



# Universidad Autónoma de Guerrero

Facultad de Ecología Marina



Variación inter-anual en la composición y la estructura de las comunidades de parásitos del barrilete *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

## TESIS

**Que para obtener el título de**

Maestro en Ciencias

**Presenta**

Jesus Eduardo Miranda Delgado

**Director de Tesis**

Dr. Juan Violante-González

**Asesores:**

Dr. Sergio García Ibáñez

Dr. Agustín Rojas Herrera

Dr. Pedro Flores Rodríguez

Dra. Yanet Romero Ramírez

Acapulco, Gro, Septiembre del 2019

## *Dedicatorias*

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; todos mis logros en esta vida se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Gracias mamá y papá, los amo.

Les agradezco infinitamente no solo por estar presentes aportando buenas cosas en mi vida, si no por los grandes lotes de felicidad y de diversas emociones que siempre me han casuado como la dicha de ser tío de dos pequeños niños, las amo por igual hermanas.

A mis mejores amigos por permitirme aprender más de la vida a su lado, esto también es posible gracias a ustedes.

Agradezco que supieran aceptarme en este trayecto académico, se volvieron parte de mi también y me enseñaron un mundo de gran diversidad de conocimientos, gracias a mis amigos del laboratorio.

## *Agradecimientos*

Primero que todo agradezco infinitamente al Dr. Juan por permitirme trabajar en este proyecto, usted ha sido y será un ejemplo a seguir y quien me guió en el complicado proceso. Es cierto, no fue fácil, sin embargo gracias a su ayuda, esto pareció un tanto menos complicado. El resultado de mi tesis ha sido grandioso y una gran parte del desarrollo de este trabajo se lo debo a usted.

Agradezco también a mis sinodales, la Dra. Yanet, el Dr. Pedro, el Dr. Agustín y al Dr. Sergio, por su valiosa tutoría en todo el proceso de realización de esta tesis y dedicar parte de su tiempo. Gracias por permitirme compartirles los hallazgos de esta investigación.

También le doy gracias al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por haberme brindado el apoyo con una asignación de una beca para poder concluir este proyecto, el cual tuvo el número de apoyo: 474925.

<b>ÍNDICE</b>		<b>Pág.</b>
<b>I.</b>	<b>Introducción</b>	1
<b>II.</b>	<b>Antecedentes</b>	3
2.1	Marco general	3
2.2	Estudios sobre variación temporal o espacial de comunidades de parásitos marinos	4
2.3	Estudios realizados sobre parásitos de túnidos a nivel mundial	4
<b>III.</b>	<b>Aspectos biológicos del hospedero</b>	7
3.1	Importancia pesquera	8
3.2	Alimentación	8
3.3	Fisiología de los túnidos	8
3.4	Importancia de los parásitos de túnidos	9
<b>IV.</b>	<b>Objetivos</b>	11
<b>V.</b>	<b>Metodología</b>	12
<b>VI.</b>	<b>Resultados</b>	16
6.1	Aspectos poblacionales del hospedero	16
6.2	Relación longitud-peso	16
6.3	Alimentación	17
6.4	Composición de la parásitofauna	18
6.5	Distribución de las especies de parásitos	20
6.6	Clasificación de las especies de parásitos de <i>Euthynnus lineatus</i>	22
6.7	Variación inter-anual en los niveles de infección de las especies de parásitos	23
6.8	Distribución espacial de las especies de Parásitos	24
6.9	Comunidad componente	33
6.10	Infracomunidad	34
6.11	Caracterización de las infracomunidades con base a la longitud de los hospederos	35

6.12	Relación entre la longitud y el factor de condición ( $Kn$ ) de <i>Eutynnus lineatus</i> con los parámetros de infracomunidad y las abundancias de los parásitos	37
6.13	Análisis multivariado	39
<b>VII.</b>	<b>Discusión</b>	44
7.1	Aspectos poblacionales del hospedero	44
7.2	Relación longitud-peso	44
7.3	Alimentación	46
7.4	Composición de la parásitofauna de <i>Euthynnus lineatus</i>	47
7.5	Distribución de las especies de parásitos	47
7.6	Variación inter-anual en los niveles de infección de las especies de parásitos	48
7.7	Patrón de dispersión especial	48
7.8	Efecto de la dieta del hospedero sobre la estructuración de comunidades de parásitos intestinales	49
7.9	Importancia de <i>Euthynnus lineatus</i> como hospedero intermediario	50
7.10	Comunidad componente	50
7.11	Infracomunidades	53
7.12	Parásitos de importancia médica	56
<b>VIII.</b>	<b>Conclusiones</b>	58
<b>IX</b>	<b>Referencias</b>	59

<b>No.</b>	<b>LISTA DE TABLAS</b>	<b>Pág.</b>
1	Datos biométricos registrados para <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Gro.	16
2	Valores de los parámetros de crecimiento de la relación longitud-peso para <i>Euthynnus lineatus</i> , a lo largo de los años de muestreo.	17
3	Variación inter-anual en los parámetros de infección de los parásitos en el barrilete <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Gro.	25
4	Parámetros de las comunidades componente de parásitos de <i>Euthynnus lineatus</i> , en la Bahía de Acapulco, Gro.	33
5	Valores de los índices de Similitud de Sorensen y Porcentaje de Similitud, entre las comunidades de parásitos de <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Gro.	34
6	Parámetros de las infracomunidades parásitos de <i>Euthynnus lineatus</i> , en la Bahía de Acapulco, Gro.	35
7	Valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), empleado para determinar la existencia de relación entre la longitud y el factor de condición ( $Kn$ ) de los hospederos y los parámetros de infracomunidad, así como la abundancia de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes.	38
8	Resumen del análisis de componentes principales (ACP) sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y la riqueza de especies de las infracomunidades de <i>Euthynnus lineatus</i> , en la Bahía de Acapulco, Gro.	41
9	Resultados del análisis discriminante, se muestran los números y porcentajes de <i>Euthynnus lineatus</i> clasificados en cada año de muestreo.	43
10	Parámetros de relaciones longitud-peso, para especies de túnidos a nivel mundial.	45
11	Parámetros de comunidades de parásitos en túnidos a nivel mundial.	52

<b>No.</b>	<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>Pág.</b>
1	<i>Euthynnus lineatus</i> (Kishinouye 1920)	7
2	Relación longitud-peso para <i>Euthynnus lineatus</i> durante dos años de muestreo (2016 y 2018 <sub>b</sub> ), en la Bahía de Acapulco, Gro.	17
3	Espectro alimenticio de <i>Euthynnus lineatus</i> , durante los años 2012 y 2018.	18
4	Composición de la parasitofauna de <i>Euthynnus lineatus</i> , en Acapulco, Guerrero.	19
5	Número de especies de digéneos y crustáceos en <i>Euthynnus lineatus</i> , a lo largo del periodo de estudio, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	19
6	Distribución de especies de parásitos en <i>Euthynnus lineatus</i> durante el muestreo de 2012.	20
7	Distribución de especies de parásitos en <i>Euthynnus lineatus</i> durante el muestreo de 2018.	21
8	Clasificación general de las especies de parásitos de <i>Euthynnus lineatus</i> , empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.	22
9	Parasitofauna de <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	32
10	Distribución de la riqueza de especies de parásitos, con base a la longitud total de <i>Euthynnus lineatus</i> , en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	36
11	Distribución de la carga parasitaria con base a la longitud total de <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	36
12	Distribución de la diversidad de especies (índice de Brillouin) de parásitos, con base a la longitud total de <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	37
13	Diagrama de dispersión del ACP sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y la riqueza de especies de infracomunidades de <i>Euthynnus lineatus</i> , en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	39
14	Gráfico del análisis discriminante para las comunidades de parásitos de <i>Euthynnus lineatus</i> en la Bahía de Acapulco, Guerrero.	42

#### **ANEXOS**

Factors linked to interannual variation in the metazoan parasite communities of black skipjack, *Euthynnus lineatus* (Pisces: Scombridae)

## Resumen.

Las comunidades de parásitos de peces marinos pueden registrar cambios importantes tanto temporales como espaciales en su estructura y composición de especies, como respuesta a variaciones en algunos factores ambientales de tipo biótico o abiótico. No obstante que existen algunos estudios que examinan la variación temporal y espacial de estas comunidades, se ha dado poca atención a la influencia de los factores abióticos, por lo que sus posibles efectos sobre la estructura de las comunidades de parásitos aún no son del todo comprendidos. Con el objetivo de determinar la posible existencia de variaciones inter-anales en las comunidades de parásitos del barrilete *Euthynnus lineatus*, debido a la influencia de algunos factores ambientales extrínsecos e intrínsecos, se examinaron un total de 496 ejemplares de esta especie, obtenidos a partir de capturas comerciales realizadas a lo largo de un periodo de 7 años (2012 a 2018), en la Bahía de Acapulco, Gro. La parasitofauna de *E. lineatus* durante este periodo de estudio, estuvo constituida por un total de 33 especies de parásitos: 4 monogéneos, 16 digéneos, 2 acantocéfalos, 2 cestodos, 3 nemátodos, y 6 crustáceos (3 copépodos y 3 isópodos). El grupo de los digéneos presentó la mayor riqueza de especies, la cual representó el 48% del total de especies recuperadas, seguido por los crustáceos con un 19%. A nivel de comunidad componente la riqueza de especies varió entre 14 y 24 especies, siendo muy similar a la reportada para otras especies de atunes de talla pequeña como *E. lineatus*, en otras localidades. Tanto las comunidades como las infracomunidades de parásitos presentaron patrones similares: una alta riqueza y diversidad de especies, así como la dominancia numérica de una sola especie, principalmente de los didimozoides *Allopseudocolocyntotrema claviforme* o *Pseudocolocyntotrema yaito*. Tanto la estructura como la composición de especies variaron entre los años de muestreo posiblemente debido a una combinación de factores tanto bióticos como abióticos, los cuales generaron cambios significativos en los niveles de infección de varias especies componente durante el periodo de estudio. Por lo tanto, las comunidades de parásitos estudiadas pueden ser consideradas como muy impredecibles en términos de estructura y composición de especies, tal como ha sido sugerido para otras comunidades de parásitos de peces marinos.

