

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**POSGRADO DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



Infracomunidades y comunidad componente de helmintos parásitos de  
*Clinocottus analis* (Scorpaeniformes: Cottidae) y *Girella nigricans*  
(Perciformes: Kyphosidae) en Punta Morro,  
Baja California, México

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

Maestro en ciencias

**PRESENTA:**

Adrián Garduño Martínez

DIRECTOR DE TESIS: Dr. Andrés Martínez Aquino

SINODALES: Dr. Gorgonio Ruiz Campos, Dr. Julio Lorda Solórzano, Dr. Rogelio Aguilar  
Aguilar

ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. ABRIL 27, 2023

Ensenada Baja California, México 2023

Tesis defendida por

**Adrián Garduño Martínez**

Y aprobada por el siguiente comité



---

Dr. Andrés Martínez Aquino

Director de tesis



---

Dr. Gorgonio Ruiz Campos


Miembro de comité



---

Dr. Julio Lorda Solórzano

Miembro de comité



---

Dr. Rogelio Aguilar Aguilar

Miembro de comité

*Adrian Garduño Martínez © 2023*

*Queda prohibida la reproducción parcial o total de esta obra sin el permiso formal y explícito del autor y director de la tesis*

Resumen de la tesis que presenta Adrian Garduño Martínez como requisito parcial para la obtención del grado de Maestro en ciencias

“Infracomunidades y comunidad componente de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* (Scorpaeniformes: Cottidae) y *Girella nigricans* (Perciformes: Kyphosidae) en Punta Morro, Baja California, México”

Resumen aprobado por:



---

Dr. Andrés Martínez Aquino

Director de tesis

Se analizó la composición taxonómica y sinecológica de helmintos parásitos de dos especies de peces (*Clinocottus analis* y *Girella nigricans*) del Intermareal Rocoso de Punta Morro (IPM), Baja California, México. Un total de 63 y 36 individuos de *C. analis* y *G. nigricans* fueron estudiados, respectivamente, utilizando técnicas parasitológicas. Seis taxa de helmintos fueron identificados, los cuales incluyen 3 formas adultas de trematodos (*Opecoelus adsphaericus*, *Schikhobalotrema girellae* y *Opisthadena cheni*), una metacercaria (*Prosohynchoides* sp.), un nemátodo (*Ascarophis morronei*) y un cistacanto (*Floridosentis* sp.). De estos hallazgos, se registran por vez primera a *S. girellae* en *C. analis*, y *Prosohynchoides* sp. y *Floridosentis* sp. en *G. nigricans*, mientras que *O. cheni*, *Prosohynchoides* sp. y *Floridosentis* sp. representan nuevos registros para el IPM. Las curvas de acumulación de especies para *C. analis* y *G. nigricans* alcanzan de manera respectiva el 80% y 82% de las especies parásitas esperadas en el sitio de estudio. A nivel de infracomunidad, los valores de riqueza y diversidad fueron bajos y reflejan la dominancia de *Ope. adsphaericus* en *C. analis*; y *Ope. adsphaericus* y *S. girellae* en *G. nigricans*. Todos los helmintos hallados en este estudio fueron especies autogénicas, y cuatro de seis fueron adultas. Por tanto, se sugiere que *C. analis* y *G. nigricans* representan un papel clave en la dinámica y los ciclos de vida de las comunidades parasitarias del IRBC. Las comunidades de helmintos difirieron entre las especies de huéspedes, compartiendo dos de seis especies parásitas. Elementos ecológicos como la composición alimentaria, la edad de los huéspedes, y las condiciones ecológicas del ambiente (*e.g.*, grado de contaminación) pueden ser determinantes en los patrones de las comunidades parasitarias descritas en este estudio.

Summary of the thesis presented by Adrian Garduno Martinez as a partial requirement to obtain the Master in Science degree in Master in Science

“Infracommunities and component community of helminth parasites of *Clinocottus analis* (Scorpaeniformes: Cottidae) and *Girella nigricans* (Perciformes: Kyphosidae) from Punta Morro, Baja California, Mexico”

Summary approved by:



---

Dr. Andres Martinez Aquino

Thesis director

The taxonomic and synecological composition of parasitic helminths of two fish species was analyzed from two fish species (*Clinocottus analis* and *Girella nigricans*) from the Rocky Intertidal of Punta Morro (IPM), Baja California, Mexico. A total of 63 and 36 individuals of *C. analis* and *G. nigricans* were analyzed, respectively, using parasitological techniques. Six taxa of helminths were identified, which include 3 adult forms of trematodes (*Opecoelus adsphaericus*, *Schikhobalotrema girellae* and *Opisthadena cheni*), a metacercaria (*Prosohynchoides* sp.), a nematode (*Ascarophis morronei*) and a cystacanth (*Floridosentis* sp.). Of these finds, *S. girellae* in *C. analis*, and *Prosohynchoides* sp. and *Floridosentis* sp. in *G. nigricans*, while *O. cheni*, *Prosohynchoides* sp. and *Floridosentis* sp. they represent new records for the IPM. The species accumulation curves for *C. analis* and *G. nigricans*, respectively, reach 80% and 82% of the expected parasite species in the study site. At the infracommunity level, the richness and diversity values were low and reflect the dominance of *Ope. adsphaericus* in *C. analis*; *Ope. adsphaericus* and *S. girellae* in *G. nigricans*. All helminths found in this study were autogenic species, and four of six were adults. Therefore, it is suggested that *C. analis* and *G. nigricans* play a key role in the dynamics and life cycles of IRBC parasite communities. Helminth communities differed between host species, sharing two of six parasitic species. Ecological elements such as the food composition, age of the hosts and the ecological conditions of the environment (*e.g.*, degree of contamination) may be determining factors in the patterns of the parasite communities described in this study.

**DEDICATORIA**

**A la memoria de mi padre Remedios Adrián Garduño Barrios;  
este trabajo es para ti.**

**¡Gracias, siempre!**

## AGRADECIMIENTOS

Al programa de posgrado de Maestría y Doctorado de Ciencia e Ingeniería (MyDCI) de la Facultad de Ciencias (FC) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) campus El Sauzal.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo económico para la realización de la tesis de Maestría (agosto 2019-julio 2022). Numero de apoyo: 1519333123.

A mi tutor, Dr. Andrés Martínez Aquino por la paciencia apoyándome en cada fase de mi tesis de maestría como mi tutor, impulsando en mí siempre la cultura científica.

A mis sinodales, Dr. Gorgonio Ruiz Campos, Dr. Julio Lorda Solórzano, Dr. Rogelio Aguilar Aguilar, por su tiempo y valiosas sugerencias aportadas a esta tesis.

A mis compañeros del Laboratorio de Biología Evolutiva de Parásitos (BEP), Facultad de Ciencias (FC), UABC, por su compañía y las risas durante las horas de arduo trabajo en laboratorio y en las recolectas de campo.

A Brisa Yisselt Torres Rodríguez, quien con su aliento constante me animo durante cada etapa de la maestría.

A mi abuelo Alberto Martínez Alejandro por haber despertado en mi la pasión por descubrir los misterios de la vida.

A mis padres, Remedios Adrián Garduño Barrios y Raquel Martínez Ruvalcaba por el amor incondicional y por ser siempre mis guías.

**CONTENIDO**

RESUMEN .....I

ABSTRACT .....II

1. INTRODUCCIÓN ..... 1

    1.1. Comunidades parasitarias de peces marinos .....1

    1.2. Zona Intermareal Rocosa de Punta Morro .....2

    1.3. *Clinocottus analis* .....5

    1.4. *Girella nigricans* .....7

    1.5. Registros de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* .....8

    1.6. Registros de helmintos parásitos de *Girella nigricans* .....9

    1.7. Registros compartidos de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* .....9

2. JUSTIFICACIÓN .....17

3. OBJETIVOS .....17

    3.1. Objetivo general .....17

    3.2. Objetivos particulares .....17

4. MATERIALES Y MÉTODOS .....18

    4.1. Recolecta de peces .....18

    4.2. Recolecta de helmintos parásitos .....18

    4.3. Gremios tróficos en peces .....20

    4.4. Parámetros de infección parasitaria y análisis de comunidades parasitarias .....20

5. RESULTADOS .....22

    5.1. Parámetros de infección parasitaria de *Clinocottus analis* .....22

    5.2. Parámetros de infección parasitaria de *Girella nigricans* .....23

5.3. Riqueza de especies de helmintos parásitos .....	26
5.4. Infracomunidad y comunidad componente de helmintos parásitos .....	27
6. DISCUSIÓN .....	32
6.1. Composición Taxonómica Parasitaria .....	32
6.2. Parámetros de infección .....	33
6.3. Estimadores de riqueza .....	34
6.4. Comunidades parasitarias .....	34
6.5. Infracomunidad y Comunidad componente .....	36
7. CONCLUSIONES .....	38
8. REFERENCIAS .....	39
9. ANEXOS .....	54

**ÍNDICE DE CUADROS**

**Cuadro 1.** Registros de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* en las costas del noroeste mexicano y costas de California (USA). .....11

**Cuadro 2.** Registros de helmintos parásitos de *Girella nigricans* en las costas del noroeste mexicano y costas de California (USA). .....13

**Cuadro 3.** Helmintos parásitos de *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. ....25

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**Figura 1.** Zonación del litoral rocoso de acuerdo con Stephenson y Stephenson (1972). Modificado de Raffaelli y Hawkins (1996). .....3

**Figura 2.** *Clinocottus analis* (Girard, 1858). .....6

**Figura 3.** Mapa de distribución de *Clinocottus analis*. .....6

**Figura 4.** *Girella nigricans* (Ayres, 1860). .....7

**Figura 5.** Mapa de distribución de *Girella nigricans*. .....8

**Figura 6.** Curvas de acumulación de especies parásitas del pez *Clinocottus analis* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. ....26

**Figura 7.** Curvas de acumulación de especies parásitas del pez *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. ....27

**Figura 8.** Gráfico de Olmstead-Tukey mostrando las cuatro categorías descritas para helmintos parásitos de *Clinocottus analis* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. .  
.....29

**Figura 9.** Gráfico de Olmstead-Tukey mostrando las cuatro categorías descritas para helmintos parásitos de *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México.  
.....29

**Figura 10.** Dendograma de similitud de Jaccard de helmintos parásitos de *Clinocottus analis*. .....30

**Figura 11.** Dendograma de similitud de Morisita-Horn de helmintos parásitos de *Clinocottus analis*.  
.....30

**Figura 12.** Dendograma de similitud de Jaccard de helmintos parásitos de *Girella nigricans*. .....31

**Figura 13.** Dendograma de similitud de Morisita-Horn de helmintos parásitos de *Girella nigricans*.  
.....31

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Técnica de tinción de Carmín clorhídrico para trematodos y acantocéfalos. ....	54
<b>Anexo 2.</b> Fórmulas aplicadas para el índice de dominancia de Berger-Parker, índices de diversidad de Simpson y de Brillouin e índices de similitud de Jaccard y de Morisita-Horn. ....	55
<b>Anexo 3.</b> Valor de dominancia numérica de Berger-Parker de <i>Ope. adsphaericus</i> en <i>Clinocottus analis</i> de Punta Morro, Baja California, México. ....	57
<b>Anexo 4.</b> Valor de dominancia numérica de Berger-Parker de <i>Ope. adsphaericus</i> en <i>Girella nigricans</i> de Punta Morro, Baja California, México. ....	57

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Comunidades parasitarias de peces marinos

Los helmintos incluyen distintos grupos taxonómicos de parásitos que afectan a peces; *e.g.*, acantocéfalos, nematodos y platelmintos (Sousa, 1994; Salgado-Maldonado, 2005). Algunos grupos de platelmintos como los trematodos presentan ciclos de vida indirectos; es decir, infectan uno o varios huéspedes intermediarios hasta alcanzar su madurez en el huésped definitivo; otros como los monogeneos presentan ciclos de vida directos que no requieren huéspedes intermediarios para completar su ciclo de vida. Algunos invertebrados (*e.g.*, caracoles y copépodos) suelen ser utilizados como primeros huéspedes intermediarios, mientras que los peces funcionan como segundos huéspedes intermediarios hasta llegar al huésped definitivo, representado por vertebrados depredadores mayores como elasmobranquios, mamíferos marinos, tortugas o aves.

En helmintos parásitos, es común observar como una sola especie de estos parásitos, en cualquiera de sus estadios de ciclo de vida, parasita a un solo individuo huésped y/o una o múltiples poblaciones de huéspedes en un ecosistema (Aguilar-Aguilar, 2008). Dichos parásitos interactúan en su ambiente con otras especies marinas de diferentes grupos taxonómicos en distintas escalas de organización, los cuales hacen su distinción principalmente por la distribución que presentan las especies parásitas dentro de las poblaciones de sus huéspedes (Esch *et al.*, 1975; Bush *et al.*, 1997).

Las comunidades parasitarias constituyen una red compleja de interacciones ecológicas en donde participan dos o más poblaciones de especies diferentes que coexisten en tiempo y espacio (Poulin, 2001). Jerárquicamente, las comunidades parasitarias pueden ser divididas en tres categorías: 1) infracomunidad (los individuos de las especies de helmintos en cada uno de los huéspedes examinados), 2) comunidad componente (todos los helmintos de todas las especies en el total de huéspedes examinados) y 3) comunidad compuesta (todas las comunidades de parásitos dentro de un ecosistema) (Esch *et al.*, 1990; Aguilar-Aguilar, 2008; Bautista-Hernández *et al.*, 2013). Así, cada uno de los individuos de una especie particular de huésped que contengan una infracomunidad estará contribuyendo a la comunidad componente de una determinada población de un huésped.

Las comunidades parasitarias de peces marinos pueden estar reguladas por múltiples factores, por ejemplo, la composición alimentaria, edad, vagilidad, densidad poblacional y talla de los huéspedes (Esch *et al.*, 1990; Holmes, 1990). De manera particular, la composición alimentaria de los peces es un elemento clave para explicar las diferencias y similitudes de su carga parasitaria. Por ejemplo, los peces carnívoros incluyen principalmente fases parasitarias adultas (huéspedes definitivos), mientras que los huéspedes herbívoros presentan fases parasitarias en estadio larvario (huéspedes intermediarios) (Holmes, 1990). Estos hábitos alimentarios pueden diferenciar su carga parasitaria, lo que ha permitido detectar patrones ecológico-evolutivos en términos de comunidades parasitarias (Mouritsen y Poulin, 2002; Aldana *et al.*, 2002; Muñoz y Zamora, 2011; Behrens y Lafferty, 2012; Lima *et al.*, 2016).

## **1.2. Zona Intermareal Rocosa de Punta Morro**

La zona intermareal es un ecosistema marino-costero que está bajo la influencia diaria de la pleamar y bajamar, y es considerada un ecosistema de transición marino-terrestre (Horn y Martin, 2005). Estas zonas suelen clasificarse dependiendo del tipo de sustrato ya sea blando (arena) o rocoso (roca ígnea), a este último se le conoce como la zona intermareal rocosa (ZIR). Este ecosistema litoral se divide en tres zonas con dos franjas paralelas a la línea de costa, y el tipo de organismos que habitan en cada una es lo que las delimita. El área contigua al nivel de bajamar recibe el nombre de zona infralitoral y se encuentra casi siempre húmeda siendo solo descubierta durante la marea baja, aquí también se encuentra la franja infralitoral. Enseguida se encuentra la zona mesolitoral, la cual es cubierta y descubierta dos veces al día debido al ciclo de las mareas, aquí se encuentran la mayoría de las pozas y grietas entre rocas asequibles que permiten observar la biodiversidad marina del intermareal. Por último, la franja supralitoral se ubica en la zona supralitoral, la cual es la franja expuesta al mayor tiempo de desecación y también es conocida como zona de salpicadura (Figura 1).

