



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

---

---

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS SUPERIORES  
UNIDAD MÉRIDA

**Caracterización de metazoarios  
parásitos de *Lagodon rhomboides*  
(Sparidae) en dos lagunas costeras  
de la península de Yucatán**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

Licenciada en Manejo Sustentable de Zonas Costeras

P R E S E N T A:

**Betzi Fernanda Pérez Ortega**



UNAM

ESCUELA  
NACIONAL DE  
ESTUDIOS  
SUPERIORES

UNIDAD

MÉRIDA

DIRECTOR DE TESIS:  
Dr. Gerardo Pérez Ponce de León

Mérida, Yucatán, 2024



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **DEDICATORIA**

**Si me preguntan dónde está el amor,  
siempre diré que en la palma de su mano.**

**-Dedicada a mamá Lupita**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor, Dr. Gerardo Pérez Ponce de León, por sus enseñanzas, apoyo, ánimos y confianza que me tuvo adurante este proceso de mi formación académica.

A todos los miembros del Laboratorio de Parasitología y Medicina de la Conservación por ser mi apoyo y guía durante esta etapa de mi formación académica. Gracias por las enseñanzas que me hacen mejor persona y profesionista y por las lecciones en las prácticas de campo.

A la M. en C. Maribel Badillo y al M. en C. Alfredo Gallardo del Laboratorio de Biología de la Conservación por el apoyo para realizar las colectas y revisión de los hospederos y por las facilidades del espacio para realizar los exámenes parasitológicos.

A la M. en C. Berenit Mendoza Garfias por su apoyo para la toma de las Microfotografías de Microscopía Electrónica de Barrido; y a las M. en C. Laura Márquez y Nelly López del LaNaBio, por su apoyo para obtener secuencias con el secuenciador automático.

Al Dr. Norberto Colín por las facilidades para utilizar el Laboratorio de Docencia de Biología Celular y Molecular de la ENES Mérida

A los programas PAPIIT UNAM IN212621 (Diversidad morfológica y molecular de trematodos y acantocéfalos parásitos de peces marinos de la costa norte de Yucatán y el Caribe Mexicano) e IN200824 (Diversidad de helmintos parásitos de peces marinos, estuarinos y dulceacuícolas del estado de Yucatán a través de la taxonomía integrativa) por el financiamiento otorgado para la realización de la tesis.

A la UNAM por todas las oportunidades culturales y académicas que me ha brindado.

## **Agradecimientos personales**

A mis padres, Josefina y Mario; a mi hermano Josue y a mamá Lupita por su apoyo en todos estos años; por el amor incondicional y la fortaleza para ser una mejor persona. Gracias por estar a mi lado en cada decisión y recibirme en cada regreso.

A Juan, José y Leo por ser mi familia dentro y fuera del laboratorio de Parasitología. Gracias por sus consejos, enseñanzas y todas las risas y tardes compartidas que hicieron el proceso más ameno. Desde que los conocí sentí que había un espacio en Mérida para mí.

A las amigas que me acompañaron en toda esta aventura de ser foránea y sobrevivir en el intento: Meztli, Lizbeth, Sofia, Edith, Amayrani y Camilo. Gracias por las risas, los desvelos, la compañía y por escucharme hablar del increíble mundo de los parásitos. Gracias por permanecer.

A Fernanda, Paola, Sofía, Luisa, Olayo y Fedro que siempre me acompañaron a la distancia. Gracias por siempre tener la disposición de escuchar mis monólogos internos. Por supuesto, gracias también por las risas y consejos de vida que fuimos armando en estos años.

A todas las mujeres que han sido una fuente constante de inspiración y fortaleza. A mis tías, madrinas y primas que siempre me recibieron con alegría cada vez que regresaba al pueblo que me vió crecer y que siempre vieron potencial en mí.

Gracias a todas las profesoras y profesores que me han inspirado y alentado: Yadira, Miguel y Carlos en la preparatoria, y Laura Vidal, Erick Granados, Arturo y Fabiola en la Universidad.

# Contenido

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES .....	5
Biología del hospedero.....	5
Estudios parasitológicos en <i>Lagodon rhomboides</i> .....	7
JUSTIFICACIÓN .....	11
PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	11
OBJETIVO GENERAL .....	12
Objetivos específicos.....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
Sitio de estudio .....	12
Laguna la Carbonera .....	12
Laguna de Celestún.....	13
Captura de los hospederos y obtención de parásitos .....	14
Análisis Molecular.....	15
Análisis Filogenético.....	18
Análisis Morfológico .....	19
Microscopia Electrónica de Barrido (MEB).....	19
Atributos ecológicos .....	20
RESULTADOS .....	22
Registro parasitológico .....	22
Caracterización taxonómica.....	25
Phylum Platyhelminthes.....	25
Clase Trematoda.....	25
Clase Monogenea.....	38
Clase Cestoda .....	43
Phylum Acanthocephala .....	45
Phylum Nematoda.....	47
Subphylum Crustacea.....	52
Orden Malacostraca.....	52
Orden Isopoda.....	59
Caracterización de las infecciones.....	60

<b>Análisis de componente de comunidad</b> .....	65
<b>Infracomunidades</b> .....	67
<b>DISCUSIÓN</b> .....	68
<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	80

## RESUMEN

Los parásitos representan una parte importante de la biomasa de los ecosistemas costeros. Estos organismos desempeñan un papel importante en la estructuración de las redes tróficas y en el mantenimiento de la biodiversidad de los ambientes marinos y dulceacuícolas. En general, un ecosistema saludable es aquel que por sus condiciones permite a los parásitos cerrar sus ciclos biológicos porque sus hospederos intermediarios y/o definitivos se encuentran presentes. Las lagunas costeras son sistemas altamente biodiversos por ser zonas de transición entre el medio marino y terrestre; son zonas de alimentación y crianza de muchas especies; además, sostienen pesquerías comerciales y otras actividades económicas como el turismo. El pez *Lagodon rhomboides* (Sparidae), comúnmente conocido como “xlavita”, es una especie residente de las lagunas costeras del golfo de México, que se distribuye desde la costa de Massachussets, E.U. hasta la península de Yucatán. Poco se conoce sobre los parásitos que la infectan en las costas de la península de Yucatán. Por ello, el objetivo de este trabajo es caracterizar la riqueza y diversidad de metazoarios parásitos de *L. rhomboides* a nivel de componente de comunidad e infracomunidad en las lagunas costeras de la Carbonera y Celestún, Yucatán. Entre julio y septiembre 2022 y mayo 2023 se colectaron 60 ejemplares de la especie en ambas localidades. La identificación de las especies de parásitos se realizó utilizando caracteres morfológicos y moleculares. El registro parasitológico consta de 21 taxa. A nivel de componente de comunidad, la laguna de la Carbonera tuvo mayor riqueza (16 taxa), en contraste con Celestún (12 taxa). Por otra parte, a nivel de infracomunidad en la Carbonera cada hospedero presentó en promedio 15.4

$\pm 34.8$  individuos parásitos y una riqueza de  $2.3 \pm 1.9$  taxa; en cambio, en Celestún, cada hospedero presentó en promedio  $31.5 \pm 50.3$  individuos parásitos y una riqueza de  $2.4 \pm 1.4$  taxa. Finalmente, se concluye que las condiciones ambientales de ambas lagunas favorecen la transmisión de parásitos de ciclo de vida directo e indirecto.

# INTRODUCCIÓN

El parasitismo se define como una asociación biológica estrecha entre dos organismos, en la que el parásito depende de un hospedero (Rohde, 2005; Poulin, 2007; Speight & Henderson, 2013; Hatcher & Dunn, 2021). En esta forma de vida, el hospedero proporciona nutrientes necesarios para el desarrollo del parásito, además de un hábitat que le permite la supervivencia y desarrollo de varias etapas de su ciclo de vida (Rohde, 2005; Klimpel et al., 2019). Los parásitos pueden vivir sobre el organismo hospedero (ectoparásito) o dentro de éste (endoparásito) durante todo o parte de su ciclo de vida (Hatcher & Dunn, 2021).

A diferencia de los depredadores, los parásitos no matan a su hospedero, aunque la infección puede aumentar la probabilidad de mortandad de éste. Algunos parásitos llegan a producir la muerte de su hospedero intermediario para facilitar su transmisión al siguiente (Poulin, 2007; Hatcher & Dunn, 2021).

Los parásitos son extremadamente abundantes y diversos en la naturaleza y representan una parte sustancial de la biodiversidad mundial. Al menos el 50% de las especies de la Tierra son parásitos de algún tipo (Pérez-Ponce de León et al., 2011). En los ecosistemas, los metazoarios parásitos representan una parte importante de la biomasa; además, se sabe que regulan las poblaciones de sus hospederos y desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de la diversidad genética y la estructuración de las comunidades (Littlewood, 2005; Pérez-Ponce de León et al., 2011; Poulin et al., 2016). En general, el parasitismo y una alta riqueza de especies parásitas son signos de un ecosistema saludable (Hatcher & Dunn, 2021).

Los mares y océanos representan los mayores ecosistemas continuos del planeta. Proporcionan hábitats para un gran número de organismos que son el sustento económico y alimentario de al menos 54 millones de personas que dependen directamente de los productos de la pesca (Klimpel et al., 2019). Todos los organismos marinos son hospederos potenciales de algún parásito, pero dependiendo de la localidad, la estación del año, las condiciones ecológicas locales y la especie de parásito en cuestión, cualquier hospedero candidato puede o no ser parasitado (Littlewood, 2005).

En particular, los peces son la clase de vertebrados más diversa del medio marino, y actúan como hospederos intermediarios y/o definitivos de una gran variedad de parásitos. Se han descrito más de 30,000 especies de peces en todo el mundo (Klimpel et al., 2019; Speight & Henderson, 2013), de los cuales aproximadamente la mitad se encuentran en agua dulce y la otra mitad en hábitats marinos. El 50% de las especies de peces que se encuentran en aguas marinas viven en zonas cercanas a la costa. Un hecho interesante es que la gran diversidad de peces es congruente con la gran diversidad de los parásitos que los infectan (Klimpel et al., 2019).

Los parásitos en peces han sido utilizados como indicadores o marcadores biológicos con el propósito de evaluar múltiples aspectos ecológicos e impactos antropogénicos en los cuerpos de agua. Por ejemplo, se han utilizado para diferenciar stocks de peces (Baldwin et al., 2012), para describir la dinámica poblacional del hospedero (Oliva et al., 2004), así como para monitorear factores de

estrés ambiental como la contaminación química (Vidal-Martínez et al., 2014; Duarte et al., 2020).

En general, en México los peces han recibido más atención de los parasitólogos que cualquier otro grupo de vertebrados (Pérez-Ponce de León et al., 2011). Se estima que la biodiversidad nacional de este grupo de vertebrados asciende a más de 2,600 especies; de éstas, hasta el año 2011, 674 especies habían sido objeto de estudios parasitológicos, habiéndose encontrado 1,604 especies de helmintos en este grupo (Pérez-Ponce de León et al., 2011). Sin embargo, cabe señalar que la mayoría de las investigaciones se han realizado en peces de agua dulce (Aguilar-Aguilar et al., 2008; García-Prieto et al., 2022). Por ello, en el presente estudio se analizó la diversidad de metazoarios parásitos del pez *Lagodon rhomboides* en dos lagunas costeras de la península de Yucatán.

## **ANTECEDENTES**

### **Biología del hospedero**

La familia Sparidae (Telostei: Perciformes) comprende principalmente peces marinos, comúnmente conocidos como sargos. Está compuesta por 38 géneros y 163 especies (Kritsky & Bakenhaster, 2019). En el Atlántico occidental, incluido el golfo de México y el mar Caribe, solo se conocen 21 especies. Aunque los espáridos tienen una importancia económica menor, algunas especies se capturan comercial o recreativamente en la región del golfo de México (Kritsky & Bakenhaster, 2019). En su mayoría, los sargos son habitantes costeros y demersales de la plataforma y

el talud continental, que descienden gradualmente hacia aguas más profundas. Como especies marinas tropicales habitan en áreas salobres como estuarios, que utilizan como viveros, y raramente se encuentran en aguas más frías. Los peces juveniles, así como las especies de tamaño pequeño, suelen formar agregaciones o cardúmenes y se encuentran en aguas menos profundas, en comparación con los adultos que tienden a vivir solos o son menos gregarios y se trasladan gradualmente hacia aguas más profundas (Pavlidis & Mylonas, 2011).

El pez *Lagodon rhomboides* Linnaeus, 1766, es miembro de la familia Sparidae (Figura 1). Es conocido localmente como “xlavita” (en maya) o “pez sargo” (Bonilla-Gómez et al., 2014). Se trata de una especie omnívora en etapa juvenil, pero a medida que aumenta de tamaño su dieta se vuelve cada vez más herbívora (Spitzer et al., 2000; Ohs et al., 2011). Sus principales componentes alimenticios son: fitoplancton, zooplancton, moluscos, macrófitas, anfípodos, micro y macrocrustáceos (Spitzer et al., 2000; Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2008). Se ha reportado como una de las especies más representativas de las praderas de pastos marinos (*Thalassia testudinum*) y entre las raíces de manglar (Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2008; Bonilla-Gómez et al., 2011; Bonilla-Gómez et al., 2014).



Figura 1. *Lagodon rhomboides*, vista lateral (Randall, 2014).

El espárido *Lagodon rhomboides* es una especie estuarino-dependiente. Su distribución incluye toda la costa de Massachussets, sur de Florida, golfo de México y la península de Yucatán (Spitzer et al., 2000; Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2008; Eaton et al., 2022). En Yucatán, se ha registrado en las lagunas costeras de Celestún, la Carbonera, Chelem, Dzilam, las Coloradas y Río Lagartos (Vega-Cendejas & Hernández de Santillana, 2004; Canto-Maza & Vega-Cendejas, 2008; Arceo-Carranza et al., 2010; Vega-Cendejas et al., 2012; Bonilla-Gómez et al., 2014).

### **Estudios parasitológicos en *Lagodon rhomboides***

Los trabajos sobre la fauna parasitaria de *L. rhomboides*, lo refieren como hospedero de 30 taxa de metazoarios parásitos. El grupo con mayor número de registros fue trematoda con 20 taxa, seguido de los grupos monogenea y copepoda con tres y cuatro taxa, respectivamente; por su parte, en los grupos cestoda, nematoda e isopoda solo ha sido reportado un taxón en cada uno (Tabla 1). Hutton

& Sogandares-Bernal (1960) y Hutton (1964) lo refieren como hospedero de cinco especies de metazoarios parásitos en Tampa Bay; en Biscayne Bay es hospedero de siete especies (Overstreet, 1969); en Apalachee Bay es hospedero de seis especies (Nahhas & Powell, 1965; Nahhas & Short, 1965); mientras que en Lemon Bay (Bere, 1936) y en Everglades (Hall & Iversen, 1967) es referido como hospedero de una especie. Adicionalmente, Creseey (1991) lo refiere como hospedero de dos especies de copépodos en la costa de Florida. Para México, el único estudio publicado donde se refiere la presencia de parásitos en *L. rhomboides* fue realizado en la laguna de Celestún (Sosa-Medina et al., 2015); donde se encontró que *L. rhomboides* estaba parasitado por 14 taxa de metazoarios parásitos, aunque el 60% de estos no fueron identificados a nivel de especie y tampoco se aportaron datos sobre los parámetros ecológicos de las infecciones. Adicionalmente, en la laguna de la Carbonera la “xlavita” fue registrada como hospedero del isópodo *Cymothoa excisa* (Bonilla-Gómez et al., 2014).

Tabla 1. Registros históricos de la fauna parasitaria de *Lagodon rhomboides* en su rango su distribución

Grupo	Parásitos Metazoarios	Localidad	Referencia
Trematoda	Acanthostomidae gen. sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
	<i>Atrophecaecum astorquii</i> (Watson, 1976) Lamothe-Argumedo & Ponciano-Rodriguez, 1986	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
	Bucephalidae gen. sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.

<i>Diphtherostomum americanum</i> Manter, 1947	Bayboro Harbor, Tampa Bay, Biscayne Bay	Hutton & Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Overstreet, 1969.
<i>Diplomonorchis leistomi</i> Hopkins, 1941	Bayboro Harbor, Tampa Bay, Biscayne Bay	Hutton & Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Nahhas & Powell, 1965; Overstreet, 1969.
<i>Alloinfundiburictus beauforti</i> (Hopkins, 1941) Wee, Cutmore, Pérez-del-Olmo & Cribb, 2020	Apalachee Bay	Nahhas & Powell, 1965.
<i>Alloinfundiburictus lintoni</i> (Manter, 1931) Wee, Cutmore, Pérez-del-Olmo & Cribb, 2020	Apalachee Bay	Nahhas & Powell, 1965.
<i>Lecithaster confusus</i> Odhner, 1905	Apalachee Bay	Nahhas & Short, 1965.
<i>Lecithochirium musculus</i> (Looss, 1907) Nasir & Diaz, 1971	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<i>Brachyphallus parvus</i> (Manter, 1947) Skrjabin & Guschanskaja, 1955	Biscayne Bay	Overstreet, 1969.
<i>Lepocreadium floridanum</i> Sogandares-Bernal & Hutton, 1959	Bayboro Harbor, Tampa Bay, Apalachee Bay, Biscayne Bay	Hutton & Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Nahhas & Short, 1965; Overstreet, 1969.
<i>Megasolena hysterospina</i> (Manter, 1931) Overstreet, 1969	Bayboro Harbor, Tampa Bay	Hutton & Sogandares, 1960; Hutton, 1964.
<i>Mesostephanus appendiculatoides</i> (Price, 1934) Lutz, 1935	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<i>Mesostephanus</i> sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<i>Oligogonotylus manteri</i> Watson, 1976	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<i>Parahemiurus merus</i> (Linton, 1910) Manter, 1940	Apalachee Bay, Biscayne Bay	Nahhas & Short, 1965; Overstreet, 1969.
<i>Proctoeces lintoni</i> Siddiqi & Cable, 1960	Biscayne Bay	Overstreet, 1969.
<i>Stephanostomum</i> sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.

	<i>Steringotrema corpulentum</i> (Linton, 1905) Manter 1931	Bayboro Harbor, Tampa Bay, Apalachee Bay, Biscayne Bay	Hutton & Sogandares, 1960; Hutton, 1964; Overstreet, 1969.
	<i>Tabascotrema</i> sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<b>Monogenea</b>	Ancyrocephalinae gen. sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
	Microcotylidae gen. sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
	<i>Henneguya lagodon</i> Hall & Iverson, 1967	Everglades, Florida	Hall & Iversen, 1967.
<b>Cestoda</b>	Tetraphyllidae gen. sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<b>Nematoda</b>	<i>Contraecaecum</i> sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<b>Copepoda</b>	<i>Argulus funduli</i> Kroyer, 1863	Lemon Bay	Bere, 1936.
	<i>Caligus praetextus</i> Bere, 1936	Florida	Creseeey, R. 1991.
	<i>Caligus rufimaculatus</i> Wilson C.B., 1905	Florida	Creseeey, R. 1991.
	<i>Ergasilus</i> sp.	Celestún, península Yucatán, México	Sosa-Medina et al., 2015.
<b>Isopoda</b>	<i>Cymothoa excisa</i> Perty, 1833	la Carbonera, península Yucatán, México	Bonilla-Gómez et al., 2014.

## JUSTIFICACIÓN

Caracterizar el estado actual de la comunidad parasitaria en los peces que habitan en diferentes ecosistemas costeros es importante para contar con datos y entender con mayor detalle las redes tróficas en estos ecosistemas. También es muy útil para generar datos de línea base para analizar el estado de perturbación de éstos. En años recientes, las comunidades de parásitos han sido utilizados como marcadores biológicos para detectar perturbaciones en los ambientes acuáticos.

Por ello, en el presente trabajo se caracterizó la fauna de metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* en dos lagunas costeras de la península de Yucatán, con la intención de generar información útil que contribuya con la conservación, el manejo y el aprovechamiento de los ecosistemas costeros del estado de Yucatán y los recursos bióticos que en ellos habitan.

## PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es la composición de la fauna parasitaria de metazoarios en la “xlavita”, *Lagodon rhomboides*, en dos lagunas costeras de Yucatán?

¿La estructura de las poblaciones y de las comunidades de metazoarios parásitos es distinta entre las lagunas de la Carbonera y Celestún?

¿Las diferencias entre las especies de metazoarios parásitos de las lagunas de la Carbonera y Celestún pueden ser indicadores de la calidad ambiental de ambas lagunas?

## **OBJETIVO GENERAL**

Caracterizar la fauna de metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* y estimar sus atributos ecológicos en dos lagunas costeras de la península de Yucatán.

### **Objetivos específicos**

Identificar taxonómicamente las especies de metazoarios parásitos que infectan a *L. rhomboides* utilizando caracteres morfológicos y marcadores moleculares.

Determinar la prevalencia, abundancia e intensidad promedio de la infección de los metazoarios parásitos de *L. rhomboides* en las dos localidades.

Comparar la estructura de la comunidad de metazoarios parásitos entre las dos lagunas costeras.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Sitio de estudio**

#### **Laguna la Carbonera**

La laguna costera de la Carbonera se localiza en el noreste de la península de Yucatán, México (21°13'94"N, 89°53'69"W y 21°14'4"N, 89°53'42"W) (Figura 2). Es un cuerpo de agua somero, con profundidades que oscilan entre 0.1 y 1.5 m. La temperatura de la columna de agua presenta valores mínimos de 18-20°C entre los meses de diciembre y febrero, y los máximos de 28-35°C entre julio y octubre (Chiappa-Carrara et al., 2017). Está bordeada por manglares, principalmente *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, mientras que el fondo es dominado por planicies lodosas y pastos sumergidos (Arceo-Carranza et al., 2021). La hidrología

está influenciada por corrientes de marea semidiurnas y la descarga de agua dulce es a través de ojos de agua y esorrentía provenientes de la sabana yucateca (Chiappa-Carrara et al., 2017; Arceo-Carranza et al., 2021).