## **Abstract.**

Marine parasite communities can exhibit temporal and spatial changes in response to seasonal and local variations in several biotic and abiotic environmental factors. Limited attention has been given to the influence of abiotic factors, so their effects on parasite community structure remain unclear. A total of 496 *Euthynnus lineatus* specimens were collected over a seven-year period (2012 to 2018) from Acapulco Bay, Mexico. Their parasite communities were analyzed to determine if they experience inter-annual variations due to local biotic and abiotic factors. Thirty-three metazoan parasite species were recovered and identified: four species of Monogenea (adults); sixteen Digenea (adults); two Acanthocephala (adults); two Cestoda (larvae); three Nematoda (two larvae and one adult); and six Crustacea (three Copepoda, and three Isopoda). Species richness was greatest among the digeneans, which represented 48% of the total species recovered, followed by the crustaceans (19% of total species). Species richness at the component community level (14 to 24 species) was similar to reported richness in other small tuna species. *E. lineatus* component communities and infracommunities exhibited a similar pattern: high species richness and diversity, and dominance by a single species, mainly the didymozoids *Allopseudocolocyntotrema claviforme* or *Pseudocolocyntotrema yaito*. Parasite community structure and species composition varied between sampling years. Variations were possibly caused by a combination of abiotic and biotic factors which generated notable changes in the infection levels of several component species during the study period. These communities may therefore be unpredictable in terms of structure and species composition, as has been suggested for other communities of marine parasites.

## **I. Introducción.**

Las comunidades de parásitos metazoarios en peces marinos están constituidas principalmente por especies de ectoparásitos (monogéneos, copépodos e isópodos), así como de endoparásitos (digéneos, cestodos, nemátodos y acantocéfalos). La riqueza y diversidad de especies de estas comunidades, pueden variar ampliamente entre las diferentes especies de hospedero (Poulin y Rohde 1997; Rohde 2005). Solo algunos estudios enfocados en la estructura de las comunidades de parásitos marinos, han examinado las posibles variaciones temporales o espaciales generadas como respuesta a variaciones estacionales y locales en varios factores ambientales bióticos y abióticos (Balboa y George-Nascimento 1998; Garcías *et al.* 2001; Vidal-Martínez y Poulin 2003; Iannacone *et al.* 2010; Henríquez y González 2012; Soares *et al.* 2014; Sellers *et al.* 2015).

En las regiones tropicales, los cambios en la estructura de las comunidades de parásitos marinos han sido relacionados con algunos factores bióticos asociados con las características de los hospederos, como la edad, el tamaño corporal, el tipo de alimentación, la densidad y la vagilidad o desplazamiento entre hábitats. Estos factores pueden promover altas tasas de exposición y colonización para nuevas especies de parásitos, los cuales se han asociado también con comunidades de parásitos de una mayor riqueza de especies (Sasal *et al.* 1997; Luque *et al.* 2004; Soares *et al.* 2014; Santos-Bustos *et al.* 2018; Villalba-Vasquez *et al.* 2018). Sin embargo, la influencia de los factores abióticos, tales como las fluctuaciones locales en la temperatura superficial del agua, la salinidad o en las concentraciones de oxígeno disuelto, casi no han sido considerados. Fluctuaciones climáticas a gran escala como la conocida oscilación del Sur-El Niño (ENSO: fase de calentamiento de la temperatura superficial del mar) y la Niña (fase de enfriamiento) pueden afectar muchos procesos ecológicos, incluidos los de transmisión de muchas especies de parásitos (Alvitres *et al.* 1999; Oliva *et al.* 2008). Por ejemplo, los parásitos que son transmitidos mediante el consumo de presas infectadas (transmisión-trófica) presentan estadios de vida libre que son incubados desde el estadio de huevo en el medio marino, por lo que pueden ser afectados por las mismas condiciones físicas oceanográficas (temperatura, salinidad, corrientes) que afectan a los estadios larvales de otros organismos marinos, incluidos aquellos de sus hospederos (Marcogliese 2005; Jacobson *et al.* 2012; Lohmus y Bjorklund 2015). Durante el evento más reciente de El Niño (2015-2016), la temperatura superficial del mar se elevó más de 2.5 °C durante 6 meses, en regiones tropicales como las Islas Galápagos en el Pacífico sur. Esta temperatura superficial anormalmente alta, fue vinculada con la aparición con de una enfermedad ulcerativa de la piel, la cual afectó a varias especies de peces en esta región (Lamb *et al.* 2018).

Los estudios sobre variaciones en la estructura y composición de especies de las comunidades de parásitos, pueden ser realizados considerando varias escalas de tiempo; esto es, desde estudios de tiempo corto (anuales), en los cuales se examinan los cambios estacionales en los parámetros poblacionales de las especies, hasta los estudios de periodos de tiempo largo (inter-anuales), en los que generalmente se examinan la estabilidad y la persistencia de las poblaciones de parásitos que constituyen las comunidades (Kennedy 2006).

Los estudios que consideran periodos de tiempo largo (varios años) se han enfocado principalmente en las variaciones estacionales de poblaciones de parásitos, dado que estas variaciones pueden ser asociadas con cambios ambientales y biológicos del hospedero (Herrmann y Sorensen 2009). Otros estudios en cambio, han determinado el grado de estabilidad en la composición de especies y de la estructura de la comunidad entre años consecutivos (Cortés y Muñoz 2009; Villaba-Vásquez *et al.* 2018).

Los resultados obtenidos hasta la fecha no permiten aún poder establecer conclusiones definitivas, dado que mientras que algunos sugieren que las comunidades de parásitos de organismos acuáticos pueden variar muy poco en su composición y estructura entre años consecutivos, manteniendo por lo tanto un cierto grado de estabilidad a lo largo del tiempo (Cortés y Muñoz 2009), otros en cambio, indican que las comunidades pueden experimentar cambios importantes en su estructura, debido a variaciones significativas en los niveles de infección de algunas especies componente (Santos-Bustos *et al.* 2018; Villalba-Vasquez *et al.* 2018).

Por lo tanto, los datos sobre los niveles de infección de los parásitos del barrilete *Euthynnus lineatus*, un pez marino de gran importancia económica y ecológica, obtenidos a lo largo de un periodo de varios años, son utilizados en esta investigación para determinar si las comunidades de peces marinos presentan o no, una estructura estable a lo largo de un periodo de varios años, lo cual puede indicarnos el nivel de predictibilidad que pueden tener sus comunidades de parásitos.

## **II. Antecedentes.**

### **2.1. Marco general.**

Algunos estudios sobre ecología de parásitos señalan que las fluctuaciones registradas en los niveles de infección, son muy comunes en muchas poblaciones de helmintos de peces principalmente de agua dulce (Eure 1976; Chubb 1979; Fiorillo y Font 1999); aunque los mecanismos que influyen estacionalmente son algunas veces difíciles de identificar. Muchos procesos han sido sugeridos como posibles factores que pueden influenciar cambios estacionales en las poblaciones y comunidades de parásitos, entre los que se incluyen la descarga de cercarias en el caso de poblaciones de digéneos, la temperatura y otros factores abióticos. Pueden ocurrir además cambios ontogénicos en la dieta de los hospederos, o variaciones en la abundancia de los hospederos intermediarios (Fellis y Esch 2004). Los factores abióticos tales como la temperatura, pueden afectar los ciclos estacionales de muchos helmintos (Eure 1976; Fiorillo y Font 1999). Chubb (1982) reportó que los ciclos estacionales en la prevalencia y abundancia de poblaciones de acantocéfalos en peces de agua dulce, fueron cercanamente correlacionados con cambios ambientales estacionales en los factores abióticos, principalmente en la temperatura, así como con factores bióticos, relacionados principalmente con la dieta del hospedero (Kennedy 2006).

