablemente dependiendo que L_{∞} y el parámetro de k utilizado para la transformación de las tallas, y esto puede dar falsas apreciaciones del estado de explotación del recurso.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

11 Conclusiones

1. El complejo *Opisthonema* en el Pacífico de Guatemala está compuesto por tres especies (*O. bulleri*, *O. libertate* y *O. medirastre*) siendo las primeras dos especies las que se presentan en mayor proporción. Por lo que el manejo futuro de las pesquerías que se desarrollen en torno al recurso sardina debe ser con base en la biología pesquera de las tres especies.
2. En el litoral Pacífico de Guatemala la sardina es aprovechada por los pescadores artesanales como carnada para la captura de especies demersales que realizan la faena de pesca en las primeras 15 millas náuticas. No se encontró evidencia de la existencia de una pesquería plenamente desarrollada enfocada a la explotación de la sardina. Esta afirmación es importante debido a que brinda una oportunidad a que se pueda desarrollar la explotación de este recurso de una forma sustentable y ordenada.
3. La mayor parte de las tallas de las sardinias capturadas para *O. bulleri* y *O. libertate* corresponden a organismos sexualmente maduros, lo que resulta en un buen indicador del estado del recurso. Esto nos da indicios de que probablemente la pesquería no está sobreexplotada, ya que generalmente en las pesquerías que se encuentran con algún grado de sobre explotación o deterioro las capturas corresponden a organismos juveniles o sub adultos, ya que los organismos adultos o de tallas grandes es lo primero que se remueve al inicio de una pesquería.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

12 Recomendaciones

1. Obtener en los muestreos tallas de organismos inmaduros y sub adultos, ya que la mayoría de los organismos muestreados en este estudio fueron maduros. Esto limita realizar cálculos de la L_{50} . Al mismo tiempo limita el cálculo de la mortalidad total ya que la muestra no debe estar sesgada a alguna talla, siendo el caso de este estudio.
2. Complementar la información de biología pesquera con estudios de edad y crecimiento realizados en el Pacífico de Guatemala para *O. libertate* y *O. bulleri*, esto contribuirá fuertemente a entender la dinámica del recurso, sobre todo establecer la estructura de edad y el crecimiento, lo que se traduce en poder aplicar métodos de evaluación del stock para entender la dinámica del recurso.
3. Actualmente no existen regulaciones pesqueras enfocadas en este recurso, en este sentido si se llega a autorizar la explotación de este recurso se recomienda lo siguiente: Monitorear los volúmenes de captura a las embarcaciones que se les brinde permiso. De los organismos capturados se recomienda muestrear la estructura de tallas y biología reproductiva a lo largo del año. También no permitir el ingreso de embarcaciones de forma indiscriminada ya que podría afectar directamente al recurso.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