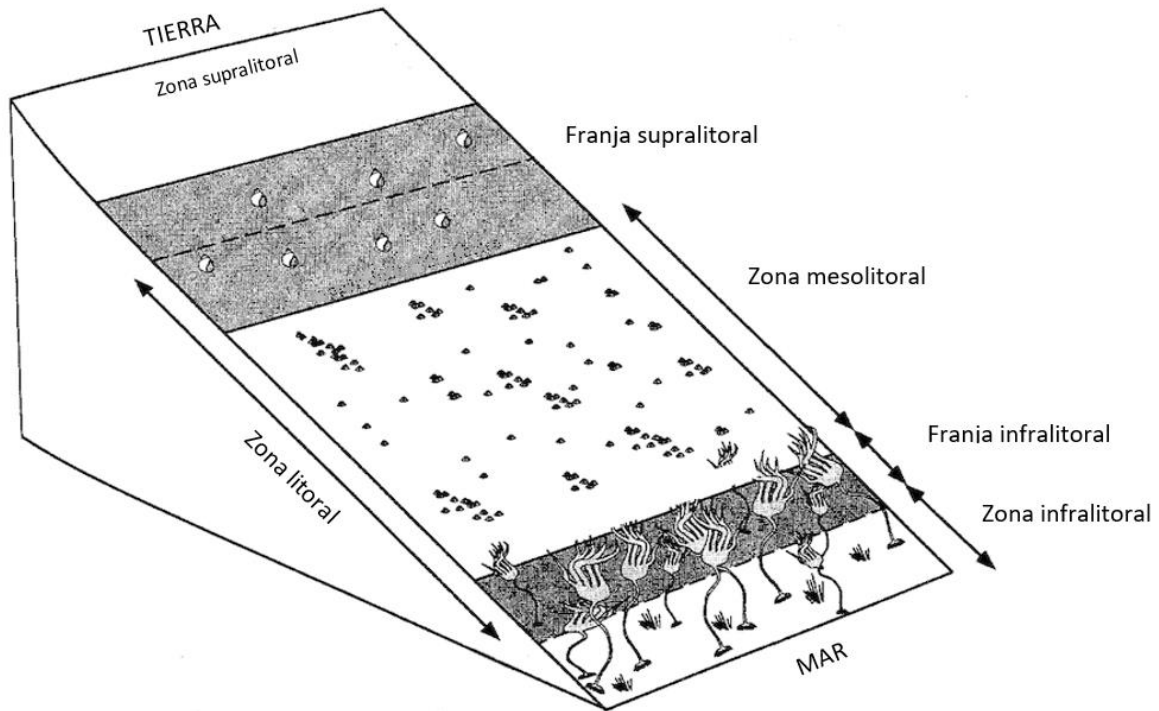


Figura 1. Zonación del litoral rocoso de acuerdo con Stephenson y Stephenson (1972). Modificado de Raffaelli y Hawkins (1996).

Los organismos que habitan en la zona litoral suelen caracterizarse por presentar adaptaciones para resistir a las condiciones adversas que aquí se presentan; *e.g.*, deshidratación, impacto de las olas, salinidad, corrientes, lluvia y depredadores (Gibson, 1988; Kronberg, 1988; Gibson y Yoshiyama, 1999; Buser *et al.*, 2017). Algunas de las adaptaciones que presentan estos organismos pueden verse reflejadas en su estructura corporal, el comportamiento y en la fisiología. Por ejemplo, Martin (1991) observó que *Clinocottus analis* (Girard, 1858) presenta respiración aérea hasta por 24 horas después de la exposición al aire que se produce durante los periodos de bajamar. Behrens y Lafferty (2012) registraron en *Girella nigricans* (Ayres, 1860) cambios trófico-etológicos (dieta más herbívora), fisiológicos (capacidad digestiva de material vegetal) y morfológicos (agrandamiento de intestino) dependientes de la temperatura.

El intermareal de Punta Morro (IPM) se ubica al norte de la Bahía de Todos Santos y colinda con el Campus de Ensenada de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Con base en la pendiente del intermareal, la dirección y el grado de exposición al oleaje, se

reconoce al IPM como una costa rocosa semi-expuesta al oleaje con una extensión de 345 metros (Ibarra-Macías, 2017). El sustrato del IPM es una plataforma de roca ígnea, cubierta de cantos rodados, arena gruesa y conchuela; el supralitoral presenta mayor porcentaje de cantos rodados, arena y conchuela, la parte mesolitoral es la plataforma de mayor extensión con rocas de mayor tamaño, en esta zona se encuentra la mayoría de las pozas intermareales. Por último, el infralitoral es la zona más expuesta al oleaje, formada principalmente de rocas ígneas elevadas sobre la plataforma (Segura, 2008).

Al menos 59 especies de algas han sido registradas en el IPM, de las cuales 10 son integrantes de la familia Chlorophyta, 14 de Pheophyta y 35 Rhodophyta (Aguilar-Rosas, 1981, 1982, 1983). Entre los invertebrados más abundantes destacan la presencia de gasterópodos del género *Tegula*, moluscos poliplacóforos y caracoles (Canales-Gómez, 2012). Ruiz-Campos (1986) describió la zonación del IPM en tres secciones: 1) Intermareal superior, representado por la asociación del mejillón californiano (*Mytilus californiensis*), lapas (*Fissurella* spp.) y balanos (*Balanus* spp.); 2) Intermareal medio, compuesto por la relación de algas rojas como *Coralina officinalis* y algas pardas como *Colpomenia* spp.; y 3) Intermareal inferior, con la presencia de algas del género *Laminaria* y pasto de anguila perteneciente al género *Phyllospadix*.

La riqueza íctica de la localidad antes citada se compone de 15 especies: seis residentes, dos temporales y siete visitantes, donde las especies más abundantes son *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* (Ruiz-Campos y Hammann, 1991; Ramírez-Valdez, 2009). Debido a su alta abundancia, *C. analis* y *G. nigricans*, influyen en buena medida para el funcionamiento del intermareal rocoso de Baja California (IRBC) (Ruiz-Campos y Hammann, 1991; Ruiz-Campos *et al.*, 2010). Por ejemplo, se considera que ambas especies están en la parte intermedia de la red trófica del intermareal rocoso. En otras palabras, funcionan como depredadores de pequeñas presas de invertebrados (*e.g.*, caracoles o pequeños moluscos) y como presas de depredadores tope como peces y aves (Bredvik *et al.*, 2011).

*Clinocottus analis* y *G. nigricans* son especies evolutivamente adaptadas para su supervivencia en el intermareal rocoso y presentan hábitos alimentarios distintos. Por

ejemplo, *G. nigricans* sólo vive en el IRBC cuando está en fase juvenil, donde es omnívora; cuando está en fase adulta es una especie herbívora que se alimenta principalmente de algas rojas y verdes, ingiriendo ocasionalmente pequeños invertebrados asociados a estas algas (Behrens y Lafferty 2012). Por otra parte, *C. analis* vive todo su ciclo en el IRBC, y desde su fase juvenil hasta la adulta suele ser una especie principalmente carnívora que se alimenta de invertebrados asociados a las algas; su dieta está basada en anfípodos, gasterópodos, isópodos y poliquetos (Ruiz-Campos y Hammann, 1991).

### **1.3. *Clinocottus analis***

*Clinocottus analis* (charrasco lanudo) es una especie abundante de las costas de California perteneciente a la familia Cottidae (Figura 2); su intervalo de distribución abarca desde Cabo Mendocino en California (USA) hasta Punta Asunción (incluyendo la isla de Cedros e Isla Guadalupe), Baja California, México (Miller y Lea, 1972; Ruiz-Campos *et al.*, 2010) (Figura 3). Los peces juveniles miden en promedio 30 mm de longitud total (LT) y tienen preferencia por habitar las pozas de marea formadas en la parte alta del intermareal. Individuos de mayor tamaño son comunes en pozas de marea profundas formadas en la parte media e inferior de la zona intermareal (Ruiz-Campos, 1986; Ruiz-Campos y Hammann, 1991). Morfológicamente, *C. analis* (adulto) cuenta con una longitud total promedio de 180 mm, cuerpo largo comprimido, una cabeza ancha, membrana branquial unida, aleta dorsal compuesta con 8-10 espinas y de 15-18 radios (Bolin, 1944). La dieta del charrasco lanudo se encuentra dominada principalmente por anfípodos (46%), seguido de isópodos (15%), braquiuros (10%) e insectos (10%) (Ruiz-Campos, 1986; Ruiz-Campos y Hammann, 1991; Acosta-Zamorano 2009).



Figura 2. *Clinocottus analis* (Girard, 1858). Captura, identificación y fotografía por Gorgonio Ruiz-Campos (2008), Bahía de Todos Santos, Baja California, México.



Figura 3. Mapa de distribución de *Clinocottus analis*. Imagen creada en Google Earth (<https://www.google.com/intl/es-419/earth/>).

#### 1.4. *Girella nigricans*

*Girella nigricans* (chopa verde) es un pez omnívoro de la familia Kyphosidae (Figura 4), con distribución desde la costa Californiana en Otter Rock (Oregón, USA) hasta Cabo San Lucas (Baja California Sur, México); además, existe una población aislada en el Golfo de California (Love *et al.* 2005; Ruiz-Campos *et al.*, 2010) (Figura 5). Su distribución vertical en el agua cubre del intermareal inferior hasta los 32 metros de profundidad, en donde llega a crecer con una talla promedio de longitud total de 66 cm y un peso promedio de 6.1 Kg. Posee un cuerpo tipo perciforme, alto y comprimido y que varía en la coloración de gris-verdoso a verde-olivo. La forma de la aleta caudal es de tipo truncada y sitúa sus aletas pélvicas por debajo de las aletas pectorales. Cuenta con ojos brillantes de tono azul, boca en posición terminal y una proporción de radios dorsales más largos que la proporción de espinas, sólo los juveniles presentan en la base de la aleta dorsal uno o dos manchones claros (Miller y Lea, 1972; Ruiz-Campos y Hammann, 1991). Ruiz-Campos y Hammann (1991) y Acosta-Zamorano (2009) realizaron análisis del contenido estomacal juveniles y sub-adultos de *G. nigricans* capturados en el IPM. Con base en sus resultados, la composición alimentaria está conformada de siete grupos de invertebrados (Amphipoda, Brachyura, Isopoda, Polychaeta, Copepoda, Gastropoda e Insecta) y dos grupos de algas (Chlorophyta y Rhodophyta) que representan más del 70% de la dieta.



Figura 4. *Girella nigricans* (Ayres, 1860). Captura, identificación y fotografía por Gorgonio Ruiz-Campos (2008), Bahía de Todos Santos, Baja California, México.

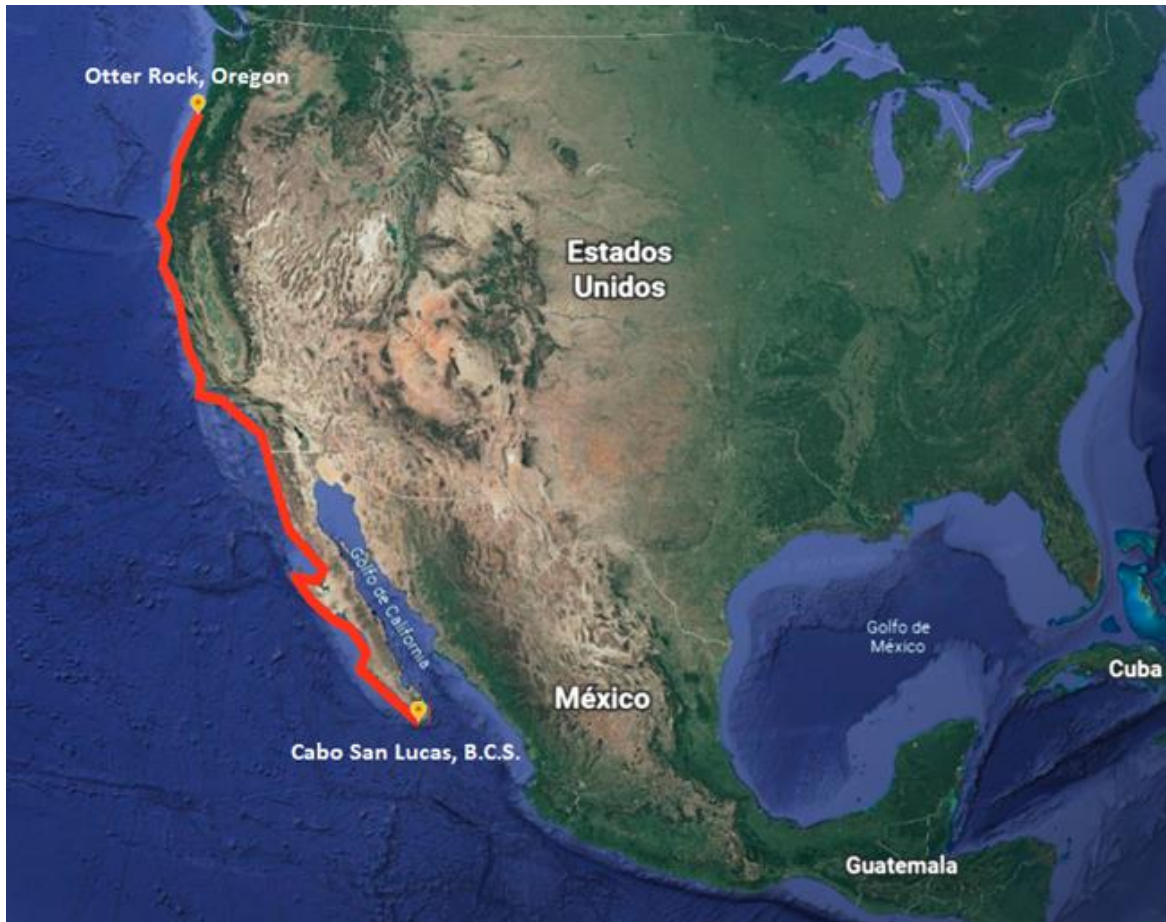


Figura 5. Mapa de distribución de *Girella nigricans*. Imagen creada en Google Earth (<https://www.google.com/intl/es-419/earth/>).

### 1.5. Registros de helmintos parásitos de *Clinocottus analis*

Los helmintos parásitos registrados para *C. analis* en las costas del noroeste mexicano y sur de USA pertenecen a 11 especies representadas en dos phyla: Platyhelminthes (10 especies) y Nematoda (1 especie) (Annereaux, 1947; Manter y Van Cleave, 1951; Arai, 1962; Caballero y Caballero, 1969, 1971, 1976; Yamaguti, 1971; Chapa, 1976; Nahhas, 1976; Caballero, 1977; Nahhas y Krupin, 1977; Edmiston, 1978; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2019) (Cuadro 1).

En el estado de Baja California, *C. analis* cuenta con registros de las especies *Opecoelus adsphaericus* y *Helicometrina nimia*, incluidas en la familia Opecoelidae (Arai, 1962), y la especie de nematodo *Ascarophis morronei*, incluida en la familia Cystidicolidae (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2019) (Cuadro 1).

### 1.6. Registros de helmintos parásitos de *Girella nigricans*

Los helmintos parásitos registrados para *G. nigricans* en las costas del noroeste mexicano y USA, pertenecen a 23 especies incluidas en los phyla Platyhelminthes (15), Nematoda (7) y Acanthocephala (1) (Manter y Van Cleave, 1951; Hargis, 1955; Bravo-Hollis, 1957; Montgomery, 1957; Noble y King, 1960; Caballero y Caballero, 1969; Dailey, 1970; Martin, 1978; Druk-Gonzalez, 1983; Estrada-García *et al.*, 2018; Morton *et al.*, 2021). Los platelmintos son el grupo con mayor diversidad registrada, representado por las clases Trematoda, Cestoda y Monogenea; en el caso de los trematodos, las familias Opecoelidae y Hemiuridae aportan tres especies cada una (Cuadro 2).

Para el estado de Baja California, *G. nigricans* cuenta con nueve registros puntuales de siete especies de helmintos parásitos. Seis son especies de trematodos incluidos en cuatro familias (Opecoelidae: *Opecoelus adsphaericus*, *Helicometrina nimia*; Haploporidae: *Vitellibaculum girellicola*; Haplosporididae: *Schikhobalotrema girellae*; Hemiuridae: *Genolinea laticauda*, *Opisthadena dimidia*) y una especie (y familia) es de monogéneo (Capsilidae: *Neobenedemia girellae*) (Bravo-Hollis, 1957; Druk-Gonzalez, 1983; Estrada-García *et al.*, 2018) (Cuadro 2).

### 1.7. Registros compartidos de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* y *Girella nigricans*

Basándose en la comparación entre las 30 especies de helmintos registradas para *C. analis* y *G. nigricans*, se han observado las tres similitudes siguientes: 1) Ambos peces en el IRBC (México) comparten dos especies de trematodos (*i.e.*, *Opecoelus adsphaericus* y *Helicometrina nimia*) (Arai, 1962; Druk-Gonzalez, 1983); y en las costas de California (USA) también comparten *Opecoelus adsphaericus* y una especie más del mismo género (*i.e.*, *Opecoelus cameroni*) (Manter y Van Cleave, 1951; Caballero y Caballero, 1969; Martin, 1978; Morton *et al.*, 2021). 2) Dentro del IRBC, *G. nigricans* comparte tres especies de trematodos que están registradas en *C. analis* en costas de California (USA) (*i.e.*, *Genolinea laticauda*, *Opecoelus adsphaericus* y *Helicometrina nimia*) (ver Cuadros 1 y 2) (Manter y Van Cleave, 1951; Arai, 1962; Yamaguti, 1971; Chapa, 1976; Nahhas, 1976; Martin, 1978; Druk-Gonzalez, 1983; Estrada-García *et al.*, 2018; Morton *et al.*, 2021). 3) Tres especies de

trematodos que comparten *C. analis* y *G. nigricans* pertenecen a la familia Opecoelidae (*i.e.*, *Helicometina nimia*, *Opecoelus adsphaericus* y *Opecoelus cameroni*), y una a la familia Hemiuridae (*i.e.*, *Genolinea laticauda*) (Manter y Van Cleave, 1951; Arai, 1962; Caballero y Caballero, 1969; Yamaguti, 1971; Chapa, 1976; Nahhas, 1976; Martin, 1978; Druk-Gonzalez, 1983; Estrada-García *et al.*, 2018; Morton *et al.*, 2021).