Los estudios sobre los patrones estacionales de abundancia de helmintos de peces en ambientes dulceacuícolas, se han llevado a cabo principalmente en regiones templadas de América del norte y Europa (Cloutman 1975), aunque existe un menor número de investigaciones enfocadas en la variabilidad temporal de helmintos en peces de ambientes marinos o estuarinos. Muchas especies de invertebrados que actúan como hospederos intermediarios potenciales para muchos helmintos parásitos, presentan también cambios estacionales en su densidad. Por lo tanto, la dinámica estacional de los invertebrados que actúan como hospederos intermediarios, acoplada con la variación estacional en la tasa de alimentación y la dieta de los peces, pueden jugar un papel importante en la determinación del ciclo estacional de abundancia de helmintos en diferentes ambientes acuáticos (Fiorillo y Font 1999).

Por otra parte, debido a que el comportamiento alimenticio de los peces cambia frecuentemente a lo largo del año, la abundancia de parásitos de ciclo de vida corto que son reclutados pasivamente, tiene el potencial de variar en respuesta a la dieta del hospedero. Se ha reportado también que los peces más grandes y por lo general de mayor edad albergan con frecuencia infecciones más abundantes y diversas (Zelmer y Arai 1998; Fiorillo y Font 1999). Sin embargo,

los mecanismos que generan estos patrones son variados, e incluyen factores tales como diferencia en la exposición entre rangos de edad, diferentes requerimientos alimenticios, y el comportamiento específico (con base a la edad) del hospedero.

## **2.2. Estudios sobre variación temporal o espacial de comunidades de parásitos marinos.**

En el continente americano existen una serie de estudios enfocados al análisis de la posible variación espacial o temporal de las comunidades de parásitos de peces marinos. Por ejemplo, Balboa y George-Nascimento (1998) analizaron la persistencia entre años de muestreo, de la relación existente entre la ontogenia del hospedero y los descriptores infracomunitarios, en dos especies de peces marinos (*Sebastes capensis* y *Helicolenus lengerichi*) en Chile. Ellos observaron variaciones ontogenéticas en la composición y en los descriptores cuantitativos de las infracomunidades de parásitos de *H. lengerichi*, pero no en las de *S. capensis*. De manera general la composición de las infracomunidades de parásitos varió entre los años de muestreo en ambas especies de hospedero. Por su parte, Garcías *et al.* (2001) examinaron la variación inter-anual de las infracomunidades de parásitos metazoos de la corvina *Cilus gilberti* en Chile, con el objetivo de determinar si las características infracomunitarias (composición, riqueza, diversidad, abundancia y dominancia), se modificaban o no sustantivamente entre años de muestreo. Ellos registraron variaciones significativas en la composición de las infracomunidades, aunque no en la riqueza, abundancia, diversidad y dominancia de las mismas.

Iannacone *et al.* (2010) evaluaron la estructura comunitaria de los parásitos de *Sciaena deliciosa*, a partir de muestras tomadas con 20 años de diferencia en Lima, Perú (1987, 1988 y 2008) en peces de similar longitud corporal. Los autores registraron una variación significativa en los niveles de infección de algunos parásitos, la cual fue atribuida a la variación en los tipos de presas disponibles entre los años de muestreo, en el caso de los endoparásitos; así como a las posibles fluctuaciones estacionales de estos mismos hospederos intermediarios. Otro factor de variación sugerido fue la posible influencia de diferencias en la temperatura superficial asociadas con un evento moderado de El Niño, ocurrido durante los primeros muestreos, así como por la amplitud del periodo de muestreo.

## **2.3. Estudios realizados sobre parásitos de túnidos a nivel mundial.**

La mayoría de los estudios existentes sobre parásitos de túnidos a nivel mundial, son de tipo taxonómico y solo un menor número realiza una caracterización global de la comunidad de parásitos en este grupo de peces. Madhavi y Ram (2000) estudiaron la estructura de la comunidad de helmintos de *Euthynnus affinis* en la Bahía de Bengala. De acuerdo con los

autores, la comunidad de parásitos estuvo constituida por 23 especies, siendo el grupo de didimozoides el mejor representado con 14 especies, las cuales fueron consideradas como especialistas de túnidos. De manera general, la comunidad se caracterizó por una alta riqueza y diversidad de especies. Varios factores tales como la variedad de la dieta, alta vagilidad, largo periodo de vida y endotermia, fueron considerados por los autores como determinantes importantes de la riqueza y diversidad de sus comunidades de parásitos. Por otra parte, existió evidencia de un decrecimiento en la densidad de parásitos y un incremento en la diversidad con el incremento en el tamaño del hospedero, indicando que el tamaño tiene una gran influencia en la estructura de la comunidad de parásitos de este hospedero.

Alves y Luque (2006) estudiaron las comunidades de parásitos de 5 especies de escombridos (*Euthynnus alleteratus*, *Katsuwonus pelamis*, *Sarda sarda*, *Scomber scombrus* y *Scomberomorus brasiliensis*) de la costa de Río de Janeiro, Brasil. De estos hospederos los autores recuperaron un total de 44 especies de parásitos: 22 en *E. alleteratus*, 13 en *K. pelamis*, 14 en *S. sarda*, 3 en *S. scombrus* y 12 en *S. brasiliensis*. Los digéneos fueron más abundantes en los hospederos *E. alleteratus* y *S. brasiliensis* con un 85.7% y un 72.5%, respectivamente. En *K. pelamis* y *S. sarda* se registraron un mayor número de cestodos y copépodos (64.5% y 62.9%, respectivamente). En términos generales ellos señalan que la comunidad de parásitos de *K. pelamis*, presentó los valores más altos de riqueza y diversidad promedios. La longitud de los hospederos fue considerada como un factor importante de estructuración de las infracomunidades de larvas de endoparásitos en estos hospederos.

Mele *et al.* (2012) estudiaron los ectoparásitos de las branquias de *Katsuwonus pelamis* en el mar Mediterráneo, reportando un total de 9 especies de parásitos: 8 tremátodos didimozoides y un copépodo. Los didimozoides presentaron una alta especificidad de hábitat de acuerdo con estos autores. Nascimento-Justo y Khon (2012) examinaron por su parte los parásitos de 4 especies de atunes (*Thunnus atlanticus*, *T. albacares*, *T. obesus* y *Katsuwonus pelamis*). Ellos reportan varias especies de didimozoides en estos hospederos y mencionan que la alta vagilidad y la endotermia de los atunes requiere de una alta energía metabólica, la cual es obtenida a partir del consumo de grandes cantidades de alimento (presas), como crustáceos, peces, moluscos y poliquetos, los cuales sirven a su vez como hospederos intermediarios y paraténicos de didimozoides y otros helmintos. Los didimozoides predominan en aguas tropicales y subtropicales del mundo, y son considerados como uno de los grupos de parásitos más enigmáticos de los peces marinos. Justo y Kohn (2014) estudiaron los parásitos de *Thunnus atlanticus* de la costa de Río de Janeiro, Brasil. De acuerdo con los autores, *T. atlanticus* presenta una diversa

comunidad de parásitos conformada por 15 especies de digéneos y 3 monogéneos. Las especies de la familia Didymozoidae fueron las numéricamente dominantes de acuerdo con los autores, con mayores valores de prevalencia y de abundancia. Los hábitos altamente migratorios de este atún, el cual migra entre diferentes océanos, puede hacerlo más vulnerable a las infecciones de varios grupos de parásitos, principalmente didimozoides los cuales se encuentran ampliamente distribuidos entre los peces oceánicos como los atunes. Ellos observaron además una relación significativa entre los niveles de infección de algunas especies y la longitud de los hospederos.

Rodríguez-Llanos *et al.* (2015) utilizaron los parásitos de la región de la cabeza de *Thunnus thynnus* como marcadores, para identificar sus áreas de protección en el mar Mediterráneo. En tanto que Hermida *et al.* (2018) estudiaron los parásitos de *Katsuwonus pelamis* en el Atlántico, reportando un total de 24 especies de parásitos. De acuerdo con los autores, la comunidad se caracterizó por una alta diversidad de parásitos con predominancia de tremátodos didimozoides adultos. La alta riqueza de especies fue relacionada con el comportamiento altamente migratorio del atún, por lo que probablemente están más expuestos a un mayor número de especies de parásitos, en comparación con los peces sedentarios. Los altos niveles de infección observados para dos especies el nematodo *Anisakis* sp. y el cestodo *Tentacularia coryphaena*, fueron considerados como indicadores de la naturaleza voraz de estos atunes, debido a que estos parásitos son adquiridos a partir del consumo de grandes cantidades de alimento y tienden a acumularse a lo largo del tiempo en los peces ictiófagos.

En México solo se han documentado dos trabajos sobre parásitos de atunes. El primero fue realizado por Castillo-Sánchez *et al.* (1997) quienes examinaron la helmintofauna de 20 *Euthynnus lineatus*, en la costa de Jalisco, México. En este estudio se reportan un total de 8 especies, de las cuales los tremátodos fueron el grupo mejor representado con 5 especies. Los autores indicaron que los hábitos alimenticios del hospedero fue el factor que determinó la amplia variedad de helmintos parásitos registrados en este pez. En otro estudio Sánchez-Serrano y Cáceres-Martínez (2003) realizaron una investigación sobre los parásitos del atún de aleta azul *Thunnus thynnus orientalis*. Los parásitos registrados por los autores correspondieron al nematodo *Anisakis* sp., así como a los tremátodos didimozoides de los géneros *Kelliheria* y *Nephrodidymotrema*, además de 2 especies de acantocéfalos.