13 Referencias

- Alcívar-Rosado, V. (2017). *Análisis de la pesquería de pinchagua (Opisthonema spp.) en Ecuador* [Tesis de maestría, Universidad de Alicante, España].
- Balart, E. F., Castro-Aguirre, J. L., & De Lachica-Bonilla, F. (1997). *Análisis comparativo de las comunidades ícticas de fondos blandos y someros de la Bahía de La Paz, B.C. S.* En J. Urbán-Ramírez, M. Ramírez-Rodríguez (Eds.). *La Bahía de La Paz investigación y conservación* (pp. 177-188). Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Barahona, D., & Salazar, L. (2013). *Evaluación de la pesquería de sardina menjuga (Opisthonema spp.) en la Bahía de Jiquilisco, Usulután.* Dirección General de Pesca y Acuicultura. Autor.
- Begossi, A. (2010). Small-scale fisheries in Latin America: management models and challenges. *Mast*, 9(2), 7-31.
- Berry, D. H. I., & Barrett, I. (1963). Análisis de las branquiespinas y denominación del arenque de hebra *Opisthonema*. *Inter-American Tropical Tuna Commission*, 7(2), 137-190.
- Borras L. 2002. *Prospección pesquera de la “sardina” en El Salvador.* (Informe Técnico No. 2-Sardimar).
- Cajas-Flores, J., Prado-España, M., Bucheli-Quiñonez, R., Hernández-Téllez, A., & Calle-Morán, M. (2022). Ecología trófica del machuelo hebra pinchagua, *Opisthonema libertate*, en el océano Pacífico ecuatoriano. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 4(2). 79-102. <https://doi.org/10.54140/raop.v3i2.58>
- Casas, M., & Ponce, G. (1996). *Pesquería de Pelágicos menores (Sardinas y Anchovetas).* Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. Autor
- Cellamare, M., & Gómez, A. (2007). Alimentación de la Sardina *Sardinella aurita* (Clupeidae) en el Sureste de la Isla de Margarita, Venezuela. *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela*, 46(1), 23-36.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Centro de Desarrollo para la Pesca. (2016). *Pesquería de pequeños pelágicos en el Golfo de Panamá Informe de la captura incidental temporada 2016*. Autor.
- Congreso de la República de Guatemala. (2002). *Ley General de Pesca y Acuicultura (Decreto 80-2002) y su Reglamento (Acuerdo gubernativo 223-205)*. Guatemala.
- Csirke, J. (1980). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces*. FAO. Doc. Téc. Pesca 92. Roma, Italia: FAO.
- Díaz, J. M., Vieira, C. A., & Melo, G. J. (2011). *Diagnóstico de las principales pesquerías del Pacífico colombiano*. Fundación Marviva.
- Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura [Dipesca]. (2018). *Caracterización de la Pesca Artesanal del Pacífico de Guatemala: Tercer Cuatrimestre*. Proyecto Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en Áreas Protegidas Marino-Costas. Autor.
- Fischer, W., Krupp, F., Schneider, W., Sommer, C., Carpenter, K. E., & Niem, V. H. (1995). *Guía para la identificación de especies para los fines de la pesca: Pacífico centro-oriental Volumen II*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Froese, R., & Kesner-Reyes, K. (2002). Impact of fishing on the abundance of marine species. *ICES CM*, 50, 12.
- Fuentes, E. (1983). Estudio preliminar de edad y crecimiento de *Opisthonema* spp. en aguas ecuatorianas. *Revista de Ciencias del Mar y Limnología*, 2(1), 109-114.
- Gulland, J. (1971). *Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Manuales en Ciencia Pesquera 4*. Roma, Italia: FAO.
- Hernández-Padilla, J. C., Capetillo-Piñar, N., Vélez-Arellano, N., Aranceta-Garza, F., Ortíz-Aldana, J. R., Navas-Beteta, A., & Herrarte-Müller, I. C. (2020). Variación espacial en la composición y abundancia de las especies capturadas por las pesquerías de pequeña escala en el litoral del Pacífico de Guatemala. *Revista Mesoamericana de Biodiversidad y Cambio Climático–Yu'am*, 4(1), 19-43.



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Medio Ambiente. (2003). *Diagnóstico del Estado Actual de los Recursos Marino Costeros de Guatemala*. Autor.
- Jacob, M. (2022). *Desarrollo gonádico de la sardina crinuda *Opisthonema bulleri*, *O. libertate* y *O. medirastre* del sureste del Golfo de California, México* [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Sinaloa].
http://repositorio.uas.edu.mx/jspui/handle/DGB_UAS/444
- Jacob-Cervantes, M. L. (2010). La pesquería de peces pelágicos menores en el sur del Golfo de California. Análisis de la temporada de pesca 2008. *Ciencia Pesquera*, 18(1), 47-58
- Jacob-Cervantes, M. L., & Aguirre-Villaseñor, H. (2014). Inferencia multimodelo y selección de modelos aplicados a la determinación de L_{50} para la sardina crinuda *Opisthonema libertate* del sur del Golfo de California. *Ciencia Pesquera*, 22(1), 61-68.
<https://www.inapesca.gob.mx/portal/documentos/publicaciones/REVISTA/Mayo2014/10-Jacob-y-Aguirre-2014.pdf>
- Jacob-Cervantes, M., Gallardo-Cabello, M., Chiappa-Carrara, X., Ruíz, A. (1992). Régimen alimentario de la sardina crinuda *Opisthonema libertate* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de California. *Revista de Biología Tropical*, 40(2), 233-238.
<https://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24540>
- Jacob-Cervantes, R., Vallarta-Zárate, J., Payán-Alejo, D., Becerra-Arroyo, R., & Verde-Hernández, A. (junio de 2014). *Análisis integral de la pesquería de pelágicos menores en el sur del golfo de california, durante 2013*. Resúmenes del XXI Taller de Pelágicos Menores. Congreso llevado a cabo en Ensenada, Baja California.
- King, M. (2013). *Fisheries biology, assessment and management*. John Wiley & Sons. DOI: 10.1002/9781118688038
- Martínez, E. (2019). *Edad y crecimiento de juveniles de la Sardina crinuda (*Opisthonema libertate*) del Golfo de California* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias].