En contraste, *C. analis* y *G. nigricans* no comparten 26 especies de helmintos. Resalta que de las 30 especies de helmintos registradas para *C. analis* y *G. nigricans*, 22 han sido halladas en estadio adulto, y ocho han sido encontradas en fase larvaria, *i.e.*, los cestodos *Grillotia* sp. y *Trypanorhyncha*, los nematodos *Contraecum* sp., *Cystidicolidae* sp., *Pseudascarophis* sp., *Parafilaroides decorus* y *Hysterothylacium* sp. y el acantocéfalo *Corynosoma obtuscens*.

**Cuadro 1.** Registros de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* en las costas del noroeste mexicano y costas de California (USA).

PARÁSITO	LOCALIDAD	HÁBITAT	REFERENCIA
TREMATODA			
ADULTO			
Hemiuridae			
<i>Genolinea anura</i> (Layman, 1930) Manter, 1954	California, USA	Estómago	Annereaux, 1947
<i>Genolinea laticauda</i> Manter, 1925	California Central, USA	Estómago	Nahhas, 1976
Opecoelidae			
<i>Dactylostomum winterti</i> Caballero y Caballero, 1971	Laguna Beach, California, USA	Mucosa del intestino anterior	Caballero y Caballero, 1976
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	La Jolla, California, USA	Intestino	Manter y Van Cleave, 1951
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	Bahía San Francisquito, B.C., México	Intestino	Arai, 1962
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	Bahía Magdalena, B.C.S., México	Intestino	Arai, 1962
<i>Opecoelus cameroni</i> (Caballero y Caballero, 1969) Aken'Ova, 2007	Laguna Beach, California, USA	Intestino	Caballero y Caballero, 1969
<i>Opecoelus caballeroi</i> Caballero, 1977	Isla Catalina, USA	Intestino	Caballero, 1977
<i>Opecoelus pacificus</i> Caballero y Caballero, 1976	Isla Catalina, California, USA	Intestino	Caballero y Caballero, 1976
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	La Jolla, California, USA	intestino	Manter y Van Cleave, 1951
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	Sur de California, USA	Intestino	Yamaguti, 1971
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	California Central, USA	Intestino	Chapa, 1976
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	Bahía San Francisquito B.C., México	Intestino	Arai, 1962
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	Isla Ángel de la Guarda B.C., México	Intestino	Arai, 1962
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	Bahía Santa Inés B.C.S., México	Intestino	Arai, 1962
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	Bahía Magdalena, B.C.S., México	Intestino	Arai, 1962

<i>Podocotyle</i> sp.	Norte de California, USA	Intestino	Edmiston, 1978
<i>Podocotyle californica</i> Park, 1937	Norte de California, USA	Intestino	Nahas y Krupin, 1977
NEMATODA			
ADULTO			
Cystidicolidae			
<i>Ascarophis morronei</i> Aguilar-Aguilar, Ruiz-Campos, Martorelli, Montes y Martínez-Aquino, 2019	Punta Morro, B.C., México	Estómago	Aguilar-Aguilar <i>et al.</i> , 2019

**Cuadro 2.** Registros de helmintos parásitos de *Girella nigricans* en las costas del noroeste mexicano y costas de California (USA). \* = Taxón identificado con base en WoRMS (<https://www.marinespecies.org/index.php>).

PARÁSITO	LOCALIDAD	HÁBITAT	REFERENCIA
<b>TREMATODA</b>			
<b>ADULTO</b>			
<b>Apocreadiidae</b>			
<i>Postporus</i> sp.	Isla Anacapa, USA	Intestino	Morton <i>et al.</i> , 2021
<b>Haploporidae</b>			
<i>Vitellibaculum girellae</i> Montgomery, 1957	Sur de California, USA	Intestino	Montgomery, 1957
<i>Vitellibaculum girellicola</i> Martin, 1978	White Point, San Pedro, California, USA	Intestino	Martin, 1978
<i>Vitellibaculum girellicola</i> Martin, 1978	Ensenada, B.C., México	Intestino	Druk-Gonzalez, 1983
<i>Vitellibaculum girellicola</i> Martin, 1978	Naples, USA	Intestino	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Vitellibaculum girellicola</i> Martin, 1978	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Intestino	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Vitellibaculum girellicola</i> Martin, 1978	Mohawk Road, USA	Intestino	Morton <i>et al.</i> , 2021
<b>Haplospalanchnidae</b>			
<i>Schikhalotrema girellae</i> (Manter y Van Cleave, 1951) Skrjabin y Guschanskaja, 1955	La Jolla, California USA	Intestino	Manter y Van Cleave, 1951
<i>Schikhalotrema girellae</i> (Manter y Van Cleave, 1951) Skrjabin y Guschanskaja, 1955	White Point, San Pedro, California, USA	Intestino	Martin, 1978
<i>Schikhalotrema girellae</i> (Manter y Van Cleave, 1951) Skrjabin y Guschanskaja, 1955	Ensenada, B.C., México	Intestino	Druk-Gonzalez, 1983
<b>Hemiuridae</b>			
<i>Opisthadena cheni</i> Martin, 1978	White Point, San Pedro, California, USA	Estómago	Martin, 1978
<i>Opisthadena cheni</i> Martin, 1978	Isla Anacapa, USA	Ciego, estomago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Opisthadena cheni</i> Martin, 1978	Mohawk Road, USA	Estómago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Opisthadena cheni</i> Martin, 1978	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Estómago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Opisthadena dimidia</i> Linton, 1910	Ensenada, B.C., México	Intestino	Estrada-García <i>et al.</i> , 2018
<i>Genolinea laticauda</i> Manter, 1925	Ensenada, B.C., México	Intestino	Estrada-García <i>et al.</i> , 2018
<b>Lepocreadiidae</b>			
<i>Prodistomum orientale</i> (Layman, 1930) Bray y Gibson, 1990	La Jolla, California, USA	Intestino	Manter y Van Cleave, 1951
<i>Prodistomum orientale</i> (Layman, 1930) Bray y Gibson, 1990	La Jolla, California, USA	Intestino	Montgomery, 1957

<i>Prodistomum orientale</i> (Layman, 1930) Bray y Gibson, 1990	White Point, San Pedro, California, USA	Intestino	Martin, 1978
<b>Opecoelidae</b>			
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	La Jolla, California, USA	Intestino	Manter y Van Cleave, 1951
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	White Point, San Pedro, California, USA	Intestino	Martin, 1978
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	Ensenada, B.C., México	Intestino	Druk-Gonzalez, 1983
<i>Opecoelus adsphaericus</i> Manter y Van Cleave, 1951	Isla Anacapa, USA	Intestino, lumen intestinal	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Opecoelus cameroni</i> (Caballero y Caballero, 1969) Aken'Ova, 2007	Palos verdes, Los ángeles, California, USA	Intestino	Caballero y Caballero, 1969
<i>Helicometrina nimia</i> Linton, 1910	Ensenada, B.C., México	Intestino	Druk-Gonzalez 1983
<b>CESTODA ADULTO</b>			
<b>Lacistorhynchidae</b>			
<i>Grillotia</i> sp.	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Ciego	Morton <i>et al.</i> , 2021
<b>METACESTODO</b>			
<i>Grillotia</i> sp.	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Ciegos pilóricos, pared estomacal	Morton <i>et al.</i> , 2021
Trypanorhyncha	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Intestino	Morton <i>et al.</i> , 2021
<b>MONOGENEA ADULTO</b>			
<b>Capsalidae</b>			
<i>Neobenedenia girellae</i> (Hargis, 1955) Yamaguti 1963	Sur de California, USA	Piel	Hargis, 1955
<i>Neobenedenia girellae</i> (Hargis, 1955) Yamaguti 1963	B.C., México	Piel	Bravo-Hollis, 1957
<i>Neobenedenia girellae</i> (Hargis, 1955) Yamaguti 1963	Isla Anacapa, USA	Aleta anal	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Neobenedenia girellae</i> (Hargis, 1955) Yamaguti 1963	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Aleta caudal	Morton <i>et al.</i> , 2021
<b>Mycrocotylidae</b>			

<i>Mycrocotyle</i> sp. Van Beneden y Hesse, 1863	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Branquias	Morton <i>et al.</i> , 2021
NEMATODA			
ADULTO			
Camallanidae			
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) pereirai*</i> Annereaux, 1946	Sur de California, USA	Intestino	Noble y King, 1960
Cucullanidae			
<i>Cucullanus</i> sp.	Naples, USA	Intestino	Morton <i>et al.</i> , 2021
LARVA			
Anisakidae			
<i>Contraeaecum</i> sp.	Naples, USA	Mesenterio	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Contraeaecum</i> sp.	Mohawk Road, USA	Intestino, mesenterio	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Contraeaecum</i> sp.	Isla Anacapa, USA	Intestino, mesenterio, ciegos	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Contraeaecum</i> sp.	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Intestino, ciegos pilóricos, ciegos	Morton <i>et al.</i> , 2021
Cystidicolidae			
<i>Cystidicolidae</i> sp. Skrzabin, 1946	Naples, USA	Esófago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Pseudascarophis</i> sp.	Isla Anacapa,	Estómago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Pseudascarophis</i> sp.	Naples, USA	Estómago, esófago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Pseudascarophis</i> sp.	Mohawk Road, USA	Estómago	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Pseudascarophis</i> sp.	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Intestino, estómago, ciego	Morton <i>et al.</i> , 2021
Filaroididae			
<i>Parafilaroides decorus</i> Dougherty y Herman, 1947	Sur de California, USA	Mesenterio	Dailey, 1970
<i>Parafilaroides decorus</i> Dougherty y Herman, 1947	Isla Anacapa, USA	Intestino, ciego gástrico, grasa de mesenterio	Morton <i>et al.</i> , 2021
<i>Parafilaroides decorus</i> Dougherty y Herman, 1947	Monte Diablo Isla Santa Cruz, USA	Intestino, ciego	Morton <i>et al.</i> , 2021
Raphidascauridae			
<i>Hysterothylacium</i> sp.	Isla Anacapa, USA	Ciego, pared intestinal, lumen, ciego gástrico	Morton <i>et al.</i> , 2021
ACANTHOCEPHALA			
CISTACANTO			
Polymorphidae			

---

<i>Corynosoma australe (obtuscens)*</i> Johnston, 1937	Isla Anacapa, USA	Ciego	Morton <i>et al.</i> , 2021
--	-------------------	-------	-----------------------------

---

## 2. JUSTIFICACIÓN

Las cargas parasitarias en *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* son diferentes; *i.e.*, 10 y 23 especies de helmintos, respectivamente (Cuadros 1 y 2). Aun así, la helmintofauna de ambas especies resulta ser relativamente similar por presentar taxa en estadios adultos casi en su totalidad. A la fecha en el IRBC no se han realizado estudios parasitarios de *C. analis* y *G. nigricans* para detectar la presencia de su helmintofauna. En este contexto, el presente estudio aporta el primer análisis parasitario para *C. analis* y *G. nigricans*, las dos especies con mayor abundancia en el intermareal rocoso del pacífico peninsular de Baja California (Ruiz-Campos *et al.*, 2010), caracterizando tanto como sea posible sus cargas y comunidades parasitarias. Por tanto, para desarrollar este proyecto se plantearon los objetivos siguientes.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. OBJETIVO GENERAL

Caracterizar las infracomunidades y comunidad componente de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México.

### 3.2. OBJETIVOS PARTICULARES

1. Determinar la composición taxonómica de helmintos parásitos de *C. analis* y *G. nigricans* en la localidad de estudio.
2. Describir las infracomunidades y comunidad componente de helmintos parásitos de *C. analis* y *G. nigricans*, mediante análisis de riqueza y de distribución de abundancias.
3. Caracterizar la riqueza y diversidad de las comunidades de helmintos parásitos estudiados y detectar posibles patrones de similitud.

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Recolecta de peces

Los peces de *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* fueron capturados en las pozas del IPM durante condiciones de bajamar a partir de una serie de cinco muestreos mensuales: noviembre de 2018; y junio, julio, agosto y septiembre de 2019. Cada recolecta se programó seleccionando las fechas de bajamar menor al cero de referencia del Nivel de Bajamar Media Inferior (NBMI), usando el Software MAR v1.0 (González, 2011). En cada poza de marea muestreada, se aplicó una solución de quinaldina al 20% (4 partes de etanol 95% y 1 parte de quinaldina) mediante un atomizador manual (Gibson, 1967, 1999). Posterior a 10 minutos, los peces anestesiados se capturaron usando una red de cuchara y se colocaron en una cubeta de 20 litros con agua del medio (sin anestésico).

Para recuperar la riqueza representativa de las especies de helmintos parásitos, se procuró un tamaño de muestra de al menos 30 individuos peces por cada especie, con la meta de alcanzar la asíntota de la curva de acumulación de especies parásitas (*e.g.*, Simon y Schill, 1984; Martínez-Aquino *et al.*, 2004; Dove y Cribb, 2006). Una vez recolectados los peces de las pozas del IPM, fueron transportados vivos al Laboratorio de Biología Evolutiva de Parásitos (BEP) de la Facultad de Ciencias (FC-UABC) para su examen parasitológico, el cual se realizó dentro de las primeras 24 horas posteriores a su captura. La identificación específica de los peces se realizó con base en claves taxonómicas especializadas (Miller y Lea, 1972; Thompson *et al.*, 2000) y verificada con ejemplares de referencia de la Colección Ictiológica (CI-UABC) de la FC-UABC.

### 4.2. Recolecta de helmintos parásitos

Los peces fueron diseccionados y examinados individualmente para la recuperación de su carga helminto-parasitaria siguiendo las técnicas de Vidal-Martínez *et al.* (2001). La obtención de helmintos se realizó mediante un examen general de los peces usando microscopios estereoscópicos. Todos los peces fueron sacrificados bajo el método de muerte mecánica denominada “clavija perforadora”, el cual causa una defunción inmediata en los huéspedes (Organización Mundial de Sanidad Animal [OIE], 2019).

El examen helmintológico interno se realizó haciendo un corte longitudinal en el pez desde el ano hasta la región del istmo, e incluso prolongándose hasta la boca. Enseguida se procedió con la separación de los diferentes órganos de la cavidad, mismos que después se colocaron por separado en cajas de Petri con solución salina al 0.75%. Todos los helmintos se contaron y separaron *in situ* con ayuda de pinceles finos.

Los trematodos y nematodos fueron fijados en una solución de formaldehído al 4% caliente y casi a punto de ebullición, para posteriormente ser conservados en viales con la solución antes referida a temperatura ambiente. Los acantocéfalos se colocaron en agua destilada a 4°C y se refrigeraron a esa temperatura entre 12 a 24 horas para que revirtiera la proboscis, y después fueron fijados en alcohol absoluto para su posterior procesamiento.

Con excepción de los nematodos, todos los trematodos y acantocéfalos se teñieron con Carmín clorhídrico (Vidal-Martínez *et al.*, 2001; Anexo 1), y con ello se realizaron preparaciones permanentes para su estudio morfológico e identificación taxonómica. Una vez teñidos, los ejemplares se deshidrataron en una serie de alcoholes graduales hasta etanol absoluto, se aclararon en salicilato de metilo y se montaron en bálsamo de Canadá para hacer preparaciones permanentes con las cuales se llevó a cabo el estudio morfológico. Los nematodos se trataron mediante aclaramiento en preparaciones semipermanentes. Se aclararon en una serie progresiva de solución glicerina/agua destilada (1:20, 1:15, 1:10, 1:5, 1:2) calentando en una platina de temperatura regulada a 44°C hasta su evaporación, con dos cambios de glicerina en cada paso (Moravec, 1998). Después de que se identificaron taxonómicamente, se procedió a conservar cada nematodo en alcohol al 70%.

La determinación taxonómica de los trematodos, nematodos y acantocéfalos fue llevada a cabo en el Laboratorio de BEP (FC-UABC). La identificación taxonómica de los grupos de trematodos se realizó siguiendo los criterios de Yamaguti (1971), Gibson *et al.* (2002), Jones *et al.* (2005) y Bray *et al.* (2008), y la literatura especializada de Annereaux (1947), Manter y Van Cleave (1951), Hargis (1955), Bravo-Hollis (1957), Montgomery (1957), Noble y King (1960), Arai (1962), Caballero y Caballero (1969, 1971, 1976), Dailey (1970), Chapa (1976), Nahhas (1976), Caballero (1977), Nahhas y Krupin (1977), Edmiston (1978),

Martin (1978), Druk-Gonzalez (1983), Castañeda-Medina (2017), Estrada-García *et al.* (2018), Aguilar-Aguilar *et al.* (2019) y Morton *et al.* (2021). Algunos nombres genéricos de los helmintos parásitos descritos en este estudio serán referidos en lo sucesivo con los acrónimos siguientes: *S.* = *Schikhobalotrema*, *Opi.* = *Opisthadena*, *Ope.* = *Opecoelus*, *P.* = *Prosorhynchoides*, *A.* = *Ascarophis*, *F.* = *Floridosentis*.