### III. Aspectos biológicos del hospedero.

Los túnidos son un grupo de peces marinos epipelágicos de la familia Scombridae, la cual incluye a los géneros *Thunnus*, *Katsuwonus*, *Euthynnus*, *Allothunnus* y *Auxis*. El género *Euthynnus* incluye tres especies, *E. affinis*, *E. alletteratus* y *E. lineatus*, distribuidas principalmente en aguas tropicales. *Euthynnus lineatus* (Fig. 1) habita en las zonas epipelágica, nerítica y oceánica, se encuentra distribuido en aguas tropicales y subtropicales del Océano Pacífico Oriental (Ortega-García *et al.* 1996). Presenta una amplia distribución, desde la parte norte de San Simón, California, hasta las Islas Galápagos y el Norte de Perú, encontrándose con mayor frecuencia en el Golfo de California, a lo largo de las costas de México y América Central (Ruíz-Dura 1978). No obstante que *E. lineatus* realiza migraciones en gran escala, no es considerado dentro del grupo de túnidos catalogados como “altamente migratorios”, ya que sus migraciones no son trans-oceánicas, sino que sus desplazamientos están asociados a las plataformas continentales (FAO 1994).

Los peces de este género presentan el cuerpo fusiforme y aerodinámico y el extremo caudal lunado, común a todos los peces parecidos a los atunes. El cuerpo está desprovisto de escamas a excepción del corselet. El género *Euthynnus* se puede distinguir de *Katsuwonus*, por la presencia de una serie de marcas negras oblicuas o longitudinales en la línea lateral. Las aletas dorsales son contiguas o muy cercanas entre sí. Esta última característica distingue a *Euthynnus* del género *Auxis*, cuyas aletas dorsales se encuentran muy separadas. El margen distal de la primera dorsal es cóncavo. Estas características distinguen también a *Euthynnus* del género *Sarda*, cuya primera dorsal tiene un margen casi recto. Normalmente tiene ocho aletas dorsales y siete aletas anales (Ortega-García *et al.* 1996).



Figura 1. *Euthynnus lineatus* (Kishinouye 1920).

### **3.1. Importancia pesquera.**

En México *E. lineatus* se conoce como barrilete negro y es capturado de manera incidental durante la explotación de otros túnidos (*Thunnus albacares*, *Katsuwonus pelamis* y *Thunnus obesus*). Comúnmente una parte de la captura es retenida y otra descartada, a pesar de esto, México es el país con el mayor volumen de captura y aprovechamiento de la especie (Ortega-García *et al.* 1996).

En las costas de Guerrero el barrilete *E. lineatus*, es un componente importante de la pesca artesanal de pelágicos, se pesca todo el año y su captura se incrementa de mayo a noviembre; se comercializa directamente en las playas de desembarco a pequeños compradores y restauranteros, o bien la captura se concentra en sitios específicos, para posteriormente ser trasladada a centros de comercialización, principalmente en la ciudad de Acapulco (Pascual *et al.* 1996). Su carne magra es muy apreciada para la preparación de platillos tradicionales, como las clásicas "tiritas de pescado".

### **3.2. Alimentación.**

Las larvas de *E. lineatus* una vez reabsorbido el saco vitelino, presentan hábitos zooplancívoros, alimentándose principalmente de copépodos y nauplios (Frometin 2010). Los juveniles y adultos por su parte tienen una dieta oportunista, con un comportamiento principalmente carnívoro, la cual incluye peces marinos como la anchoveta *Engraulis ringens*, moluscos y crustáceos pelágicos.

### **3.3. Fisiología de los túnidos.**

Los atunes y algunos tiburones lámnicos los cuales se caracterizan por su gran capacidad natatoria, poseen adaptaciones morfológicas en su sistema de circulación muscular periférica (sistema de contracorriente sanguínea o "rete mirabile"), lo cual les permite retener el calor endógeno generado por la actividad muscular durante su natación permanente. Este sistema de circulación sanguínea en contracorriente, permite que el calor captado por la sangre venosa en los músculos rojos se transfiera a la sangre arterial que entra en ellos, en lugar de dirigirse a la periferia del cuerpo y a las branquias, donde se perdería hacia el agua (Graham y Dickson 2004; Wegner *et al.* 2015).

Por lo tanto, estos peces aun cuando son por esencia poiquilotermos-ectotermos, en realidad actúan como "endotermos facultativos", puesto que por su gran actividad natatoria siempre

mantiene una temperatura corporal (especialmente la del núcleo de sus cuerpos), significativamente más alta que la del agua circundante (Graham y Dickson 2004; Wegner *et al.* 2015). Estos peces se caracterizan por presentar, a lo largo de sus cuerpos, masas de musculatura roja rodeadas de una gran masa de musculatura blanca. La musculatura roja rica en mioglobina corresponde a fibras de funcionamiento metabólico exclusivamente aeróbico; es decir, los músculos requieren forzosamente oxígeno para poder funcionar y son muy eficientes en el uso de la energía para la contracción muscular, generando fuerzas con bajo consumo de energía. Esta musculatura es la que el pez utiliza durante su natación de rutina, para desplazarse en la inmensidad del ambiente pelágico.

Pero, cuando el pez requiere nadar con rapidez para escapar de un depredador o nadar detrás de una presa, necesita velocidad extra y recurre a su musculatura blanca, la cual puede trabajar, pero solo por un corto período, en forma de metabolismo anaeróbico, sin consumo de oxígeno, pero generando una gran cantidad de ácido láctico que debe ser metabolizado en el hígado (Graham y Dickson 2004; Wegner *et al.* 2015). El uso permanente de la musculatura roja aeróbica genera una gran cantidad de calor, que es retenido en el núcleo del pez gracias al sistema de contracorriente sanguínea existente en la misma musculatura roja, evitando que la sangre, al fluir hacia la periferia del cuerpo (corteza térmica), pierda el calor hacia el ambiente marino. De esta manera, los atunes y algunos tiburones mantienen siempre una diferencia térmica en favor de su cuerpo. Esta situación, les otorga además a estos peces una clara ventaja en términos de eficiencia en la contracción muscular, puesto que a mayor temperatura, la musculatura gasta menos energía en su contracción.

### **3.4. Importancia de los parásitos de túnidos.**

El atún es actualmente uno de los recursos pesqueros más importantes a nivel mundial, gracias a su enorme demanda y alto valor que alcanza en el mercado (Mohamed *et al.* 2014). Por otra parte, en los últimos años el desarrollo de la maricultura de atunes en diversas partes del mundo ha experimentado un crecimiento vertiginoso, debido a la gran demanda y valor que se le da a este producto, en el mercado asiático y norteamericano (Sánchez-Serrano y Cáceres-Martínez 2003). No obstante, no se tiene información actualmente, sobre la importancia biológica y ecológica de las diferentes especies de túnidos (Ramos-Cruz 2000, 2009) y poco son los estudios específicos, que examinan sus comunidades de parásitos en el medio silvestre.

Algunos de los parásitos más comunes de los túnidos son los tremátodos didimozoides, los cuales se encuentran principalmente enquistados en pares, y presentan una alta distribución y

especificidad en los tejidos del hospedero; siendo localizados en branquias, tejido conectivo, membrana de la mucosa, y cavidades peritoneales de peces marinos principalmente (Pozdnyakov y Gibson 2008). Presentan formas muy variadas lo cual dificulta su identificación morfológica, llegan a medir desde unos milímetros hasta los 2 m de largo y 0.3 mm de ancho. Se caracterizan además, por tener un color brillante, generalmente amarillo, lo que hace que éstos parásitos puedan ser más fácilmente observados debido a la gran masa de huevos que ocupa gran parte de su cuerpo. En forma adulta no causan daño a los humanos, sin embargo Nikolaeva (1985) refiere que las metacercarias al ser consumida por los humanos pueden adaptarse y migrar a través de los tejidos llegando a causar algún daño.

Los didimozoides son considerados como altamente específicos de los escómbridos. El daño que causan al hospedero puede también afectar la economía de los pescadores, ya que pueden hacer que el pez se deteriore más rápido y hacerlos menos atractivos para los consumidores. Se conocen aproximadamente unas 200 especies de didimozoides e irónicamente, algunas de éstas 200 especies, son descripciones duplicadas de las mismas debido a su complejidad, indisponibilidad y dificultad para obtener muestras intactas.

No se conoce algún ciclo de vida completo de estos parásitos, los estadios juveniles se pueden encontrar en una gran variedad de hospederos, pero solo en los hospederos finales apropiados se convierten en adultos, el resto actúa como hospederos paraténicos y estos contribuyen a que los parásitos lleguen a sus hospederos finales. En los hospederos finales pueden vivir de manera permanente o semipermanente (Williams y Bunkley 1996).