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Martínez-Porcha, M. (2012). Estudios de la distribución de la Sardina del Pacífico *Sardinops sagax caeruleus* (Clupeiformes: Clupeidae): Historia, estado actual y perspectivas. *Universidad y Ciencia*, 28(3), 285-300. <https://www.scielo.org.mx/pdf/uc/v28n3/v28n3a8.pdf>
- Mildenberger, T. K., Taylor, M. H., & Wolff, M. (2018). TropFishR: Tropical Fisheries Analysis with R. R package version 1.2.1, <https://CRAN.R-project.org/package=TropFishR>.
- Nikolsky, G. V. (1963). *The Ecology of Fishes*. Academic Press.
- Pauly, D. (1980). On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *ICES Journal of Marine Science*, 39(2), 175–192. <https://doi.org/10.1093/icesjms/39.2.175>
- Payan-Alejo, J., Rodríguez-Domínguez, G., & Jacob-Cervantes, M. L. (2020). Age and growth of middling thread herring *Opisthonema medirastre* (Berry & Barrett, 1963) in the southern Gulf of California. *Revista bio ciencias*, 7, 725. <https://doi.org/10.15741/revbio.07.e725>
- Pérez, I. M. (2015). *Estado actual de la pesca de “sardina o menjuga” del género Opisthonema spp. en El Salvador, C.A* [Tesis de maestría, Universidad de Alicante]. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/52770>
- Pérez-Quiñonez, C. I. (2014). *Discriminación de las especies del género Opisthonema Gill, 1861 en el Sur del Golfo de California usando análisis morfométricos y genéticos* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas]. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/21110>
- Pérez-Quiñonez, C., Quiñonez, C., & García-Rodríguez, F. (2018). Detecting *Opisthonema libertate* (Günther, 1867) phenotypic stocks in northwestern coast of Mexico using geometric morphometrics based on body and otolith shape. *Latin american journal of aquatic research*, 46(4), 779-790. <https://dx.doi.org/10.3856/vol46-issue4-fulltext-15>