### **Laguna de Celestún**

La laguna costera de Celestún se localiza al noreste de la península de Yucatán (20° 45' N, y 90° 25' W) (Figura 2). Es un cuerpo de agua somero, con profundidades que oscilan entre 0.7 y 1 m con 28 km<sup>2</sup> de superficie (Arceo-Carranza et al., 2010). La temperatura promedio de la columna de agua es de 28.5°C, siendo las máximas en el mes de agosto con 35°C y las mínimas en febrero con 21°C. La precipitación media anual es de 760 mm. Los vientos dominantes son del sureste (Zaldivar-Jiménez et al., 2004). Presenta grandes extensiones de macroalgas y macrófitas (*Chara fibrosa*, *Ruppia* sp., *Halodule wrightii* y *Thalassia testudium*); y está bordeada por manglares (Arceo-Carranza et al., 2010). La hidrología está influenciada por corrientes de marea y descargas significativas de agua dulce subterránea en el borde oriental de la laguna (Aguilar-Medrano et al., 2022).

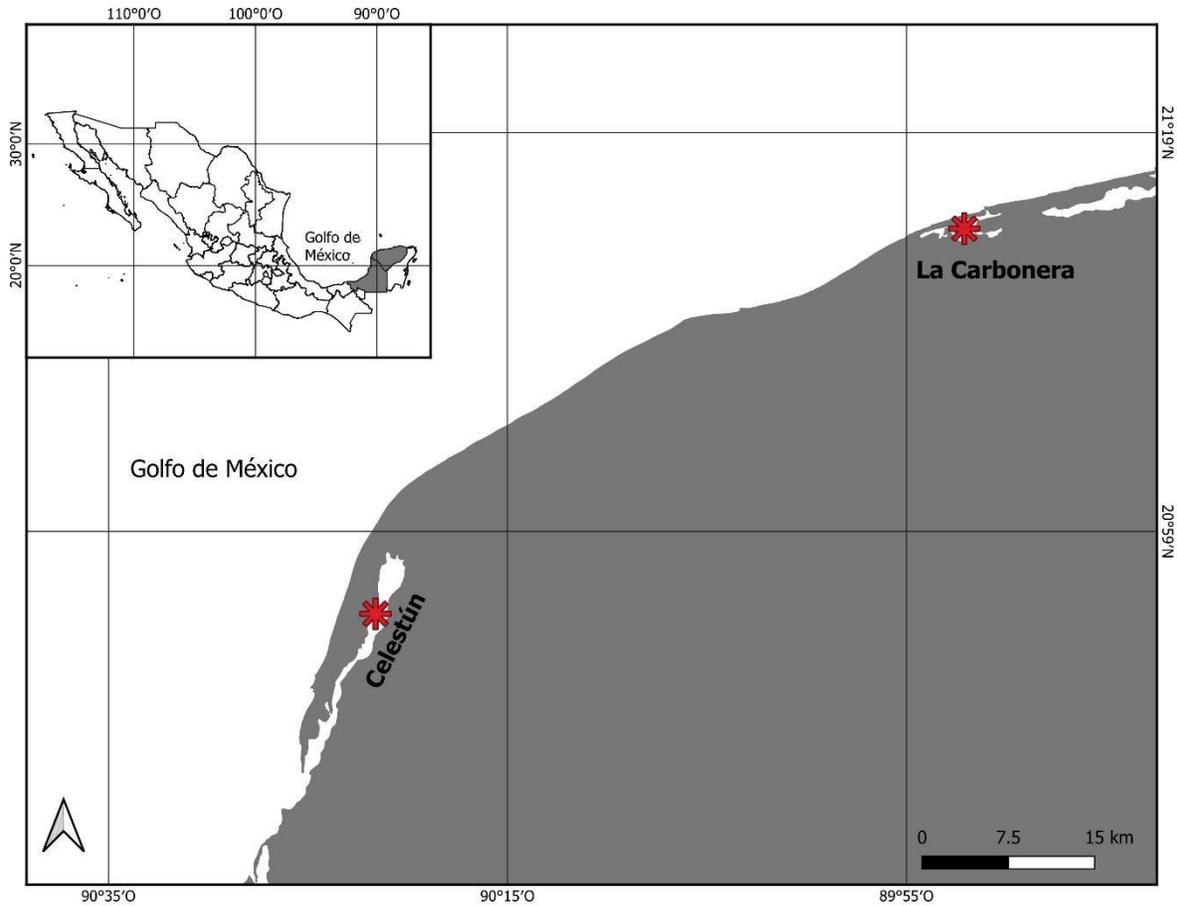


Figura 2. Localización de las lagunas costeras la Carbonera y Celestún en la península de Yucatán.

### Captura de los hospederos y obtención de parásitos

Los organismos de la especie *L. rhomboides* fueron capturados en las lagunas de la Carbonera y Celestún, Yucatán, mediante el uso de atarraya y chinchorro. La colecta se realizó bajo el permiso de colecta PPF/DGOPA-001/20 emitido por la Comisión Nacional de Pesca (CONAPESCA) a nombre del M. en C. Alfredo Gallardo. Los peces fueron transportados vivos en hieleras con agua de la misma laguna hasta las instalaciones del Laboratorio de Biología de la

Conservación en el Parque Científico y Tecnológico de Yucatán. Durante el traslado el agua se oxigenó con la ayuda de bombas aireadoras.

Los peces fueron sometidos a un shock térmico hasta observar que no mostraban movimientos operculares; enseguida, se sacrificaron mediante la técnica de descerebración; posteriormente se realizó el examen parasitológico. Cada organismo fue disectado para examinar separadamente los siguientes órganos: cavidad bucal, branquias, cerebro, mesenterio y aparato digestivo. Los órganos se aislaron y se colocaron en cajas Petri con solución salina al 0.85% y se examinaron con ayuda de un microscopio estereoscópico. Los parásitos colectados fueron fijados con agua destilada a punto de ebullición y preservados en viales con alcohol etílico al 100%, debidamente etiquetados con información del hospedero y localidad. Posteriormente, se mantuvieron en refrigeración hasta su estudio morfológico y molecular.

### **Análisis Molecular**

Los procedimientos de extracción, amplificación y purificación de ADN se describen a continuación, los organismos fijados en alcohol etílico fueron transferidos a tubos de 0.5 ml que contenían 100 µl de solución de digestión conformada por 10 µl Tris-HCL, 10 µl NaCl, 20 µl EDTA, 10 µl Sarkosyl, 1 µl Proteinasa K y 49 µl H<sub>2</sub>O. Las muestras se incubaron en un termoblock a 56°C por al menos 8 horas. La extracción de ADN se realizó usando el reactivo DNAzol siguiendo las instrucciones de uso del fabricante.

El ADN ribosomal y mitocondrial se amplificó mediante la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR) utilizando los primers enlistados en la Tabla 2.

Tabla 2. Primers utilizados para la amplificación de ADN ribosomal y mitocondrial.

REGIÓN	PRIMER	SECUENCIA (5'-3')	FORWARD (F) REVERSE (R)	REFERENCIA
28S	391	AGCGGAGGAAAAGAACTAA	F	Nadler & Hudspeth, 1998.
	502	CAA GTA CCG TGA GGG AAA GTT GC	F	García-Varela & Nadler, 2005.
	536	CAGCTATCCTGAGGGAAAC	R	García-Varela & Nadler, 2005.
	501	TCGGAAGGAACCAGCTACTA	R	Stock et al., 2001.
	503	CCT TGG TCC GTG TTT CAA GAC G	R	Stock et al., 2001.
ITS	BD3	GAACATCGACATCTTGAACG	F	Hernández-Mena et al., 2014.
	BD2	TATGCTTAAATTCAGCGGGT	R	Luton et al., 1992.
	BD4	ATAAGCCGACCCTCGGC	R	Hernández-Mena et al., 2014.
Cox1	JB3	TTTTTTGGGGATCCTGAGGTTTAT	F	Bowles et al., 1992.
	JB4	TAAAGAAAGAACATAATGAAAATG	R	Bowles et al., 1992.
	507	AGTTCTAATCATAARGATATYGG	F	Nadler et al., 2006.
	HCO	TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA	R	Folmer et al. 1994.

La Reacción en Cadena de la Polimerasa fue llevada a cabo en un volumen total de 12.5 µl que contenía 2.5 µl de PCR Buffer (10X), 0.5 µl de cada primer (10mM), 0.08 µl de Taq Polimerasa, 7.92 µl de H<sub>2</sub>O y 1 µl de ADN. Las condiciones de amplificación para cada primer se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Condiciones de amplificación de los primers

	28S	ITS	Cox1
Activación	95°C 4 min	95°C 5 min	95°C 3 min
30 ciclos	94°C 30 seg	95°C 30 seg	94°C 30 seg
Alineamiento	55°C 45 seg	55°C 30 seg	44°C 1 min
1er Extensión	72°C 1 min	72°C 30 seg	72°C 1 min
Extensión final	72°C 7 min	72°C 7 min	72°C 8 min
Permanencia	4°C	4°C	4°C

Para verificar la correcta amplificación de los productos de PCR, se realizó electroforesis en geles de agarosa. Para ello se utilizaron 2 µl de cada PCR más 2.5 µl de Gel Loading Buffer (10X). Los productos de PCR positivos fueron purificados con exonucleasa-fosfatasa siguiendo las instrucciones del fabricante. Estos productos de PCR purificados fueron enviados a Macrogen Inc. Seoul, Korea del Sur o al Laboratorio de Secuenciación Genómica de la Biodiversidad y de la Salud del Instituto de Biología de la UNAM para obtener las secuencias. Posteriormente, las secuencias de ADN fueron ensambladas utilizando el software Geneious Pro.

Para lograr la determinación taxonómica de las especies, las secuencias fueron analizadas utilizando la herramienta BLAST (Basic Local Alignment Search Tool, por sus siglas en inglés), incluida en el Centro Nacional de Biotecnología (NCBI, por sus siglas en inglés), para comparar el porcentaje de identidad molecular con las secuencias disponibles. De manera discrecional se estableció un porcentaje mínimo de identidad para cada uno de los marcadores moleculares utilizados. Para los genes ribosomales (28S e ITS), el porcentaje de identidad del 99% fue el mínimo para confirmar que las secuencias comparadas correspondían a la misma especie;

en el caso del gen mitocondrial Cox1 el porcentaje de identidad mínimo del BLAST para ser considerado la misma especie fue del 95%. La diferencia en los valores mínimos se debe a que el genoma mitocondrial posee una tasa de divergencia mayor que el genoma ribosomal (Hebert, et al., 2003; Antil al et al., 2023).

## **Análisis Filogenético**

El análisis filogenético se realizó cuando el nivel de identidad de las secuencias propias comparadas con las disponibles en el GenBank, indicaba la posible existencia de una especie nueva. En estos casos las secuencias fueron alineadas con secuencias pertenecientes a taxones cercanos. El alineamiento fue realizado con el programa Seaview mediante el algoritmo de alineamiento múltiple MUSCLE. El modelo de sustitución de nucleótidos fue seleccionado de acuerdo al criterio Akaike, utilizando jModelTest v. 2.1.6, implementado en CIPRES Science Gateway v. 3.32.6, versión en línea (Miller et al., 2010). El análisis filogenético se ejecutó bajo los métodos de Máxima Verosimilitud (ML, por sus siglas en inglés) utilizando RAxML-HPC2 on ACCESS (v. 8.2.12) con 1000 repeticiones bootstrap e Inferencia Bayesiana (BI, por sus siglas en inglés) utilizando MrBayes on XSEDE (v. 3.2.7a). El análisis de Inferencia Bayesiana incluyó cuatro cadenas de Markov Monte Carlo, cada una de ellas con 10 millones de generaciones. El muestreo de árboles fue cada 1,000 generaciones, el parámetro de calentamiento de 0.2 y un 'burnin' del 25%. Los árboles resultantes fueron visualizados en FigTree. Las distancias genéticas entre taxones para cada conjunto de datos se calcularon utilizando 'distancias p' no corregidas con MEGA v.6.

## **Análisis Morfológico**

Los parásitos seleccionados de los grupos monogenea, trematoda y acanthocephala fueron teñidos con paracarmín de Mayer o tricrómica de Gomori siguiendo la técnica descrita por Lamothe-Argumedo (1997). Los ejemplares fueron colocados por una hora en formol al 4%, se lavaron en alcohol al 96%, posteriormente se tiñeron utilizando alguno de los colorantes referidos anteriormente; se lavaron en alcohol al 96% para retirar el exceso de colorante; a continuación se diferenciaron en alcohol acidulado al 2% por un minuto, se lavaron en alcohol al 96%, y se deshidrataron en alcohol al 100% durante 10 minutos; posteriormente fueron transferidos a salicilato de metilo durante 10 minutos, y por último los ejemplares fueron montados en preparaciones permanentes con bálsamo de Canadá. Las preparaciones se observaron bajo el microscopio óptico para su estudio taxonómico y para obtener datos morfológicos útiles para su identificación.

Los organismos de los grupos nematoda y copepoda fueron aclarados con Glicerol al 50%. Las preparaciones se observaron bajo el microscopio óptico con la finalidad de obtener datos morfológicos que fueran útiles para su identificación. Los organismos fueron preservados en etanol al 70%.

## **Microscopia Electrónica de Barrido (MEB)**

Se seleccionaron ejemplares con una condición morfológica óptima y fueron procesados para obtener microfotografías en el Laboratorio de Microscopía Electrónica de Barrido del Instituto de Biología de la UNAM. Los organismos fueron deshidratados en alcoholes graduales (30, 40, 50, 60 y 70) y se secaron a punto crítico con Dióxido de Carbono. Las muestras secas fueron montadas en placas

metálicas con lengüetas adhesivas de carbono, se recubrieron con una capa de oro-paladio y se examinaron en un microscopio HITACHI-SU1510 a 15kV (ver García-Varela et al., 2017).

### **Atributos ecológicos**

Los atributos ecológicos a nivel de poblaciones fueron calculados para cada población de acuerdo con Bush et al. (1997).

Prevalencia: Número de hospederos infectados por una determinada especie de parásito en una localidad, dividido entre el número total de hospederos examinados. El resultado es expresado en porcentaje.

Abundancia media: número total de parásitos de una especie, dividido por el número total de hospederos examinados en una localidad.

Intensidad promedio de infección: número total de parásitos de una especie, dividido por el número de hospederos infectados por esa especie en una localidad.

Los análisis comunitarios se realizaron a dos niveles: infracomunidad y componente de comunidad. La primera es definida de acuerdo con Bush et al. (1997) como el conjunto de infrapoblaciones de parásitos asociadas a un hospedero individual en un momento particular. Por otra parte, el componente de comunidad se define como el conjunto de infrapoblaciones de parásitos asociadas a una muestra de la población de un hospedero que comparten una misma unidad espacio-temporal (Bush et al., 1997). Una infrapoblación es definida como el conjunto de todos los individuos de una misma especie de parásito en un solo hospedero (Bush et al., 1997).

Adicionalmente, para determinar si la riqueza de metazoarios fue completamente censada en los muestreos se realizó una curva de acumulación de la riqueza de especies para cada localidad y se calcularon estimadores de riqueza. Los análisis a nivel de comunidades fueron realizados mediante el uso de Primer v6 (Anderson, 2008).

Atributos ecológicos a nivel de componente de comunidad:

Abundancia (N): número total de individuos por especie de parásito en cada localidad.

Riqueza (S): número total de especies de parásitos colectadas para cada localidad.

Índice de Shannon-Wiener: es un índice de diversidad que expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra.

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra

Atributos ecológicos a nivel de infracomunidad:

Abundancia media (N): número promedio de individuos por especie de parásito en cada localidad.

Riqueza (S): promedio de especies de parásitos encontrados en cada hospedero para cada localidad.

Índice de Brillouin:

$$HB = \frac{1n N! - \sum 1n n_i!}{N}$$

## RESULTADOS

### Registro parasitológico

Se examinaron un total de 60 peces, 29 en la laguna de la Carbonera y 31 en la laguna de Celestún, ocho peces fueron negativos a infecciones parasitarias; tres en la Carbonera y cinco en Celestún. Se colectaron un total de 1,465 metazoarios parásitos. Para su identificación taxonómica primero se separaron en morfotipos de acuerdo al grupo taxonómico al que pertenecían y a características morfológicas distintivas. Posteriormente, se estimó el porcentaje de identidad molecular con el uso de genes ribosomales o mitocondriales, a través de una búsqueda de regiones similares entre secuencias con la herramienta Basic Local Alignment Search Tool (BLAST) disponible en el Centro Nacional de Biotecnología (NCBI). Con esta metodología se identificaron 20 taxa distintos, de los cuales siete tuvieron un porcentaje de identidad por arriba del 99% para genes ribosomales y/o 95% para el gen mitocondrial Cox1, en comparación con secuencias de especies incluidas en el NCBI (Tabla 4). Esto permitió su identificación hasta nivel taxonómico de especie. Adicionalmente, la determinación taxonómica de un taxa se realizó

únicamente utilizando caracteres morfológicos, debido a que no se tuvo éxito en la amplificación de ADN: el copépodo *Lernanthropus* sp.

Trece de los 20 taxa secuenciados exhibieron un porcentaje de identidad por debajo del 99% y 95% para genes ribosomales y mitocondriales, respectivamente; esto sólo permitió determinar su identidad hasta nivel de género y en algunos casos a nivel de familia. Cuatro de éstos, sólo se identificaron a nivel de género por ser estados larvarios. Sólo tres especies en estado larvario fueron determinadas a nivel de especie con un alto porcentaje de identidad molecular: el metacestodo *Dasyrhynchus giganteus*, cuyo estado adulto se encuentra en tiburones de los géneros *Carcharhinus* y *Negaprion* (Beveridge & Campbell, 1993), y los nematodos *Cosmocephalus obvelatus* y *Contracecum rudolphii* que son parásitos de aves ictiófagas (Díaz et al., 2001; D'Amelio et al., 2007; Kim et al., 2015). Posteriormente, se realizó un estudio morfológico detallado de los adultos restantes, a partir del cual se logró la determinación a nivel de especie de dos de ellos. Por último, la identificación a nivel de especie de siete de estos taxa no fue realizada porque se colectaron pocos individuos o bien, porque representan potenciales especies nuevas que requieren información adicional para ser descritas.

Los ejemplares fueron procesados (teñidos o aclarados según fuera el caso) para su observación morfológica. En todos los casos, la información morfológica fue determinante para corroborar la identidad específica de los organismos, junto con datos publicados de cada una de las especies en referencia a su distribución geográfica y asociación con el hospedero u hospederos.

Tabla 4. Identidad molecular de las especies de metazoarios parásitos que infectan a *Lagodon rhomboides* en dos lagunas costeras de Yucatán.

Grupo	Taxa	Gen	Taxa de coincidencia	Porcentaje de Identidad	GenBank
Trematoda	<i>Bucephalus</i> sp.	28S	<i>Bucephalus margaritae</i>	98.07	KT273395
	<i>Cardiocephaloides</i> sp.	28S	<i>Cardiocephaloides longicollis</i>	98.77	MN820662
	<i>Diptherostomum americanum</i>	ITS	<i>Diptherostomum flavum</i>	98.07	AY222272
	<i>Diplomonorchis</i> sp.	28S	<i>Diplomonorchis leiostomi</i>	96.48	AY222252
	Lecithasterinae gen. sp.	28S	<i>Lecithaster micropsi</i>	87.88	MH628306
	<i>Megasolena hysterospina</i>	28S	<i>Megasolena hysterospina</i>	99.92	MH244121
	<i>Parahemiurus merus</i>	28S	<i>Parahemiurus merus</i>	99.77	OP918125
	<i>Proctoeces</i> sp.	28S	<i>Proctoeces maculatus</i>	98.03	AY222284
Monogenea	<i>Microcotyle</i> sp.1	Cox1	<i>Microcotyle visa</i>	92.91	MK275653
	<i>Microcotyle</i> sp.2	Cox1	<i>Microcotyle isyebi</i>	89.05	MN816018
Cestoda	<i>Dasyrhynchus giganteus</i>	28S	<i>Dasyrhynchus giganteus</i>	99.69	FJ788109
	<i>Matticestus</i> sp.	28S	<i>Matticestus kathleenae</i>	96.23	KF685765
Acanthocephala	<i>Dollfusentis bravoae</i>	28S	<i>Dollfusentis bravoae</i>	99.46	MK282754
Nematoda	<i>Contracecum rudolphii</i>	Cox1	<i>Contracecum rudolphii</i>	98.85	MF663197
	<i>Cosmocephalus obvelatus</i>	28S	<i>Cosmocephalus obvelatus</i>	99.87	OR944181
	<i>Cucullanus pargi</i>	28S	<i>Cucullanus opisthoporus</i>	85.57	KX752095
	<i>Pseudoterranova</i> sp.	28S	<i>Pseudoterranova ceticola</i>	96.57	LC712862
Copepoda	<i>Caligus praetextus</i>	28S	<i>Caligus elongatus</i>	92.96	DQ180337
	<i>Clavellotis</i> sp.	Cox1	<i>Clavellotis dilatata</i>	87.85	KX815899
Isopoda	<i>Cymothoa excisa</i>	Cox1	<i>Cymothoa excisa</i>	99.83	OR533290

## **Caracterización taxonómica**

A continuación, se presenta una breve caracterización morfológica de las especies de parásitos que fueron identificadas en este estudio.

### **Phylum Platyhelminthes**

#### **Clase Trematoda**

#### **Bucephalidae Poche, 1907**

#### ***Bucephalus* von Baer, 1827**

Los trematodos de la familia Bucephalidae se caracterizan por poseer un *rynchus* (una ventosa simple) con tentáculos retraibles en la parte anterior del cuerpo; carecen de ventosa oral y ventral. La boca se encuentra en la superficie ventral del cuerpo y está asociada a la posición de la faringe y esófago (Overstreet & Curran, 2002).

El género *Bucephalus* se compone de 53 especies de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Bucephalus* von Baer, 1827. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=108668> on 2024-04-03). La distribución de las especies es cosmopolita. En México, se ha reportado la presencia de tres especies del género y un taxa indeterminado (*B. heterotentaculatus*, *B. introversus*, *B. margaritae* y *Bucephalus* sp.) en peces y ostiones distribuidos a lo largo de la costa del Pacífico, en una laguna continental y en la costa del golfo de México (Pérez-Ponce de León et al., 2007; Aguirre-Macedo et al., 2008). Debido a que se colectaron formas larvarias de este trematodo, no fue posible determinar morfológicamente la especie a la que pertenecen.