#### **IV. Objetivos.**

##### **Objetivo general.**

Determinar los factores relacionados con las variaciones inter-anales en la estructura y la composición de especies, de las comunidades de parásitos del túnido *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

##### **Objetivos específicos.**

1. Describir las comunidades de parásitos de *E. lineatus* con base en sus parámetros comunitarios.
2. Estimar el grado de similitud de las comunidades de parásitos entre los años de muestreo.
3. Determinar los factores bióticos o abióticos, que puedan generar variaciones en la estructura de las comunidades de parásitos de este hospedero.

##### **Hipótesis de la investigación.**

Debido a que pueden ocurrir cambios anuales en los factores bióticos y abióticos a nivel local, se espera que exista una variación en la composición y la estructura de las comunidades de parásitos de *E. lineatus* a lo largo de los años de muestreo.

## **V. Metodología.**

Las muestras de ejemplares de *E. lineatus* ( $n = 496$  peces) fueron obtenidas a partir de las capturas comerciales efectuadas regularmente en la Bahía de Acapulco ( $16^{\circ} 51' N$ :  $99^{\circ} 52' W$ ), entre Marzo del 2012 y Abril del 2018 (7 años). Después de su captura, los peces fueron trasladados hasta el laboratorio de la Facultad de Ecología Marina y fueron procesados solo algunas horas después de su captura.

### **Datos biométricos.**

A cada uno de los peces les fueron tomadas las biometrías más importantes como la longitud total con un ictiómetro convencional con escala mínima de 1 mm. El peso total se determinó empleando una balanza digital OAHUS con una capacidad de 200 g y sensibilidad de 0.01 g, así como una báscula de reloj de 1000 g, para los ejemplares de mayor peso.

### **Examen helmintológico.**

El análisis helmintológico se basó principalmente en las técnicas propuestas por Vidal-Martínez *et al.* (2001). Los helmintos encontrados en cada uno de los diferentes órganos, fueron separados y fijados en frascos con alcohol al 70% para ser aclarados y teñidos con colorantes biológicos como el carmín clorhídrico o tricrómica de Gomori, siendo montados en resina sintética o bálsamo de Canadá para ser identificados con claves taxonómicas.

### **Relación longitud-peso**

Para determinar la relación longitud-peso de los peces se empleó una ecuación potencial del tipo:

$$W_t = a L_t^b$$

Donde  $W_t$  = peso total del pez (g),  $L_t$  = longitud total (cm),  $a$  = factor de condición y  $b$  = pendiente de la curva o parámetro de alometría.

Donde el coeficiente de regresión  $b$  proporciona información sobre el tipo de crecimiento que exhibe la especie; si  $b = 3$ , el crecimiento es considerado isométrico y cuando  $b \neq 3$ , el crecimiento es de tipo alométrico.

Se empleó el coeficiente de variación (C.V) de cada medición (longitud y peso), en cada uno los muestreos realizados en la Bahía de Acapulco. El coeficiente de variación, es un estadístico apropiado que se emplea regularmente para evaluar la variación en una población de peces o de

una muestra, se expresa generalmente en porcentajes y considera que una población o muestra es mucho más variable cuando el porcentaje obtenido es mayor.

$$C. V = [\sigma / \mu] \times 100$$

Donde  $\sigma$  = desviación estándar y  $\mu$  = media.

Se determinó el factor de condición ( $k$ ) de los peces de la bahía de Acapulco, mediante la fórmula:

$$K = W_t/L_t^3$$

Donde  $W_t$  = peso total y  $L_t$  = longitud total

El factor de condición es un índice biológico, que provee información útil acerca del estado de “bienestar” de los peces y representa una forma indirecta de evaluar las relaciones ecológicas y los efectos de diferentes estrategias de manejo; además de constituir una medida de las reservas de energía relacionadas con las condiciones ambientales, estados de madurez, alimentación o efectos parasitarios.

#### **Análisis del espectro alimenticio de los peces.**

Durante el examen helmintológico practicado a los peces, se determinaron los diferentes tipos de alimento consumidos (ítems) en cada año de muestreo, utilizando para ello el método cualitativo de frecuencia de ocurrencia (FO), el cual se expresa generalmente en porcentajes. El índice de FO, expresa la frecuencia de aparición de un tipo de componente alimenticio, con respecto a todos los estómagos analizados, mediante la siguiente formula:

$$FO = (n_i / N) (100)$$

Donde  $n$  representa el número de veces que aparece una presa o componente de la dieta y  $N$  el número total de los estómagos analizados.

#### **Caracterización de las infecciones.**

Para caracterizar las infecciones de cada especie de parásito, se emplearon tres de los parámetros ecológicos definidos por Bush *et al.* (1997):

**Prevalencia:** Número de individuos de una especie de hospedero infectados con una especie de parásito entre el número de hospederos revisados (se expresa en porcentajes).

**Intensidad promedio:** Número total de parásitos dividido entre el número total de hospederos infectados.

**Abundancia promedio:** Número total de individuos de una especie particular de parásito, en una muestra de hospederos dividida entre el número total de hospederos revisados.

Se utilizó el estadístico no paramétrico  $G$ , para determinar si existía alguna diferencia significativa en los porcentajes de infección de las especies, entre los años de muestreo. En tanto que para determinar diferencias entre las abundancias promedio de las especies de parásitos, se empleó una prueba de  $\chi^2$ . Se aplicaron además pruebas de correlación por rangos de Spearman ( $r_s$ ), para determinar si existía relación entre los valores de prevalencia y abundancia promedio de cada especie de parásito ( $p \leq 0.05$ ).

### **Clasificación general de las especies de parásitos.**

Se aplicaron dos métodos distintos para la clasificación de las especies de parásitos en cada comunidad. El primero consistió simplemente en la ordenación en sentido decreciente, de las especies de parásitos en base a su prevalencia de infección, clasificándolas dentro de dos grupos como comunes y raras. Se empleó también, la prueba no paramétrica de asociación de Olmstead-Tukey, la cual estima la importancia relativa de cada especie en su comunidad, al graficar la frecuencia de aparición o prevalencia de cada especie contra su abundancia; determinándose posteriormente la media aritmética de cada parámetro requeridas para trazar los dos ejes, que permiten obtener cuatro cuadrantes y así clasificar a las especies de la siguiente manera: I. Especies abundantes y frecuentes (dominantes), II. Especies poco abundantes y frecuentes (comunes), III. Especies poco abundantes y poco frecuentes (raras), IV. Especies abundantes y poco frecuentes (indicadoras).

### **Caracterización de las comunidades de parásitos.**

La descripción de las comunidades de parásitos se efectuó a dos niveles: comunidad componente (número total de parásitos presentes en una muestra de hospederos) e infracomunidad (número total de parásitos en un hospedero individual), utilizando los siguientes atributos ecológicos en cada caso. A nivel componente se consideró el número total de especies, el número total de parásitos, el índice de diversidad para comunidades muestreadas de Shannon-Wiener ( $H$ ), así como el índice de Berger-Parker (IBP) como una medida de abundancia numérica (Magurran 2004); este índice mide la proporción del total de individuos parásitos en la muestra que es debida a la especie más abundante:

$$IBP = N_{\text{máx}}/N_t$$

Dónde:  $N_{\text{máx}}$ : número de individuos de la especie de parásito más abundante y  $N_t$ : total de individuos en la muestra.

Las posibles diferencias entre los parámetros a nivel comunidad componente, se identificaron por medio de la utilización de un Anova de un factor, y las correlaciones se calcularon usando el coeficiente por rangos de Spearman ( $r_s$ ). Se utilizaron análisis multivariados (modelo lineal general MLG) para identificar diferencias en los parámetros de infracomunidad (variables dependientes) entre años de muestreo, estación climática, así como en respuesta a las anomalías climáticas generadas por un evento de El Niño ocurrido durante el periodo de estudio (variables predictoras). La longitud total de los peces fue utilizada como covariable para controlar la influencia de la longitud de los peces. Se aplicó además un análisis de componentes principales (ACP), para identificar los posibles factores bióticos o abióticos que pudieran influir en la riqueza y la diversidad de especies en las infracomunidades de parásitos. Las variables predictoras consideradas en este análisis fueron: la longitud total, sexo, factor de condición ( $K_n$ , Froese 2006), dieta (calculada como la diversidad de items consumidos por los hospederos durante cada año de muestreo), número de especies de endoparásitos y de ectoparásitos, estación climática (secas/lluvias), temperatura superficial, salinidad, año de muestreo y los valores del índice de anomalías climáticas (MEI), registrados para cada fecha de muestreo.

Para determinar si el análisis era o no adecuado, se emplearon la prueba de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO), la cual determina si los tamaños de muestreo utilizados fueron adecuados para el análisis; así como la prueba de esfericidad de Bartlett, la cual evalúa la posibilidad de que exista redundancia entre las variables utilizadas. Se utilizó el método de rotación de varianza máxima para trazar los ejes de ordenación (Clarke y Warwick 2001; Muñoz *et al.* 2006). Cada eje representa la posición de las variables en el nuevo espacio. Las variables que se encuentran más cercanas unas de otras, son las que presentan mayor grado de asociación en el análisis.