#### **4.3. Gremios tróficos en peces**

El tipo de alimento consumido para cada especie de pez fue observado de manera paralela al extraer los helmintos intestinales, y lo hallado se contrastó con la información proporcionada desde *Fishbase* (Froese y Pauly, 2019) y con la literatura especializada en donde se describe la dieta de *C. analis* y *G. nigricans* (Ruiz-Campos, 1986; Ruiz-Campos y Hammann, 1991, 2002).

#### **4.4. Parámetros de infección parasitaria y análisis de comunidades parasitarias**

La prevalencia (*i.e.*, porcentaje de huéspedes parasitados en una muestra con una especie dada de parásito), intensidad promedio (*i.e.*, promedio aritmético del total de parásitos de una especie recolectada en una muestra entre el total de huéspedes parasitados) y abundancia promedio (*i.e.*, promedio de parásitos en el total de huéspedes examinados) se describieron siguiendo los criterios de Bush *et al.* (1997) y Reiczigel *et al.* (2019). De acuerdo con Esch *et al.* (1988) se distinguieron especies autogénicas (*i.e.*, las que completan su ciclo de vida dentro del cuerpo de agua) y alogénicas (*i.e.*, las que completan su ciclo de vida fuera del cuerpo de agua). También se distinguieron especies especialistas (*i.e.*, aquellas restringidas a una especie, género o familia de huésped) y generalista (*i.e.*, aquella que parasita a dos o más familias de huéspedes) (Rohde, 1993; Salgado-Maldonado, 2016).

Los datos de los parámetros de infección parasitaria se calcularon a nivel de infracomunidad y comunidad componente. La infracomunidad se definió como los taxones de helmintos en cada uno de los huéspedes peces examinados, diferenciando los distintos grupos, especies, estadios, sitios de infección y estatus taxonómico para cada helminto

parásito. La comunidad componente se definió como todos los helmintos de todas las especies en el total de peces examinados.

Las comunidades se analizaron siguiendo las recomendaciones por Vidal-Martínez *et al.* (1998), Violante-González *et al.* (2015) y Montoya-Mendoza *et al.* (2017, 2018, 2019). Para la infracomunidad se calculó la riqueza ( $s$ ), dominancia numérica y la diversidad de helmintos parásitos. La dominancia numérica se analizó usando el índice de Berger-Parker (Southwood, 1978), calculando la proporción del número de individuos de cada especie de helminto respecto al total de helmintos recolectados en un huésped, sumando el número de individuos de helmintos de todas las especies en ese huésped. La diversidad se examinó calculando los índices de Simpson y Brillouin (Krebs, 1989) para cada huésped examinado. Además, las infracomunidades fueron comparadas cualitativamente aplicando el índice binario de similitud de Jaccard, y cuantitativamente usando el índice de Morisita-Horn (Magurran, 1988).

Para la comunidad componente se analizó la riqueza promedio ( $S$ ), valor del índice de Brillouin promedio y la eficacia del esfuerzo de muestreo. Para ello, se realizó curvas de acumulación de especies ajustadas al modelo de Clench y procesos de aleatorización a través del programa EstimateS v. 9.1.0 (Colwell, 2013). La riqueza observada se comparó con el estimador no paramétrico de riqueza Bootstrap, para inferir el número de especies de helmintos que tentativamente faltaron por recuperar (*i.e.*, las especies de helmintos parásitos no recolectadas) (Poulin 1998; Zelmer y Esch, 1999; Moreno y Halffter, 2001; Magurran, 2004). La distribución de abundancias se describe numéricamente acorde a los valores obtenidos en los análisis de Simpson, Brillouin y Berger-Parker. Para visualizar gráficamente la proporción en la que cada especie aportó a la comunidad componente se realizó un gráfico de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1981), separando las especies en dominantes, frecuentes, raras y abundantes (Martínez-Aquino *et al.*, 2007; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2008; Violante-González *et al.*, 2008). Las curvas de acumulación de especies se graficaron en una hoja de cálculo del programa Excel (Microsoft Office LTSC Standard 2021). Los índices fueron calculados de manera manual aplicando las fórmulas 1–5, respectivamente (Anexo 2), y a través del software MVSP v. 3.1 (Kovach, 1999).

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Parámetros de infección parasitaria de *Clinocottus analis*

Se recolectó un total de 190 individuos de helmintos pertenecientes a tres especies en 63 individuos de *C. analis* examinados. Todos los ejemplares de *C. analis* fueron adultos (longitud total promedio = 110 mm; altura promedio = 20 mm). Las especies de helmintos representaron dos grupos taxonómicos en fase adulta (Trematoda y Nematoda) y se incluyeron en tres familias y tres géneros, respectivamente (Cuadro 3). Un total de 183 trematodos de *Ope. adsphaericus* fueron recuperados del intestino, estómago y ciegos pilóricos, dos trematodos de *S. girellae* fueron recolectados del intestino, y cinco nematodos de *A. morronei* se hallaron en el estómago. Considerando el total de helmintos recolectados (N = 190), el 97% (185 individuos) fueron trematodos. Los nematodos constituyeron el 3% (5 individuos). La especie de helminto que parasitó el mayor número de huéspedes fue *Ope. adsphaericus*, registrando 183 gusanos en 33 peces de *C. analis*. El trematodo *Opecoelus adsphaericus* presentó una prevalencia de 52%, mientras que *S. girellae* y *A. morronei* presentaron prevalencias de 2% cada uno. La abundancia de *Ope. adsphaericus* fue de  $2.91 \pm 4.53$ , mientras que *S. girellae* y *A. morronei* presentaron valores bajos para este parámetro (i.e.,  $0.03 \pm 0.25$  y  $0.08 \pm 0.63$ , respectivamente). La intensidad promedio de *Ope. adsphaericus* fue de  $5.55 \pm 4.97$ , mientras que para *S. girellae* fue 2 y para *A. morronei* fue 5. Se registro por primera vez a *S. girellae* desde el IPM. *Ascarophis morronei* se considera como especie especialista, mientras que *Ope. adsphaericus* y *S. girellae* son consideradas como especies generalistas. Las tres especies de helmintos halladas en *C. analis* se consideraron como especies autogénicas. El sitio de infección, el número de peces infectados para cada especie de parásito, la especificidad hospedatoria y tipo de ciclo (autogénico o alogénico) se mencionan en el Cuadro 3.

Para *C. analis* se observó una dieta alimentaria preferencial de tipo carnívora, consumiendo anfípodos, crustáceos como cangrejos, y moluscos como poliplacóforos (quitones) y gasterópodos (lapas).

## 5.2. Parámetros de infección parasitaria de *Girella nigricans*

Se recolectó un total de 94 individuos de helmintos pertenecientes a cinco taxones en 36 individuos de *G. nigricans* examinados. Todos los ejemplares de *G. nigricans* fueron juveniles (longitud total promedio = 50 mm; altura promedio = 1.4 mm). Las especies de helmintos recuperadas representan dos grupos taxonómicos (Trematoda y Acantocephala), e incluyen cinco familias, cinco géneros y cinco especies, respectivamente (Cuadro 3). Tres taxones fueron encontrados en fase adulta y dos en fase larvaria (una metacercaria y un cistacanto). El grupo Trematoda fue el que presentó el mayor número de taxones, tres en estadio adulto (*Ope. adsphaericus*, *Opi. cheni* y *S. girellae*) y una metacercaria (*Prosorhynchoides* sp.). Solo se encontró un acantocéfalo en fase de cistacanto (*Floridosentis* sp.).

Considerando el total de gusanos recolectados (N = 94), el 99% (93 individuos) fueron trematodos, mientras que los acantocéfalos aportaron solo el 1% (1 individuo). El trematodo que parasitó el mayor número de huéspedes fue *Ope. adsphaericus*, registrándose 61 gusanos en 23 individuos de *G. nigricans*. Un total de 61 gusanos de *Ope. adsphaericus* fueron recuperados del intestino y ciegos pilóricos, 30 gusanos de *S. girellae* se localizaron en el intestino y ciegos pilóricos, y un individuo de *Opi. cheni* fue hallado en el intestino. La metacercaria de *Prosorhynchoides* sp. se encontró en el intestino y el cistacanto *Floridosentis* sp. se halló en el estómago. *Opecoelus adsphaericus* fue la especie más frecuente (64% de prevalencia y  $1.69 \pm 1.67$  de abundancia), seguida por *S. girellae* (31% de prevalencia y  $0.83 \pm 1.78$  de abundancia). Los taxones *Opisthadena cheni*, *Prosorhynchoides* sp. y *Floridosentis* sp. se caracterizaron por valores iguales de prevalencia (3%) y abundancia ( $0.03 \pm 0.17$ ). La intensidad promedio más alta se presentó en *S. girellae* ( $2.72 \pm 2.33$ ), seguida de *Ope. adsphaericus* ( $2.65 \pm 1.34$ ). Tres especies, se presentaron como nuevos registros helmintológicos para el IRBC (i.e., *Opi. cheni*, *Prosorhynchoides* sp. y *Floridosentis* sp.). De los cinco taxa de helmintos que se detectaron en *G. nigricans*, *Opi. cheni* es típica de este huésped, mientras que el resto de los taxa de helmintos son considerados generalistas. Los cinco taxa encontrados en este pez son especies autógenas. El número de peces infectados, sitio de infección, prevalencia, abundancia,

intensidad promedio, especificidad hospedatoria y tipo de ciclo de vida (autogénico o alogénico) de cada taxón de helminto se mencionan en el Cuadro 3.

Se observó una dieta alimentaria preferencial de tipo omnívora para *G. nigricans*, consumiendo principalmente algas rojas y verdes, pastos marinos y pequeños gasterópodos y crustáceos que estaban asociados a dicha flora.

**Cuadro 3.** Helmintos parásitos de los peces *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. Estadio de ciclo de vida, familia y estatus taxonómico de trematodos, nematodo y acantocéfalo. N = Número de peces examinados, SI = Sitio de Infección, PI = Número de parásitos individuales recolectados, HII = Número de huéspedes individuales infectados, P (%) = Prevalencia, A ( $\pm$  de) = Abundancia ( $\pm$  desviación estándar), IP ( $\pm$  de) = Intensidad promedio ( $\pm$  desviación estándar), G = Generalista, Au = Autogénica, Es = Especialista, Ti = Típica, – = Ausente, I = Intestino, E = Estomago, Cp = Ciego pilórico.

Taxa	<i>Clinocottus analis</i> (N = 63)						<i>Girella nigricans</i> (N = 36)					
	SI	PI	HII	P (%)	A ( $\pm$ de)	IP ( $\pm$ de)	SI	PI	HII	P (%)	A ( $\pm$ de)	IP ( $\pm$ de)
<b>TREMATODOS ADULTOS</b>												
Haplospalchnidae												
<i>Schikhalotrema girellae</i> <sup>G, Au</sup>	I	2	1	2	0.03 $\pm$ 0.25	2	I, Cp	30	11	31	0.83 $\pm$ 1.78	2.72 $\pm$ 2.33
Hemiuridae												
<i>Opisthadena cheni</i> <sup>Ti, Au</sup>	–	–	–	–	–	–	I	1	1	3	0.03 $\pm$ 0.17	1
Opecoelidae												
<i>Opecoelus adsphaericus</i> <sup>G, Au</sup>	I, E, Cp	183	33	52	2.91 $\pm$ 4.53	5.55 $\pm$ 4.97	I, Cp	61	23	64	1.69 $\pm$ 1.67	2.65 $\pm$ 1.34
<b>METACERCARIA</b>												
Bucephalidae												
<i>Prosorhynchoides</i> sp. <sup>G, Au</sup>	–	–	–	–	–	–	I	1	1	3	0.03 $\pm$ 0.17	1
<b>NEMATODO ADULTO</b>												
Cystidicolidae												
<i>Ascarophis morronei</i> <sup>Es, Au</sup>	E	5	1	2	0.08 $\pm$ 0.63	5	–	–	–	–	–	–
<b>CISTACANTO</b>												
Neoechinorhynchidae												
<i>Floridosentis</i> sp. <sup>G, Au</sup>	–	–	–	–	–	–	I	1	1	3	0.03 $\pm$ 0.17	1

### 5.3. Riqueza de especies de helmintos parásitos

Comparando la riqueza acumulada observada y el estimador de riqueza Bootstrap para ambas especies de huéspedes, la estimación de la riqueza de especies mostró que para *C. analis* y *G. nigricans* se encontró un 80% y 82% de las especies esperadas y que faltan por encontrar 1 especie parásita, respectivamente (Figuras 6 y 7). Las estimaciones de Chao 1 y Chao 2 colapsaron debido a que no se presentan *singletons* y *doubletons* en los datos recolectados. Por tanto, el inventario de helmintos parásitos aquí registrado para *C. analis* y *G. nigricans* tiene una representatividad mayor al 80% de las especies parásitas esperadas en el área de estudio, respectivamente.

En *Clinocottus analis* se presentaron 29 infracomunidades con un valor de 0; 33 con un valor de 1 y solo una infracomunidad con un valor de 2, siendo 0.55 su valor de riqueza promedio. En *Girella nigricans* se encontraron un total de nueve infracomunidades con valor de 0; 18 con un valor de 1, ocho con un valor de 2 y una con un valor de 3, siendo 1.03 su valor de riqueza promedio.

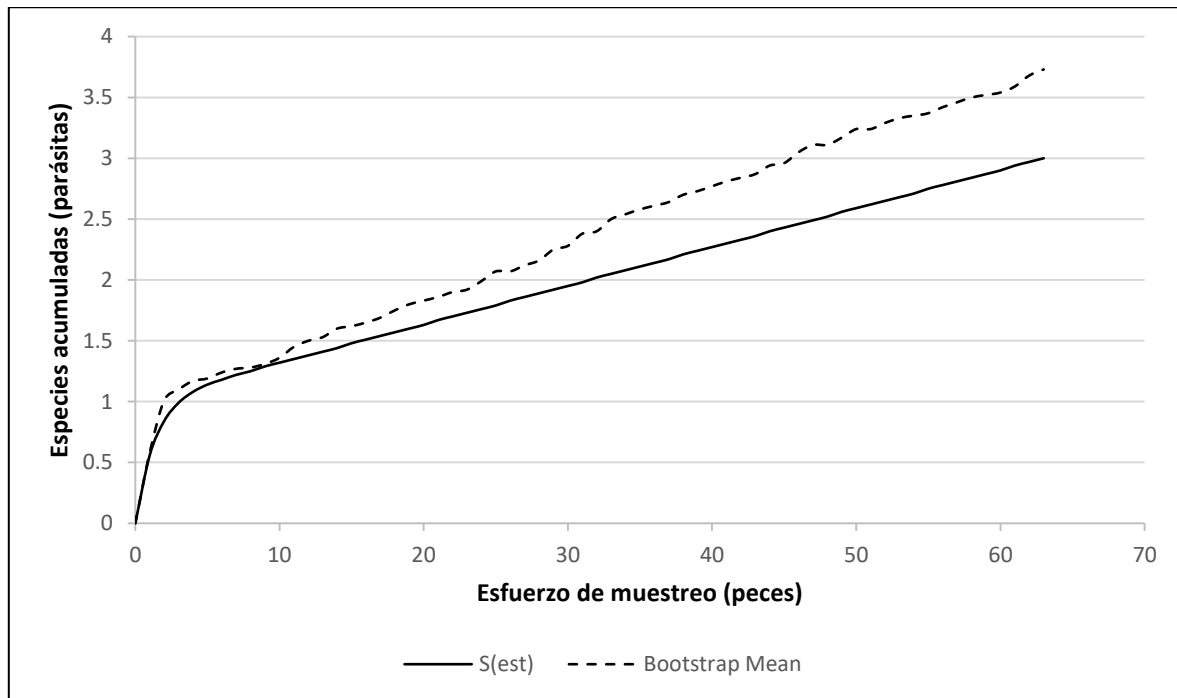


Figura 6. Curvas de acumulación de especies parásitas del pez *Clinocottus analis* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. S (est) = Riqueza estimada de especies (analítico), Bootstrap Mean = Estimador de riqueza Bootstrap (media entre corridas).