El porcentaje de identidad resultado del BLAST exhibe un 98.07% de identidad con *B. margaritae* utilizando el gen 28S (Tabla 4). Con este valor sólo fue posible lograr la identificación taxonómica de los ejemplares colectados hasta nivel de género. *Bucephalus margaritae* es principalmente parásito de carángidos, aunque se le ha registrado en otras familias de peces, y su distribución es cosmopolita (WoRMS, 2024. *Bucephalus margaritae* Ozaki & Ishibashi, 1934. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=579552> on 2024-04-19). La presencia de *Bucephalus* sp. en la laguna de Celestún representa un nuevo registro de localidad y hospedero para el género.

### **Strigeidae Railliet, 1919**

#### ***Cardiocephaloides* Sudarikov, 1959**

Los trematodos de la familia Strigeidae se caracterizan por tener el cuerpo bisegmentado en estado adulto: la región anterior del cuerpo posee forma de copa; además carecen de saco del cirro. Presentan los testículos en tándem y lobulados y el poro genital es dorso-subterminal (Shoop, 1989).

El género *Cardiocephaloides* se compone de siete especies de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Cardiocephaloides* Sudarikov, 1959. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=725086> on 2024-04-0). Tienen una amplia distribución, y en estado larvario se consideran parásitos con baja especificidad hospedatoria. Los adultos del género parasitan el tracto intestinal de aves ictiófagas; los peces actúan como segundos hospederos intermediarios,

donde el parásito se aloja en el cerebro (Achatz et al., 2020; Chibwana, 2023). Born-Torrijos et al. (2016) reportaron la presencia de *Cardiocephaloides* en peces de la familia Sparidae en el mar Mediterráneo. En la laguna de la Carbonera se ha descrito la presencia *Cardiocephaloides medioconiger*, en forma de metacercaria, como parásito del ciprínido *Floridichthys polyommus* (Espínola-Novelo et al., 2023).

Los ejemplares colectados en la Carbonera exhiben una identidad molecular para el gen 28S menor al 99% con las distintas especies del género que se encuentran depositadas en GenBank. El porcentaje de identidad del 98.77% del BLAST con la especie *Cardiocephaloides longicollis* (Tabla 4) indica que no se trata de la misma, pero debido a su desarrollo inmaduro no fue posible su identificación a nivel de especie con la descripción de sus caracteres. En caso de confirmarse que corresponde con una nueva especie, existirían dos especies del género parasitando los peces de las lagunas costeras de Yucatán. La presencia de *Cardiocephaloides* sp. como parásito de *L. rhomboides* representa un nuevo registro de hospedero para el género.

## **Zoogonidae Odhner, 1902**

### ***Diptherostomum americanum* Manter, 1947**

Son trematodos de la familia Zoogonidae caracterizados por poseer un par de lóbulos marginales en forma de labios que rodean la ventosa ventral, el saco del cirro está bien desarrollado y se encuentra posterior a la ventosa ventral: contiene la vesícula seminal y el complejo prostático (Gilardoni et al., 2020).

El género *Diphtherostomum* se compone de 10 especies (WoRMS, 2024). *Diphtherostomum* Stossich, 1904. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=394142> on 2024-05-06). Las especies de este género son morfológicamente muy similares, lo que ha ocasionado que muchos ejemplares en el mundo se hayan identificado erróneamente como *Diphtherostomum brussinae*, una especie considerada cosmopolita (Gilardoni et al., 2020). En Bayboro Harbor, Tampa Bay y Biscayne Bay se ha reportado la presencia de *D. americanum* como parásito de *L. rhomboides* (Hutton & Sogandares-Bernal, 1960; Hutton, 1964; Overstreet, 1969); sin embargo, no se cuenta con secuencias de ADN de esta especie.

Los ejemplares colectados exhiben un porcentaje de identidad resultado del BLAST del 98.07% con *Diphtherostomum flavum* utilizando los espaciadores internos ribosomales (ITS) (Tabla 4); este valor indica que no se trata de esa especie que fue descrita originalmente como parásito del pez *Pinguipes brasilianus* en la costa del Atlántico de Sudamérica (Gilardoni et al., 2020). El análisis morfológico permitió determinar la posición sinistral de la bolsa del cirro y la posición en tándem de los testículos en la región posterior del cuerpo; con estas características, se determinó que los organismos colectados corresponden a la descripción de *Diphtherostomum americanum* realizada por Manter (1947). La presencia de *Diphtherostomum americanum* como parásito de *L. rhomboides* en las lagunas de la Carbonera y Celestún representa un nuevo registro de localidad para la especie.

## **Monorchiidae Odhner, 1911**

### ***Diplomonorchis* Hopkins, 1941**

#### ***Diplomonorchis* sp.**

Los trematodos de la familia Monorchiidae se caracterizan por poseer un complejo genital armado con espinas; la parte anterior del complejo presenta espinas, mientras que la parte posterior carece de ellas. Además, las glándulas vitelógenas se encuentran en campos restringidos del cuerpo (Madhavi, 2008; Andrade-Gómez et al., 2023).

El género *Diplomonorchis* se compone de 11 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Diplomonorchis* Hopkins, 1941. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=394123> on 2024-05-27). En el golfo de México y el mar Caribe se ha reportado la presencia de siete especies del género como parásitos de peces de distintas familias: *Diplomonorchis leiostomi*, *D. caballeroi*, *D. sphaerovarium*, *D. floridensis*, *D. catarisensis*, *D. myrophitis* y *D. hopkinsi* (Nahhas & Cable, 1964; Nahhas & Powell, 1965; Overstreet, 1969; Montoya-Mendoza et al., 2015; Vidal-Martínez et al., 2019). En la península de Yucatán, Vidal-Martínez et al. (2019) registraron la presencia de *D. caballeroi* como parásito del pez lenguado *Syacium papillosum*.

Los ejemplares colectados en este estudio exhiben una identidad molecular del 96.48% con *D. leiostomi* utilizando el gen 28S (Tabla 4); este porcentaje indica que no se trata de la misma especie. Este resultado concuerda con los datos morfológicos de los ejemplares debido a que la posición de los ciegos intestinales y

la posición del saco del cirro difieren entre los ejemplares colectados (Figura 3) y *D. leiostomi*. Aunque, en estudios parasitológicos anteriores, diversos autores reportaron la presencia de *D. leiostomi* como parásito de *L. rhomboides* en las costas de Bayboro Harbor, Tampa Bay y Biscayne Bay (Hutton & Sogandares-Bernal, 1960; Hutton, 1964; Nahhas & Powell, 1965; Overstreet, 1969). Se requiere de un estudio más detallado para determinar si se trata de una nueva especie del género. La presencia de *Diplomonorchis* sp. en las lagunas de la Carbonera y Celestún representa un nuevo registro de localidad para el género.

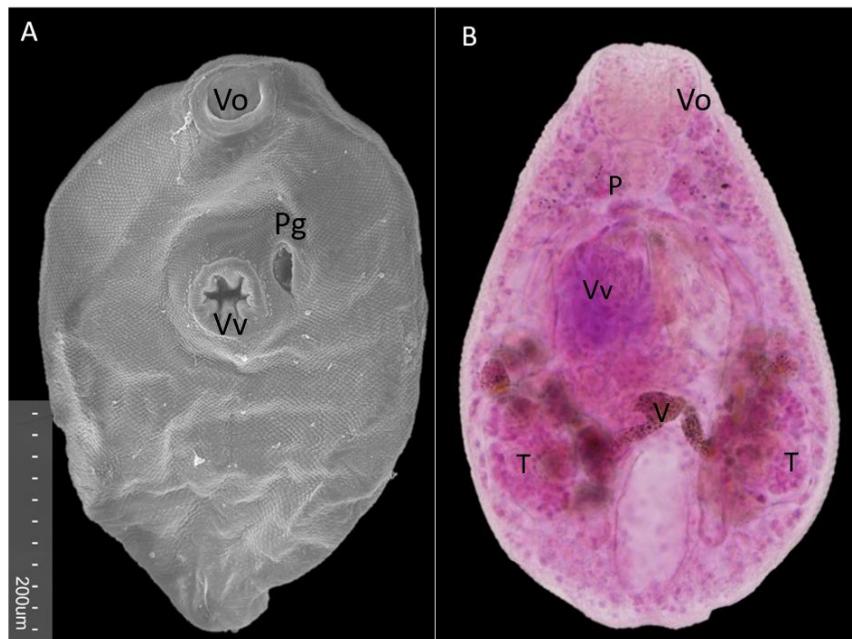


Figura 3. *Diplomonorchis* sp. A) Microfotografía de Microscopía Electrónica de Barrido mostrando la superficie del cuerpo: Vo: ventosa oral; Pg: poro genital; Vv: ventosa ventral. B) Ejemplar teñido con paracarmín de Mayer, vista ventral; Vo: ventosa oral; P: faringe; Vv: ventosa ventral; V: glándulas vitelógenas; T: Testículo.

## **Lecithasteridae Odhner, 1905**

### **Lecithasterinae gen. sp.**

Los trematodos de la subfamilia Lecithasterinae se caracterizan por ser de tamaño pequeño y de forma fusiforme, carecen de ecsoma y presentan un ducto hermafrodita que puede fungir como 'sinus-sac' debido a la carencia de este órgano (Gibson, 2002).

La familia se compone de cuatro subfamilias y 10 géneros, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. Lecithasteridae Odhner, 1905. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=108473> on 2024-07-09). En México se ha reportado la presencia de especies de los géneros *Aponurus*, *Hysterolecitha*, *Lecithaster*, y *Lecithophyllum* en peces distribuidos a lo largo de la costa del Pacífico (Pérez-Ponce de León et al., 2007). Sosa-Medina et al. (2015) reportaron la presencia de *Lecithaster confusus* como parásito de *Lagodon rhomboides* en la laguna de Celestún. Los ejemplares colectados en este estudio no corresponden morfológicamente con dicha especie.

El porcentaje de identidad resultado del BLAST exhibe una similitud del 87.88% con *Lecithaster micropsi* utilizando el gen 28S (Tabla 4); el bajo porcentaje de identidad indica que no se trata de la misma especie e incluso tampoco del género. Debido a que solo fueron colectados dos individuos de este taxón no fue posible determinar su nivel taxonómico a nivel de género con la descripción de sus caracteres morfológicos.

## **Haploporidae Nicoll, 1914**

### ***Megasolena hysterospina* (Manter, 1931) Overstreet, 1969**

Los miembros de la familia Haploporidae se han registrado como parásitos de peces marinos, estuarinos y de agua dulce. Se caracterizan por poseer un saco hermafrodita que rodea la porción terminal de los órganos masculinos y femeninos y usualmente poseen un solo testículo (Andres et al., 2018). *Megasolena hysterospina* se distingue por la ausencia de un anillo muscular prefaríngeo (Hutton & Sogandares-Bernal, 1959).

El género *Megasolena* se compone de siete especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Megasolena* Linton, 1910. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=415617> on 2024-02-21). *Megasolena hysterospina* (Figura 4) se ha reportado en distintas regiones de la costa del Atlántico de América (Overstreet, 2009) como parásito de peces de la familia Sparidae. En México, se ha reportado en la laguna de Alvarado, Veracruz, como parásito de *Archosargus probatocephalus* (Montoya-Mendoza et al., 2015).

Los ejemplares colectados en las lagunas de la Carbonera y Celestún exhiben una identidad molecular del 99.92% para el gen 28S, indicando que corresponden a esta especie (Tabla 4). *Megasolena hysterospina* ya había sido reportada como parásito de *L. rhomboides* en Harbor Bay y Tampa Bay por Hutton (1964) y Hutton & Sogandares-Bernal (1960), respectivamente. La presencia de *M. hysterospina* en las lagunas de la Carbonera y Celestún representa un nuevo registro de localidad para la especie.

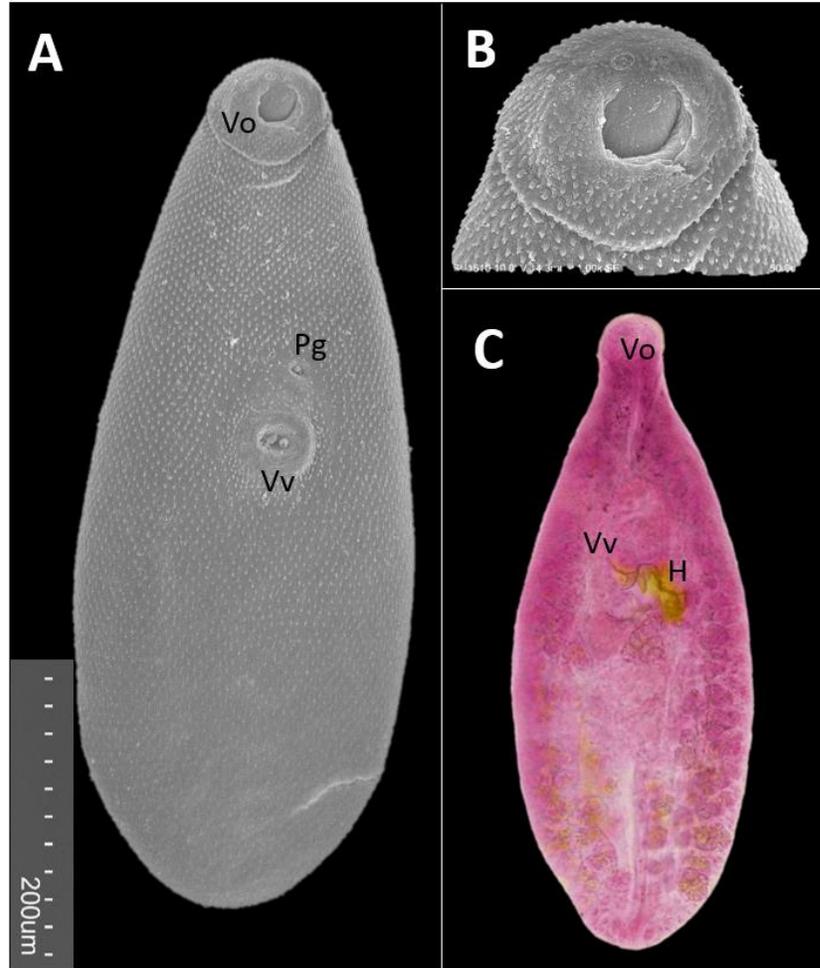


Figura 4. *Megasolena hysterospina*, vista ventral. A) Microfotografía de microscopía electrónica de barrido mostrando la superficie del cuerpo; Vo: Ventosa oral; Pg: poro genital; Vv: ventosa ventral. B) Microfotografía de Microscopía Electrónica de Barrido mostrando los detalles de la ventosa oral. C) Ejemplar teñido con paracarmín de Mayer; Vo: ventosa oral; Vv: ventosa ventral; H: huevos.

## Hemiuridae Looss, 1899

### ***Parahemiurus merus* (Linton, 1910) Manter, 1940**

Son trematodos de la familia Hemiuridae que se caracterizan por tener un cuerpo alargado, con estrías ('plications') en el tegumento, desde el nivel de la ventosa oral hasta la región de las vitelógenas. También presentan un ecsoma bien desarrollado y dos glándulas vitelógenas postováricas en forma de dos masas redondeadas y compactas (Manter, 1940).

Es una de las 23 especies del género *Parahemiurus* de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Parahemiurus* Vaz & Pereira, 1930. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=108762> on 2024-01-24). Tiene una amplia distribución y un amplio espectro hospedatorio, por lo que se considera una especie con baja especificidad hospedatoria. De acuerdo con Overstreet et al. (2009) esta especie se ha reportado en 46 especies de peces marinos en regiones del golfo de México, mar Caribe, costa Atlántica de Sudamérica y la costa este del Pacífico. En México, *Parahemiurus merus* (Figura 5) se ha registrado en nueve especies de peces marinos en localidades de Baja California y Jalisco (Pérez-Ponce de León et al., 2007).

*Parahemiurus merus* ha sido reportada como parásito de *L. rhomboides* por Nahhas & Short (1965) y Overstreet (1969), en Apalachee Bay y Biscayne Bay, Florida, E.U. Los datos moleculares corroboran la determinación taxonómica de la especie debido a que los ejemplares secuenciados exhiben un porcentaje de identidad del 99.77% con secuencias del gen 28S de *P. merus* depositadas en el

GenBank (Tabla 4). La presencia de *P. merus* en la laguna de Celestún representa un nuevo registro de localidad para la especie.

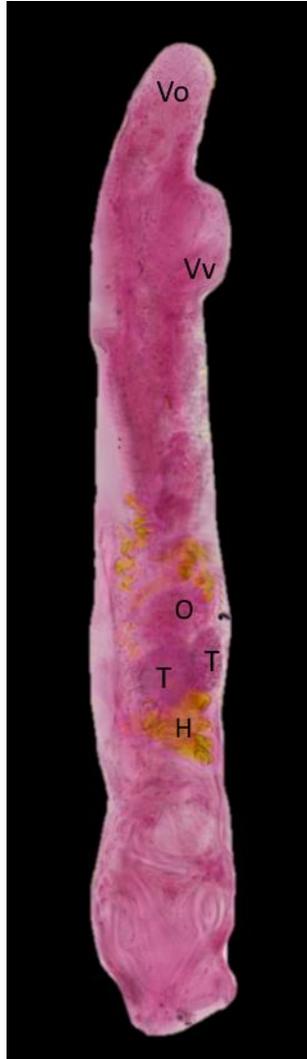


Figura 5. *Parahemiurus merus*, vista dorso ventral; tinción con paracarmín de Mayer; Vo: ventosa oral; Vv: ventosa ventral; O: ovario; T: testículo; H: huevos.

## **Fellodistomidae Nicoll, 1909**

### ***Proctoeces* (Looss, 1901) Odhner, 1911**

#### ***Proctoeces* sp.**

Son trematodos de la familia Fellodistomidae que se caracterizan por poseer un tegumento sin espinas (Manter & Hanson-Pritchard, 1962), la ventosa oral es globular mientras que la ventosa ventral posee forma ovalada o esférica (Wee et al., 2017; Oliva et al., 2018). La faringe se encuentra bien desarrollada y el saco del cirro es alargado y puede extenderse hasta la altura de la ventosa ventral (Manter & Hanson-Pritchard, 1962; Wee et al., 2017).

El género *Proctoeces* está compuesto por 16 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Proctoeces* Odhner, 1911. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=108698> on 2024-02-27), poseen una fuerte plasticidad fenotípica (Oliva et al., 2018) y se han reportado principalmente como parásitos de peces de las familias Sparidae y Labridae (Wee et al., 2017). Algunas especies de este género presentan un desarrollo progenético que les permite madurar sexualmente en sus hospederos intermediarios, como es el caso de *Proctoeces maculatus* (Manter & Hanson-Pritchard, 1962). En el golfo de México se ha reportado la presencia de *P. maculatus* en estado larvario como parásito de la ostra *Crassostrea virginica*, en la costa de Veracruz (Aguirre-Macedo et al., 2007).

La secuencia de ADN para el gen 28S de los ejemplares colectados exhibe un porcentaje de identidad del 98% con la secuencia de *P. maculatus* obtenida de

ejemplares colectados en *Archosargus probatocephalus* (Tabla 4) de Mississippi, E.U., por Olson et al. (2003). Sin embargo, diversos autores (Antar & Gargouri, 2015; Vermaak et al., 2023) consideran que estos ejemplares no corresponden a la especie *P. maculatus* que fue descrita originalmente como parásito de *Labrus merula* en la costa de Italia, en el mar Mediterráneo. La distancia genética intraespecífica de *P. maculatus* para el gen ribosomal 28S, considerando las secuencias obtenidas por Vermaak et al. (2023) en *Clinus superciliosus* y *Diplodus capensis* en la costa de Sudáfrica y las de Antar & Gargouri (2015) en *Lithognathus mormyrus* y *Sparus aurata* en la costa de Túnez, es de 0.42%. La secuencia de Olson et al. (2003) exhibe una distancia de entre 3.9-4.8% con respecto a las secuencias de los autores referidos anteriormente. Por lo tanto, los ejemplares colectados en el presente trabajo no corresponden a *P. maculatus*.

Overstreet (1969) reportó la presencia de *Proctoeces lintoni* como parásito de *L. rhomboides* en Biscayne Bay, Florida; sin embargo, la especie no cuenta con secuencias del gen ribosomal 28S disponibles en el GenBank. Debido a que solo se colectaron cuatro individuos en este estudio no fue posible determinar los ejemplares hasta nivel taxonómico de especie con la información morfológica. La presencia de *Proctoeces* sp. (Figura 6) como parásito de *Lagodon rhomboides* en las lagunas de la Carbonera y Celestún representa un nuevo registro de localidad para el género. Se requiere un mayor esfuerzo de muestreo para obtener más ejemplares y determinar si éstos pertenecen a una especie previamente descrita o bien a una especie nueva del género.

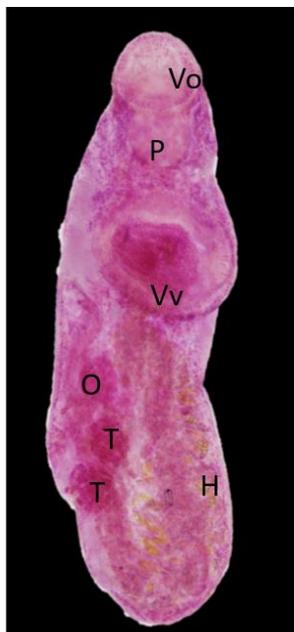


Figura 6. *Proctoeces* sp. vista ventral, tinción con paracarmín de Mayer; Vo: ventosa oral; P: faringe; Vv: ventosa ventral; O: ovario; T: testículo; H: huevos.

## **Clase Monogenea**

### **Microcotylidae Taschenberg, 1879**

#### ***Microcotyle* Van Beneden & Hesse, 1863**

#### ***Microcotyle* sp. 1 (la Carbonera)**

#### ***Microcotyle* sp. 2 (Celestún)**

Los monogeneos de la familia Microcotylidae se caracterizan por ser de forma alargada y poseer un opisthaptor en el extremo posterior del cuerpo con un patrón tridimensional o en forma de 'L' (Villora-Montero et al., 2023). Además, su boca está provista de ventosas laterales (MacCallum, 1913).

El género *Microcotyle* se compone de 73 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Microcotyle* Van Beneden & Hesse, 1863. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=119381> on 2024-04-10). Las especies de este género se han descrito principalmente en peces de la familia Sparidae en el Mediterráneo (Villora et al., 2023). La alta homogeneidad morfológica de algunas especies del género, ha ocasionado que en el Mediterráneo distintas especies sean erróneamente clasificadas como *Microcotyle erythrini* (Villora-Montero et al., 2020); en años recientes con la incorporación de métodos moleculares se han podido distinguir nuevas especies. Hasta la fecha, al menos cuatro especies han sido descritas en especies distintas de espáridos en el Mediterráneo: *M. erythrini*, *M. visa*, *M. isyebi* y *M. whittingtoni* (Bouguerche et al., 2019; Villora-Montero et al., 2020).