Se emplearon además funciones de análisis discriminantes (FAD), para determinar posibles diferencias en la estructura de las comunidades de parásitos entre años de muestreo, utilizando datos de frecuencia de ocurrencia y abundancia de especies componente (es decir especies con prevalencia  $\geq 10\%$  en al menos un año de muestreo, Bush *et al.* 1990). Dos muestras obtenidas en 2018, fueron agrupadas en este análisis, debido a que no presentaron diferencia significativa en su composición y riqueza de especies.

## VI. Resultados.

### 6.1. Aspectos poblacionales del hospedero.

Durante el estudio que abarcó un periodo de 7 años de muestreo en la bahía de Acapulco, Guerrero, se examinaron un total de 496 especímenes de *E. lineatus*. La longitud total promedio de los peces (Tabla 1) varió significativamente entre  $27.7\pm 1.0$  y  $54.90\pm 2.7$  (Anova  $F = 56.1$ ,  $p < 0.01$ ), mientras que el peso entre  $232.3\pm 16.0$  y  $1,829.6\pm 260.4$  g. Los valores del coeficiente de variación (C.V.) indicaron que los peces presentaron una mayor diferencia de tamaños y pesos durante los muestreos de 2012 y 2018<sub>a</sub> (Tabla 1). Con respecto a los valores del factor de condición el cual permitió conocer el estado de "bienestar o de salud" de los peces, estos no registraron cambios significativos a lo largo de los años de muestreo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Datos biométricos registrados para *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Gro.

Año	N	L <sub>t</sub> min.	L <sub>t</sub> max.	L <sub>t</sub> (prom.)	C.V.	W <sub>t</sub> min.	W <sub>t</sub> max.	W <sub>t</sub> (prom.)	C.V.	K <sub>n</sub>
2012	61	26	60	42.0±10.9	26.1	190	2,500	969.8±686.1	70.7	0.012
2013	68	36.5	56.5	42.8±4.9	11.4	532	1,900	863.0±300.7	34.8	0.010
2014	33	50.4	60.1	54.90±2.7	4.9	1,460	2,475	1,829.6±260.4	14.2	0.010
2015	32	40.7	47.8	44.2±2.1	4.8	775	1,262	992.4±147.1	14.8	0.011
2016	63	46.8	58.2	51.2±2.5	5.0	1,140	2,200	1,556.0±285.1	18.3	0.011
2017	64	32.1	45.9	36.2±1.8	5.0	373	745	523.0±10.5	10.5	0.010
2018 <sub>a</sub>	70	26	57	46.1±9.6	20.8	205.1	2,030	1,219.9±537.4	44.0	0.011
2018 <sub>b</sub>	107	25.4	30	27.7±1.0	3.8	120	339	232.3±16.0	16.0	0.010

N = número de peces examinados, L<sub>t</sub> min = Longitud total mínima, L<sub>t</sub> max. = Longitud total máxima, C.V. = Coeficiente de variación, W<sub>t</sub> min. = Peso total mínimo, W<sub>t</sub> max. = Peso total máximo, K<sub>n</sub> = Factor de condición.

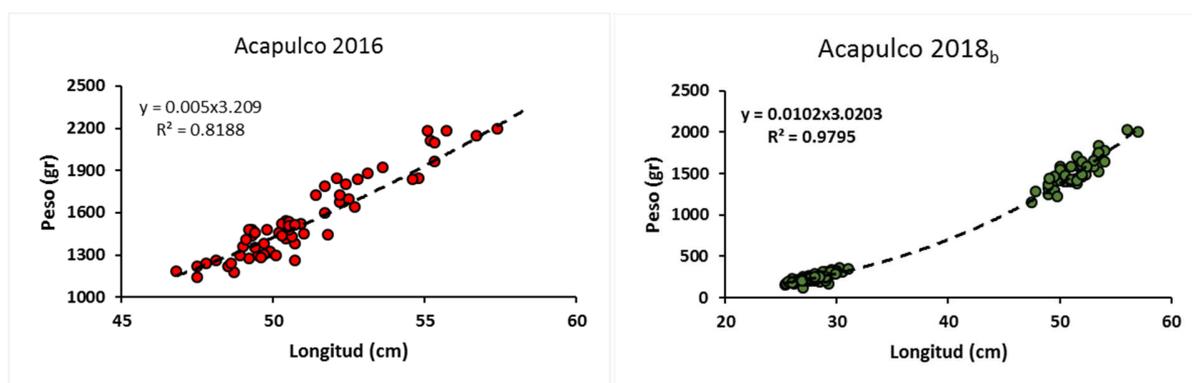
### 6.2. Relación longitud-peso.

Los resultados de la relación existente entre la longitud total y peso total de los peces sin considerar el sexo para *E. lineatus* (Fig. 2), indicaron que el crecimiento de los peces puede ser muy variable a lo largo del tiempo. Por ejemplo, en el año 2012 fue de tipo isométrico ( $b = 3.01$ ); no obstante en los siguientes años de muestreo (2013, 2014, 2015, 2017, y 2018<sub>a</sub>) se registró un crecimiento alométrico negativo ( $b < 3$ ), en tanto que durante los años 2016 y 2018<sub>b</sub> fue de tipo alométrico positivo ( $b > 3$ ), es decir, los peces crecieron más en peso que en talla (Tabla 2). Los valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) obtenidos en las regresiones, fueron en algunos casos cercanos

a la unidad (2012, 2015 y 2018<sub>a</sub>), indicando una muy buena asociación entre los valores de la talla y el peso (Tabla 2).

**Tabla 1.** Valores de los parámetros de crecimiento de la relación longitud-peso para *Euthynnus lineatus*, a lo largo de los años de muestreo.

Año	a	b	r <sup>2</sup>
2012	0.0109	3.01	0.99
2013	0.1789	2.24	0.74
2014	0.0334	2.72	0.88
2015	0.0143	2.94	0.92
2016	0.005	3.21	0.82
2017	0.0204	2.83	0.95
2018a	0.0146	2.93	0.98
2018b	0.003	3.39	0.78

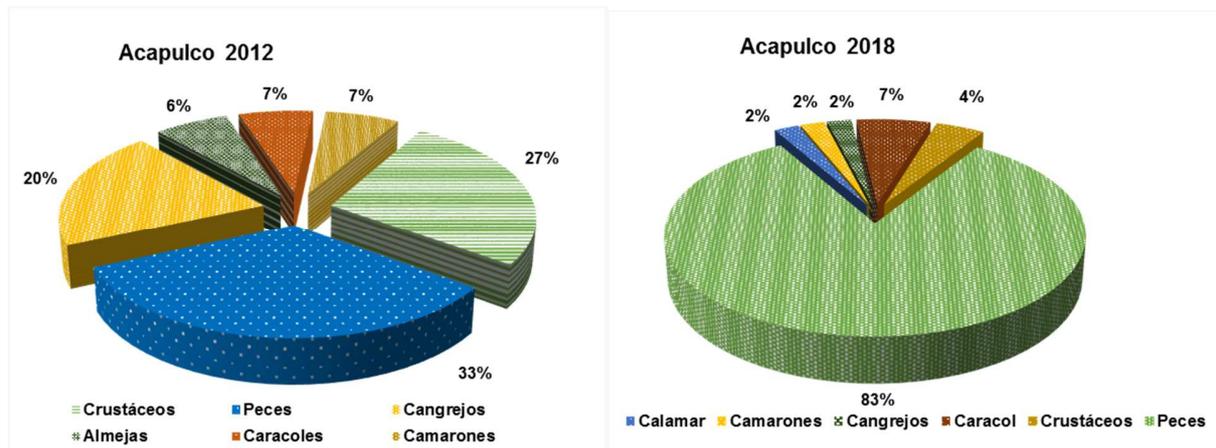


**Figura 2.** Relación longitud-peso para *Euthynnus lineatus* durante dos años de muestreo (2016 y 2018<sub>b</sub>), en la Bahía de Acapulco, Gro.