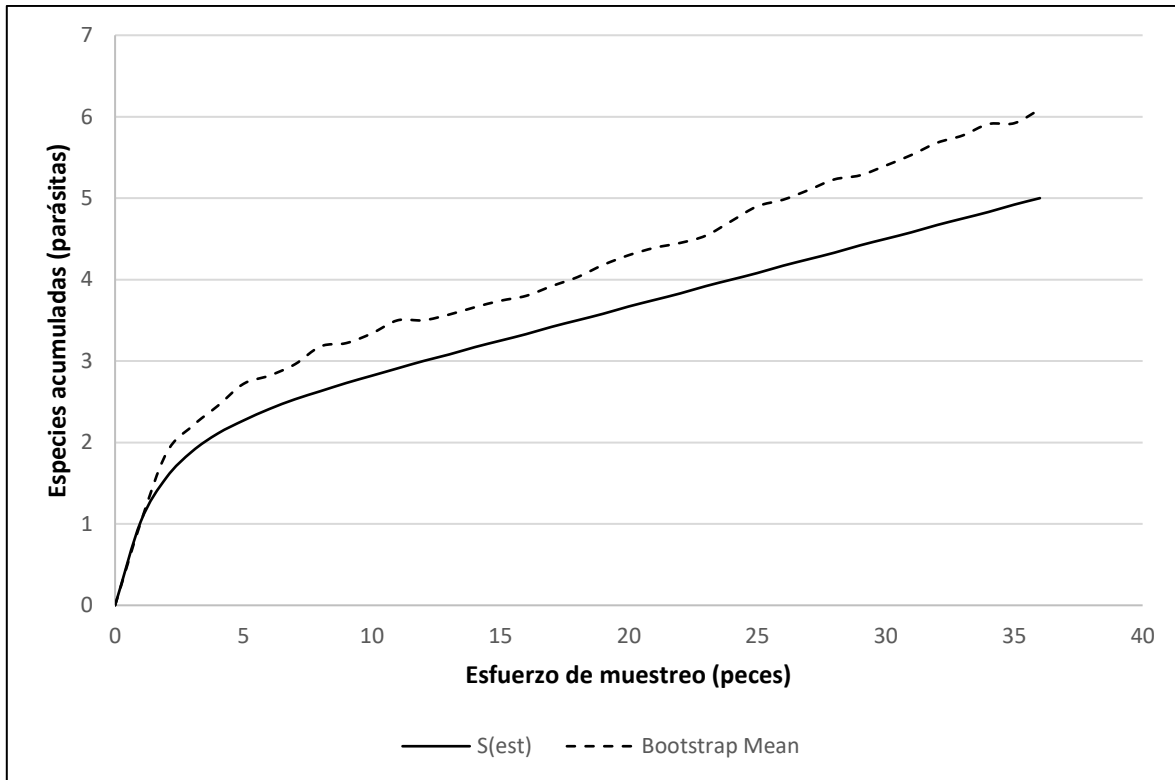


Figura 7. Curvas de acumulación de especies parásitas del pez *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México. S (est) = Riqueza estimada de especies (analítico), Bootstrap Mean = Estimador de riqueza Bootstrap (media entre corridas).

#### 5.4. Infracomunidad y comunidad componente de helmintos parásitos

En total, 284 helmintos parásitos fueron encontrados en ambas especies huéspedes (*C. analis* y *G. nigricans*). En *C. analis*, el 54% (34 de 63) de los huéspedes individuales estaban infectados con al menos una especie de helminto, mientras que en *G. nigricans* el 75% (27 de 36) estuvieron infectados con al menos una especie. Las infracomunidades parasitarias de *C. analis* y *G. nigricans* fueron pobres en especies; *i.e.*, dos y tres especies parásitas, respectivamente.

Para *C. analis*, las pruebas de Simpson (0.07152) y de Berger-Parker (0.03684) indicaron que la comunidad es sumamente dominada y que la especie dominante dentro de las infracomunidades parasitarias es *Ope. adsphaericus* (Anexo 3). El gráfico de Olmstead-Tukey (Figura 8) apoya que *Ope. adsphaericus* es la especie dominante. Se calculó el índice

de Brillouin promedio para la única infracomunidad obtenida y su valor fue de 0.448, con un valor promedio para la comunidad componente de 0.00711. El índice de Jaccard varió de 0 a 1 (valor promedio de  $0.502 \pm 0.5$ ), mientras que el índice de Morisita-Horn varió de 0 a 1 (valor promedio de  $0.503 \pm 0.5$ ) (Figuras 10 y 11). Sin embargo, los resultados gráficos son poco informativos debido a que las comunidades resultaron ser sumamente pobres. En cuanto a la riqueza de especies a nivel de comunidad componente, el número de especies parásitas encontradas fue de tres.

Para *G. nigricans* las pruebas de Simpson (0.47669) y de Berger-Parker (0.35106) indicaron que la especie dominante dentro de sus infracomunidades es *Ope. adsphaericus* (Anexo 4); y la representación visual mediante el gráfico de Olmstead-Tukey (Figura 9) apoya su dominancia. Se calculó el índice de Brillouin promedio para las infracomunidades obtenidas, su valor varió de 0.299 a 0.621, con un valor promedio de 0.112. El índice de Jaccard varió de 0 a 1 (promedio de  $0.638 \pm 0.469$ ) y el índice de Morisita-Horn varió de 0 a 1 (media de  $0.654 \pm 0.458$ ) (Figuras 12 y 13), indicando que las comunidades son menos pobres que en *C. analis*. En cuanto a la riqueza de especies a nivel de comunidad componente, el número de especies parásitas encontradas fue de cinco.

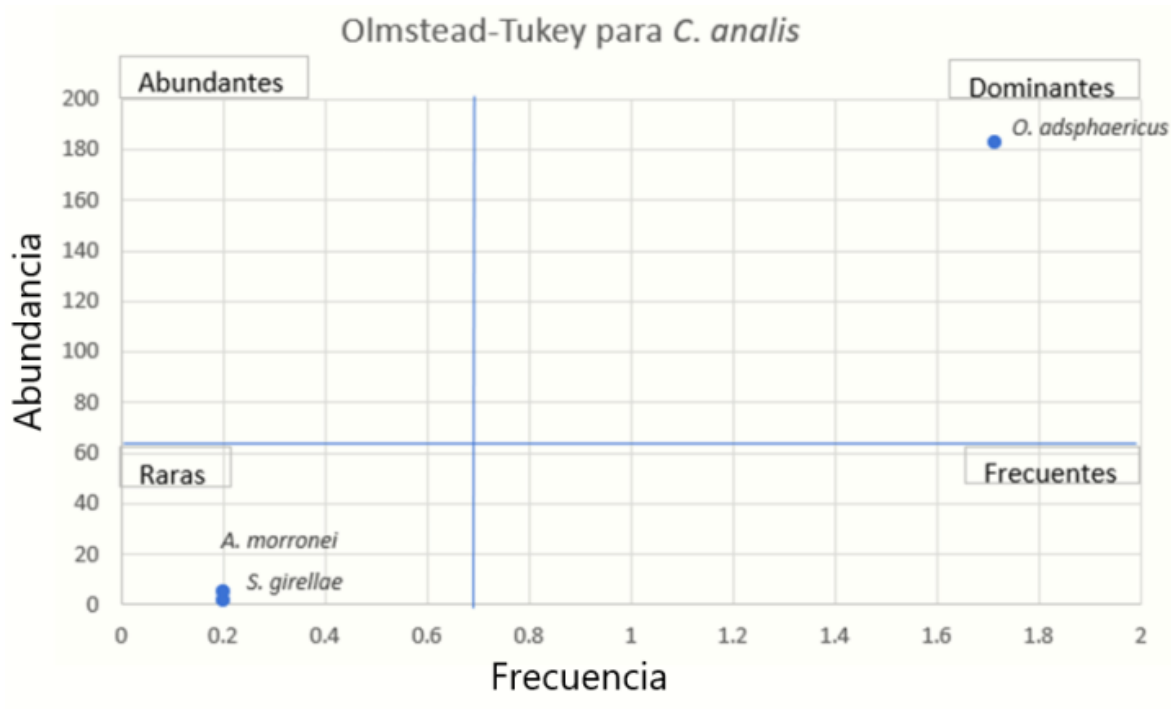


Figura 8. Gráfico de Olmstead-Tukey mostrando las cuatro categorías descritas para helmintos parásitos de *Clinocottus analis* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México.

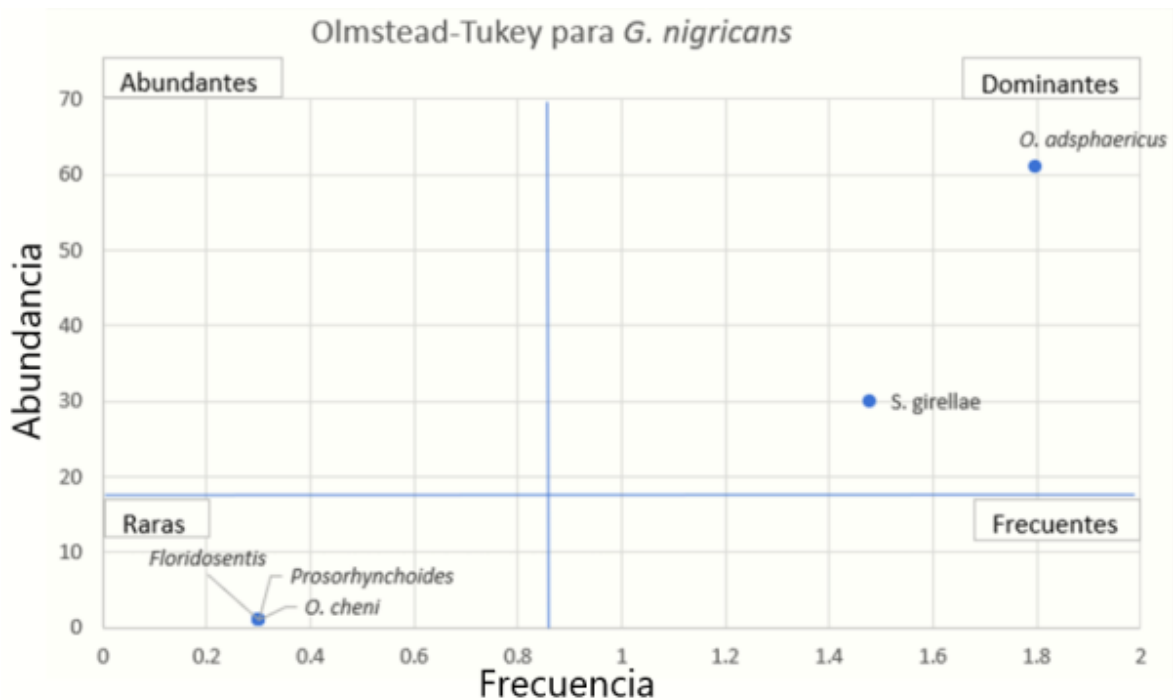


Figura 9. Gráfico de Olmstead-Tukey mostrando las cuatro categorías descritas para helmintos parásitos de *Girella nigricans* en el intermareal rocoso de Punta Morro, Baja California, México.

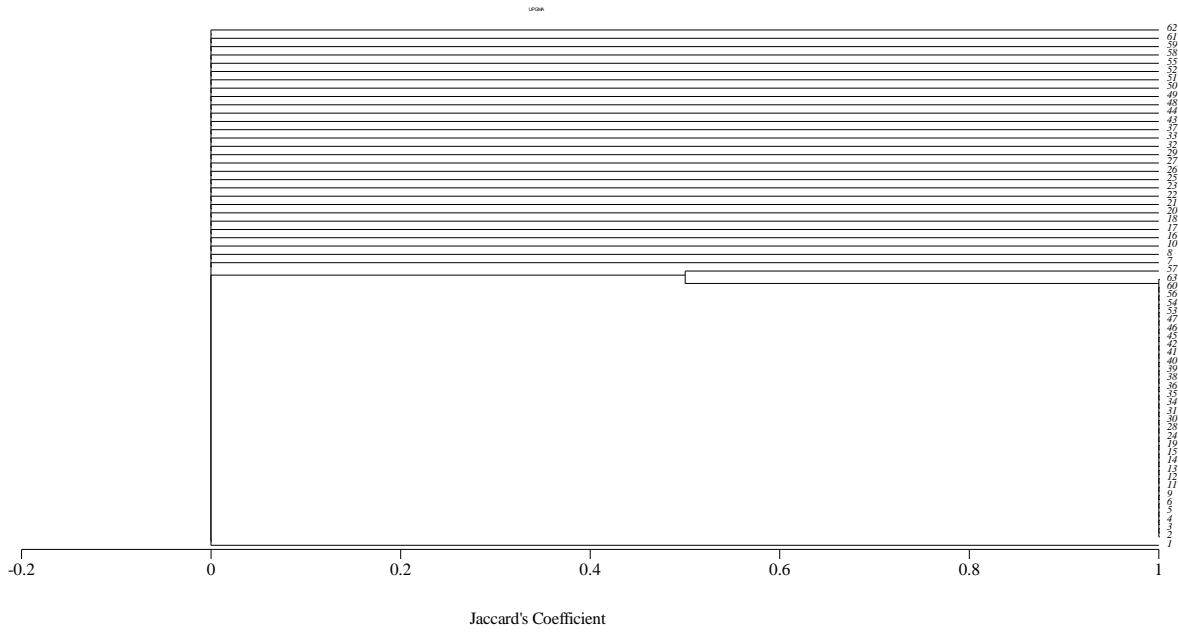


Figura 10. Dendrograma de similitud de Jaccard de helmintos parásitos de *Clinocottus analis*.

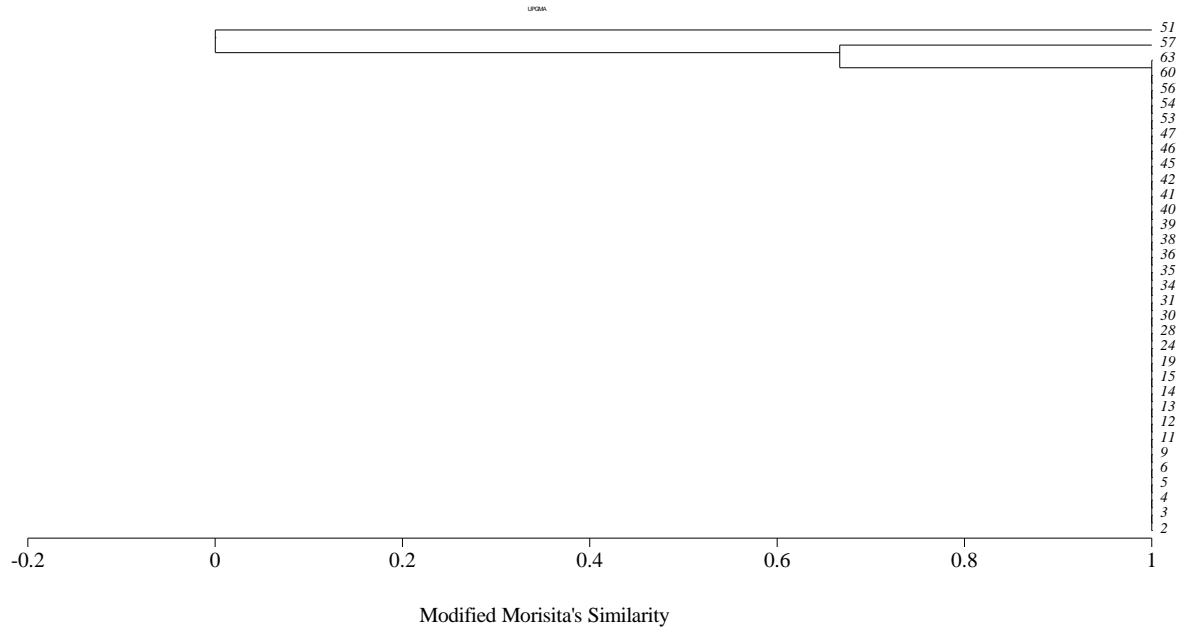


Figura 11. Dendrograma de similitud de Morisita-Horn de helmintos parásitos de *Clinocottus analis*.

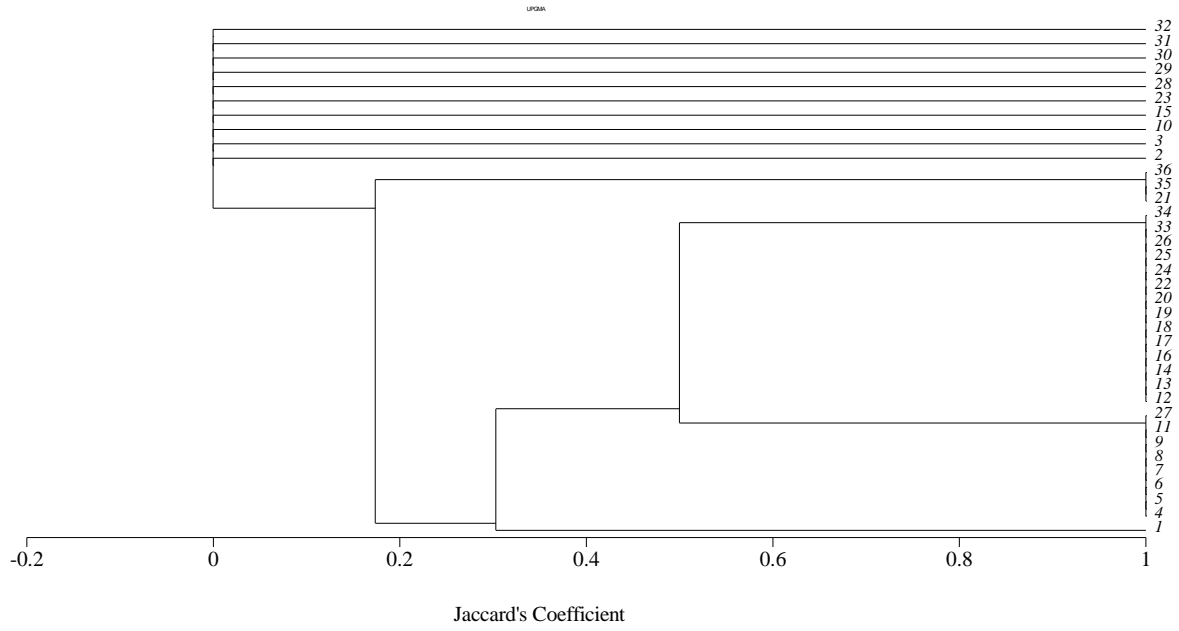


Figura 12. Dendrograma de similitud de Jaccard de helmintos parásitos de *Girella nigricans*.