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Rikther, V. A. & Efanov, V. N. (1976). On one of the approaches to estimation of natural mortality of fish populations. ICNAF Res. Doc. 79/VI/8. 12p.
- Rodríguez, J. A., Palacios, J. A., & Chavarría, A. L. (1986). Fecundidad y época de desove del arenque de hebra *Opisthonema libertate* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Uniciencia*, 3(1-2), 87-93.
- Rodríguez, J. A., Palacios, J. A., & Chavarría, A. L. (1988). Época de maduración y fecundidad de la sardina gallera *Opisthonema medirastre* y *O. bulleri* (Pisces: Clupeidae) en la Costa Pacífica Central de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 37(1), 49-54. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/23611>
- Roff, D. A. (1984). The evolution of life history parameters in teleosts. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41(6), 989-1000. <https://doi.org/10.1139/f84-114>
- Ruano, S., & Hernández, R. (2008). *Impacto de la pesca y acuicultura en la seguridad alimentaria y nutricional a nivel familiar y comunitario en Centroamérica*. Autor
- Ruíz, M. (2015). *Enfoque multimodelo en la descripción del crecimiento de la sardina crinuda (Opisthonema libertate) en la zona sur del Golfo de California* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Ciencias].
- Ruíz, M. (2019). *Estructura poblacional, estimación de biomasa y análisis del estado del recurso sardina crinuda (Opisthonema libertate, O. medirastre y O. bulleri), en las Costas mexicanas del Océano Pacífico Oriental* [Tesis de doctorado, Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas].
- Ruiz, M., & Quiñonez-Velázquez, C. (2018). Age, growth, and mortality of *Opisthonema libertate* on the coasts of northwestern Mexico. *Ciencias Marinas*, 44(4), 235-250. <https://doi.org/10.7773/cm.v44xi4.2908>
- Salas, S., Chuenpagdee, R., Seijo, J. C., y Charles, A. (2007). Challenges in the assessment and management of small-scale fisheries in Latin America and the Caribbean. *Fisheries Research*, 87(1), 5-16. <https://doi:10.1016/j.fishres.2007.06.015>.
- Salaverría, A. (2003). *Estimación de la biomasa del recurso sardina (O. libertate) en el Pacífico guatemalteco*. Autor.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- Soto, R. & Rodríguez, J. (1999). Dinámica poblacional de *Opisthonema medirastre* (Pisces: Clupeidae) en la costa pacífica de Costa Rica. *Uniciencia*, 15 (16), 61-64.
- Soto, R. (1999). Estimación de la curva de crecimiento y talla de la primera madurez de tres especies del complejo *Opisthonema* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica].
- Sparre, P., & Venema, S. C. (1997). *Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales* (No. 04; SH327. 5, S63.). Roma: FAO.
- Urdánigo, J. P., & Vizueta, L. M. (2009). *Aspectos biológicos-pesqueros de la Pinchagua *Opisthonema libertate* (Günther, 1867) en Crucita, Manabí* [Tesis de licenciatura, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí].
<https://es.scribd.com/document/320803283/ASPECTOS-BIOLOGICOS-PESQUEROS-DE-LA-PINCHAGUA-Opisthonema-libertate-Gunther-1867-EN-CRUCITA-MANABI>
- Vallarta-Zárate J. R. F., A. López-Serrano, M. L. Jacob-Cervantes, M. Vásquez Ortiz, E. Pérez-Flores, L. Altamirano-López, V. H. Martínez-Magaña, P. R. Arenas-Fuentes & R. I. Rojas-González. (2021). *Evaluación acústica de sardina crinuda (*Opisthonema spp.*) en la plataforma continental de Chiapas durante la primavera del (2021): Golfo de Tehuantepec*. (Informe Técnico No. 12).
- Vallarta-Zárate, J.R.F., V.H. Martínez-Magaña., L. Huidobro-Campos, M. Vásquez-Ortiz, L. Altamirano-López, E.V. Pérez-Flores, C. Chapa-Balcorta, A. López Serrano, R.A. GuerraMendoza, M.L. Leal-Acosta, A.A. Lizárraga-Rodríguez, A.J. Alatorre-Alba, D. Hernández-Cruz y R.I. Rojas-González. (2023). *Prospección de recursos pesqueros en el Pacífico sur mexicano: Golfo de Tehuantepec*. (Informe Técnico No. 20).
- Vaz-dos-Santos, A. M., Rautenberg, K. A., August, C.G., Ballester, E.L.C., Schwingel, P.R., Pinto, E., Almeida, A., & Correia, A.T. (2023). Geographic Variation in *Opisthonema oglinum* (Lesueur, 1818) in the Southeastern Brazilian Bight Inferred

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

- from Otolith Shape and Chemical Signatures. *Fishes*, 8(5), 234.
<https://doi.org/10.3390/fishes8050234>
- Vega-Cendejas, M., Mexicano-Cíntora, G. & Arce, A. (1997). Biology of the thread herring *Opisthonema oglinum* (Pisces: Clupeidae) from a beach seine fishery of the Campeche Bank, Mexico. *Fisheries Research*, 30(1-2), 117-126. DOI: 10.1016/s0165-7836(96)00547-4
- Vega-Corrales, L. A. (2010). Evaluación poblacional del stock explotable del complejo *Opisthonema* (Pisces: Clupeidae) en el Golfo de Nicoya, Costa Rica. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 2 (1), 83-94.
- Víguez, R., Rodríguez, J., Palacios, J., & Protti, M. (1990). Diferencias morfométricas por sexo de tres especies del género *Opisthonema* (Pisces: Clupeidae) de la costa del Pacífico, Costa Rica. *Uniciencia*, 7(1), 27-32.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5381324>
- Whitehead, P. (1985). Clupeoid Fishes of the World (Suborder Clupeoidei). Part 2: Engraulidae. *Fisheries Synopsis*, 125(7/2), 305-579.
- Zamora-Sarabia, F., Arreguín-Sánchez, F., De Anda-Montañez, J., & Jacob-Cervantes, M. (2022). Effect of sea surface temperature on the growth performance of the thread herring *Opisthonema libertate* (Günther, 1868) in the southern Gulf of California. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 50(1), 31-38.
doi:<https://doi.org/10.3856/vol50-issue1-fulltext-2746>
- Zar, H. (1996) *Biostatistical Analysis* (3rd Ed). Estados Unidos: Prentice Hall.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

14 Apéndice

Anexo 1.