### 6.3. Alimentación.

El espectro alimenticio de *E. lineatus* incluyó un total de 14 ítems, de los cuales los mejor representados fueron los peces (59%), cangrejos (13%) y las larvas de peneidos (5%). Las presas adicionales representaron en conjunto un 22% de la dieta, e incluyeron larvas de molusco, isópodos, ostrácodos, calamares (juveniles), anfípodos y poliquetos. La composición de la dieta varió entre los años de muestreo ( $t = 5.52$ ,  $p < 0.01$ ); por ejemplo, no obstante que los peces (principalmente pequeños zooplantófagos) fueron el componente principal en la dieta de *E. lineatus* durante los 7 años de muestreo, la dieta fue más variada durante los años 2014 ( $H = 1.04$ ), 2016 ( $H = 0.857$ ), y febrero de 2018 ( $H = 0.903$ ) (Tabla 4). En el año 2012 (Fig. 3) los ítems mejor

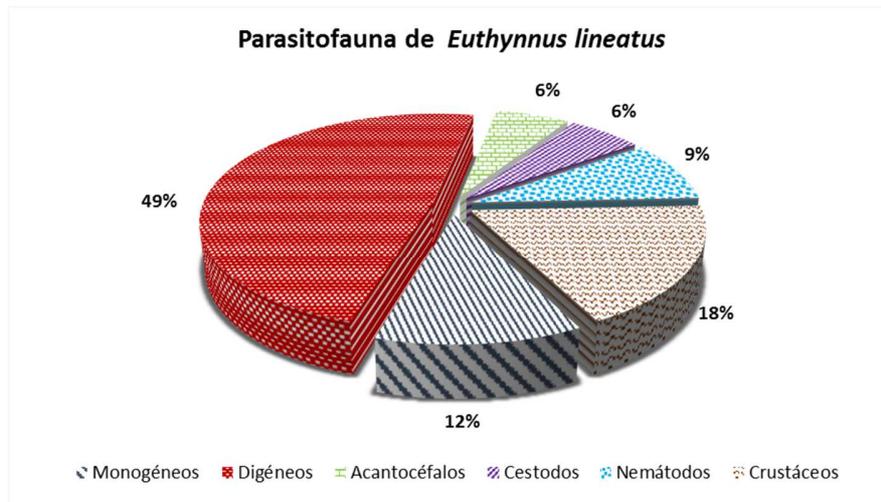
representados fueron peces (33%), crustáceos (27%) y cangrejos (20%), en tanto en 2018 (Fig. 3) los peces presentaron el mayor porcentaje (83%), seguido por los caracoles (7%) y los crustáceos (4%).



**Figura 3.** Espectro alimenticio de *Euthynnus lineatus*, durante los años 2012 y 2018.

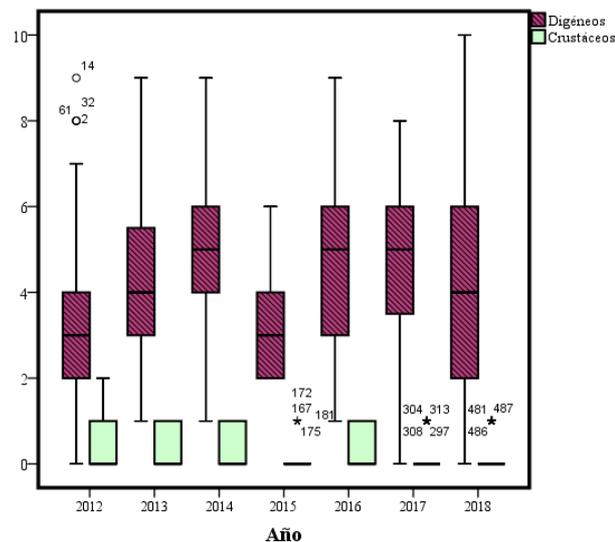
#### 6.4. Composición de la parasitofauna.

La parasitofauna global de los 496 *E. lineatus* examinados, estuvo constituida por 33 especies de parásitos metazoarios, recuperándose un total de 72,296 parásitos. De este total de especies, 4 fueron monogéneos (adultos), 16 digéneos (15 adultos y una larva), 2 acantocéfalos (1 adulto y un juvenil), 2 cestodos (larvas), 3 nemátodos (2 larvas y un adulto) y 6 crustáceos (3 copépodos y 3 isópodos) (Tabla 3 y Figs. 4, 9).



**Figura 4.** Composición de la parasitofauna de *Euthynnus lineatus*, en Acapulco, Guerrero.

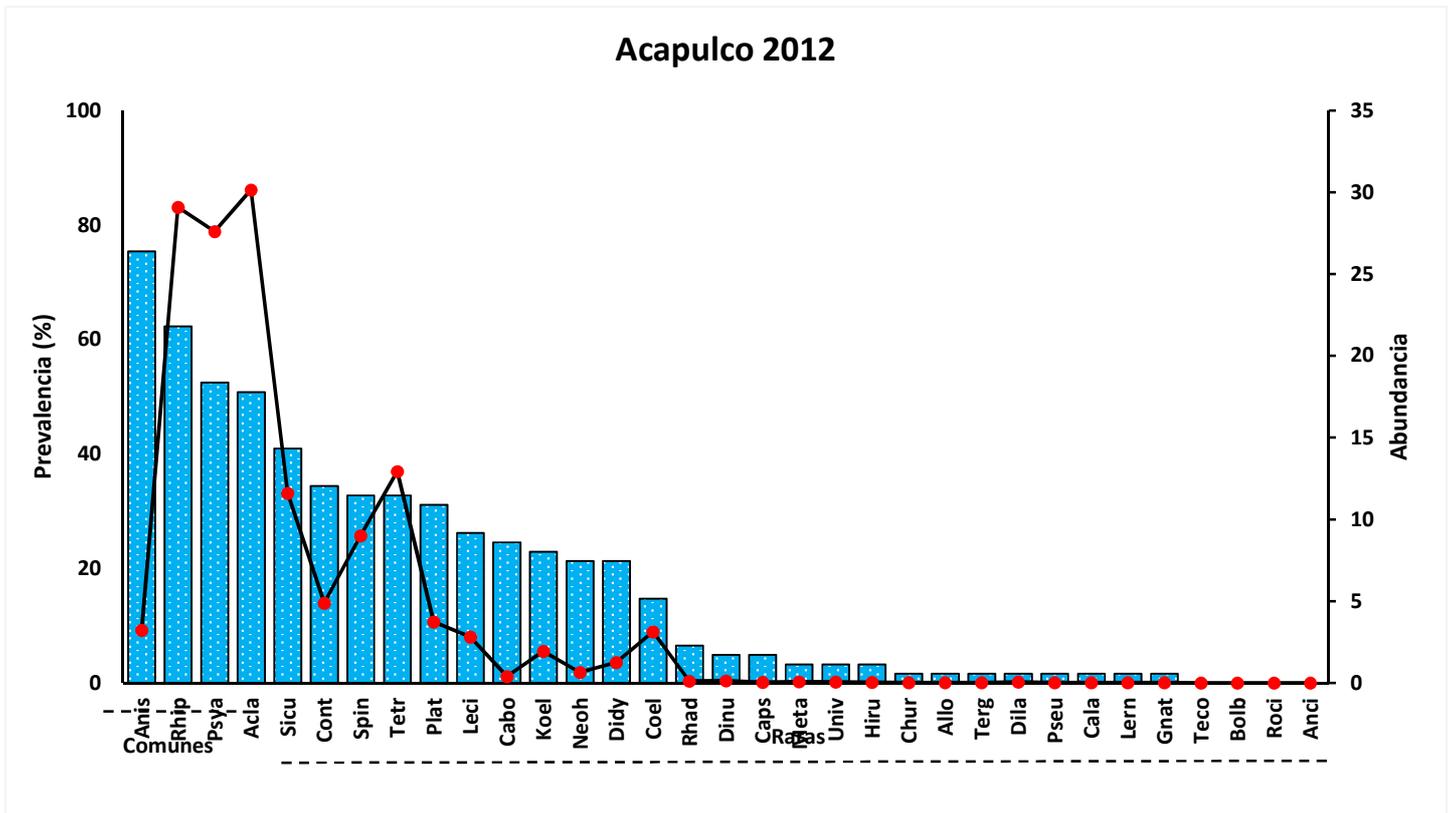
El grupo de los digéneos presentó la mayor riqueza de especies, la cual representó el 49% del total, seguido por el de los crustáceos con un 18% (Fig. 4). La riqueza promedio de especies de los digéneos varió significativamente entre  $3.41 \pm 2.22$  en 2012 y  $4.84 \pm 1.79$  en 2014 (Anova  $F = 3.84$ ,  $p < 0.01$ ), registrándose el valor más bajo durante el muestreo del 2012 ( $3.40 \pm 2.21$ ). Un total de 14 especies fueron registradas en todos los años de muestreo, de las cuales 4 registraron prevalencias promedio mayores al 50% (*Allopseudocolocyntotrema claviforme* YAMAGUTI 1970, *Pseudocolocyntotrema yaito* YAMAGUTI 1970, *Anisakis* sp. y *Spinitectus* sp. Tabla 3).