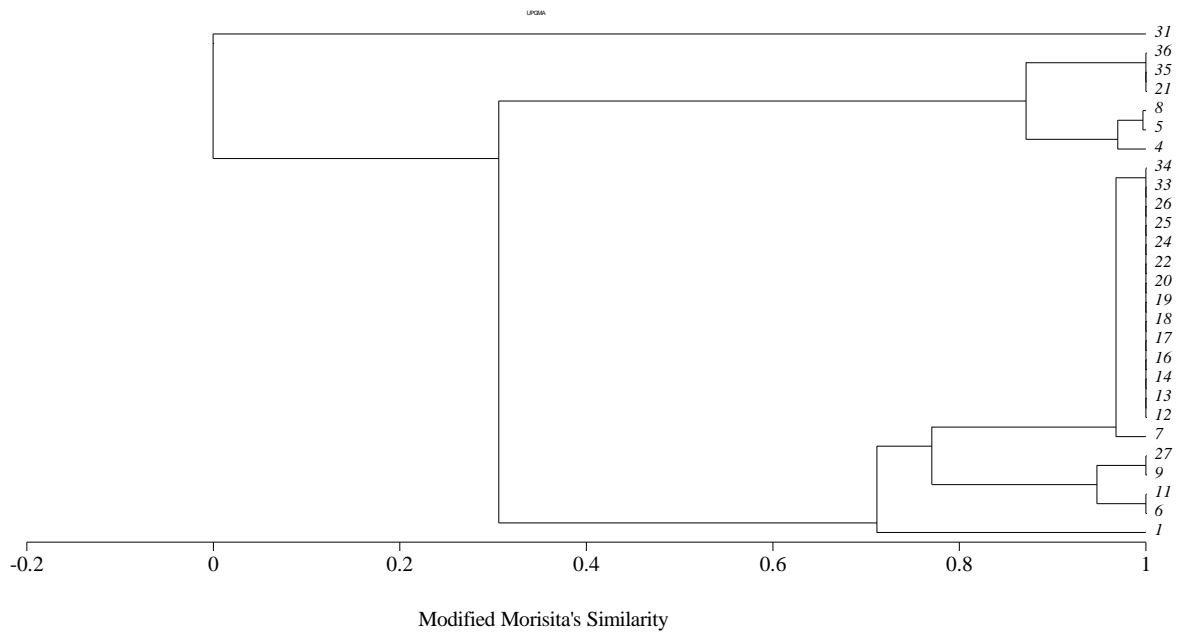


Figura 13. Dendrograma de similitud de Morisita-Horn de helmintos parásitos de *Girella nigricans*.

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Composición Taxonómica Parasitaria

En esta investigación se identificaron seis especies de helmintos parásitos de *Clinocottus analis* y *Girella nigricans* en el IRPM, y se resalta que todos los taxos de helmintos hallados son especies autógenas (Cuadro 3). En estudios previos fueron registradas ocho especies de helmintos parásitos para *C. analis* y *G. nigricans* desde el IRBC; *i.e.*, siete trematodos adultos (*Ope. adsphaericus*, *S. girellae*, *H. nimia*, *Opi. dimidia*, *G. laticauda*, *V. girellicola*, *N. girellae*) y 1 nematodo adulto (*A. morronei*) (Bravo-Hollis, 1957; Arai, 1962; Druk-Gonzalez, 1983; Estrada-García *et al.*, 2018; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2019). De esos registros, en el presente estudio se encontraron tres especies (*Ope. adsphaericus*, *S. girellae* y *A. morronei*).

Para el IPM, se encontró que *C. analis* y *G. nigricans* compartieron dos trematodos en fase adulta, *i.e.*, *Ope. adsphaericus* y *S. girellae*. *Opecoelus adsphaericus* se consideró como especie generalista ya que se ha registrado en otras familias de peces marinos como Serranidae y Scorpaenidae (Arai, 1962). Sin embargo, con base en sus altos valores de infección observados en este estudio (*e.g.*, P [%] = 52 en *C. analis* y P [%] = 64 en *G. nigricans*), es posible inferir que *Ope. adsphaericus* pudiera ser una especie “centinela” para el IRBC. En este estudio, se acuñó el término “centinela” siguiendo a Overstreet (1997), quien la definió como una especie característica de un ambiente determinado (para más detalle también ver Sures [2004] y Overstreet *et al.* [2020]). Con base en los registros previos para *Ope. adsphaericus* (Cuadro 1), más los aportados en este trabajo, es posible inferir que esta especie presenta una distribución a lo largo de la costa del noroeste pacífico, desde USA, BC y BCS. Respecto a *Schikhobalotrema girellae*, aunque se registró por vez primera en *C. analis* en el IPM, solo se encontraron dos individuos y uno de ellos estaba en fase inmadura (no presentaba huevos), por lo que es necesario continuar explorando su presencia en esta localidad y huésped.

La metacercaria *Proserhynchoides* sp. ha sido registrada previamente en otras familias/especies de peces marinos del pacífico mexicano, *i.e.*, *Sphyraena barracuda* (Sphyraenidae), *Sarda orientalis*, *Scomberomorus sierra*, *Scomberomorus maculatus*,

*Scomberomorus* sp. (Scombridae) y *Epinephelus morio* (Serranidae) (Bravo-Hollis y Sogandares-Bernal, 1956; Lamothe-Argumedo, 1963; Rufino-González, 1989; Vidal-Martínez *et al.*, 1998; Aguirre-Macedo *et al.*, 2007). Se ha registrado en sistemas intermareales de las costas de Chile a *Proisorhynchoides* sp. en fase de esporoquiste parasitando al manto del bivalvo *Perumytilus purpuratus*, en donde eclosionaran las cercarias que nadan libremente hasta infectar la musculatura de *Girella laevifrons*, afectando así la capacidad de nado del pez (Rebolledo *et al.*, 2014). Nuestros hallazgos de la metacercaria *Proisorhynchoides* sp. en *G. nigricans* coinciden con lo hallado en previos registros.

Algunas especies del género *Floridosentis* han sido registradas en fase adulta en peces marinos del pacífico mexicano tal como las lisas *Mugil cephalus* y *Mugil curema* (Mugilidae), por lo que son consideradas como sus huéspedes definitivos (Rosas-Valdez *et al.*, 2020). En este estudio, el posible hallazgo del cistacanto *Floridosentis* sp. puede ser debido a una infección accidental o bien a una infección generalista de este parásito en peces de la Familia Kyphosidae.

## 6.2. Parámetros de infección

Esta es la primera vez que se describen los valores de los parámetros de infección parasitaria para las 6 especies de helmintos encontradas en *C. analis* y *G. nigricans* del IRBC. Los análisis de los parámetros de infección parasitaria arrojaron valores desiguales entre especies de helmintos. Por ejemplo, los valores de prevalencia oscilaron entre 2% a 63.9%. *Schikhobalotrema girellae* alcanzó prevalencias del 31% en *G. nigricans*; *Ope. adsphaericus* del 63.9% en *G. nigricans* y 52.4% en *C. analis*, el resto de helmintos presentaron prevalencias iguales o menores al 3% (*i.e.*, *S. girellae* y *A. morronei* en *C. analis*; *Proisorhynchoides* sp., *Opi. cheni* y *Floridosentis* sp. en *G. nigricans*). A pesar de los valores bajos de prevalencia aquí registrados para *Opi. cheni*, esta se consideró como una especie típica acorde con lo propuesto por Leon-Regagnon *et al.* (1996, 1997). Anteriormente se han observado valores altos (81%) de prevalencia de *Opecoelus* sp. en el intestino de

*Hypsoblennius gilberti*, un pez que interacciona directamente con *Clinocottus analis* y *Girella nigricans*, además de ser presa ocasional de *C. analis* (Dayneko, 1975).

### 6.3. Estimadores de riqueza

Con base en los registros helmintológicos previos de *C. analis* del IRBC aunado a los resultados obtenidos por los estimadores de riqueza (Cuadro 1 y Figura 8), se esperaría que *H. nimia* pudiera ser una especie por encontrar en el IPM. En este contexto y para el caso de *G. nigricans*, las especies que sería posible encontrar serían *H. nimia*, *Opi. dimidia*, *G. laticauda*, *V. girellicola* o *N. girellae*. También, es posible considerar que la ausencia de estas especies en el IPM pudiera deberse a la mala calidad ambiental en esta localidad. Overstreet (1997) mencionó que las especies que presenten valores de prevalencia alta pueden indicar una calidad ambiental relativamente saludable y con escasa perturbación antropogénica, en donde los ciclos de vida parasitarios se están completando. En nuestro estudio probablemente la ausencia de las especies parasitarias previamente registradas en *C. analis* y *G. nigricans* se deban a la alta contaminación registrada en el IPM (Enríquez-González, 2002; Ibarra-Macías, 2017). Por ejemplo, las aguas residuales vertidas al IPM por el campus universitario y las zonas turísticas aledañas (e.g., hoteles), evitan que se desarrollen los ciclos de vida de los parásitos. Los ciclos de vida de los parásitos marinos son susceptibles a contaminantes ya que declinan las poblaciones de los huéspedes intermediarios o perturban sus recursos alimentarios (Cabral-Oliveira *et al.*, 2014a, b).

### 6.4. Comunidades parasitarias

*Clinocottus analis* y *G. nigricans* presentan hábitos alimentarios distintos, *i.e.*, carnívora en todas sus fases de desarrollo; y omnívora cuando joven, con un aumento a la herbivoría cuando adulto, respectivamente (Ruiz-Campos y Hamman, 1991, 2002; Beherens y Lafferty, 2012). Los hábitos alimentarios (dieta) y la edad de los huéspedes, son algunos de los elementos biológicos clave para describir los patrones de las comunidades parasitarias

en peces marinos (Esch *et al.*, 1990; Holmes, 1990). Por ejemplo, se ha registrado que algunos peces intermareales de hábitos carnívoros presentan un mayor número de helmintos parásitos en contraste con otras especies con hábitos alimentarios distintos (Marcogliese, 2002; Luque *et al.*, 2004). Otros estudios han demostrado que la edad asociada a la talla de los huéspedes también afecta a las comunidades parasitarias observadas. Por ejemplo, las fases adultas de algunas especies de peces son las que presentan un mayor número de especies parásitas en contraste con registros para peces juveniles (Zelmer y Arai, 1998; Timi y Paulin, 2003). Por esta razón, algunos autores propusieron que los hábitos alimentarios, edad y el tamaño de los huéspedes pueden influir en la estructura de las comunidades parasitarias (Lo *et al.*, 1998; Poulin y Chappell, 2002; Dugarov *et al.*, 2011). En este contexto, en este estudio se esperaría que los huéspedes de *C. analis*, por haber sido capturados en estado adulto, presentarían una mayor riqueza de especies parásitas y comunidades parasitarias diversas; sin embargo, no fue así. Con base en los resultados de infección parasitaria para *G. nigricans* se observó que, a pesar de que los peces se recolectaron en etapa juvenil, las comunidades parasitarias fueron ricas y moderadamente dominadas, debido a que dos especies se encontraron en grandes proporciones (*i.e.*, *Ope. adsphaericus* y *S. girellae*), lo que puede indicar que en *G. nigricans*, los hábitos alimentarios influyen sobre la edad. Futuros estudios, sistematizando edades de muestreos de ambas especies huéspedes podrán apoyar o no estas inferencias.

Prasanna *et al.* (2011) y Carvallho *et al.* (2015) han mencionado que las diferencias en los patrones de alimentación del huésped, y por tanto la ingestión de diferentes huéspedes intermedios, son un factor crítico que produce contrastes dramáticos en la estructura de la fauna parasitaria. A su vez, los cambios en la disponibilidad de presas y la compatibilidad huésped-parásito también se ha descrito como un factor importante (Ojaveer *et al.*, 2020). En este trabajo, la preferencia alimentaria de cada huésped puede influir en la carga parasitaria. Por ejemplo, *C. analis* se alimenta principalmente de anfípodos y otros crustáceos, mientras que *G. nigricans* de algas rojas y verdes. En adición, ambos huéspedes comparten algunos organismos en su dieta como anfípodos, isópodos y braquiuros que están asociados a algas y pastos marinos, y pudieran funcionar como los

primeros huéspedes de las formas larvarias de las especies de Opecoelidae (Leiva *et al.*, 2017).

### 6.5. Infracomunidad y Comunidad Componente

A nivel de infracomunidad y comunidad componente, los parásitos de *G. nigricans* y *C. analis* en el IPM exhibieron un patrón de baja riqueza y abundancia de especies, así como bajos valores de diversidad y comunidades dominadas por al menos una especie (*i.e.*, *Ope. adsphaericus*). Este patrón de comunidades parasitarias ha sido descrito en otros estudios, en donde los hábitos alimentarios y la disponibilidad diferencial de los huéspedes intermediarios que contienen las fases larvarias de infección han sido registrados como los principales factores que estructuran las comunidades de parásitos en peces marinos (p. ej., Marcogliese, 2002; Violante-González *et al.*, 2008). La baja diversidad de las comunidades parasitarias observada en este estudio en ambos niveles (infracomunidad y comunidad componente), pudiera estar asociada a los altos índices de contaminación registrados para el IPM lo que puede reflejar una baja diversidad parasitaria para *C. analis* y *G. nigricans*.

Con base en los bajos valores de riqueza de especies de la infracomunidad de helmintos en ambos huéspedes del IPM, se infiere que cada infracomunidad representa un subconjunto de las especies presentes en la comunidad componente. Así, la comunidad componente analizada en este estudio refleja un subconjunto de una colección más grande de especies que representan toda la helmintofauna de las especies hospedadas a lo largo de su intervalo de distribución (Poulin, 1997).

En este estudio los patrones de similitud difirieron en ambos niveles (infracomunidad y comunidad componente). Esto indica que una alta diversidad puede ser el resultado de hábitos alimentarios distintos y su influencia para diferenciar a las comunidades (Luque *et al.*, 2004; Moos *et al.*, 2020). A nivel de infracomunidad se encontró un bajo intercambio de especies de helmintos, lo que indica que no todas las especies parasitarias se presentan en todos los individuos huéspedes. Sin embargo, en las

infracomunidades de *G. nigricans* es posible detectar frecuentemente a *Ope. adsphaericus* y *S. girellae*.

Las infracomunidades pueden dividirse según los gremios alimentarios y microhábitats preferenciales de los huéspedes (Esch *et al.*, 1990, Violante-González *et al.* 2008, Timi y Lanfranchi, 2009; López-Zacarías *et al.*, 2021). *Clinocotus analis* presenta una adaptación de hábitat por la zona intermareal rocosa (Martin 1991), mientras que para *G. nigricans* este ecosistema es usado como “refugio” para sus formas juveniles (Behrens y Lafferty, 2012). De manera particular, la alta abundancia que se registró para *Ope. adsphaericus* en ambos peces, puede reflejar que él o los huéspedes intermediarios de este trematodo pudieran presentar altas abundancias sobre el IRBC. Sin embargo, dada la carencia de información acerca de los ciclos de vida para las especies de Opecoelidae (Gibson *et al.*, 2002), es necesario seguir un programa de estudio como lo sugirió Blasco-Costa y Poulin (2017) para realizar inferencias acerca del ciclo de vida de *Ope. adsphaericus*. Futuros estudios acerca de las comunidades de parásitos de invertebrados bentónicos del IPM podrán ayudar a esclarecer cómo se estructura la fauna parasitaria de *C. analis* y *G. nigricans* en el IRBC.

## 7. CONCLUSIONES

1) Las comunidades de helmintos difirieron entre *C. analis* y *G. nigricans*, compartiendo 2 de 6 especies parasitas. Esto puede indicar que los factores ecológicos como los hábitos alimentarios, la edad de los huéspedes y las condiciones ecológicas del ambiente (grado de contaminación) son determinantes en la descripción de las comunidades parasitarias de una localidad. Por tanto, los resultados de este estudio se apegan a la hipótesis de que la selección ecológica puede afectar a las comunidades parasitarias (Moos *et al.*, 2020).

2) Todos los taxa de helmintos hallados en este estudio fueron especies autogénicas, y cuatro de seis fueron adultas. Por tanto, se sugiere que *C. analis* y *G. nigricans* fungen como posibles huéspedes definitivos de al menos dos especies; *i.e.*, *Ope. adsphaericus* y *S. girellae*.

3) Las formas juveniles de *G. nigricans* analizadas en términos parasitológicos, permitieron dar una proyección de su carga parasitaria en el IRBC. Aun así, es necesario comparar las fases adultas de *G. nigricans* para completar de describir su composición taxonómica parasitaria.