Las secuencias de los ejemplares colectados en la Carbonera y Celestún son diferentes entre sí y además presentan identidades moleculares distintas (Tabla 4). *Microcotyle* sp.1 (colectado en la Carbonera) (Figura 7) exhibe una identidad para el gen mitocondrial Cox1 del 92.91% con *M. visa*; en cambio, *Microcotyle* sp.2 (colectado en Celestún) exhibe una identidad del 89.05% con *M. isyebi*. Estas diferencias sugieren que son especies distintas. Para corroborar que las diferencias en el ADN de los ejemplares sustentan la existencia de especies molecularmente distintas se realizó un análisis filogenético utilizando el gen mitocondrial Cox1 que es más variable. Siguiendo el criterio Akaike, el modelo evolutivo elegido para el análisis filogenético de *Microcotyle* spp. fue TIM1+G. En la figura 8 se muestra el filograma de Máxima Verosimilitud (ML) de las especies de *Microcotyle* spp.; se

puede observar que las especies que parasitan a *L. rhomboides* forman un grupo con *Microcotyle justinei*. *Microcotyle* sp. 1 presenta una distancia genética intraespecífica de 0.25%, y una distancia de 7.18-8.01% con respecto a *M. justinei*; mientras que *Microcotyle* sp. 2 presenta una distancia genética intraespecífica de 0.25-1.77% y una distancia de 10.77-11.05% con respecto a *M. justinei*. Entre las dos especies de *Microcotyle* colectadas en este trabajo existe una distancia genética de 9.34-10.10% para el gen mitocondrial Cox1, corroborando que representan dos especies distintas.

En México, ha sido reportada la especie *Microcotyle archosargi* en las costas de Tamaulipas, Veracruz y Campeche como parásito de los espáridos *Archosargus probatocephalus* y *Archosargus rhomboidalis* (MacCallum, 1913; Montoya-Mendoza et al., 2015; Mendoza-Garfias et al., 2017; Mendoza-Franco et al., 2018). Sin embargo, esta especie no cuenta con secuencias disponibles del gen mitocondrial Cox1 en el GenBank. La información genética corrobora que existen dos especies del género *Microcotyle* que parasitan a *L. rhomboides* en las lagunas costeras de Yucatán. Esto representa un nuevo registro de hospedero y localidad para el género. Se requiere una revisión morfológica detallada para determinar si se trata de especies previamente descritas o representan nuevas especies.

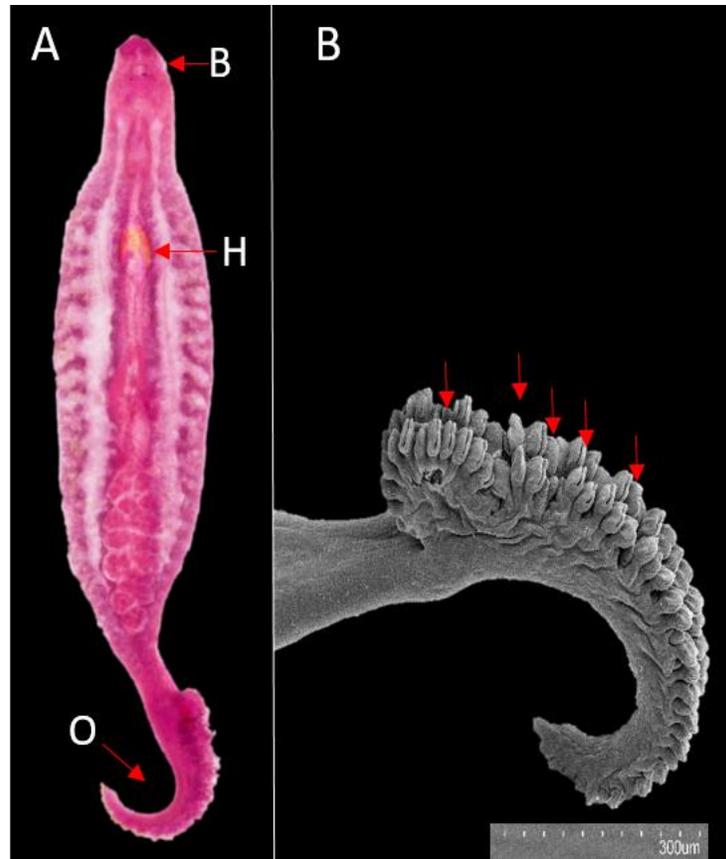


Figura 7. *Microcotyle* sp. 1 la Carbonera. A) Ejemplar teñido con paracarmin de Mayer, vista ventral; B: boca; H: huevo; O: opistohaptor. B) Microfotografía de Microscopía Electrónica de Barrido, las flechas señalan los ganchos del opistohaptor.

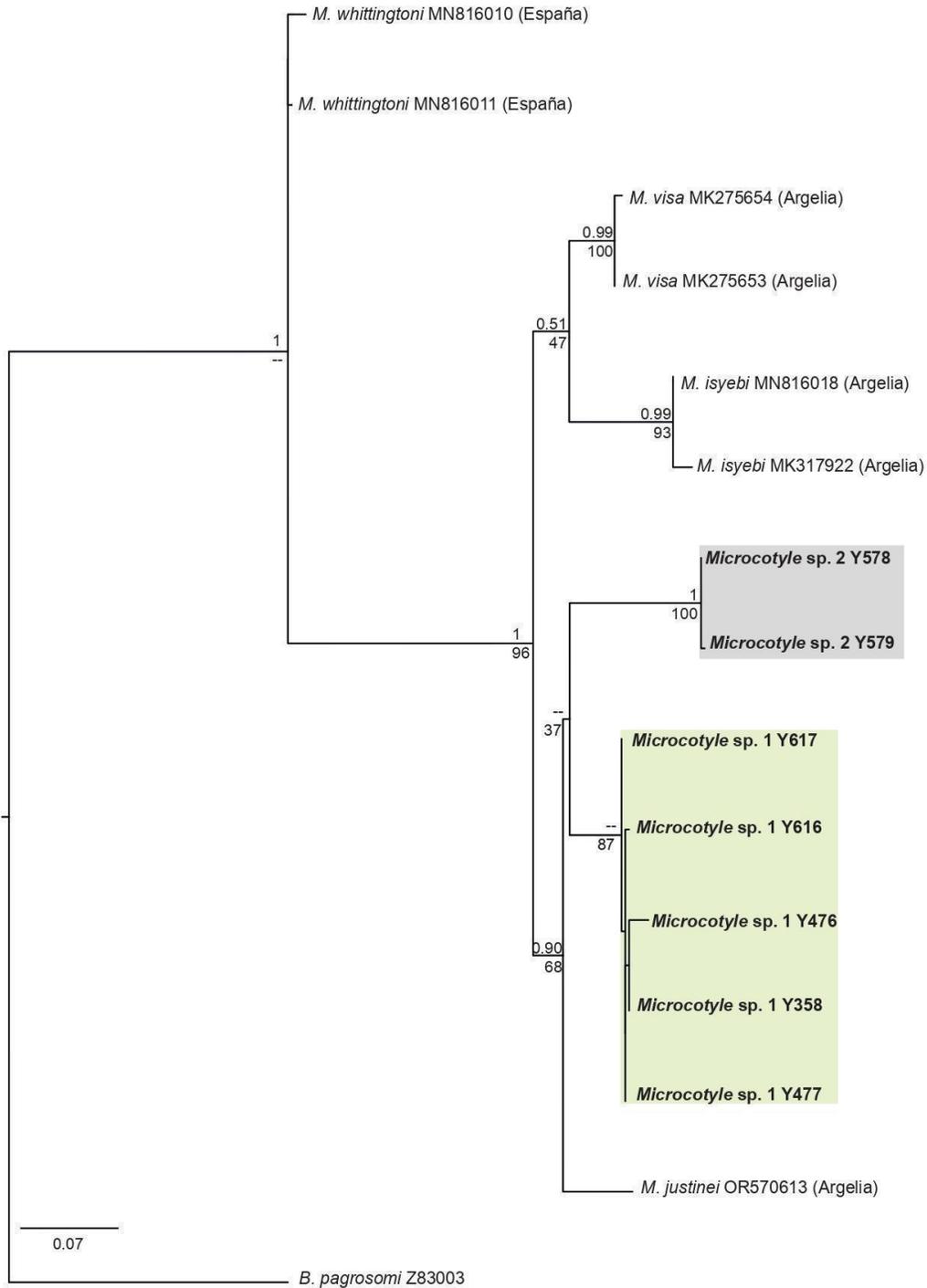


Figura 8. Filograma de Máxima Verosimilitud basado en el gen mitocondrial Cox1 para *Microcotyle* spp. El recuadro verde señala la posición de las secuencias de *Microcotyle* sp. 1 colectado en la Carbonera y el recuadro gris señala la posición de

las secuencias de *Microcotyle* sp. 2 colectado en Celestún. Los valores del soporte bootstrap y las probabilidades posteriores se muestran en los nodos.

## **Clase Cestoda**

### **Lacistorhynchidae Guiart, 1937**

#### ***Dasyrhynchus giganteus* (Diesing, 1850) Pintner, 1928**

Los cestodos de la familia Lacistorhynchidae se caracterizan, en estado adulto, por poseer un escólex con dos botridios en la parte anterior del cuerpo, y por presentar cadenas de hileras con ganchos simples o dobles intercaladas en los tentáculos. Además, poseen un ducto hermafrodita en el que la vagina entra al saco del cirro (Beveridge & Campbell, 1993).

El género *Dasyrhynchus* se compone de seis especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Dasyrhynchus* Pintner, 1928. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=105058> on 2024-05-14). *Dasyrhynchus giganteus* se ha reportado como parásito del carángido *Caranx hippos* en estadio pleroceroide y en estado adulto en los tiburones *Carcharhinus leucas* y *Negaprion brevirostris* en costas del Atlántico (Beveridge & Campbell, 1993; Palm, 1997; Olson et al., 2010). En México, *D. giganteus* se ha reportado como parásito del tiburón toro (*C. leucas*) en Chachalacas, Veracruz (Martínez-Aquino et al., 2020).

Los ejemplares secuenciados exhiben una identidad molecular del 99.76%, utilizando el gen 28S, con la secuencia de *D. giganteus* colectado en la costa de

Mississippi en *Caranx hippos* (Olson et al., 2010) (Tabla 4), lo que permite corroborar su determinación taxonómica. La presencia de *D. giganteus* como parásito de *L. rhomboides* en la laguna de la Carbonera representa un nuevo registro de hospedero y localidad para la especie.

## **Orden Onchoproteocephalidea**

### **Familia Desconocida**

#### ***Matticestus* Caira, Jensen & Fyler, 2018**

#### ***Matticestus* sp.**

Los cestodos del orden Onchoproteocephalidea se caracterizan por ser de tamaño pequeño en estado adulto. Poseen un estróbilo polizoico y presentan espinitrinas glatiformes en la parte posterior del escólex; los proglótidos grávidos son hermafroditas (Caira et al., 2014).

El género *Matticestus* está compuesto por dos especies descritas en la costa de Australia (WoRMS, 2024. *Matticestus* Caira, Jensen & Fyler, 2018. Accessed at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1057421> on 2024-04-04). De acuerdo con Caira et al. (2018) las especies de este género, en estado adulto, poseen un escólex con cuatro botridios (con bordes muscularizados), cada uno con una ventosa accesoria y un par de ganchos bi-puntiagudos; ambas especies se diferencian por su longitud, el número de proglótidos en el estróbilo y el número de testículos. Los mismos autores sugieren que las especies de este género parasitan tiburones sierra (Rhinopristiformes: Pristidae); sin embargo, los

ejemplares colectados en este trabajo se encuentran en estado larval (metacestodos), por lo que no es posible lograr una identificación a nivel de especie.

Asimismo, la identidad molecular del 96.23% con *Matticestus kathleenae* utilizando el gen 28S (Tabla 4) sólo permite la identificación de los ejemplares hasta nivel de género. La presencia de *Matticestus* sp. en las lagunas de la Carbonera y Celestún como parásito de *L. rhomboides* representa un nuevo registro de localidad y de hospedero para el género.

## **Phylum Acanthocephala**

### **Leptorhynchoididae Witenberg, 1932**

#### ***Dollfusentis bravoae* Salgado-Maldonado, 1976**

Son acantocéfalos de la familia Leptorhynchoididae que se caracterizan por tener una proboscis cilíndrica armada con 13-14 hileras con 16-17 ganchos cada una; los machos poseen dos testículos en tándem y glándulas de cemento alargadas; además, poseen ‘espinas genitales’ situadas en el extremo posterior del tronco; las hembras poseen un vestíbulo genital (Salgado-Maldonado, 1976; Kiedel et al., 2019; Kita et al., 2023).

El género *Dollfusentis* se compone de seis especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Dollfusentis Golvan*, 1969. Accessed at: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=159691> on 2024-02-22). Las especies pertenecientes a este género parasitan peces marinos y de agua salobre a lo largo de la costa Atlántica de América (Kiedel et al., 2019;

García-Varela et al., 2024). En México, *Dollfusentis bravoae* (Figura 9) ha sido reportado como parásito de los peces *Pomadasys croco* y *Eugerres plumieri* en la laguna de Sontecomapan, Veracruz (Salgado-Maldonado, 1976; García-Varela et al., 2024).

Los ejemplares coinciden genéticamente con las secuencias disponibles en GenBank, con un porcentaje de identidad del 99.46% para el gen 28S (Tabla 4). La presencia de *D. bravoae* como parásito de *L. rhomboides* en la Carbonera representa un nuevo registro de hospedero y localidad.



Figura 9. *Dollfusentis bravoae*, hembra. A) Ejemplar teñido con paracarmín de Mayer; P: proboscis; M: receptáculo de la proboscis; las flechas señalan los huevos. B) Microfotografía de Microscopia Electrónica de Barrido, vista ventral mostrando los ganchos de la proboscis.

## Phylum Nematoda

### Anisakidae Railliet & Henry, 1912

#### *Contracaecum rudolphii* Hartwich, 1964

Son nematodos de la familia Anisakidae; como larvas de tercer estadio (L3) se caracterizan por poseer labios rudimentarios y carecer de interlabios, es posible observar una estructura tipo 'diente' en el labio ventrolateral de la abertura bucal, además, el ciego se encuentra bien desarrollado (Anderson, 2000). En estado adulto, las características más significativas para diferenciar a las especies del género *Contracaecum* son el largo y forma de las espículas, y la presencia o ausencia de una bifurcación en los interlabios (D'Amelio et al., 2012).

El género *Contracaecum* se compone de 40 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Contracaecum* Railliet & Henry, 1912. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=22849> on 2024-05-21). En estado larval las especies del género han sido reportadas en gasterópodos, poliquetos, anfípodos, decápodos, y peces, entre otros (Anderson, 2000); los adultos parasitan aves ictiófagas o mamíferos marinos para completar su ciclo de vida (D'Amelio et al., 2007; Garrido-Olvera et al., 2022). En la laguna de la Carbonera, Espínola-Novelo et al. (2023) reportaron la presencia de larvas de dos especies del género y un taxa indeterminado (*C. multipapilatum*, *C. rudolphii*, y *Contracaecum* sp.) como parásitos de *Floridichthys polyommus* utilizando caracteres moleculares.

Los ejemplares colectados en este estudio presentaban un desarrollo inmaduro como larva de tercer estadio avanzado (L3), por ello la identificación de esta especie se realizó únicamente con base en el porcentaje de identidad del BLAST. Las secuencias del gen mitocondrial Cox1 de los ejemplares colectados exhiben una identidad molecular del 98.85% con *C. rudolphii* (Tabla 4), este porcentaje indica que se trata de la misma especie. Sosa-Medina et al. (2015) reportaron la presencia de *Contracaecum* sp. como parásito de la “xlavita” en la laguna de Celestún; sin embargo, durante la revisión parasitológica de este trabajo los ejemplares de *C. rudolphii* solo fueron colectados en la Carbonera. La presencia de *C. rudolphii* como parásito de *L. rhomboides* en la Carbonera representa un nuevo registro de hospedero.

## **Anisakidae Railliet & Henry, 1912**

### ***Pseudoterranova* Mozgovi, 1951**

#### ***Pseudoterranova* sp.**

Los nematodos del género *Pseudoterranova* en estadio larval 3 (L3) presentan el poro genital al nivel del anillo nervioso y poseen un ciego intestinal en la región posterior al anillo nervioso (González-Solis et al., 2006; Takano & Sata, 2022).

El género *Pseudoterranova* se compone de dos especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Pseudoterranova* Mozgovi, 1951. Accessed through: World Register of Marine Species at:

<https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=22953> on 2024-05-22).

Bao et al. (2022) sugieren que las especies de este género presentan especificidad hospedatoria alta en estado adulto, porque parasitan pinípedos y cetáceos; mientras que en estado larval son especies generalistas, que utilizan distintas especies de peces como hospederos intermediarios o paraténicos. En la península de Yucatán ha sido reportada la presencia de *Pseudoterranova ceticola*, en estado adulto, en el cachalote pigmeo *Kogia breviceps* en las costas de Progreso, El Cuyo y Cozumel (González-Solis et al., 2006).

Molecularmente, los ejemplares exhiben una identidad del 96.57% con *P. ceticola* utilizando el gen Cox1 (Tabla 4), este porcentaje de identidad sólo permite la identificación de los ejemplares hasta nivel de género. Debido a su desarrollo larval no fue posible su identificación a nivel de especie con el uso de caracteres morfológicos. La presencia de *Pseudoterranova* sp. (Figura 10) como parásito de *L. rhomboides* en la laguna de la Carbonera representa un nuevo registro de hospedero y localidad para el género.



Figura 10. *Pseudoterranova* sp. vista lateral del segmento anterior del cuerpo

## **Acuariidae Railliet, Henry & Sisoff, 1912**

### ***Cosmocephalus obvelatus* (Creplin, 1825) Seurat, 1919**

Los nematodos de la familia Acuariidae; en estado adulto se caracterizan por poseer dos pseudolabios triangulares prominentes en el extremo anterior, cada uno con un anfidio y un par de papilas. Presentan alas laterales que inician detrás de los deiridios y en la parte caudal poseen cuatro papilas pedunculadas preanales y cinco papilas postanales (Anderson & Wong, 1981; Mutafchiev et al., 2010).

Es una de las seis especies del género *Cosmocephalus*, de acuerdo con WoRMS (WoRMS 2024. *Cosmocephalus* Molin, 1858. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=22853> on 2024-04-08). Tiene una amplia distribución y un amplio espectro hospedatorio en aves ictiófagas (Anderson & Wong, 1981). *Cosmocephalus obvelatus* utiliza a gasterópodos y peces como hospederos intermediarios (Díaz et al., 2001; Oyarzún-Ruiz et al., 2016). El ejemplar colectado en la laguna de la Carbonera se trataba de una larva de tercer estadio avanzado (L3), por ello la identificación de esta especie se realizó con base en el alto porcentaje de identidad del BLAST que arrojó una identidad del 99.87% con *C. obvelatus* utilizando el gen 28S (Tabla 4). Como larva, la especie se ha reportado en peces de la costa del Atlántico Sur (Carballo et al., 2011) y en aves ictiófagas de distintas partes del mundo (Díaz et al., 2001; Kim et al., 2015). En México, la presencia de *Cosmocephalus obvelatus* como parásito de *L. rhomboides* en la Carbonera representa un nuevo registro de localidad y hospedero.

## **Cucullanidae Cobbold, 1864**

### ***Cucullanus pargi* González-Solís, Tuz-Paredes & Quintal-Loria, 2007**

Los nematodos intestinales de la familia Cucullanidae se caracterizan por poseer una cavidad bucal muy desarrollada; con un borde cuticular en su base interna y dos pares de papilas y un par de anfidios rodeando la boca; carece de placas esclerotizadas del ciego intestinal (González-Solís et al., 2007).

El género *Cucullanus* se compone por 131 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Cucullanus* Müller, 1777. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=22861> on 2024-04-08). *Cucullanus pargi* (Figura 11) fue descrita por primera vez como parásito de *Lutjanus griseus* en las costas de Quintana Roo (González-Solís et al., 2007). Hernández-Olascoaga & González-Solís (2019) también reportaron su presencia en *Lutjanus apodus* en lagunas costeras de Tabasco y Quintana Roo. No se cuenta con datos de secuencias de ADN para la especie, por ello el porcentaje de identidad utilizando el gen 28S fue del 85.57% con una especie del género *Cucullanus* (Tabla 4); con base en el resultado del BLAST se determinó a nivel genérico como *Cucullanus* sp. La identificación de la especie se logró por el estudio de los caracteres morfológicos de los ejemplares. La presencia de *C. pargi* como parásito de *L. rhomboides* en las lagunas de la Carbonera y Celestún representa un nuevo registro de localidad y de hospedero en la península de Yucatán.

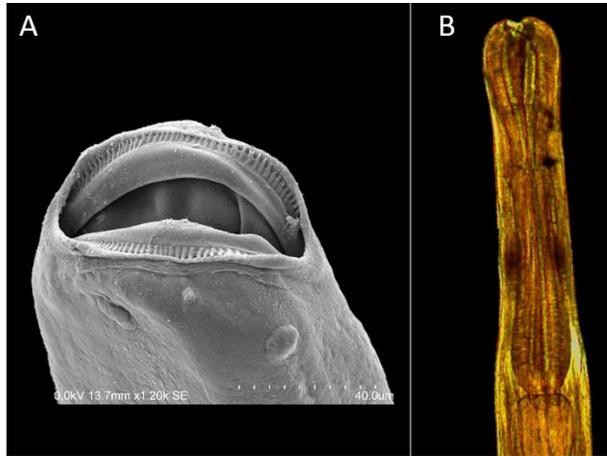


Figura 11. *Cucullanus pargi*. A) Microfotografía de Microscopía Electrónica de Barrido, vista cenital, mostrando la cavidad bucal con un borde cuticular desarrollado. B) Fotografía de la región cephalica, macho, vista dorso-ventral.