Boleta para la caracterización de la pesca de sardina de hebra en el Pacífico de Guatemala

Boleta No: _____

Fecha: _____

Nombre del técnico responsable: _____

1. INFORMACIÓN DE LA FAENA DE PESCA	
Fecha de inicio de la faena:	Fecha de finalización de la faena:
No. De tripulantes	No. De veces de uso del arte de pesca:
Cantidad de combustible utilizado:	Distancia de pesca (Intervalo):
Coordenadas geográficas:	Profundidad de pesca:
Tipo de embarcación: Lancha tiburonera ____ Cayuco ____ Eslora ____ Manga ____ Capacidad de almacenamiento ____	
Arte de pesca utilizada: Trasmallo ____ Cimbra ____ Otro ____	
Trasmallo: Longitud ____ Altura ____ Luz de malla (cm) ____ No. De malla ____ Cimbra: Longitud línea madre ____ No. De anzuelos ____	
2. COSTOS DE LA FAENA DE PESCA	
Costo combustible de la faena (Q):	Pago de tripulación (Q):
Costo alimentación de la faena (Q):	
Costo de hielo de la faena (Q):	
3. INFORMACIÓN DE LOS LANCES DE PESCA	
Tiempo estimado de remojo del arte de pesca:	
Volumen de captura (lb) de sardina de hebra:	
Volumen de captura (lb) de otras especies objetivo:	
Volumen de captura (lb) de captura incidental:	



Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Anexo 3.

Registro de información morfométrica y extracción del hueso ceratobranquial del primer arco branquial.

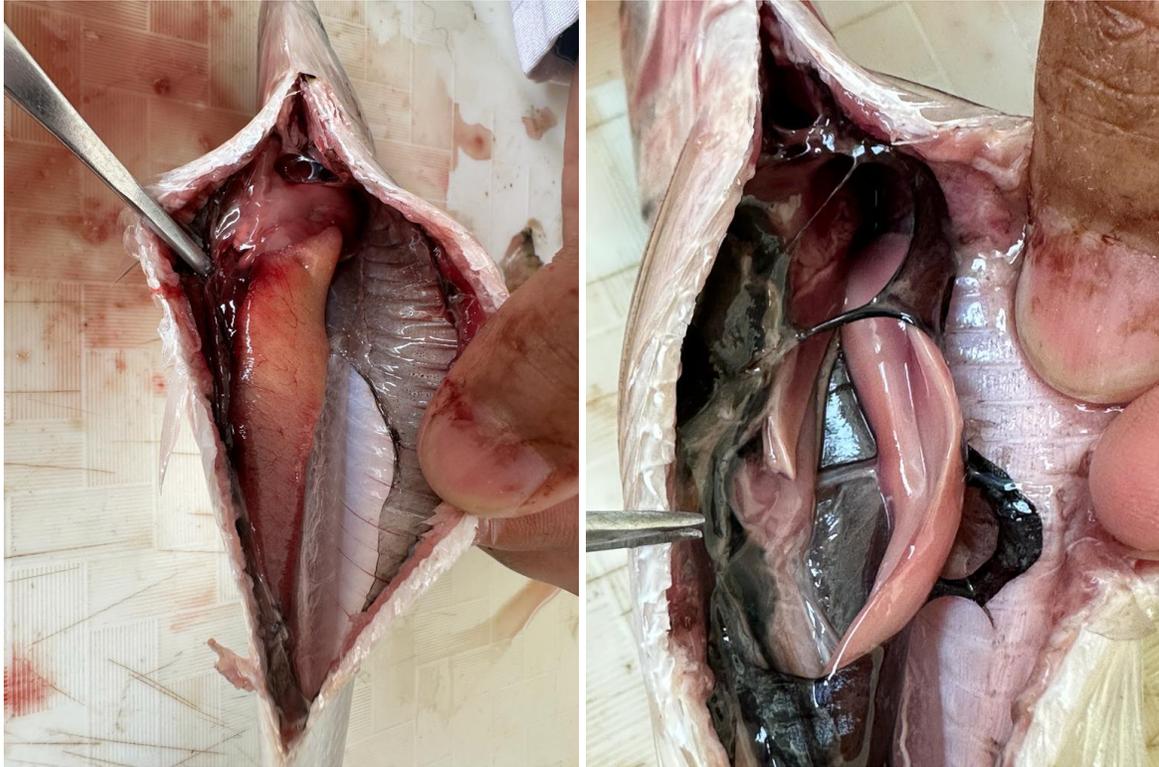




Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

Anexo 4.