4) Esta aportación ofrece nuevos datos desde una zona aledaña a áreas urbanas y puede ser usada para abordar aspectos de conservación del IRBC. Sin embargo, se sugiere explorar cómo son las cargas parasitarias desde localidades con ambientes prístinos y compararlas con localidades posiblemente afectadas por la contaminación antropogénica. Esto permitirá usar la riqueza parasitaria para poner a prueba su asociación con áreas naturales (*e.g.*, Overstreet, 1997; Martínez-Aquino *et al.*, 2007; Vidal-Martínez *et al.*, 2010).

## 8. REFERENCIAS

Acosta-Zamorano D (2009) Estructura poblacional y relaciones tróficas de peces intermareales de biotopos rocosos del noroeste de Baja California, México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California.

Aguilar-Aguilar R (2008) Gusanos parásitos de fauna silvestre. Algunas formas de estudio. Revista Elementos.

Aguilar-Aguilar R, Ruiz-Campos G, Martorelli S, Montes MM, Martínez-Aquino A (2019) A new species of *ascarophis* (Nematoda: Cystidicolidae) parasitizing *Clinocottus analis* (Pisces: Cottidae) from Baja California, Mexico. Journal of Parasitology, 105(4), 524-532. <https://doi.org/10.1645/19-14>

Aguilar-Aguilar R, Salgado-Maldonado G, Contreras-Medina R, Martinez-Aquino A (2008) Richness and endemism of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico. Biological Journal of the Linnean Society, 94(2), 435-444. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.00994.x>

Aguilar-Rosas LE (1981) Algas rojas (Rhodophyta) de la Bahía Todos Santos, Baja California, México durante el ciclo anual 1978-1979. Ciencias Marinas, 7(1), 85-101. <https://doi.org/10.7773/cm.v7i1.356>

Aguilar-Rosas LE, Bertsch H (1983) Green algae (Chlorophyta) from Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. Ciencias Marinas, 9(1), 111-124. <https://doi.org/10.7773/cm.v9i1.408>

Aguilar-Rosas LE (1982) Ocurrencia de algas café (Phaeophyta) en la Bahía Todos Santos, Baja California. Ciencias Marinas, 8(2), 25-34. <https://doi.org/10.7773/cm.v8i2.401>

Aguirre-Macedo ML, Vidal-Martínez VM, González-Solis D, Caballero PI (2007) Helminth communities of four commercially important fish species from Chetumal Bay, Mexico. Journal of Helminthology 81, 19-31. <https://doi.org/10.1017/S0022149X0721209X>

Aldana M, Pulgar JM, Ogalde F, Ojeda FP (2002) Morphometric and parasitological evidence for ontogenetic and geographical dietary shifts in intertidal fishes. *Bulletin of Marine Science*, 70(1), 55-74.

Annereaux RF (1947) Three new trematodes from marine fishes of California. *Transactions of the American Microscopical Society*, 66(3), 249–255.  
<https://doi.org/10.2307/3223389>

Arai HP (1962) Tremátodos digéneos de peces marinos de Baja California, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 33, 113-130.

Bautista-Hernández CE, Monks S, Pulido-Flores G (2013) Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. *Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas*, 2, 13-17.

Behrens MD, Lafferty KD (2012) Geographic variation in the diet of Opaleye (*Girella nigricans*) with respect to temperature and habitat. *PLoS ONE* 7(9), e45901.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0045901>

Blasco-Costa I, Poulin R (2017) Parasite life-cycle studies: a plea to resurrect an old parasitological tradition. *Journal of helminthology*, 91(6), 647-656.  
<https://doi.org/10.1017/S0022149X16000924>

Bolin RL (1944) A revision of the marine cottid fishes of California. *Stanford Ichthyol Bull.* 3(1), 1-135.

Bravo-Hollis M (1957) Trematodos de peces marinos de aguas mexicanas. XIV.- Cuatro monogéneos de la familia Capsalidae Baird, 1853, de las costas del Pacífico, incluyendo una especie nueva. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México*, 28, 195-217.

Bravo-Hollis M, Sogandares-Bernal F (1956) Trematodes of marine fishes of Mexican waters IX. Four gasterostomes from the Pacific coast. *Journal of Parasitology* 42, 536-539.  
<https://doi.org/10.2307/3274458>

Bray RA, Gibson DI, Jones A (2008) Keys to the Trematoda, Vol. 3. Wallingford, UK, CAB International and The Natural History Museum. 824 pp.

Bredvik JJ, Boerger C, Allen LG (2011) Age and growth of two herbivorous, kelp forest fishes, the opaleye (*Girella nigricans*) and halfmoon (*Medialuna californiensis*). Bulletin, Southern California Academy of Sciences, 110(1), 25-34. <https://doi.org/10.3160/0038-3872-110.1.25>

Buser TJ, Burns MD, López JA (2017) Littorally adaptive? Testing the link between habitat, morphology, and reproduction in the intertidal sculpin subfamily Oligocottinae (Pisces: Cottoidea). PeerJ, 5, e3634. <https://doi.org/10.7717/peerj.3634>

Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. The Journal of parasitology, 575-583. <https://doi.org/10.2307/3284227>

Caballero E, Caballero G (1969) Études des trématodes récoltés par Howard A. Winter chez les poissons marins de l'Océan Pacifique du Mexique et des États Unis. II. Journal of the Fisheries Board of Canada, 26(4), 957-963. <https://doi.org/10.1139/f69-093>

Caballero E, Caballero G (1971) Estudios de la colección de tremátodos colectados por Howard A. Winter en peces del Océano Pacífico de México y de los Estados Unidos de Norte América. IV. Revista de Biología Tropical, 18(1-2), 139-147. <https://doi.org/10.15517/rev.biol.trop..v18i1-2.28093>

Caballero E, Caballero G (1976) Estudios de la colección de tremátodos colectados por Howard A. Winter en peces del Océano Pacífico de México y de los Estados Unidos de Norte América. VI. Revista de Biología Tropical, 24(2), 229-234.

Cabral-Oliveira J, Dolbeth M, Pardal MA (2014) Impact of sewage pollution on the structure and functioning of a rocky shore benthic community. Marine and Freshwater Research, 65(8), 750-758. <https://doi.org/10.1071/MF13190>

Cabral-Oliveira J, Mendes S, Maranhão P, Pardal MA (2014) Effects of sewage pollution on the structure of rocky shore macroinvertebrate assemblages. *Hydrobiologia*, 726, 271-283. <https://doi.org/10.1007/s10750-013-1773-5>

Carvallho RPS, Takemoto RM, Melo CM, Jeraldo VLS, Madi RR (2015) Structure of the parasite infracommunity of *Sciades proops* from the Japaratuba River Estuary, Sergipe, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 75, 906–913. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.02514>

Colwell RK (2013). Estimates: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Version 9. User's Guide and Application. <http://purl.oclc.org/estimates>

Dailey MD (1970). The transmission of *Parafilaroides decorus* (Nematoda: Metastrongyloidea) in the California sea lion (*Zalophus californianus*). In *Proc Helminthological Society Washington*, 37, 215, 22).

Dayneko JR (1975) Life history of the rockpool blenny, *Hypsoblennius gilberti* (Jordan), at Point Fermin, California. California State University, Long Beach.

Dove AD, Cribb TH (2006) Species accumulation curves and their applications in parasite ecology. *Trends in Parasitology*, 22(12), 568-574. <https://doi.org/10.1016/j.pt.2006.09.008>

Druk-Gonzalez J (1983) Digenetic trematodes of marine fishes of Ensenada, B.C., México. Tesis Maestra Faculty of Graduate School, University of Pacific California, E.U.A. 108 p.

Dugarov ZN, Pronin NM, Sondueva LD, Burdukovskaya TG, Batueva MD, Pronina SV (2011) Dependence that the community structure of the roach *Rutilus rutilus* (L.) parasites has on the host age. *Inland Water Biology*, 4(1), 78-89. <https://doi.org/10.1134/S1995082911010044>

Esch GW, Bush AO, Aho, JM (1990) Parasite communities: patterns and processes (pp. 327-327). London: Chapman and Hall. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-0837-6>

Esch GW, Gibbons JW, Bourque JE (1975) An analysis of the relationship between stress and parasitism. *American Midland Naturalist*, 339-353. <https://doi.org/10.2307/2424167>

Esch GW, Kennedy, Bush AO, Aho JM (1988) Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: Alternative strategies for colonization. *Parasitology* 96, 519–532. <https://doi.org/10.1017/S003118200008015X>

Estrada-García MA, García-Prieto L, Garrido-Olvera L (2018) Description of a new species of *Pseudopecoelus* (Trematoda: Opecoelidae) with new records of trematodes of marine fishes from the Pacific coast of Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89, 22-28. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2018.1.1942>

Enríquez-González A (2002) Evaluación y rediseño de la planta de tratamiento de aguas residuales de la UABC-Unidad Ensenada; toxicidad de afluente y efluente y sus efectos en el desarrollo larval de invertebrados. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Marinas. UABC. 130pp.

Froese R, Pauly D (2019) FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (12/2019)

García-Pamanes L, Chee-Barragán G (1976) Ecología de la zona de entremareas de la bahía de todos santos. *Ciencias Marinas*, 3(1), 10-29. <https://doi.org/10.7773/cm.v3i1.295>

Gibson DI, Jones A, Bray RA (2002) Keys to the Trematoda, Volume I. CABI Publishing, The Natural History Museum, London, pp 521. <https://doi.org/10.1017/S0031182002222830>

Gibson RN (1967) The use of the anaesthetic quinaldine in fish ecology. *Journal of Animal Ecology*, 36, 295–301. <https://doi.org/10.2307/2913>

Gibson RN (1988) Patterns of movement in intertidal fishes. In Behavioral adaptation to intertidal life, pp. 55-63. Springer, Boston, MA. [https://doi.org/10.1007/978-1-4899-3737-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-1-4899-3737-7_5)

Gibson RN (1999) Methods for studying intertidal fishes. In Intertidal fishes: life in two worlds, Horn MH, Marti KLM, Chotkowski MA, eds. San Diego: Academic Press, pp. 7–25.

Gibson RN, Yoshiyama RM (1999) Intertidal fish communities. Intertidal fishes: life in two worlds, 264-296.

Gómez EPC (2012) Estructura de la comunidad de macroinvertebrados móviles y análisis poblacional de la estrella de mar *Pisaster ochraceus* (Brandt, 1835) del intermareal rocoso de Baja California (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Baja California). Tesis de maestría.

González J (2011) MAR V1.0 (CICESE) “Software”. Recuperado de: <http://predmar.cicese.mx/programa/>

Hargis WJ (1955) A new species of *Benedenia* (Trematoda: Monogenea) from *Girella nigricans*, the opaleye. The Journal of Parasitology, 41(1), 48-50. <https://doi.org/10.2307/3273995>

Holmes JC (1990) Helminth communities in marine fishes. In Parasite communities: patterns and processes, pp. 101-130. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-0837-6\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-009-0837-6_5)

Horn MH, Martin KL (2006) Rocky intertidal zone. The ecology of marine fishes: California and adjacent waters, 205-226.

Ibarra-Macías B (2017) Análisis espacio-temporal de la comunidad de invertebrados y algas de intermareal rocoso de Punta Morro, Ensenada, Baja California. Tesis de Maestría en Oceanografía Costera. Universidad Autónoma de Baja California. 101 pp.

Jones A, Bray RA, Gibson DI (2005) Keys to the Trematoda, Vol. 2. Wallingford, UK, CAB International and The Natural History Museum, 745 pp.

Kovach WL (1999) MVSP—A Multivariate Statistical Package for Windows, Version 3.1. Kovach Computing Services, Pentraeth

Krebs C (1989) Ecological methodology. Harper Collins Publishers.

Kronberg I (1988) Structure and adaptation of the fauna in the black zone (littoral fringe) along rocky shores in northern Europe. Marine ecology progress series. Oldendorf, 49(1), 95-106.

Lamothe-Argumedo R (1963) Estudio de algunos monogéneos y digéneos parásitos de peces del Pacífico mexicano. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 111 p.

Leiva NV, López Z, González MT, Muñoz G (2017) Determining intermediate hosts for Opicoelidae and Microphallidae species (Platyhelminthes: Trematoda) in the Southeastern Pacific Coast, using molecular markers. Journal of Parasitology, 103(1), 132-137. <https://doi.org/10.1645/16-3>

León-Regagnon V, Pérez-Ponce de León G, and Brooks DR (1996) Phylogenetic analysis of Opisthadenia (digenea: Hemiuridae). The Journal of parasitology, 1005-1010. <https://doi.org/10.2307/3284213>

Leon-Regagnon V, Pérez-Ponce de León G, Garcia-Prieto L (1997) Description of *Heteroplectanum oliveri* sp. n. (Monogenea: Diplectanidae) and comments on the helminth fauna of *Kyphosus elegans* (Perciformes: Kyphosidae) from Chamela Bay, México. Journal-Helminthological Society Washington, 64, 9-16.

Lima LB, Bellay S, Giacomini HC, Isaac A, Lima-Junior DP (2016) Influence of host diet and phylogeny on parasite sharing by fish in a diverse tropical floodplain. Parasitology, 143(3), 343-349. <https://doi.org/10.1017/S003118201500164X>

Lo CM, Morand S, Galzin R (1998) Parasite diversity, host age and size relationship in three coral-reef fishes from French Polynesia. *International journal for parasitology*, 28(11), 1695-1708. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(98\)00140-4](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(98)00140-4)

López-Zacarías MN, Herrerías-Diego Y, Tafolla-Venegas D, Domínguez-Domínguez O, Pérez-Ponce de León G (2021) Community structure of intestinal adult trematodes (Platyhelminthes) in six species of Haemulon (Osteichthyes) in Puerto Morelos Reef National Park, Quintana Roo, Mexico. *Revista mexicana de biodiversidad*, 92. <https://doi.org/10.22201/ib.20078706e.2021.92.3602>

Love MS (2005) Resource inventory of marine and estuarine fishes of the West Coast and Alaska: A checklist of North Pacific and Arctic Ocean species from Baja California to the Alaska-Yukon border. US Department of the Interior, US Geological Survey, National Biological Information Infrastructure.

Love MS, Mecklenburg CW, Mecklenburg TA, Thorsteinson IK (2005) Resource inventory of marine and estuarine fishes of the West coast and Alaska: A checklist of North Pacific and Arctic Ocean species from Baja California to the Alaska–Yukon border. U. S. Department of the interior, U. S. Geological Survey, Biological Resources Division, Seattle, Washington, 98104, OCS Study MMS 2005-030 and USGS/ NBii 2005-001.

Luque JL, Mouillot D, Poulin R (2004) Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitology*, 128(6), 671-682. <https://doi.org/10.1017/S0031182004005050>

Magurran A (1988) *Ecological diversity and its measurement*. London, UK, Croom Helm, 179 pp.

Magurran A (2004) *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science. Oxford. 256 p.

Manter HW, Van-Cleve HJ (1951) Some digenetic trematodes, including eight new species, from marine fishes of La Jolla, Calif. *Proceedings of the United States National Museum*.

Marcogliese DJ (2002) Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology*, 124(7), 83-99. <https://doi.org/10.1017/S003118200200149X>

Martin KL (1991) Facultative aerial respiration in an intertidal sculpin, *Clinocottus analis* (Scorpaeniformes: Cottidae). *Physiological zoology*, 64(5), 1341-1355. <https://doi.org/10.1086/physzool.64.5.30156249>

Martin WE (1978) Digenetic trematodes of the marine fish, *Girella nigricans* (Ayers), from southern California with the description of two new species. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 45, 175-181.

Martínez-Aquino A, Salgado-Maldonado G, Aguilar-Aguilar R, Cabañas-Carranza G, Ortega-Olivares MP (2004) Helminth parasites of *Chapalichthys encaustus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology*, 90(4), 889-890. <https://doi.org/10.1645/GE-255R>

Miller DJ, Lea RN (1972) Guide to the coastal marine fishes of California. *Cal. Dep. Fish Game. Fish Bull*, 157, 249.

Montgomery WR (1957) Studies on Digenetic Trematodes from Marine Fishes of La Jolla, California. *Transactions of the American Microscopical Society*, 76(1), 13-36. <https://doi.org/10.2307/3223917>

Montoya-Mendoza J, Badillo-López SE, Amaro-Espejo IA, Castañeda-Chávez MDR, Lango-Reynoso F, Herrera-Martínez I (2018) Helminth parasite communities of two *Scorpaena* spp. (Scorpaenidae) from reefs of Veracruz, Mexico. *Journal of Agricultural Science*, 10(9). <https://doi.org/10.5539/jas.v10n9p504>

Montoya-Mendoza J, Salgado-Maldonado G, Álvarez-Noguera F, Lugo-Vázquez A, Lango-Reynoso F (2019) Communities of helminth parasites in sciaenid fish from the Alvarado Coast, Veracruz, Mexico, Southern Gulf of Mexico. *Journal of Agricultural Science*, 11(8). <https://doi.org/10.5539/jas.v11n8p65>

Montoya-Mendoza J, Salgado-Maldonado G, Favila-Castillo ME, Vázquez-Hurtado G, Castañeda-Chávez MR (2017) Communities of helminth parasites in five Carangidae species from the coast of Veracruz, Mexico, Southern Gulf of Mexico. *Global Journal of Science Frontier Research*, 17(1), 7-18.