## Subphylum Crustacea

### Orden Malacostraca

#### Clase Copepoda

#### Caligidae Burmeister, 1835

#### *Caligus praetextus* Bere, 1936

Los copépodos de la familia Caligidae se caracterizan por presentar una lámina cefalotorácica y una ramificación caudal en la región posterior del cuerpo, el complejo genital es subtriangular. El tamaño del cuerpo y la longitud del abdomen son características que distinguen a las distintas especies del género *Caligus* (Morales-Serna et al., 2014).

El género *Caligus* se compone de 276 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Caligus* Müller O.F., 1785. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=135566> on 2024-06-03). En México se ha reportado la presencia de 29 especies del género, de las cuales seis se reportaron en la costa del golfo de México: *Caligus chelififer*, *C. haemulonis*, *C. mutabilis*, *C. pelamydis*, *C. rufimaculatus* y *C. trachynoti* (Morales-Serna et al., 2012; 2014).

Los ejemplares colectados en la Carbonera exhiben una identidad molecular del 92.96% con la especie *Caligus elongatus* utilizando el gen 28S (Tabla 4), lo que indica que no se trata de la misma. Cressey (1991) reportó a *Caligus praetextus* (Figura 12) y *Caligus rufimaculatus* como parásitos de *L. rhomboides* en la costa de Florida, E. U. A través del análisis morfológico se identificó que los ejemplares colectados en este estudio corresponden a la descripción de *C. praetextus* debido a la forma cuadrada de la “furca esternal” que, de acuerdo con Cressey (1991), es determinante para diferenciar a esta especie de sus congéneros. La presencia de *Caligus praetextus* en la Carbonera representa un nuevo registro de localidad para la especie.

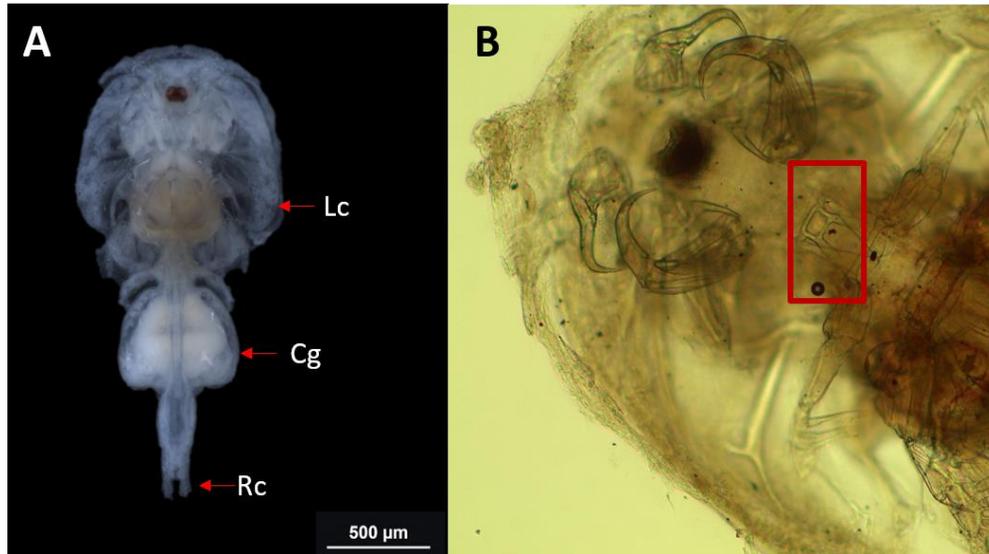


Figura 12. Fotografía de *Calligus praetextus*, hembra. A) Vista dorsal; Lc: lámina cefalotorácica; Cg: complejo genital; Rc: ramificación caudal. B) Vista ventral, el recuadro rojo señala la furca esternal.

### **Lernaeopodidae Milne Edwards, 1840**

#### ***Clavellotis* Castro-Romero & Baeza-Kuroki, 1984**

#### ***Clavellotis* sp.**

Las hembras de los copépodos de la familia Lernaeopodidae presentan en estado adulto un cuerpo con tres partes diferenciadas: un cefalosoma subcilíndrico, una maxila provista de una 'bulla' y un tronco genital. En la parte distal del cuerpo presentan los sacos ovígeros multiseriados (Piasecki et al., 2010). Sólo las hembras son parásitos obligados; los machos viven en asociación temporal en el cuerpo de la hembra (Benkirane et al., 1999).

El género *Clavellotis* se compone de 11 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Clavellotis* Castro-Romero & Baeza-Kuroki, 1984. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=135602> on 2024-09-19). Las especies del género se caracterizan por poseer un cefalotórax subcilíndrico y carecer de procesos en el margen posterior del tronco genital (Castro & Baeza, 1984). En México, Rodríguez-Santiago et al. (2015) reportaron la presencia de *Clavellotis sebastidis* como parásito del pez *Sebastes miniatus* en Baja California.

Los ejemplares colectados en la Carbonera exhiben una identidad molecular del 87.55% con la especie *Clavellotis dilata* utilizando el gen Cox1 (Tabla 4), lo que sólo permite su identificación taxonómica hasta nivel de género. Los estudios parasitológicos previos no reportan la presencia de este género de copépodos como parásito de la “xlavita”. La presencia de *Clavellotis* sp. (Figura 13) como parásito de *L. rhomboides* en la Carbonera representa un nuevo registro de localidad y hospedero para el género. Se requiere de un estudio más detallado para determinar si los ejemplares pertenecen a una especie previamente descrita o bien a una especie nueva del género.

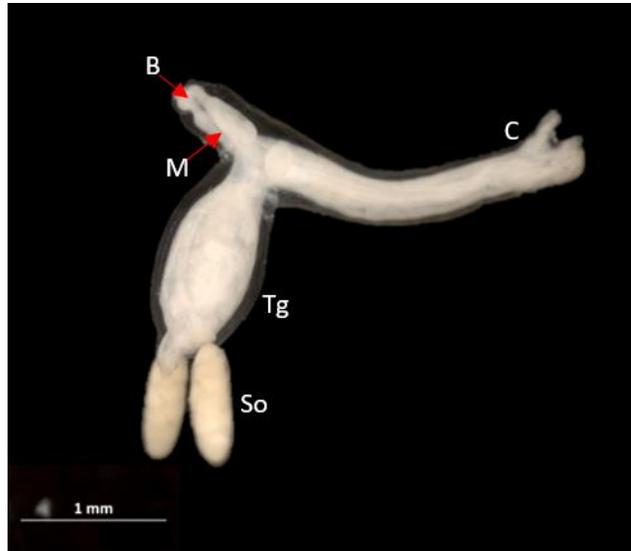


Figura 13. Fotografía de *Clavellotis* sp. hembra, vista lateral: C: Cefalotórax; B: Bulla; M: Segunda Maxila; Tg: Tronco genita; So: Sacos ovígeros.

### **Lernanthropidae Kabata, 1979**

#### ***Lernanthropus* de Blainville, 1822**

#### ***Lernanthropus* sp.**

Los copépodos de la familia Lernanthropidae parasitan las branquias de peces utilizando sus antenas y maxilípedos como órganos de fijación (Nikhila-Reshmi et al., 2023). Los parásitos del género *Lernanthropus* se caracterizan por presentar cuatro patas torácicas por debajo de la placa dorsal; además, los miembros de la tercer pata no se encuentran fusionados y posee sacos ovígeros lineales (Suárez-Morales et al., 2010).

El género *Lernanthropus* está compuesto por 103 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024. *Lernanthropus* de Blainville, 1822. Accessed through:

World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=135615> on 2024-05-06). En México, Morales-Serna et al. (2012) reportaron la presencia de ocho especies del género; de las cuales, tres se presentan en el golfo de México: *Lernanthropus belones*, *L. chacchi* y *L. gisleri*. Adicionalmente, Espínola-novelo et al. (2013) reportaron la presencia de *Lernanthropus* sp. como parásito de *Mycteroperca bonaci*, en la Reserva de la Biosfera Ría Celestún; sin embargo, los autores no ofrecen información adicional de la morfología de los ejemplares que pueda compararse con los ejemplares colectados en este estudio.

A través de la caracterización morfológica de los ejemplares fue posible distinguir *Lernanthropus* sp., colectado en este estudio, de *L. chacchi* porque la región distal de la placa dorsal carece de un hendidura bifurcada; además, la placa dorsal presenta el mismo ancho que el tronco del cuerpo; el urópodo es más corto; y finalmente, los sacos ovígeros se extienden posterior a las cuartas patas torácicas. Asimismo, *Lernanthropus* sp. se diferencia de *L. gisleri* en la longitud de la quinta pata torácica que es más corta que el urópodo. No fue posible comparar los ejemplares con *L. belones* debido a que la descripción original no se encuentra disponible (WoRMS, 2024. *Lernanthropus belones* Krøyer, 1863. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=356683> on 2024-05-29), aunque al parecer es un parásito específico de peces de la familia Belonidae y los ejemplares de este estudio fueron colectados en un espárido.

La presencia de *Lernanthropus* sp. (Figura 14) en las lagunas de la Carbonera y Celestún como parásito de *L. rhomboides* representa un nuevo registro de localidad y hospedero para el género; trabajos parasitológicos anteriores en la “xlavita” no refieren la presencia de especies del género *Lernanthropus*. Se requiere de un estudio más detallado para determinar si los ejemplares pertenecen a una especie previamente descrita o bien a una especie nueva del género.

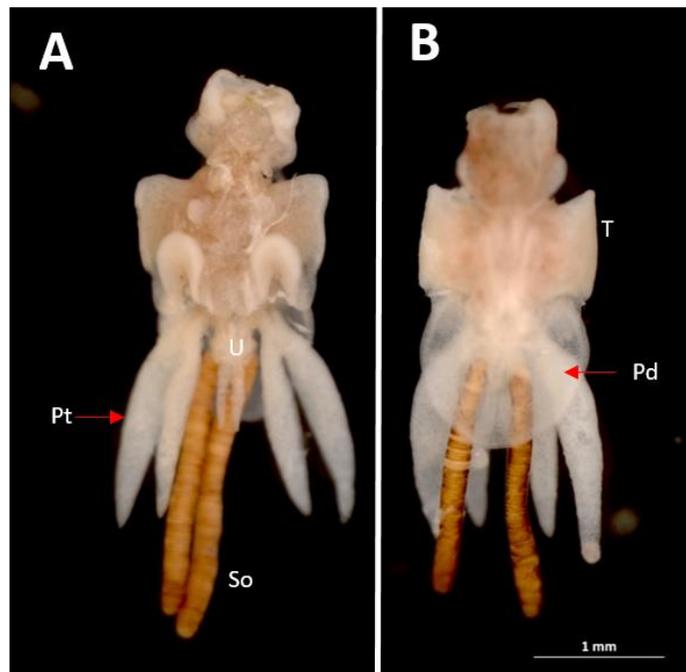


Figura 14. Fotografía de *Lernanthropus* sp. hembra A) vista ventral; U: urópodo; Pt: patas torácicas; So: sacos ovíferos. B) vista dorsal; T: tronco; Pd: placa dorsal.

## Orden Isopoda

### Cymothoidae Leach, 1814

#### *Cymothoa excisa* Perty, 1833

Los isópodos de la familia Cymothoidae son parásitos hermafroditas que habitan en la cavidad bucal y branquias de peces dulceacuícolas y marinos. Las hembras en estado adulto se caracterizan por poseer un cuerpo alargado, bilateralmente simétrico; en la parte anterior del cuerpo la anténula es más larga que la antena y el cefalón se encuentra inmerso en primer pleonito (Hadfield et al., 2011; Hadfield et al., 2013).

El género se compone de 42 especies, de acuerdo con WoRMS (WoRMS, 2024). *Cymothoa* Fabricius, 1793. Accessed through: World Register of Marine Species at: <https://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=118409> on 2024-05-18). *Cymothoa excisa* (Figura 15) es una especie con baja especificidad hospedatoria (Tavares et al., 2024); en el golfo de México ha sido reportada como especie parásita de cinco especies de peces (Bonilla-Gómez et al., 2014; Aguilar-Perera, 2022).

Los ejemplares colectados en Celestún exhiben un porcentaje de identidad molecular del 99.83% con la especie *Cymothoa excisa* utilizando el gen mitocondrial Cox1 (Tabla 4), lo que corrobora su identificación taxonómica. La presencia de *C. excisa* como parásito de *L. rhomboides* en la laguna de Celestún representa un nuevo registro de localidad para la especie, Bonilla-Gómez et al. (2014) ya habían reportado a la especie como parásito de la “xlavita” en la laguna de la Carbonera.

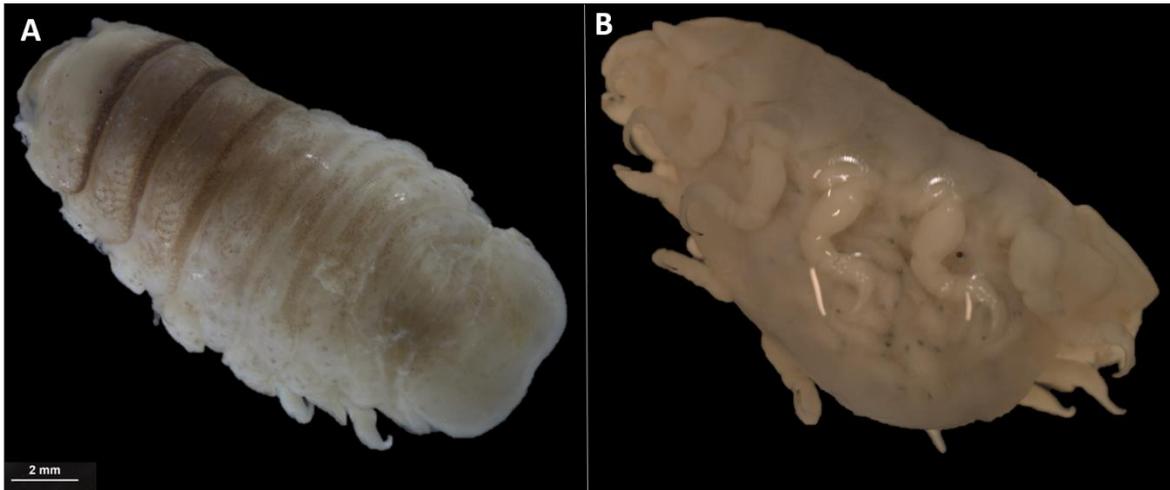


Figura 15. Fotografía de *Cymothoa excisa*, hembra grávida. A) Vista dorsal, B) Vista lateral.

## Caracterización de las infecciones

Los grupos de metazoarios parásitos que infectan a *Lagodon rhomboides* con mayor riqueza de especies fueron trematoda con ocho taxa reportados; seguido por nematoda y copepoda con cuatro y tres taxa, respectivamente; por su parte acanthocephala e isopoda, se reportan con un taxón cada uno (Tabla 5).

El 67% del total de los taxa que infectan a *L. rhomboides* se encuentran en estado adulto, mientras que el 33% restante están presentes como formas larvarias, ya sea metacercarias (trematodos), metacestodos (cestodos), o larvas de tercer estadio avanzado (nematodos). Los metazoarios que infectan a la “xlavita” son principalmente endoparásitos (15 taxa) y en menor medida ectoparásitos (6 taxa) (Tabla 5).

En la Carbonera, *Microcotyle* sp. 1 fue el taxón con los valores más altos de prevalencia (66%), y abundancia media (3.38 individuos por hospedero analizado); *Matticestus* sp. fue el segundo taxón con mayor abundancia media (2.86 individuos por hospedero analizado); sin embargo, su prevalencia fue relativamente baja, alcanzando 14% (Tabla 6). En cambio, en Celestún, *Matticestus* sp. fue el taxón con los valores más altos de prevalencia (74%) y abundancia media (23.71 individuos por hospedero analizado), y *Diplomonorchis* sp. fue el segundo taxón con valores altos de prevalencia (55%) y abundancia media (4.61 individuos por hospedero analizado) en esta localidad (Tabla 6).

Tabla 5. Registro parasitológico de metazoarios que infectan a *Lagodon rhomboides* indicando estado de desarrollo, sitio de infección y localidad.

Grupo	Especie/Taxa	Estado de desarrollo	Sitio de infección	Laguna la Carbonera	Laguna Celestún
Trematoda	<i>Bucephalus</i> sp.	Larva	Branquia		X
	<i>Cardiocephaloides</i> sp.	Larva	Cerebro	X	
	<i>Diphtherostomum americanum</i>	Adulto	Intestino	X	X
	<i>Diplomonorchis</i> sp.	Adulto	Intestino	X	X
	Lecithasterinae gen. sp.	Adulto	Intestino		X
	<i>Megasolena hysterospina</i>	Adulto	Intestino	X	X
	<i>Parahemiurus merus</i>	Adulto	Estómago		X
	<i>Proctoeces</i> sp.	Adulto	Intestino	X	X
Monogenea	<i>Microcotyle</i> sp. 1	Adulto	Branquia	X	
	<i>Microcotyle</i> sp. 2	Adulto	Branquia		X
Cestoda	<i>Dasyrhynchus giganteus</i>	Larva	Ciegos	X	
	<i>Matticestus</i> sp.	Larva	Ciegos	X	X
Acanthocephala	<i>Dollfusentis bravoae</i>	Adulto	Intestino	X	
Nematoda	<i>Contraecum rudolphii</i>	Larva	Mesenterio	X	
	<i>Cosmocephalus obvelatus</i>	Larva	Mesenterio	X	
	<i>Cucullanus pargi</i>	Adulto	Intestino	X	X
	<i>Pseudoterranova</i> sp.	Larva	Mesenterio	X	
Copepoda	<i>Clavellotis</i> sp.	Adulto	Branquia	X	
	<i>Caligus praetextus</i>	Adulto	Branquia	X	
	<i>Lernanthropus</i> sp.	Adulto	Branquia	X	X
Isopoda	<i>Cymothoa excisa</i>	Adulto	Boca		X

Tabla 6. Atributos ecológicos poblacionales de las infecciones parasitarias de *Lagodon rhomboides* por localidad.

Especie/Taxa	la Carbonera			Celestún		
	Prevalencia	Abundancia Media	Intensidad Promedio	Prevalencia	Abundancia Media	Intensidad Promedio
<b>Trematoda</b>						
<i>Bucephalus</i> sp.	-	-	-	10%	0.3 ± 0.9	2.7 ± 1.5
<i>Cardiocephaloides</i> sp.	3%	0.1 ± 0.4	2.0 ± 0.0	-	-	-
<i>Diptherostomum americanum</i>	14%	2.7 ± 10.0	19.8 ± 21.8	19%	1.1 ± 3.7	5.8 ± 7.0
<i>Diplomonorchis</i> sp.	3%	2.2 ± 12.1	65.0 ± 0.0	55%	4.6 ± 6.8	8.4 ± 7.2
Lecithasterinae gen. sp.	-	-	-	3%	0.4 ± 2.3	13.0 ± 0.0
<i>Megasolena hysterospina</i>	14%	0.3 ± 0.8	2.0 ± 1.4	6%	0.2 ± 0.7	2.5 ± 2.1
<i>Parahemiurus merus</i>	-	-	-	13%	0.4 ± 1.3	3.3 ± 2.1
<i>Proctoeces</i> sp.	3%	0.0 ± 0.2	1.0 ± 0.0	6%	0.1 ± 0.3	1.5 ± 0.0
<b>Monogenea</b>						
<i>Microcotyle</i> sp. 1	66%	3.4 ± 5.1	5.2 ± 5.5	-	-	-
<i>Microcotyle</i> sp. 2	-	-	-	16%	0.2 ± 0.6	1.4 ± 0.9
<b>Cestoda</b>						
<i>Dasyrhynchus giganteus</i>	7%	0.2 ± 0.9	3.5 ± 0.7	-	-	-
<i>Matticestus</i> sp.	14%	2.9 ± 13.2	20.8 ± 33.8	74%	23.7 ± 47	32.0 ± 52.3
<b>Acanthocephala</b>						
<i>Dollfusentis bravoae</i>	7%	0.7 ± 3.3	9.5 ± 12.0	-	-	-
<b>Nematoda</b>						
<i>Contracecum</i> sp.	3%	0.1 ± 0.7	4.0 ± 0.0	-	-	-

<i>Cosmocephalus obvelatus</i>	3%	0.0 ± 0.2	1.0 ± 0.0	-	-	-
<i>Cucullanus pargi</i>	28%	0.6 ± 1.2	2.0 ± 1.6	10%	0.1 ± 0.3	1.0 ± 0
<i>Pseudoterranova</i> sp.	3%	0.1 ± 0.4	2.0 ± 0.0	-	-	-
<b>Copepoda</b>						
<i>Clavellotis</i> sp.	31%	1.1 ± 2.2	3.7 ± 2.6	-	-	-
<i>Caligus praetextus</i>	10%	0.1 ± 0.3	1.0 ± 0.7	-	-	-
<i>Lernanthropus</i> sp.	21%	1.0 ± 2.7	4.7 ± 4.5	10%	0.1 ± 0.4	1.3 ± 0.6
<b>Isopoda</b>						
<i>Cymothoa excisa</i>	-	-	-	13%	0.3 ± 0.7	2.0 ± 0.8

## **Análisis de componente de comunidad**

Para determinar si la riqueza de metazoarios fue completamente censada en los muestreos se construyó una curva de acumulación de riqueza de especies para cada localidad. En la laguna de la Carbonera, con una riqueza observada de 16 taxa, la curva de acumulación de riqueza de especies (Figura 14) tiende a alcanzar la asíntota, aunque los valores de los estimadores de riqueza arrojan resultados muy variables. Los estimadores Chao 1 y Jackknife predicen la existencia de entre 16.7 y 24.7 especies respectivamente (Tabla 7). Para la laguna de Celestún, con una riqueza observada de 12 taxa, la curva de acumulación de riqueza de especies de metazoarios parásitos parece alcanzar la asíntota (Figura 15); en este sitio de muestreo los estimadores de riqueza predicen la existencia de entre 12 y 13 especies (Tabla 7).

La abundancia total a nivel de componente de comunidad fue diferente. En la Carbonera se colectaron 488 parásitos, mientras que en Celestún se recolectó casi el doble de parásitos (977) (Tabla 8). El índice de diversidad de Shannon-Wiener en la Carbonera fue de 2.13, mientras que en Celestún fue de 0.93 (Tabla 8).