*Gónadas de una hembra (izquierda) y un macho (derecha) de la especie *Opisthonema bulleri*.*



15 Vinculación

Durante la ejecución del proyecto de investigación se tuvo la colaboración de la Sociedad para la conservación de la vida silvestre (Wildlife Conservation Society WCS) en Guatemala, institución con la cual CEMA-USAC tiene una carta de entendimiento para trabajo colaborativo en investigación pesquera. WCS brindó acompañamiento técnico para facilitar el acceso con los pescadores y también apoyo brindando viáticos durante los primeros meses de ejecución del proyecto cuando los fondos de DIGI aún no habían sido trasladados.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

16 Estrategia de difusión, divulgación y protección intelectual

Se entregará una copia en físico y digital del informe final de investigación del presente proyecto a la Dirección de Normatividad de la Pesca y Acuicultura con el fin de que esta entidad encargada de administrar los recursos pesqueros de Guatemala pueda hacer uso de la información en pro del aprovechamiento sostenible de la sardina. Los resultados finales del proyecto serán presentados en el evento de divulgación anual organizado por DIGI y en la VII edición del Simposio Nacional Marino Costero (2024) en octubre del presente año. De igual manera se busca generar un artículo científico sobre los parámetros poblacionales de las especies de sardina que conforman al complejo *Opisthonema* para ser publicado en la revista de Ciencia, Tecnología y Salud de la DIGI.

17 Aporte de la propuesta de investigación a los Prioridades Nacionales de Desarrollo (PND) identificando su meta correspondiente:

Los resultados de la presente investigación contribuyen a la Prioridad Nacional de Desarrollo titulada “Valor económico de los recursos naturales”, específicamente a la “Meta 14.2 Para 2020, gestionar y proteger de manera sostenible de los ecosistemas marinos y costeros con miras a evitar efectos nocivos importantes, incluso mediante el fortalecimiento de su resiliencia, y adoptar medidas para restaurarlos a fin de restablecer la salud y la probidad de los océanos”. La sardina de hebra es un recurso pesquero que aún se encuentra en las primeras fases de explotación pesquera, siendo de gran importancia la generación de información biológica de las especies que son objeto de explotación para que pueda ser utilizada en la formulación de medidas de ordenamiento por la autoridad competente encargada de la administración de los recursos pesqueros del país. Esto permitirá una regulación de la actividad desde sus inicio, con el fin de evitar la sobreexplotación del recurso.

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

18 Orden de pago final

Nombres y apellidos	Categoría (investigador /auxiliar)	Registro de personal	Procede pago de mes (Sí / No)	Firma
Lic. Francisco Emanuel Polanco Vásquez	Investigador	20150403	Si	
Licda. María Alejandra Paz Velásquez	Investigadora	20210626	Si	

19 Declaración del Coordinador(a) del proyecto de investigación

El Coordinador de proyecto de investigación con base en el *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación*, artículos 13 y 20, deja constancia que el personal contratado para el proyecto de investigación que coordina ha cumplido a satisfacción con la entrega de informes individuales por lo que es procedente hacer efectivo el pago correspondiente.

<p>M.Sc. José Roberto Ortíz</p> <p>Nombre del coordinador del proyecto de investigación</p>	 <p>Firma</p>
<p>Fecha: 15/02/2024</p>	

Informe final de proyecto de investigación. Año 2023

20 Aval del Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario

De conformidad con el artículo 13 y 19 del *Reglamento para el desarrollo de los proyectos de investigación financiados por medio del Fondo de Investigación* otorgo el aval al presente informe mensual de las actividades realizadas en el proyecto (escriba el nombre del proyecto de investigación) en mi calidad de (indique: Director del instituto, centro o departamento de investigación o Coordinador de investigación del centro regional universitario), mismo que ha sido revisado y cumple su ejecución de acuerdo a lo planificado.

<p>Vo.Bo. Dr. Pedro Julio García Chacón Coordinador del Instituto de Investigaciones Hidrobiológicas -IIH CEMA-USAC</p>	  Firma
Fecha: 15/02/2024	

21 Visado de la Dirección General de Investigación

<p>Vo.Bo. M.Sc. Andrea Eunice Rodas Morán Programa Universitario de Investigación en Recursos Naturales y Ambiente (PUIRNA)</p>	Firma
Fecha:	

<p>Vo.Bo. Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar Coordinador General de Programas Universitarios de Investigación</p>	Firma
Fecha:	