Moos WE, McDevitt-Galles T, Calhoun DM, Johnson PTJ (2020) Tracking the assembly of nested parasite communities: using b-diversity to understand variation in parasites richness and composition over time and scale. *Journal of Animal Ecology*, 89, 1532–1542. <https://doi.org/10.1111/1365-2656.13204>

Moravec F (1998) Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region. Academia, Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic.

Moreno CE, Halffter G (2001) On the measure of sampling effort used in species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*, 487-490. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2664.2001.00590.x>

Morton DN, Antonino CY, Broughton FJ, Dykman LN, Kuris AM, Lafferty KD (2021) A food web including parasites for kelp forests of the Santa Barbara Channel, California. *Scientific Data*, 8(1), 1-14. <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.13487178>

Mouritsen KN, Poulin R (2002) Parasitism, community structure and biodiversity in intertidal ecosystems. *Parasitology*, 124(7), 101. <https://doi.org/10.1017/S0031182002001476>

Muñoz G, Valdivia I, López Z (2015) The life cycle of *Proserhynchoides carvajali* (Trematoda: Bucephalidae) involving species of bivalve and fish hosts in the intertidal zone of central Chile. *Journal of Helminthology*, 89(5), 584-592. <https://doi.org/10.1017/S0022149X14000546>

Muñoz G, Zamora L (2011) Ontogenetic variation in parasite infracommunities of the clingfish *Sicyases sanguineus* (Pisces: Gobiesocidae). *The Journal of parasitology*, 97(1), 14-19.

Nahas FM, Krupin R. (1977) Parasites of *Liparis callyodon* (Pallas) with a description of a new species, *Metadena caballeroi*. Excerta Parasitología en Memoria del Doctor Eduardo Caballero y Caballero. Universidad Nacional Autónoma de México, 261-266.

Noble ER, King RE (1960) The ecology of the fish *Gillichthys mirabilis* and one of its nematode parasites. *Journal of Parasitology*, 46, 679-685.

Ojaveer H, Turovski A, Nõomaa K (2020) Parasite infection of the non-indigenous round goby (*Neogobius melanostromus*) in the Baltic Sea. *Aquatic Invasions*, 15, 160–176. <https://doi.org/10.3391/ai.2020.15.1.11>

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE) 2019 Código sanitario para los animales acuáticos. Recuperado en: <https://www.oie.int/es/normas/codigo-acuatico/acceso-en-linea/>

Overstreet RM (1997) Parasitological Data as Monitors of Environmental Health. Faculty Publications from the Harold W. Manter Laboratory of Parasitology. 448.

Overstreet RM, Hawkins WE, Deardorff TL (2020) The western mosquitofish as an environmental sentinel: parasites and histological lesions. In *Environmental fate and effects of pulp and paper mill effluents* (pp. 495-509). CRC Press.

Poulin R (1998) Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *The Journal of Parasitology*, 485-490. <https://doi.org/10.2307/3284710>

Poulin R (2001) Interactions between species and the structure of helminth communities. *Parasitology*, 122(S1), S3-S11. <https://doi.org/10.1017/S0031182000016991>

Poulin R, Chappell LH (2002). *Parasites in marine systems* (Vol. 124). Cambridge University Press.

Prasanna VA, Mani G, Vijayalakshmi C (2011) Metazoan parasite infracommunities of the freshwater eel, *Mastacembelus armatus* Lacèpede, 1800 from River Godavari, India.

International Journal of Zoological Research, 7, 19–33.  
<https://dx.doi.org/10.3923/ijzr.2011.19.33>

Raffaelli D, Hawkins SJ (1996) Intertidal ecology. Springer Science and Business Media. <https://doi.org/10.1007/978-94-009-1489-6>

Ramírez Valdez JA (2009) Ecología y biogeografía de las comunidades de peces del intermareal rocoso en la costa occidental de la Península de Baja California, México.

Rebolledo M, Landaeta MF, Muñoz G (2014) Efecto del endoparásito *Proserhynchoides* sp.(Trematoda: Bucephalidae) en la capacidad de nado sostenido del baunco *Girella laevisfrons* (Osteichthyes: Kyphosidae). Revista de biología marina y oceanografía, 49(3), 625-630. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572014000300020>

Reiczigel J, Marozzi M, Fábían I, Rózsa L (2019) Biostatistics for parasitologists—a primer to quantitative parasitology. Trends in Parasitology, 35(4), 277-281.  
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2019.01.003>

Rodriguez GC (1977) Estudios de la colección de trematodos colectados por Howard A., Winter, en peces del océano Pacífico de México y de los Estados Unidos de Norteamérica VII.

Rohde K (1993) Ecology of marine parasites; An Introduction to marine parasitology. 2nd Edition, CAB, International, 298 pp

Rohlf FJ, Sokal RR (1981) Comparing numerical taxonomic studies. Systematic Biology, 30(4), 459-490. <https://doi.org/10.2307/2413054>

Rosas-Valdez R, Morrone JJ, Pinacho-Pinacho CD, Domínguez-Domínguez O, García-Varela M (2020) Genetic diversification of acanthocephalans of the genus *Floridosentis* Ward 1953 (Acanthocephala: Neoechinorhynchidae), parasites of mullets from the Americas. Infection, Genetics and Evolution, 85, 104535.  
<https://doi.org/10.1016/j.meegid.2020.104535>

Rufino-González Y (1989) Estudio taxonómico de algunos tremátodos de peces marinos y estuarinos de Puerto Morelos, Quintana Roo. Tesis Licenciatura Facultad de Ciencias, UNAM. 116 p

Ruiz-Campos G, Hammann MG (1991) Feeding of the Woolly Sculpin, *Clinocottus analis* (Pisces: Cottidae), in Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. The Southwestern Naturalist, 36(3), 348-353. <https://doi.org/10.2307/3671688>

Ruiz-Campos G, Hammann MG (2002) Hábitos y relaciones tróficas de un elenco íctico en el intermareal rocoso de la Bahía de Todos Santos, Baja California, México: otoño-invierno. libro jubilar en honor al Dr. Salvador Contreras Balderas, M. I. lozano-vilano, ed. Monterrey, México, Universidad Autónoma de Nuevo león, 87-101.

Ruiz-Campos G, Ramirez-Valdez A, González-Acosta AF, Castro-Aguirre JL, González-Guzmán S, De La Cruz-Agüero J (2010) Composition, density and biogeographic affinities of the rocky intertidal fishes on the western coast of the Baja California Península, Mexico. CalCOFI Reports, 51, 210-220.

Salgado-Maldonado G (2005) Parásitos de peces dulceacuícolas. Biodiversidad del estado de Tabasco, p. 145.

Salgado-Maldonado G (2016) Host specificity and the structure of helminth parasite communities of fishes in a neotropical river in Mexico. Parasite, 23, 61. <https://doi.org/10.1051/parasite/2016073>

Segura-Aguilar R (2008) Análisis socio-ambiental como base para la gestión de la zona intermareal Punta Morro con fines de investigación, educación y uso sustentable (Doctoral dissertation, Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California).

Simon RC, Schill WB (1984). Tables of sample size requirements for detection of fish infected by pathogens: three confidence levels for different infection prevalence and

various population sizes. *Journal of Fish Diseases*, 7(6), 515-520.  
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2761.1984.tb01179.x>

Sousa WP (1994) Patterns and processes in communities of heir ninth parasites. *Trends in Ecology and Evolution*, 9(2), 52-57. [https://doi.org/10.1016/0169-5347\(94\)90268-2](https://doi.org/10.1016/0169-5347(94)90268-2)

Southwood TRE (1978) *Ecological methods, with particular reference to the study of insect populations*. The English Language Book Society and Chohan-Hall, London, 524.  
<https://doi.org/10.1007/978-94-009-5809-8>

Sures B (2004) Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. *Trends in parasitology*, 20(4), 170-177.  
<https://doi.org/10.1016/j.pt.2004.01.014>

Thomson DA, Findley IT, Kerstitch AN (2000) *Reef fishes of the Sea of Cortez, the rocky-shore fishes of the Gulf of California*. Austin, The University of Texas Press. 353 pp.

Timi JT, Lanfranchi AL (2009) The importance of the compound community on the parasite infracommunity structure in a small benthic fish. *Parasitology Research*, 104, 295–302. <https://doi.org/10.1007/s00436-008-1191-1>

Timi JT, Poulin R (2003) Parasite community structure within and across host populations of a marine pelagic fish: how repeatable is it?. *International Journal for Parasitology*, 33(12), 1353-1362. [https://doi.org/10.1016/S0020-7519\(03\)00203-0](https://doi.org/10.1016/S0020-7519(03)00203-0)

Vidal-Martínez VM, Aguirre-Macedo ML, Vivas-Rodríguez CM, Moravec F (1998) Las comunidades de macroparásitos del Mero, *Epinephelus morio* (Pisces: Serranidae), en la Península de Yucatán, México.

Vidal-Martínez VM, Scholz T, Aguirre-Macedo ML, Gonzalez-Solis D, Mendoza-Franco EF (2001) *Atlas of the helminth parasites of Cichlid fishes of Mexico*. Prague, Academia, 165.

Violante-González J, Aguirre-Macedo M, Rojas-Herrera A (2008) Comunidad de parásitos metazoarios de la charra *Cichlasoma trimaculatum* en la laguna de Tres Palos, Guerrero, México. Revista mexicana de biodiversidad, 79(2), 405-412.

Violante-González J, Aguirre-Macedo ML, Vidal-Martínez VM (2008) Temporal variation in the helminth parasite communities of the pacific fat sleeper, *Dormitator latifrons*, from Tres Palos lagoon, Guerrero, México. Journal of Parasitology, 94, 326–334. <https://doi.org/10.1645/GE-1251.1>

Violante-González J, Pulido-Flores G, Monks S, Rojas-Herrera AA (2015) Parasitofauna de peces de lagunas costeras del estado de Guerrero, México. Estudios en Biodiversidad, 11, 78.

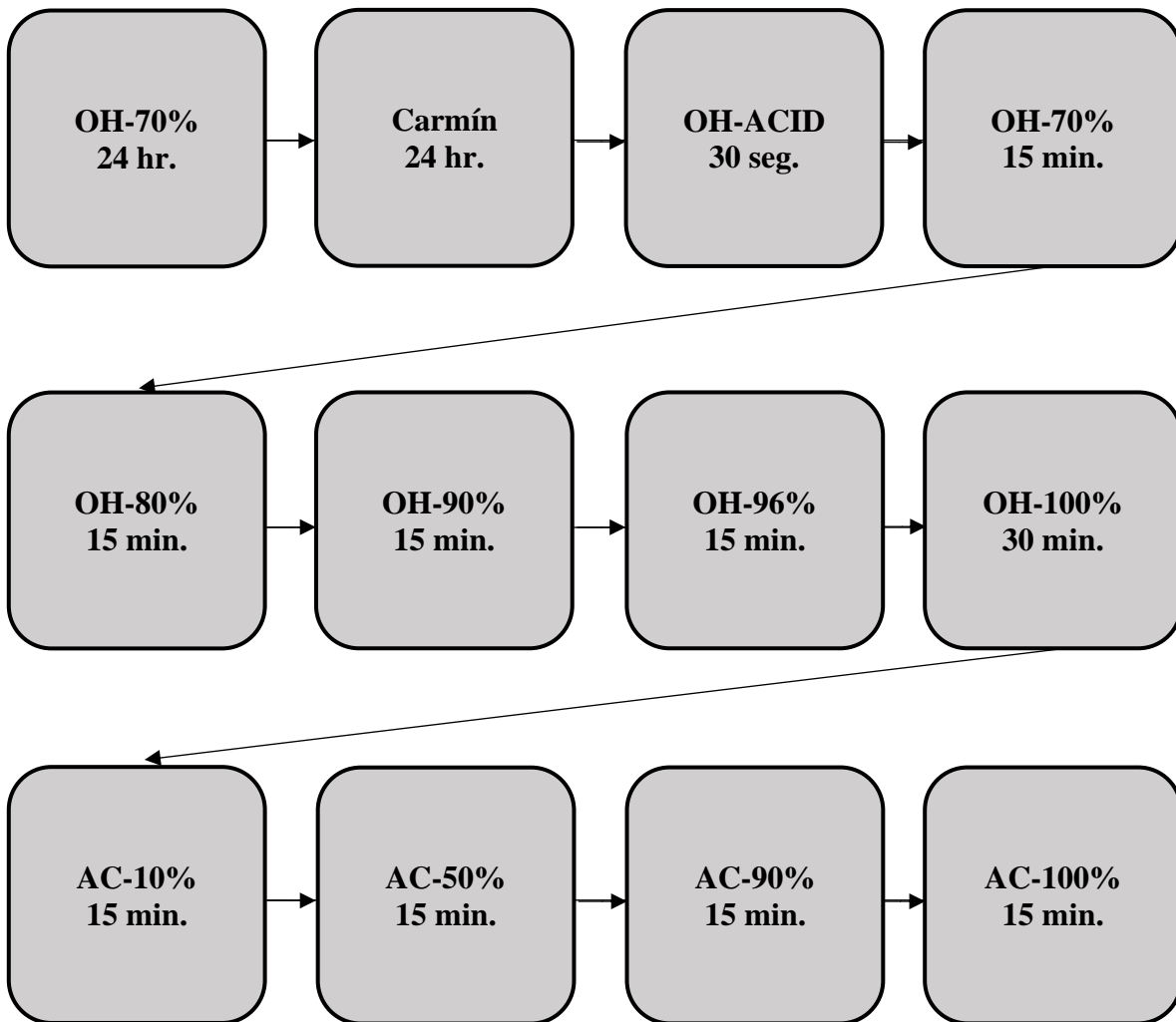
Yamaguti S (1971) Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates. Vols I and II. Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates. Vols I and II.

Zelmer DA, Arai HP (1998) The contributions of host age and size to the aggregated distribution of parasites in yellow perch, *Perca flavescens*, from Garner Lake, Alberta, Canada. The Journal of parasitology, 24-28. <https://doi.org/10.2307/3284522>

Zelmer DA, Esch GW (1999) Robust estimation of parasite component community richness. The Journal of parasitology, 592-594. <https://doi.org/10.2307/3285807>

9. ANEXOS

**Anexo 1.** Técnica de tinción de Carmín clorhídrico para trematodos y acantocéfalos. Tomado y modificado de Vidal-Martínez *et al.* (2001). OH = Alcohol, OH-ACID = Alcohol acidulado, AC = Aceite de clavo.



**Anexo 2.** Fórmulas aplicadas para el índice de dominancia de Berger-Parker, índices de diversidad de Simpson y de Brillouin e índices de similitud de Jaccard y de Morisita-Horn.

**Fórmula 1.** Índice de Berger-Parker:

$$d = N_{\max}/N$$

donde:

$N_{\max}$  = el total de helmintos en la muestra dominante

$N$  = número total de helmintos en la comunidad

**Fórmula 2.** Índice de Simpson:

$$D = 1 - \sum n_i (n_i - 1) / N (N - 1)$$

donde:

$n_i$  = número de helmintos en la 1-ésima especie

$N$  = número total de helmintos

**Fórmula 3.** Índice de Brillouin:

$$H = 1 - N \log (N! / n_1! n_2! n_3! \dots)$$

donde:

$N$  = número total de helmintos

$n_1$  = número de helmintos de la especie 1

$n_2$  = número de helmintos de la especie 2

$n_3$  = número de helmintos de la especie 3

**Fórmula 4.** Índice de Jaccard:

$$J = C / S_1 + S_2 + C$$

donde:

$S_1$  = número de especies presentes en el grupo 1

$S_2$  = número de especies presentes en el grupo 2

$C$  = número de especies que están presentes en las dos muestras

**Fórmula 5.** Índice de Morisita-Horn:

$$CH = 2 \sum_{i=1}^n (X_{it}) \cdot (X_{i(t+1)}) / [(\sum_{i=1}^n X_{it}^2 / N_t^2) + (X_{i(t+1)}^2 / N_{t+1}^2)] \cdot N_t N_{t+1}$$

donde:

n = total de períodos de muestreo

$X_{it}$ ,  $X_{i(t+1)}$  = número de individuos de la especie i en la muestra t y en la muestra t + 1

$N_t = \sum X_{it}$  = número total de individuos en la muestra t

$N_{t+1} = \sum X_{i(t+1)}$  = número total de individuos en la muestra t + 1

**Anexo 3.** Valor de dominancia numérica de Berger-Parker de *Ope. adsphaericus* en *Clinocottus analis* de Punta Morro, Baja California, México. INV BP = Valor inverso de Berger-Parker.

Especie de parásito	Berger-Parker	INV BP
<i>Ope. adsphaericus</i>	0.963	0.037

**Anexo 4.** Valor de dominancia numérica de Berger-Parker de *Ope. adsphaericus* en *Girella nigricans* de Punta Morro, Baja California, México. INV BP = Valor inverso de Berger-Parker.

Especie de parasito	Berger-Parker	INV BP
<i>Ope. adsphaericus</i>	0.649	0.351