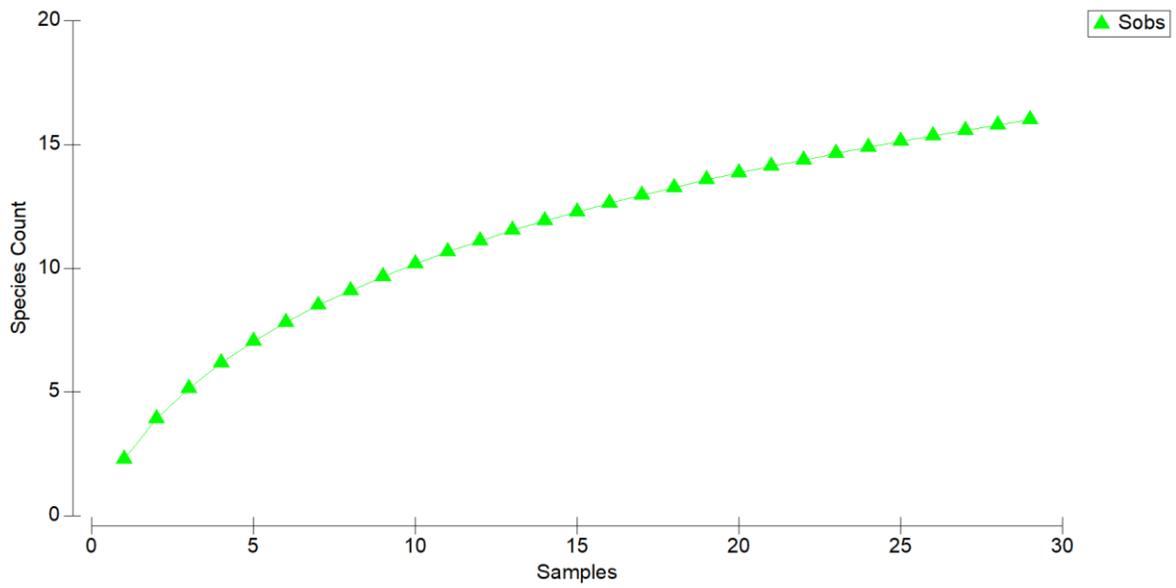


Figura 16. Curva de acumulación de la riqueza observada de especies de metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* en la Carbonera.

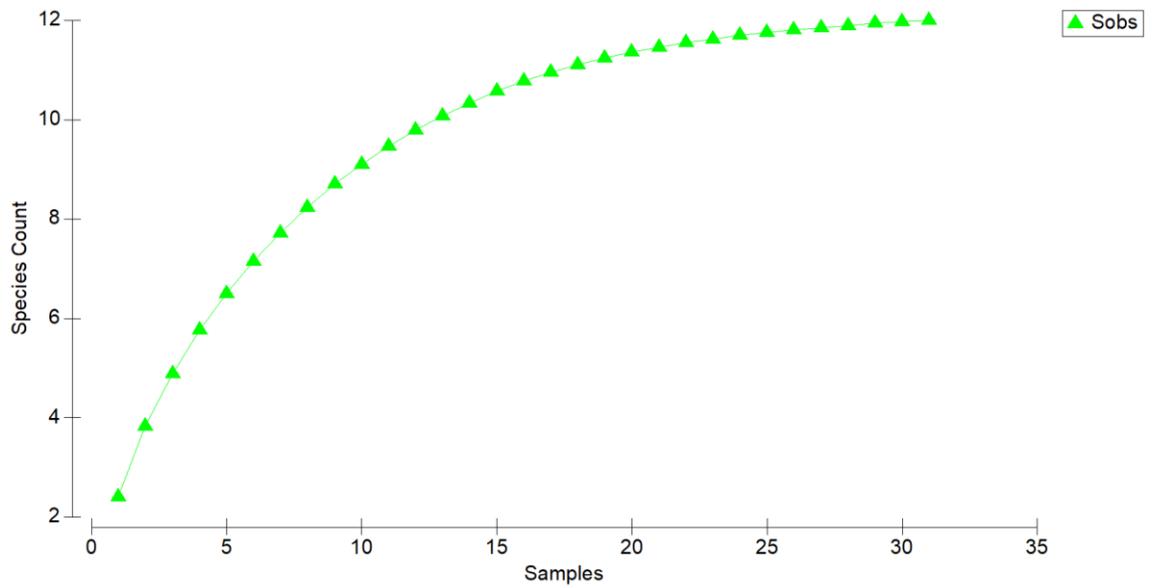


Figura 17. Curva de acumulación de la riqueza observada de metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* en Celestún.

Tabla 7. Estimadores de riqueza a nivel de componente de comunidad de *Lagodon rhomboides* por localidad.

Estimador de Riqueza	la Carbonera	Celestún
Riqueza observada	16	12
Riqueza esperada:		
Chao 1	16.7 ± 1.3	12 ± 1.3
Chao 2	22 ± 6.5	12.5 ± 1.3
Jackknife 1	21.8	12.9
Jackknife 2	24.7	13.0
Bootstrap	18.6	12.7

### Infracomunidades

En la Carbonera, cada hospedero presentó una abundancia media de 15.4 ±34.8 parásitos y una riqueza de 2.3 ±1.9 taxa; en cambio, en Celestún, cada hospedero presentó una abundancia media de 31.5 ±50.3 parásitos y una riqueza de 2.4 ±1.4 taxa. El valor promedio del índice de diversidad de Brillouin en la Carbonera fue de 0.4 ±0.4; mientras que en Celestún fue de 0.5 ±0.25 (Tabla 8). De manera general, se observa que las infracomunidades de parásitos de *L. rhomboides* son más diversas en Celestún (Tabla 8).

Tabla 8. Atributos ecológicos a nivel de infracomunidad y componente de comunidad de los metazoarios parásitos de *Lagodon rhomboides* por localidad.

	la Carbonera	Celestún
<b>Componente de Comunidad</b>		
Abundancia (N)	488	977
Riqueza (S)	16	12
Diversidad (índice de Shannon-Wiener)	2.13	0.93
<b>Infracomunidad</b>		
Abundancia media (N)	15.4 ± 34.8	31.5 ± 50.3
Riqueza (S)	2.3 ± 1.8	2.4 ± 1.4
Diversidad (índice de Brillouin)	0.43 ± 0.4	0.5 ± 0.25

# DISCUSIÓN

## Composición de especies

En este trabajo, se registraron 21 taxa de metazoarios parásitos (14 adultos y 7 en estado larvario) que infectan a *Lagodon rhomboides* en las lagunas costeras de la Carbonera y Celestún. En la Carbonera se reportó una riqueza de 16 taxa, mientras que en Celestún se reportaron 12 taxa. Solo el 33.33% de los taxa registrados se encuentran en ambas localidades: *Diphterostomum americanum*, *Diplomonorchis* sp., *Megasolena hysterospina*, *Proctoeces* sp., *Cucullanus pargi* y *Lernanthropus* sp., todos en estado adulto y la fase larvaria de *Matticestus* sp.

Trabajos previos han reportado a *Lagodon rhomboides* como hospedero de 30 taxa de metazoarios parásitos en su rango de distribución (Tabla 1); de éstos, únicamente diez fueron registrados en las localidades que fueron analizadas en el presente trabajo: *Bucephalus* sp., *Diphterostomum americanum*, *Diplomonorchis* sp., *Lecithasterinae* gen. sp., *Megasolena hysterospina*, *Parahemiurus merus*, *Procoteces* sp., *Microcotyle* sp. 2., *Contracaecum rudolphii* y *Cymothoa excisa*. De los 21 taxa reportados en este trabajo, 11 representan nuevos registros de hospedero para la “xlavita”; de esta manera se incrementa a 41 el número de taxa que infectan a *L. rhomboides* en su rango de distribución geográfica. De los 16 taxa reportados para la Carbonera, 15 son nuevos registros de localidad, exceptuando al nematodo *Contracaecum rudolphii* registrado por Espínola-Novelo et al. (2023) para otra especie de hospedero. Por su parte, de los 12 taxa registrados para Celestún, 10 son nuevos registros de localidad y de los dos restantes (*Bucephalus*

sp., y *Microcotyle* sp.2) no se tiene la certeza de que corresponden a taxa previamente reportados para esta localidad.

Para la laguna de Celestún, Sosa-Medina et al. (2015) reportaron 14 taxa de metazoarios parásitos que infectan a *L. rhomboides*; sin embargo, el trabajo taxonómico no fue exhaustivo: sólo cuatro de los 14 taxa fueron identificados a nivel de especie, mientras que cinco lo fueron a nivel de género y cinco a nivel de familia. Dichos autores registraron a Bucephalidae gen. sp. y Microcotylidae gen. sp., en este trabajo se registró una especie del género *Microcotyle* y una del género *Bucephalus* parasitando a *L. rhomboides*.

Considerando que en este estudio se reportan diez taxa nuevos para la laguna de Celestún y que Sosa-Medina et al. (2015) registraron 12 taxa de parásitos que no se encontraron en este trabajo, el registro parasitológico para la “xlavita” en esta localidad consistiría de 22 taxa. Desafortunadamente, no es posible concluir que esta sea la riqueza en la localidad dado que en el trabajo de Sosa-Medina et al. (2015) la mayoría de las determinaciones taxonómicas son inciertas y no ofrecen parámetros ecológicos de las infecciones que pudieran indicar casos de infecciones accidentales.

En este estudio se encontró que *L. rhomboides* es hospedero definitivo del 67% de los parásitos que lo infectan en ambas lagunas, el 33% restante son formas larvarias que utilizan a esta especie como hospedero intermediario. Los trabajos previos que han estudiado la parasitofauna de *L. rhomboides* se han enfocado principalmente en los endoparásitos y solo cuatro trabajos han reportado especies de ectoparásitos en este hospedero (Bere, 1936; Cressey, 1991; Bonilla-Gómez et

al., 2014; Sosa-Medina et al., 2015). Los ectoparásitos (monogeneos, crustáceos e isópodos) tienen ciclos de vida directos y se transmiten de manera pasiva, no vía trófica. Rohde (2005) señala que la baja riqueza de especies ectoparásitas reportadas en el Caribe se debe a un vacío en el conocimiento de este grupo de parásitos en la región y no a una baja riqueza de especies. Asimismo, en el presente trabajo, se encontraron tres taxa de ectoparásitos que potencialmente representan nuevas especies: *Clavellotis* sp., *Microcotyle* sp. 2 y *Lernanthropus* sp., que requieren un trabajo taxonómico más detallado.

### **Análisis de las comunidades parasitarias**

En las lagunas costeras de la península de Yucatán son escasos los estudios que hayan abordado el análisis de las comunidades de metazoarios parásitos en peces. Destaca el estudio sobre las comunidades de metazoarios parásitos realizado en un pez eurihalino en la laguna de la Carbonera: *Floridichthys polyommus*, que fue reportado como hospedero de 16 taxa (Espínola-Novelo et al., 2023). En peces marinos del golfo de México se cuenta con un mayor número de trabajos; por ejemplo, Sánchez-Ramírez & Vidal-Martínez (2002) encontraron 24 taxa en *Trachinotus carolinus*; Argáez-García et al. (2010) reportó 20 taxa en *Lutjanus griseus*; Espínola-Novelo et al. (2013) analizó la diversidad de metazoarios parásitos de *Mycteroperca bonaci* y encontraron que ésta constaba de 25 especies; García-Teh et al. (2022) registró 52 taxa (como morfoespecies) al estudiar a *Haemulon aurolineatum* en la plataforma de Yucatán. Como patrón general, las comunidades de peces marinos analizadas a nivel de componente de comunidad, son más diversas que aquellas de lagunas costeras. En el presente estudio, la

parasitofauna de *L. rhomboides*, con 21 taxa, registró una riqueza comparable con la mayoría de las especies de ambientes marinos, a pesar de que los muestreos de la “xlavita” fueron realizados en lagunas costeras, donde los individuos de esta especie habitan en su etapa temprana de madurez.

A nivel de infracomunidad, es decir las comunidades de parásitos que infectan a un hospedero individual, no se han realizado trabajos previos que estudien de manera integral la comunidad de parásitos de *L. rhomboides*. El presente estudio analiza por primera vez las comunidades parasitarias de la “xlavita” desde esa perspectiva. A nivel local, salvo los estudios realizados para *Floridichthys polyommus* en la Carbonera, *M. urophthalmus* en Celestún, y *Spherooides testudineus* en cuatro lagunas costeras de Yucatán, tampoco se cuenta con estudios de otras especies que sirvan de comparación para este trabajo. Respecto a *F. polyommus*, Espínola-Novelo et al. (2023) identificaron que la diversidad promedio de las infracomunidades de metazoarios parásitos medidas a través del índice de Brillouin alcanzó un valor de  $0.15 \pm 0.23$ ; para el caso de *M. urophthalmus*, que es una especie dulceacuícola con tolerancia a la salinidad, Salgado-Maldonado & Kennedy (1997) obtuvieron valores de  $0.31 \pm 0.42$  analizando los helmintos; mientras que para *S. testudineus*, una especie eurihalina, Pech et al. (2008) reportaron valores de diversidad menores, que varían de  $0.04 \pm 0.08$  y  $0.15 \pm 0.14$  analizando las infracomunidades de helmintos en cuatro lagunas costeras de Yucatán. En este trabajo, las infracomunidades de metazoarios parásitos de *L. rhomboides* presentan valores promedio más altos, con  $0.43 \pm 0.4$  y  $0.5 \pm 0.25$  para la Carbonera y Celestún, respectivamente. En peces marinos de la península de

Yucatán se observan valores más altos que los que exhiben las infracomunidades de ambientes salobres. Por ejemplo, Sánchez-Ramírez & Vidal-Martínez (2002) reportaron valores de diversidad que variaron entre  $0.60\pm 0.39$  y  $0.93\pm 0.38$  para las infracomunidades de metazoarios parásitos de *Trachinotus carolinus* en cuatro localidades de la península de Yucatán.

Es notorio entonces, que a nivel de infracomunidad los metazoarios de *L. rhomboides* presentan una diversidad mayor en comparación a otras especies que habitan en lagunas costeras, aunque los valores de diversidad son menores que en *T. carolinus*. Sánchez-Ramírez & Vidal-Martínez (2002) sugirieron que los hábitos gregarios de los peces marinos, además de una vagilidad y una dieta diversa ocasionan que las infracomunidades de los peces marinos sean más diversas que en peces salobres y dulceacuícolas. Esta hipótesis concuerda para el caso de *L. rhomboides*. Las diferencias en los valores de diversidad de los metazoarios parásitos entre *L. rhomboides*, *F. polyommus* y *S. testudineus* podría deberse a las diferencias en sus hábitos alimenticios. Aguilar-Medrano et al. (2020) analizaron los índices tróficos de la ictiofauna que habita en las lagunas costeras de Yucatán. Estos autores identificaron a *L. rhomboides* con un índice trófico de 3.5 ; en cambio, el índice trófico de *F. polyommus* y *S. testudineus* fue de 2.9 y 2.7, respectivamente. Las diferencias en el valor del índice se deben a los componentes principales de la dieta de cada especie; *L. rhomboides* se alimenta principalmente de macroinvertebrados, en cambio *F. polyommus* es una especie omnívora y *S. testudineus* se alimenta principalmente de invertebrados bentónicos.

## Los parásitos en la estructura trófica

El 71.4% de los parásitos que infectan a la “xlavita” son transmitidos de manera trófica y poseen ciclos de vida indirectos (con hospederos intermediarios). Los parásitos que presentan estos ciclos de vida dependen de la presencia de diversos invertebrados y vertebrados en el mismo ecosistema, de manera que solo pueden estar presentes en los ambientes donde coexistan sus hospederos intermediarios y definitivos (Schmidt et al., 2003; Giari et al., 2022).

La estructura taxonómica de los metazoarios parásitos que infectan a *L. rhomboides* en la Carbonera y Celestún se encuentra dominada por taxones de la Clase Digenea (ocho taxa). Este patrón de predominancia se ha observado en las comunidades de parásitos de otros peces marinos y eurihalinos en la península de Yucatán, aún cuando algunos trabajos sólo se han enfocado en el estudio de los helmintos e incluso solo han considerado los helmintos intestinales de sus hospederos (v.gr., Argáez-García et al., 2010). Las especies de peces que se han estudiado en la península de Yucatán donde los digeneos son el grupo dominante son *Trachinotus carolinus*, *Lutjanus griseus*, *Floridichthys polyommus*, *Haemulon flavolineatum* y *Mycteroperca bonaci* (Sánchez-Ramírez & Vidal-Martínez, 2002; Argáez-García et al., 2010; Espínola-Novelo et al., 2013; 2023; Guillén-Hernández et al., 2023). Este mismo patrón se presenta en el estudio de *Mayaheros urophthalmus* en la laguna de Celestún, donde ha sido intensamente estudiado (Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997; Vidal-Martínez et al., 1998; Vidal-Martínez & Poulin, 2003). Sánchez-Ramírez & Vidal-Martínez (2002) plantearon que las

comunidades de parásitos de los peces teleósteos se encuentran dominadas por digeneos y nematodos, independientemente de la latitud en que se distribuyen.

Los digeneos son parásitos que se transmiten de manera trófica. Tienen ciclos de vida indirectos; necesitan de uno a dos hospederos intermediarios antes de llegar a su hospedero definitivo y completar su ciclo de vida (Hernández et al., 2007; Guillén-Hernández et al., 2023). El alto número de digeneos que infectan a la “xlavita” podría ser considerado como un indicador de la condición ambiental de las lagunas que favorece la presencia de sus hospederos intermediarios. Salgado-Maldonado & Kennedy (1997) sugirieron que la alta concentración de carbonato de calcio en el agua, las temperaturas cálidas y la alta productividad son características de las lagunas costeras que favorecen a las poblaciones de moluscos, estos organismos desempeñan un papel como primeros hospederos intermediarios para una variedad de digeneos (Hernández et al., 2007).

Por otra parte, la presencia de estados larvales de cestodos y nematodos sugiere que *L. rhomboides* también actúa, aunque en menor medida, como un componente intermedio en las cadenas tróficas en ambas lagunas. Los cestodos que parasitan a *L. rhomboides* cierran sus ciclos de vida en elasmobranquios (Olson et al., 2010), mientras que los nematodos lo hacen en aves ictiofagas (D’Amelio et al., 2007) o mamíferos marinos (González-Solís et al., 2006). La alta productividad biológica de las lagunas costeras tropicales permite que las aves ictiófagas encuentren lugares adecuados para alimentarse, descansar y anidar, especialmente cuando la disponibilidad de alimentos puede satisfacer sus necesidades (Chiappa-Carrara et al., 2017; De Dios-Arcos et al., 2020). Córtez-

Ramírez et al. (2012) reportaron la presencia de 150 especies de aves residentes y migratorias en la franja costera de la península de Yucatán, y señalaron que esta región presenta valores más altos de endemismo comparada con las regiones centro y sur de la península. En este sentido, se sugiere que el ambiente natural de la Carbonera provee refugios y nichos ecológicos para una mayor variedad de especies de aves ictiogafas (Almeida et al., 2023). Diversos autores señalan que esta laguna se caracteriza por poseer elevados niveles de producción biológica que sostienen redes tróficas complejas (Chiappa-Carrara et al., 2017; Palacios-Sánchez et al., 2019).

### **Consideraciones de Manejo**

En los últimos años la urbanización de la costa de Yucatán se ha acelerado ocasionando la fragmentación de diversos ambientes (Herrera-Silveira et al., 2013; Torres-Mazuera, 2022). La fragmentación, y consecuente pérdida de hábitats, es una de las mayores amenazas para las poblaciones de vida silvestre a nivel mundial; los ecosistemas costeros, como las lagunas costeras, son especialmente susceptibles al impacto de la urbanización (Pech et al., 2007; Camacho-Ibar & Rivera-Monroy, 2014; Leung et al., 2024). Estos ambientes proveen bienes y servicios ambientales, económicos, y culturales que contribuyen al bienestar humano. Por ejemplo, protegen la costa ante eventos hidrometeorológicos, proveen alimentos, y su riqueza biológica es importante para el sector pesquero; además, proveen espacios de recreación (Giari et al., 2022). Debido a que los parásitos, al igual que los organismos de vida libre, son afectados por la modificación de su hábitat, el estudio y monitoreo de los parásitos puede aportar información útil sobre

las presiones y alteraciones antropogénicas que ocurren en los ecosistemas (Giari et al., 2022).

De manera general, se ha establecido que los ecosistemas con mayor diversidad de especies son considerados más estables y son capaces de recuperarse ante perturbaciones naturales en comparación con los ambientes menos diversos (Palacios-Sánchez et al., 2019). De acuerdo con Wood & Johnson (2015), los parásitos pueden incrementar la estabilidad de los ecosistemas al regular las poblaciones de sus hospederos, o produciendo competencia entre ellos; además, la habilidad de ciertas especies de manipular el comportamiento de sus hospederos facilita la transmisión de energía de los niveles tróficos inferiores a los superiores. Un ejemplo de ello se ha visto con los trematodos del género *Cardiocephaloides*, que son transmitidos de manera trófica a sus hospederos definitivos cuando los peces son consumidos por las aves ictiofagas (Born-Torrijos et al., 2016).

En este sentido, los parásitos de peces pueden funcionar como indicadores integrales y complementarios de las condiciones del ecosistema (Pérez-Ponce de León, 2014; Almeida et al., 2023). En particular, en la laguna de la Carbonera se pueden zonificar cuatro ambientes distintivos que reflejan una variedad de ambientes: 1) la zona cercana a la boca con mayor influencia marina; 2) la zona de mezcla al oeste de la boca, donde se establece un gradiente de salinidad; 3) la zona sur influenciada por el aporte permanente de agua del acuífero que emana por un ojo de agua localizado en un petén; y 4) la zona este de la boca, controlada por las mareas, en la que predominan condiciones hipersalinas debido a la elevada

evaporación. Todos estos ambientes favorecen la coexistencia de diversas especies de peces dulceacuícolas, eurihalinos, marinos, junto con aves residentes y migratorias, entre otros (Chiappa-Carrara et al., 2017). Esto permite la transmisión y establecimiento de diversas poblaciones de parásitos.

Por su parte, la laguna de Celestún pertenece a la Reserva de la Biosfera Ría Celestún, y en ella se han descrito distintos tipos de vegetación, entre los que destacan el manglar, petenes, selva baja y mediana y praderas de pastos marinos; además, es una importante zona de refugio para el flamingo americano (Méndez-Contreras et al., 2008). El municipio de Celestún se encuentra a 3.67 km de distancia de la laguna (Martínez-Casales et al., 2022) y hasta el 2020, la población era de 8,389 personas de acuerdo con el INEGI (2020). A pesar de contar con un estatus de protección ambiental, las actividades antropogénicas dentro de la laguna y a sus alrededores no han disminuido, alterando sus condiciones ambientales (Pech et al., 2007). Por ejemplo, Martínez-Casales et al. (2022) registraron concentraciones de Cafeína y Paraxantina en la laguna que reflejan deficiencias en el tratamiento de aguas domésticas y residuales.

Dependiendo la especie, cada parásito y cada sistema hospedero-parásito pueden responder de distinta manera a los contaminantes (Pérez-Ponce de León, 2014). Los parásitos pueden tener respuestas positivas, negativas o inexistentes a la contaminación o estrés ambiental (Pech et al. 2008). Para ejemplificar el efecto negativo que los contaminantes pueden tener sobre los parámetros de infección, en el estudio de Vidal-Martínez et al (2017) se identificó que la prevalencia del cestodo *Oncomegas wegeneri* en su hospedero intermediario *Syacium gunteri* (pez

lenguado) disminuyó en sitios con concentraciones  $\geq 1.90$  de Hidrocarburos Poli aromáticos; los autores sugirieron que los ambientes con dichas concentraciones son perjudiciales para los parásitos y sus hospederos. Si bien, dicho trabajo fue realizado en un ambiente marino, sería posible esperar que si los contaminantes penetran en las lagunas costeras se tuviera el mismo efecto.

A pesar de todo lo anterior, en este estudio no se identificaron diferencias en la diversidad a nivel de infracomunidades entre los metazoarios parásitos que infectan a *L. rhomboides* en las lagunas de la Carbonera y Celestún. Sin embargo, sí se encontraron diferencias en la composición de especies a nivel de componente de comunidad (16 taxa en la Carbonera vs 12 taxa en Celestún). Pese a que diversos estudios sugieren el uso de parásitos como bioindicadores alternativos (Vidal-Martínez et al., 2017); Sures et al. (2017) plantearon que algunas comunidades de parásitos pueden no ser lo suficientemente sensibles para detectar los efectos de una contaminación baja o moderada, o que los efectos pueden ser poco evidentes por la variación ambiental.

## CONCLUSIONES

Este trabajo representa el primer estudio que caracteriza de manera integral los metazoarios parásitos de la “xlavita”, *L. rhomboides*, a nivel de componente de comunidad e infracomunidad en dos lagunas costeras de la península de Yucatán.

- Se identificaron 21 taxa de metazoarios parásitos que infectan a *L. rhomboides* en las lagunas costeras de la Carbonera y Celestún. Los trematodos fueron el grupo de parásitos que presentaron mayor riqueza

(ocho taxa), seguido de los grupos nematoda y copepoda con cuatro y tres taxa, respectivamente.

- La presencia de etapas larvales de los grupos nematoda, cestoda y trematoda reflejan el papel que tiene la “xlavita” como un componente intermedio de las redes tróficas en ambas lagunas costeras.
- Se determinaron los parámetros de infección para los 21 taxa. En la Carbonera el monogeneo *Microcotyle* sp.1, fue el taxón con valores más altos de prevalencia (66%) y abundancia media (3.38 individuos por hospedero analizado). Mientras que, en Celestún, el cestodo *Matticestus* sp. presentó los valores más altos de prevalencia (74%) y abundancia media (23.71 individuos por hospedero analizado).
- Se estimaron los atributos ecológicos a nivel de componente de comunidad (especies de parásitos que infectan a una población de hospedero) e infracomunidad (número de parásitos que infectan a un hospedero individual). A nivel de componente de comunidad en la Carbonera y Celestún se registró una riqueza de 16 taxa y 12 taxa, respectivamente. Mientras que, a nivel de infracomunidad, en la Carbonera cada hospedero presentó en promedio  $15.4 \pm 34.8$  individuos parásitos y una riqueza de  $2.3 \pm 1.9$  taxa; en cambio, en Celestún, cada hospedero presentó en promedio  $31.5 \pm 50.3$  individuos parásitos y una riqueza de  $2.4 \pm 1.4$  taxa.
- La información generada en el presente estudio indica que ambas lagunas costeras presentan hábitats idóneos para la transmisión de parásitos de ciclo de vida directo e indirecto. Si bien los parásitos han sido propuestos como indicadores integrales útiles en el monitoreo a largo plazo de los ecosistemas,

se necesitan más estudios que evalúen el comportamiento de los parásitos y la interacción parásito-hospedero ante perturbaciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achatz, T., Pulls, E., González-Acuña, D., & Tkach, V. V. (2020). Phylogenetic relationship of *Cardiocephaloides* spp. (Digenea, Diplostomidea) and the genetic characterization of *Cardiocephaloides physalis* from Magellanic Penguin, *Spheniscus magellanicus*, in Chile. *Acta Parasitológica*, 65, 525-534.

Aguilar-Aguilar, R., Salgado-Maldonado, G., Contreras-Medina, R., & Martínez-Aquino, A. (2008). Richness and endemism of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society*, 94(2), 435-444.

Aguilar-Medrano, R., Hernández de Santillana, M., & Vega-Cendejas, M. E. (2020). Using fish assemblages to understand environmental connectivity and usage. A contribution to the conservation of the Yucatan Wetland. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 239, 106766.

Aguilar-Medrano, R., Hernández de Santillana, M., & Vega-Cendejas, M. E. (2022). Temporal analyses of the fish functional arrangement of Celestún coastal lagoon in Yucatan, Mexico. *Journal for Nature Conservation*, 70, 126269.

Aguilar-Perera, A. (2022). Checklist of parasitic isopods (Crustacea: Isopoda) infesting marine decapod and fishes off Mexico's coast. *Thalassas: An International Journal of Marine Sciences*, 38, 113-121.

Aguirre-Macedo, M. L., Simá-Álvarez, R., Román-Magaña, M. K., & Güemez-Ricalde, J. I. (2008). Parasite survey of the Eastern Oyster *Crassostrea virginica* in coastal lagoons of the southern Gulf of Mexico. *Journal of Aquatic Animal Health*, 19, 270-279.

Aguirre-Macedo, M. L., Vidal-Martínez V. M., González-Solís, D., & Caballero, P. I. (2007). Helminth communities of four commercially important fish species from Chetumal Bay, Mexico. *Journal of Helminthology*, 81, 19-31.

Almeida, D., Cruz, A., Linares, C., Torralva, M., Lantero, E., Fletcher, D. H., & Oliva-Paterna, F. J. (2023). Fish morphological and parasitological traits as ecological indicators of habitat quality in a Mediterranean coastal lagoon, *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33, 1229-1244.

Anderson, M.J., Gorley, R.N., & Clarke, K. R. (2008). PERMANOVA+ for PRIMER: Guide to Software and Statistical Methods. PRIMER-E, Plymouth, UK.

Anderson, R. C. & Wong, P.L. (1981). Redescription of *Cosmocephalus obvelatus* (Creplin, 1825) (Nematoda: Acuarioidea) from *Larus delawarensis* Ord (Laridae). *Canadian Journal of Zoology*, 59, 1897-1902.

Anderson, R. C. (2000). Order Ascaridida. En: *Nematode parasites of vertebrates: their development and transmission* (245-347, 2nd edition). CABI Publishing, Wallingford, UK.

Andrade-Gómez, L., Ortega-Olivares, M. P., Solórzano-García, B., García-Varela, M., Mendoza-Garfias, B., & Pérez-Ponce de León, G. (2023). Monorchids (Digenea, Trematoda) of fishes in the Yucatán Peninsula, Mexico, with the

description of three new species based on morphological and molecular data. *Parasite*, 30, 15.

Andres, M. J., Pullis, E. E., Curran, S. S., & Overstreet, R. M. (2018). On the systematics of some marine haploporids (Trematoda) with the description of a new species of *Megasolena* Linton 1910. *Parasitology International*, 67, 805-815.

Antar, R., & Gargouri, L. (2015). Morphology and molecular analysis of life-cycle stage of *Proctoeces maculatus* (Loss, 1901) (Digenea: Fellodistomidae) in the Bizerte Lagoon, Tunisia. *Journal of Helminthology*, 90, 1-11.

Antil, S., Abraham, J. S., Sripoorna, S., Maurya, S., Dagar, J., Makhija, S., Bhagat, P., Gupta, R., Sood, U., Lai, R., & Toteja, R. (2023). DNA barcoding, an effective tool for species identification: a review. *Molecular Biology Reports*, 50, 761-775.

Arceo-Carranza, D., Vega-Cendejas, M. E., Montero-Muñoz, J., & Hernández de Santillana, M. (2010). Influencia del hábitat en las asociaciones nictimerales de peces en una laguna costera tropical. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 823-837.

Arceo-Carranza, D., Dorantes-Acereto, E., Hernández-Mendoza, L., & Chiappa-Carrara, X. (2021). Temporal shifts in the abundance and feeding of marine fish community in a coastal lagoon in southeastern Mexico. *Ciencias Marinas*. 47, 17-32.

Argáez-García, N., Guillén-Hernández, S., & Aguirre-Macedo, L. (2010). Intestinal helminths of *Lutjanus griseus* (Perciformes: Lutjanidae) from three

environments in Yucatan (Mexico), with a checklist of its parasites in the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 81, 903-912.

Baldwin, R., Banks, M. A., & Jacobson, K. (2012). Integrating fish and parasite data as a holistic solution for identifying the elusive stock structure of Pacific sardines (*Sardinops sagax*). *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 22, 137-156.

Bao, M., Olsen, K. M., Levsen, A., Cipriani, P., Giulietti, L., Storesund, J.E., García-Seoane, E., & Karlsbakk, E. (2022). Characterization of *Pseudoterranova ceticola* (Nematoda: Anisakidae) larvae from meso/bathypelagic fishes of Macaronesia (NW Africa waters). *Scientific reports*, 12, 17695.

Bere, R. (1936). Parasitic copepods from Gulf of Mexico fish. *The American Midland Naturalist*, 17, 577-625.

Benkirane, O., Coste, F., & Raibaut, A. (1999). On the morphological variability of the attachment organ of Lernaeopodidae (Copepoda: Siphonostomatoida). *Folia Parasitologica*, 46, 67-75.

Beveridge, I., & Campbell, R. A. (1993). A revision of *Dasyrhynchus* Pinter (Cestoda: Trypanorhyncha), parasitic in elasmobranch and teleost fishes. *Systematic Parasitology*, 24, 129-157.

Bonilla-Gómez, J., López-Rocha, J. A., Badillo-Alemán, M. B., Tzeek-Tuz, J., & Chiappa-Carrara, X. (2011). Growth and Mortality of *Lagodon rhomboides* (Pisces:sparidae) in a tropical coastal lagoon in northwestern Yucatan, Mexico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 3, 99-109.

Bonilla-Gómez, J., Badillo-Alemán, M., Gallardo-Torres, A., & Chiappa-Carrara, X. (2013). Temporal variation, grown and natural mortality of two species of mojarras (Perciformes: Gerreidae) from a tropical coastal lagoon: La Carbonera, Yucatán, Mexico. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 5, 57-67.

Bonilla-Gómez, J., Ramírez-Rojas, A., Badillo-Alemán, M., & Chiappa-Carrara, X. (2014). Nuevo registro de *Lagodon rhomboides* (Pisciformes: Sparidae) como hospedero de *Cymothoa excisa* (Isopoda:cymothoidae) en la costa noreste de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 85, 633-637.

Born-Torrijos, A., Poulin, R., Pérez-del-Olmo, A., Culurgioni, J., Raga, J. A., & Holzer, A. S. (2016). An optimised multi-host trematode life cycle: fishery discards enhance trophic parasite transmission to scavenging birds. *International Journal of Parasitology*, 46, 745-753.

Bouguerche, C., Gey, D., Justine, J. L., & Tazerouti, F. (2019). Towards the resolution of the *Microcotyle erythrini* species complex: description of *Microcotyle isyebi* n. Sp. (Monogenea, Microcotylidae) from *Boops boops* (Teleostei, Sparidae) off the Algerian coast. *Parasitology Research*, 118, 1417-1428.

Bowles, J., Blair, D., & McManus, D. (1992). Genetic variants within the genus *Echinococcus* identified by mitochondrial DNA sequencing. *Molecular and Biochemical Parasitology*, 54, 165-173.

Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575-583.

Caira, J. N., Jensen, K., Waeschenbach, A., Olson, P. D., & Littlewood, T. J. (2014). Orders out of chaos-molecular phylogenetics reveals the complexity of shark and stingray tapeworm relationships. *International Journal of Parasitology*, 44, 55-73.

Caira, J. N., Jensen, K., & Fyler, C. A. (2018). A new genus of tapeworm (Cestoda: Onchoproteocephalidea) from sawfish (Elasmobranchii: Pristidae). *Journal of Parasitology* 104, 133-144.

Camacho-Ibar, V. F., & Rivera-Monroy, V. H. (2014). Coastal lagoons and estuaries in Mexico: processes and vulnerability. *Estuaries and Coast*, 37, 1313-1318.

Canto-Maza, W. G., & Vega-Cendejas, M. (2008). Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Revista de Biología Tropical*, 56, 1837-1846.

Carballo, M. C., Navone, G. T., & Cremonte, F. (2011). Parasites of Silversides *Odontesthes smitti* and *Odontesthes nigricans* (Pisces: Atherinopsidae) from Argentinean Patagonia. *Comparative Parasitology*, 78, 95-103.

Castro, R., & González, M. T. (2005). *Clavellotis sebastidis* sp. nov. (Copepoda, Lernaepodidae) parasitic on *Sebastes oculatus* Valenciennes, 1833 from Argentina. *Acta Parasitologica*, 50, 74-79.

Chiappa-Carrara, X., Enríquez, C., Mariño-Tapia, I., Badillo, M., Gallardo, A., Yañez-Arenas, C., Marin-Coria, E., Arena, L., Guadarrama, P., López-Aguiar, K., & Capella, S. (2017). Monitoreo ambiental de largo plazo, herramienta para evaluar la

resiliencia de sistemas costeros. En: caracterización multidisciplinaria de la zona costera de sisal, Yucatán. Hacia una gestión integral y fortalecimiento de la resiliencia. *Laboratorio Nacional de Resiliencia Costera*, 90-101.

Chibwana, F. (2023). DNA barcoding reveals occurrence *Cardiocephaloides* sp. (Digenea: Strigeidae) infecting the Great Cormorant *Phalacrocorax carbo* (L. 1758) in Mwanza, Gulf, Lake Victoria. *Tanzania Journal of Science*, 49, 96-107.

Córtes-Ramírez, G., Gordillo-Martínez, A., & Navarro-Sigüenza, A. G. (2012). Patrones biogeográficos de las aves de la península de Yucatán. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 83, 530-542.

Creseeey, R. (1991). Parasitic copepods from the Gulf of Mexico and Caribbean Sea, III: *Caligus*. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 497, 1-53.

D'Amelio, S. Barros, N. B., Ingrosso, S., Fauquier, D. A., Russo, R., & Paggi, L. (2007). Genetic characterization of members of the genus *Contracaecum* (Nematoda: Anisakidae) from fish-eating birds from west-central Florida, USA, with evidence of new species. *Parasitology*, 134, 1041-1051.

D'Amelio, S., Cavallero, S., Dronen, N. O., Barros, N. B., & Paggi, L. (2012). Two new species of *Contracaecum* Railliet & Henry, 1912 (Nematoda: Anisakidae), *C. fagerholmi* n. sp and *C. rudolphii* F from the brown pelican *Pelecanus occidentalis* in the northern. *Systematic Parasitology*, 81, 1-16.

De Dios-Arcos, C., Badillo-Alemán, M., Arceo-Carranza, D., & Chiappa-Carrara, X. (2020). Feeding ecology of the waterbirds in a tropical mangrove in the southeast Gulf of Mexico. *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 55, 1-9.

Diaz, J. I., Navone, G. T., & Cremonte, F. (2001). New host and distribution records of *Cosmocephalu obvelatus* (Creplin, 1825) (Nematoda: Acuariidae), with Morphometric comparisons. *Comparative Parasitology*, 68, 277-282.

Duarte, G., Lehun, A., Leite, L., Consolin-Filho, N., Bellay, S., & Takemoto, R. (2020). Acanthocephalans parasites of two Characiformes fishes as bioindicators of cadmium contamination in two neotropical rivers in Brazil. *Science of the Total Environment*, 738, 140339.

Eaton, K., Hallaj, A., Stoeckel, J. A., & Bernal, M. (2022). Ocean warming leads to increases in aerobic demand and changes to gene expression in the pinfish (*Lagodon rhomboides*). *Frontiers in Ecology and Evolution*, 9, 809375.

Espínola-Novelo, J. F., González-Salas, C., Guillén-Hernández, S., & MacKenzie, K. (2013). Metazoan parasites of *Mycteroperca bonaci* (Epinephelidae) off the coast of Yucatan, Mexico, with a checklist of its parasites in the Gulf of Mexico and Caribbean region. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84, 1111-1120.

Espínola-Novelo, J. F., Solórzano-García, B., Guillén-Hernández, S., Badillo-Alemán, M., Chiappa-Carrara, X., & Pérez-Ponce de León, G. (2023). Metazoan parasites of the ocellated killifish, *Floridichthys polyommus* (Cyprinodontidae) in La Carbonera coastal lagoon, Yucatán, México. *Regional Studies in Marine Science*, 67, 103223.

Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., & Vrijenhoek, R. (1994). DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from

diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology*, 3, 294-299.

García-Prieto, L., Dáttilo, W., Rubio-Godoy, M., & Pérez-Ponce de León, G. (2022). Fish–parasite interactions: A dataset of continental waters in Mexico involving fishes and their helminth fauna. *Ecology*, 103, e3815.

García-Teh, J. G., Vidal-Martínez, V. M., Mariño-Tapia, I., Árcega-Cabrera, F., Ordóñez-López, U., & Aguirre-Macedo, M. L. (2022). Metazoan parasite infracommunities of the Tomtate Grunt (*Haemulon aurolineatum*) as potential bioindicators of environmental conditions in the Yucatan Continental Shelf, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 108, 49-54.

García-Varela, M., & Nadler, S. A. (2005). Phylogenetic relationships of Palaeacanthocephala (Acanthocephala) inferred from SSU and LSU rDNA gene sequences. *Journal of Parasitology*, 91, 1401–1409.

García-Varela, M., Mendoza-Garfias, B., Choudhury, A., & Pérez-Ponce de León. (2017). Morphological and molecular data for a new species of *Pomphorhynchus* Monticelli, 1905 (Acanthocephala: Pomphorhynchidae) in the Mexican redhorse *Moxostoma austrinum* Bean (Cypriniformes: Catostomidae) in central Mexico. *Systematic parasitology*, 96, 989-1006.

García-Varela, M., Sereno-Uribe, A., Solórzano-García, B., & Pérez-Ponce de León, G. (2024). The white grunt, *Haemulon plumierii* (Lacepède, 1801) as paratenic and definitive host of two acanthocephalan species, with the description of

a new species of *Dolffusentis* (Palaeacanthocephala: Leptohynchoididae) from the Yucatán Peninsula, México. *Journal of Helminthology*, 98, 1-12.

Garrido-Olvera, L., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., Sánchez-Martínez, J. G., Rábago-Castro, J. L., Hernández-Mena, D. I., & Pérez-Ponce de León, G. (2022). Parasites with zoonotic potential found in commercially important fish in Tamaulipas, Northeastern Mexico. *Parasitology International*, 88, 102550.

Giari, L., Castaldelli, G., & Timi, J. T. (2022). Ecology and effects of metazoan parasites of fish in transitional waters. *Parasitology*, 149, 1829-1841.

Gibson, D. I. (2002). Family Lecithasteridae Odoner, 1905. En: *Keys to the trematoda* (1, 381-396). Gibson, D. I., Jones, A., & Bray, R. A. (Eds.). CABI Publishing & The Natural History Museum. London, UK.

Gilardoni, C., Etchegoin, J., Cribb, T., Pina, S., Rodriguez, P., Diez, M. E., & Cremonte, F. (2020). Cryptic speciation of the zoogonid digenean *Diphtherostomum flavum* n. sp. Demonstrated by morphological and molecular data. *Parasite*, 27, 44.

González-Solís, D., Tuz-Paredes, V. M., & Quintal-Loria, M. (2007). *Cucullanus pargi* sp. n. (Nematoda: Cucullanidae) from the grey snapper *Lutjanus griseus* off the southern coast of Quintana Roo, Mexico. *Folia Parasitologica*, 54, 220-224.

González-Solís, D., Vidal-Martínez, V. M., Antochiw-Alonso, D. M., & Ortega-Argueta, A. (2006). Anisakid nematodes from Stranded pygmy sperm whales, *Kogia breviceps* (Kogiidae), in three localities of the Yucatan Peninsula, México. *Journal of Parasitology*, 92, 1120-1122.

Guillén-Hernández, S., Canto, A., Villegas-Hernández, H., González-Salas, C., Poot-López, G., Espínola-Novelo, J. F., & Pérez-España, H. (2023). Spatial variation in helminth parasite communities of the french grunt, *Haemulon flavolineatum* (Teleostei: Haemullidae), from the Yucatan Peninsula. *Journal of Parasitology*, 109, 76-86.

Hadfield, K. A., Bruce, N. L., & Smith, N. J. (2011). *Cymothoa hermani* sp. nov. (Isopoda, Cymothoidae, Crustacea), a parasitic isopod, collectes of the Zanzibar coast, Tanzania from the mouth of a parrotfish (Scaridae). *Zootaxa*, 2876, 57-68.

Hadfield, K. A., Bruce, N. L., & Smith, N. J. (2013). Review of the fish-parasitic genus *Cymothoa* Fabricus, 1793 (Isopoda, Cymothoidae, Crustacea) from the southwestern Indian Ocean, including a new species from South Africa. *Zootaxa*, 3640, 152-176.

Hall, D., & Iversen, E. (1967). *Henneguya lagodon*, a new species of myxosporidian, paraziting the pinfish, *Lagodon rhomboides*. *Bouletin of Marine Science*, 17, 274-279.

Hatcher, M, J., & Dunn, A, M. (2021) Parasites in ecological communities: from interactions to ecosystems. Ecology, Biodiversity and Conservation. *Cambridge University Press*.

Hebert, P., Ratnasingham, S., & deWaard, R. (2003). Barcoding animal life: cytochrome c oxidase subunit 1 divergences among closely related species. *Proceedings of the Royal Society of London*, 270, s96-s99.

Hernández, A. D., Bunnell, J. F., & Sukhdeo, M. V. K. (2007). Composition and diversity patterns in metazoan parasite communities and anthropogenic disturbance in stream ecosystems. *Parasitology*, 134, 91-102.

Hernández-Mena, D. I., García-Prieto, L., & García-Valera, M. (2014). Morphological and molecular differentiation of *Parastrigea* (Trematoda: Strigeidae) from Mexico, with the description of a new species. *Parasitology International*, 63, 315-323.

Hernández-Olascoaga, A., & González-Solís, D. (2019). Parasitic nematodes in snappers (Perciformes: Lutjanidae) from the southern Gulf of Mexico and Mexican Caribbean. *Journal of Parasitology*, 105, 697-703.

Herrera-Silveira, J. A., Comin, F. A., & Capurro-Filograsso, L. (2013). Landscape, land-use, and management in the coastal zone of Yucatan Peninsula. En: *Gulf of Mexico: origin, waters, and biota. Ecosystem-Based Management* (4, 225-242). Day, J. M., & Yáñez-Arancibia, A. (Eds.). College Station: Texas A & M University Press.

Hutton, R. F., & Sogandares-Bernal, F. (1959). Studies on helminth parasites of the coast of Florida I. Digenetic trematodes of marine fishes from Tampa and Boca Ciega Bays with descriptions of two new species. *Bulletin of Marine Science of the Gulf and Caribbean*, 9, 53-68.

Hutton, R. F., & Sogandares-Bernal, F. (1960). A List of parasites from marine and coastal animals of Florida. *Transactions of the American Microscopical Society*, 79, 287-292.

Hutton, R. F. (1964). A second list of parasites from marine and coastal animals of Florida. *Transactions of the American Microscopical Society*, 83(4), 439-447.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2020). Censo de población y vivienda 2020. Disponible en <https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>

Kiedel, L., García-Valera, M., Brener, B., Pérez-Ponce de León, G., & Portes, C. (2019). Integrative taxonomy reveals a new species of *Dollfusentis* (Acanthocephala: Iliosentidae) in *Orthopristis ruber* (Osteichthyes: Haemulidae) from Rio de Janeiro, Brazil. *Parasitology International*, 71, 132-142.

Kim, S. M., Park, B. K., Jung, B. D., & Kim, H. C. (2015). First record of *Cosmocephalus obvelatus* (Acuariidae) in common gulls (*Larus canus*) from Gangneung, Korea. *Korean Journal of Parasitology* 53, 101-104.

Klimpel, S., Kuhn, T., Münster, J., Dörge, D. D., Klapper, R., & Kochmann, J. (2019). Parasites of marine fish and cephalopods: A practical guide (1-14). *Springer International Publishing*.

Kita, Y., Hiruta, S. F., Sasaki, M., & Kajihara, H. (2023). Systematic position of the genus *Metacanthocephalus* Yamaguti, 1959 (Palaeacanthocephala: Echinorhynchida) inferred from molecular evidence, with a redescription of *Metacanthocephalus ovicephalus* (Zhukov, 1960). *Parasitology International*, 94, 102731.

Kritsky, D., & Bakenhaster, M. (2019). *Lamellodiscus* spp. (Monogenoidea: Diplectanidae) infecting the gill lamellae of porgies (Perciformes: Sparidae) in the

Gulf of Mexico off Florida U.S.A. with descriptions of *Lamellodiscus occiduus* n. sp. and *Lamellodiscus vesperus* n. sp. from *Calamus* spp. *Comparative Parasitology*, 86, 79-88.

Lamothe-Argumedo, R. (1997) Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. A. G. T. Editor. S.A. México. D. F.

Leung, F., Doherty, P. D., Lui, M., Metcalfe, K., Godley, B., & Lee, S. Y. (2024). Rise and fall of an avian oasis: Tracking the impacts of land use change in a key coastal wetland in the world's largest megalopolis. *Science of the Total Environment*, 906, 167231.

Littlewood, DTJ. (2005). The nature of parasitism: Marine parasites and the tree of life. En; *Marine Parasitology* (6-10). Rohde, K. (Ed.). CSIRO PUBLISHING.

Luton, K., Walker, D., & Blair, D. (1992). Comparisons of ribosomal internal transcribed spacers from two congeneric species of flukes (Platyhelminthes: Trematoda: Digenea). *Molecular and Biochemical Parasitology*, 56, 323-328.

MacCallum, G. A. (1913). Further notes on the genus *Microcotyle*. *Zoologische Jahrbücher*, 35, 389-402.

Madhavi, R. (2008). Family Monorchiiidae Odhner, 1911. En: *Keys to the Trematoda* (3, 145-176). Bray, R.A., Gibson, D. I., & Jones, A. (Eds.). CABI Publishing & The Natural History Museum. London, UK.

Manter, H. W. (1940). Digenetic trematodes of fishes from the Galapagos Islands and the neighboring Pacific. *Allan Hancock Pacific Expeditions*, 2, 325-498.

Manter, H. W. (1947). The digenetic trematodes of marine fishes of Tortugas, Florida. *American Midland Naturalist*, 38, 257-416.

Manter, H. W., & Hanson-Pritchard, M. (1962). Studies on digenetic trematodes of Hawaiian fishes: families Fellodistomatidae, Opistholebetidae and Gyliachenidae. *Transaction of the American Microscopical Society*, 81, 113-123.

Martínez-Aquino, A., Vidal-Martínez, V. M., Ceccarelli, F. S., Méndez, O., Soler-Jiménez, L.C., & Aguirre-Macedo, M. L. (2020). Phylogeny, genetics, and the partial life cycle of *Oncomegas wagneri* in the Gulf of Mexico. *Current Zoology*, 66, 275-283.

Martínez-Casales, Y., León-Aguirre, K., Lamas-Cosío, E., Noreña-Barroso, E., Herrera-Silveira, J., & Arcega-Cabrera, F. (2022). Caffeine and Paraxanthine as tracers of anthropogenic wastewater in coastal lagoons in Yucatan, Mexico. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 108, 182-189.

Méndez-Contreras, J., Dickinson, F., & Castillo-Burguete, T. (2008). Community member viewpoints on the Ría Celestún Biosphere Reserve, Yucatan, Mexico: suggestions for improving the community/natural protected area relationship. *Human Ecology*, 36, 111-123.

Mendoza-Franco, E. F., Rosado-Tun, M. C., Duarte-Anchevida, A. J., & del Rio-Rogriguez, R. E. (2018). Morphological and molecular (28s rRNA) data of monogeneans (Platyhelminthes) infecting the gills lamellae of marine fishes in the Campeche Bank, Southwest Gulf of Mexico. *Zookeys*, 783, 125-161.

Mendoza-Garfias, B., García-Prieto, L., & Pérez-Ponce de León, G. (2017). Checklist of the Monogenea (Platyhelminthes) parasitic in Mexican aquatic vertebrates. *Zoosystema*, 39, 501-598.

Miller, M. A., Pfeiffer, W., & Schwartz, T. (2010). Creating the CIPRES Science Gateway for Inference of Large Phylogenetic Trees. *Gateway Computing Environments Workshop, IEEE Xplore*, 1-8.

Morales-Serna, F. N., Gómez, S., & Pérez-Ponce de León, G. (2012). Parasitic copepods reported from Mexico. *Zootaxa*, 3234, 43-68.

Morales-Serna, F. N., Pinacho-Pinacho, C. D., Gómez, S., & Pérez-Ponce de León, G. (2014). Diversity of sea lice (Copepoda: Caligidae) parasitic on marine fishes with commercial and aquaculture importance in Chamela, Bay, Pacific coast of Mexico by using morphology and DNA barcoding, with description of a new species of *Caligus*. *Parasitology International*, 63, 69-79.

Montoya-Mendoza, J., Castañeda-Chávez, M., & Lango-Reynoso, F. (2015). Helminths of sheepshead *Archosargus probatocephalus* (Pisces: Sparidae) from Alvarado, Veracruz. México. *Global Journal of Biology, Agriculture and Health Science*, 4, 45-47.

Mutafchiev, Y., Halajian, A., & Georgiev, B. B. (2010). Two new nematode species of the genus *Cosmocephalus* Molin, 1858 (Spirurida: Acuariidae), with an amended generic diagnosis and an identification key to *Cosmocephalus* spp. *Zootaxa*. 2349, 1-20.

Nahas, F. M., & Cable, R. M. (1964). Digenetic and aspidogastrid trematodes from marine fishes of Curacao and Jamaica. *Tulane Studies in Zoology*, 11, 169-228.

Nahas, F. M., & Powell, E. C. (1965) *Monorchiidae* (Trematoda) from fishes of Apalachee Bay, Gulf of Mexico. *Journal of Parasitology*, 51, 16-20.

Nahas, F. M., & Short, R. B. (1965). Digenetic trematodes of marine fishes from Apalachee Bay, Gulf of Mexico. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 12, 39-50.

Nadler, S. A., Bolotin, E., & Stock, P. (2006). Phylogenetic relationships of *Steinernema* Travassos, 1927 (Nematoda: Cephalobina: Steinernematidae) based on nuclear, mitochondrial and morphological data. *Systematic Parasitology*, 63, 161-181.

Nadler, S. A., & Hudspeth, D. (1998). Ribosomal DNA and phylogeny of the Ascaridoidea (Nematoda: Secernentea): implications for morphological evolution and classification. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 10, 221-236.

Nikhila-Reshmi, M. V., Rijin, K., Drisya, O. K., Jose-Priya, T. A., & Kappalli, S. (2023). Lernanthropids (Siphonostomatoida: Copepoda) parasitizing the marine fishes of Kerala Coast (India): Species diversity, phylogeny and host-parasite interaction. *Regional Studies in Marine Science*, 68, 103238.

Ohs, C. L., DiMaggio, M. A., & Grabe, S. W. (2011). Species profile: Pinfish, *Lagodon rhomboides*. *Southern Regional Aquaculture Center*, 7210, 1-6.

Oliva, M. E., González, M. T., & Acuña, E. (2004). Metazoan parasite fauna as a biological tag for the habitat of the flounder *Hippoglossina macrops* from northern Chile, in a depth gradient. *Journal of Parasitology*, 90, 1374-1377.

Oliva, M. E., Valdivia, I. M., Cárdenas, L., Muñoz, G., Escribano, R., & George-Nascimento, M. (2018). A new species of *Proctoeces* and reinstatement of *Procotoeces humboldti* George-Nascimento and Quiroga 1983 (Digenea: Fellostomidae) based on molecular and morphological evidence. *Parasitology International*, 67, 159-169.

Olson, P. D., Cribb, T. H., Tkach, V. V., Bray, R. A., & Littlewood, D. T. (2003). Phylogeny and classification of the Digenea (Platyhelminthes: Trematoda). *International Journal of Parasitology*, 33, 733-755.

Olson, P. D., Caira, J. N., Jensen, K., Overstreet, R. M., Palm, H. W., & Beveridge, I. (2010). Evolution of the thrypanorhynch tapeworms: Parasite phylogeny supports independent lineages of shark and rays. *International Journal of Parasitology*, 40, 223-242.

Overstreet, R. M. (1969). Digenetic trematodes of marine teleost fishes from Biscayne Bay, Florida. *Tulane Studies in Zoology and Botany*, 15, 119-176.

Overstreet, R. M., & Curran, S. S. (2002). Superfamily Bucephaloidea Poche, 1907. En: *Keys to the Trematoda* (1, 67-110). Gibson, D. I., Jones, A., & Bray, R. A. (Eds.). CABI Publishing & The Natural History Museum, London, UK.

Overstreet, R. M., Cook, J. O., & Heard, R. W. (2009). Trematoda (Platyhelminthes) of the Gulf of Mexico. En: *Gulf of Mexico—Origins, Waters, and*

*Biota Biodiversity* (419–486). Felder, D.L. & D.K. Camp (Eds.). Texas A&M University Press, College Station, Texas.

Oyarzún-Ruiz, P., Muñoz-Alvarado, P., & Raffo, E. (2016). Helminths of *Milvago chimango temucoensis* (Aves: Falconiformes) from Los Ríos Region, Chile: New records for Neotropical Raptors. *Helminthologia*, 53, 336-353.

Palacios-Sánchez, S. E., Vega-Cendejas, M. E., Hernández-de-Santillana, J. M., & Aguilar-Medrano, R. (2019). Anthropogenic impacts in the nearshore fish community of the Yucatan coastal Corridor. A comparison of protected and unprotected areas. *Journal of Nature Conservation*, 52, 125721.

Palm, H. W. (1997). Trypanorhynch cestodes of commercial fishes from Northeast Brazilian Coast Waters. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 92, 69-79.

Pavlidis, M. A., & Mylonas, C. C. (Eds.). (2011). *Sparidae: biology and aquaculture of gilthead sea bream and other species*. John Wiley-Blackwell.

Pech, D., Ardison, P., & Hernández-Guevara, N. (2007). Benthic community response to habitat variation: A case of study from natural protected area, the celestun coastal lagoon. *Continental Shelf Research*, 27, 2523-2533.

Pech, D., Vidal-Martínez, V. M., Aguirre-Macedo, M. L., Gold-Bouchot, G., Herrera-Silveira, J., Zapata-Pérez, O., & Marcogliese D. J. (2008). The checkered puffer (*Sphoeroides testudineus*) and its helminths as bioindicators of chemical pollution in Yucatan coastal lagoons. *Science of the Total Environment*, 407, 2315-2324.

Pérez-Ponce de León, G. (2014). Los helmintos parásitos de peces como bioindicadores de la salud de los ecosistemas. En: *Bioindicadores: guardianes de nuestro futuro ambiental* (253-272). González-Zuarth, C. A., Vallarino, A., Pérez-Jiménez, J. C., & Low-Pfeng, A. M. (Eds.). El Colegio de la Frontera Sur, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Pérez-Ponce de León, G., Garcia-Prieto, L., & Mendoza-Garfias, B. (2007). Trematode parasites (Platyhelminthes) of wildlife vertebrates in México. *Zootaxa* 1534,1-247.

Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L., & Mendoza-Garfias, B. (2011). Describing parasite biodiversity: The case of the helminth fauna of wildlife vertebrates in Mexico. En: *Changing diversity in changing environment* (33-54). O. Grillo y G. Venora (Eds.). InTechOpen.

Poulin, R. (2007). *Evolutionary ecology of parasites* (Segunda edición). Princeton University Press.

Poulin, R., Blasco-Costa, I., & Randhawa, H. S. (2016). Integrating parasitology and marine ecology: seven challenges towards greater synergy. *Journal of Sea Research*, 113, 3-10.

Randall, Z. (2014). *Lagodon rhomboides* (Linnaeus 1766), Family Sparidae. Florida Museum of Natural History.

Rodríguez-Santiago, M. A., Gómez, S., Rosales-Casián, J. A., & Grano-Maldonado, M. I. (2015). Parasitic copepods of the vermilion rockfish *Sebastes*

*miniatus* (Pisces: Scorpaenidae) from inshore waters of Baja California (Eastern Pacific). *Neotropical Helminthology*, 9, 1-12.

Rohde, K. (2005). The nature of parasitism: Definitions, and adaptations to a parasitic way of life. En: *Marine Parasitology* (1-5). Rohde, K. (Ed.). CSIRO PUBLISHING.

Salgado-Maldonado, G. (1976). Acantocéfalos de peces III. Redescrpción de *Dollfusentis chandleri* Golva, 1969 (Acanthocephala: Illiosentidae) y descripción de una nueva especie del mismo género. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, Serie Zoología*, 47, 19-34.

Salgado-Maldonado, G., & Kennedy, C. R. (1997). Richness and similarity of helminth communities in the tropical fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 114, 581-590.

Sánchez-Ramírez, C., & Vidal-Martínez, M. (2002). Metazoan parasite infracommunities of Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) from the coast of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Parasitology*, 88, 1087-1094.

Schmidt, V., Zander, S., Korting, W., & Steinhagen, D. (2003). Parasites of flounder *Platichthys flesus* (L.) from the German Bight, North Sea, and their potential use in ecosystem monitoring. *Helgoland Marine Research*, 57, 252-261.

Shoop, W. (1989). Systematic analysis of the Diplostomidae and Strigeidae (Trematoda). *Journal of Parasitology* 75, 21-32.

Sosa-Medina, T., Vidal-Martínez, V. M., & Aguirre-Macedo, M. L. (2015). Metazoan parasites of fishes from the Celestun coastal lagoon, Yucatan, Mexico. *Zootaxa*, 4007, 529-544.

Speight, M., & Henderson, P. (2013). *Marine Ecology: Concepts and Applications*. Wiley Blackwell, Oxford.

Spitzer, P., Mattila, J., & Heck, K. (2000). The effects of vegetation density on the relative growth rates of juvenile pinfish, *Lagodon rhomboides* (Linnaeus), in Big Lagoon, Florida. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 244, 67-86.

Stock, P. S., Campbell, J. F., & Nadler, S. A. (2001). Phylogeny of *Steinernema* Travassos, 1927 (Cephalobina: Steinernematidae) inferred from ribosomal DNA sequences and morphological characters. *Journal of Parasitology*, 87, 877-889.

Suárez-Morales, E., Reyes-Lizama, C., & González-Solís, D. (2010). Parasitic copepods from reef grunts (Teleostei, Haemulidae) with description of a new species of *Lernanthropus* (Siphonostomatoida, Lernanthropidae) from the Mexican Caribbean. *Acta Parasitológica*, 55, 167-176.

Sures, B., Nachev, M., Selbach, C., & Marcogliese, D. J. (2017). Parasite responses to pollution: what we know and where we go in “Environmental Parasitology”. *Parasites & Vectors*, 10, 1-9.

Takano, T., & Sata, N. (2022). Multigene phylogenetic analysis reveals non-monophyly of *Anisakis* s.l. and *Pseudoterranova* (Nematoda: Anisakidae). *Parasitology International*, 91, 102631.

Tavares-Dias, M. & Oliveira, M. S. (2024). Global distribution patterns and geographic range of *Cymothoa* Fabricus, 1793 (Isopoda: Cymothoidae) associated with host fish. *Biomedical Science*, 96, e20230706.

Torres-Mazuera, G. (2022). Dispossession through land titling: legal loopholes and shadow procedures to urbanized forestlands in the Yucatan Peninsula. *Journal of Agrarian Change*, 23, 346-364.

Vega-Cendejas, M. E., & Hernández de Santillana, M. (2004). Fish community structure and dynamics in a coastal hypersaline lagoon: Rio Lagartos, Yucatan, Mexico. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 60, 285-299.

Vega-Cendejas, M. E., Hernández de Santillana, M., & Arceo-Carranza, D. (2012). Length–weight relationships for selected fish species from a coastal lagoon influenced by freshwater seeps: Yucatan peninsula, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*, 28, 140-142.

Vidal-Martínez, V. M., Centeno-Chalé, O. A., Torres-Irineo, E., Sánchez-Ávila, J., Gold-Bouchot, G., & Aguirre-Macedo, M. L. (2014). The metazoan parasite communities of the shoal flounder (*Syacium gunter*) as bioindicators of chemical contamination in the southern Gulf of Mexico. *Parasites & Vectors*, 7, 1-14.

Vidal-Martínez, V. M., Kennedy, C. R., & Aguirre-Macedo, M. L. (1998). The structuring process of the macroparasite community of an experimental population of *Cichlasoma urophthalmus* through time. *Journal of Helminthology*, 72, 199-207.

Vidal-Martínez, V. M., & Poulin, R. (2003). Spatial and temporal repeatability in parasite community structure of tropical fish hosts. *Parasitology*, 127, 387-398.

Vidal-Martínez, V. M., Torres-Irineo, E., Romero, D., Gold-Bouchot, G., Martínez-Meyer, E., Valdés-Lozano, D., & Aguirre-Macedo, M. L. (2017). Environmental and anthropogenic factors affecting the probability of occurrence of *Oncomegas wagneri* (Cestoda: Trypanorhyncha) in the southern Gulf of Mexico. *Parasites & Vectors*, 8, 1-13.

Vidal-Martínez, V. M., Velázquez-Abunader, I., Centeno-Chalé, O. A., May-Tec, A. L., Soler-Jiménez, L. C., Pech, D., Mariño-Tapia, I., Enriquez, C., Zapata-Pérez, O., Herrera-Silveira, J., Hernández-Mena, D., Herzka, S., Ordoñez-López, U., & Aguirre-Macedo, M. L. (2019). Metazoan parasite infracommunities of the dusky flounder (*Syacium papillosum*) as bioindicators of environmental conditions in the continental shelf of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasites & Vectors*, 12, 277.

Villora-Montero, M., Pérez-del Olmo, A., Georgieva, S., Raga, J. A., Montero, F. E. (2020). Considerations of the taxonomy and morphology of *Microcotyle* spp: redescription of *M. erythrini* van Beneden & Hesse, 1863 (sensu stricto) (Monogenea: Microcotylidae) and the description of a new species from *Dentex dentex* (L.) (Teleostei: Sparidae). *Parasites & Vectors*, 13, 1-23.

Villora-Montero, M., Pérez-del Olmo, A., Valmaseda-Angulo, M., Raga, J. A., & Montero, F. E. (2023). The genus *Microcotyle* in Mediterranean scorpaenoids (Telostei) including the description of *Microcotyle merche* n. sp. from *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809). *Journal of Helminthology*, 97, 1-15.

Vermaak, A., Kudlai, O., Yong Q-Y, R., & Smit, N. (2023). Novel insights into the genetics morphology, distribution and host of the global fish parasitic digenean

*Proctoeces maculatus* (Loss, 1901) (Digenea: Fellodistomidae). *Parasitology*, 150, 1242-1253.

Wee, N. Q-X., Cribb, T. H., Bray, R.A., & Cutmore, S. C. (2017). Two known and one new species of *Proctoeces* from Australian teleosts: Variable host specificity for closely related species identified through multi-locus molecular. *Parasitology International*, 66, 16-26.

Wood, C. L., & Johnson, P, TJ. (2015). A world without parasites: exploring the hidden ecology of infection, *Frontiers in Ecology and the Environment*, 13, 425-434.

Zaldívar-Jiménez, A., Herrera-Silveira, J., Coronado-Molina, C., & Parra, D. (2004). Estructura y productividad de los mangles en la reserva de Biosfera Ría de Celestún, Yucatán, México. *Madera y Bosques*, 2, 25-35.