**Figura 5.** Número de especies de digéneos y crustáceos en *Euthynnus lineatus*, a lo largo del periodo de estudio, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

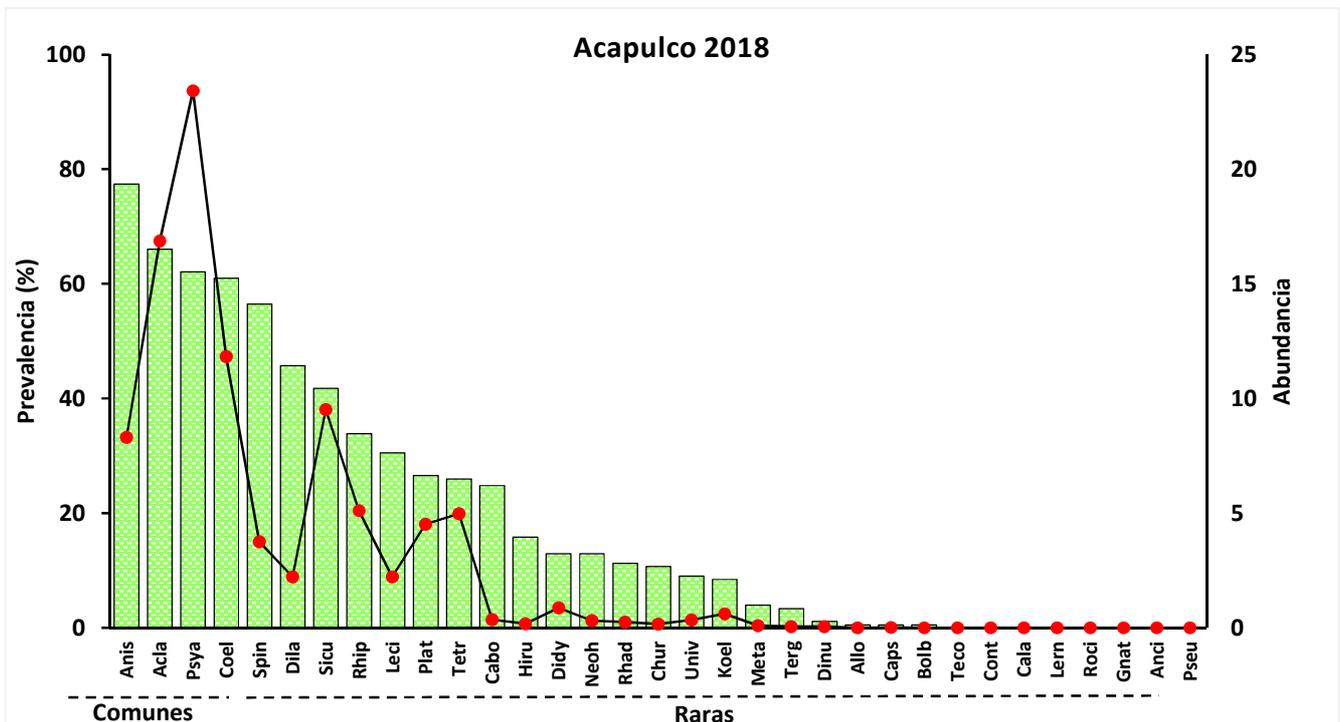
### 6.5. Distribución de las especies de parásitos.

La distribución de frecuencias de los valores de prevalencia y abundancia de las especies de parásitos de *E. lineatus* a lo largo de los años de muestreo, indicaron que de manera general las comunidades estuvieron conformadas principalmente por 2 grupos de especies: comunes y raras. Para el año 2012 por ejemplo, el grupo de las especies comunes estuvo conformado por 4 especies de parásitos: *Anisakis* sp, *Rhipidocotyle pentagonum*, *Pseudocolocyntotrema yaito* y *Allopseudocolocyntotrema claviforme*, los porcentajes de infección de estas especies fueron mayores al 50% y presentaron abundancias mayores a 30 parásitos por hospedero infectado (Fig. 6).



**Figura 6.** Distribución de especies de parásitos en *Euthynnus lineatus* durante el muestreo de 2012 (Abreviaturas en Tabla 3).

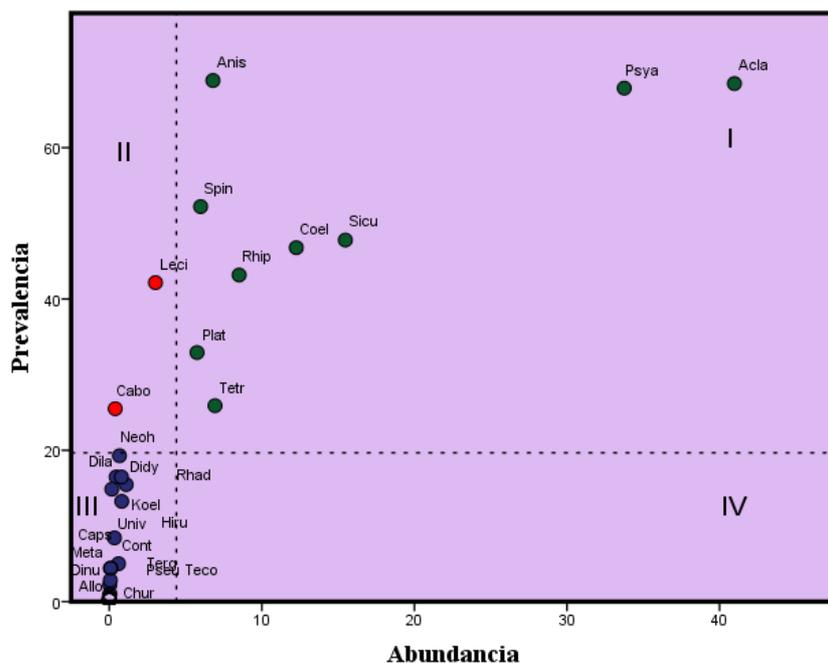
Mientras que en el año 2018, el grupo de especies comunes estuvo integrado por 5 especies siendo estas *Anisakis* sp, *Allo pseudocoloclyntotrema claviforme*, *Pseudocoloclyntotrema yaito*, *Coeliotrema thynni* y *Spinitectus* sp. Estas especies presentaron prevalencias mayores al 55% y abundancias mayores a 23 parásitos por hospedero. No obstante que las distribuciones de las especies cambiaron a lo largo de los años de muestreo, el grupo de los digéneos didimozoides siempre formó parte de las especies clasificadas como comunes (Fig. 7).



**Figura 7.** Distribución de especies de parásitos en *Euthynnus lineatus* durante el muestreo de 2018 (Abreviaturas en Tabla 3).

## 6.6. Clasificación de las especies de parásitos de *Euthynnus lineatus*.

La prueba no paramétrica de asociación de Olmstead-Tukey se utilizó en el presente estudio, como una segunda forma de clasificación general de las especies de parásitos. Los resultados de esta prueba, considerando los datos agrupados de todos los años de muestreo indicaron que un total de 8 especies de parásitos fueron clasificadas como dominantes (cuadrante I), siendo estas: *Anisakis* sp., *Spinitectus* sp., *Rhipidocotyle pentagonum*, Tetracanthidae, *Pseudocolocyntotrema yaito*, *Allopseudocolocyntotrema claviforme*, *Coeliotrema thynni*, *Sicoutrema* sp. y *Platocystis alalongae*. Dentro del grupo de especies comunes (cuadrante II), se ubicaron a las especies *Lecithochirium microstomum* y *Caligus bonito*. Mientras que el grupo de las especies raras estuvo conformado por algunas especies de didimozoides, así como por *Hirudinella ventricosa*, *Tergestia laticolis*, *Capsala caballeroi*, *Allopseudaxine macrova* y *Dinurus scombri*. En esta clasificación ninguna especie fue considerada como indicadora (Fig. 8).



**Figura 8.** Clasificación general de las especies de parásitos de *Euthynnus lineatus*, empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey (Abreviaturas en Tabla 3).

## 6.7. Variación inter-anual en los niveles de infección de las especies de parásitos.

Los valores de prevalencia de 20 especies clasificadas como especies componente (3 monogéneos, 11 digéneos, 1 cestodo, 1 acantocefalo, 3 nemátodos, y 1 copépodo) variaron significativamente entre los años de muestreo (Tabla 3). Seis de estas especies presentaron porcentajes de infección más altos en el muestreo de 2014: *Capsala caballeroi* WINTER 1955,  $G = 40.74$ ,  $p < 0.05$ ; *Hirudinella ventricosa* BAIRD 1853,  $G = 55.21$ ,  $p < 0.05$ ; *Rhipidocotyle pentagonum* ECKMANN 1932,  $G = 70.96$ ,  $p < 0.05$ ; *Ps. yaito*  $G = 22.77$ ,  $p < 0.05$ ; el cestodo Tetracanthidae  $G = 31.12$ ,  $p < 0.05$ ; *Spinitectus* sp.  $G = 32.43$ ,  $p < 0.05$ ; y el copépodo *Caligus bonito* SHIINO 1959,  $G = 16.35$ ,  $p < 0.05$ . Mientras que 5 especies (incluidas dos de las anteriores) registraron prevalencias más bajas en la muestra de 2015: *R. pentagonum*; *A. claviforme*  $G = 32.43$ ,  $p < 0.05$ ; *Sicuoctrema* sp.  $G = 22.05$ ,  $p < 0.05$ ; *Spinitectus* sp. y *C. bonito*.

Sin embargo, solo 9 de éstas 20 especies componente presentaron una variación significativa en sus valores de abundancia promedio, durante el periodo de muestreo (Tabla 3). *Rhipidocotyle pentagonum* (GLM:  $F = 8.17$ ,  $p < 0.01$ ), *Contraecaecum* sp. (GLM:  $F = 10.85$ ,  $p < 0.01$ ), y *A. claviforme* (GLM:  $F = 10.11$ ,  $p < 0.01$ ) fueron más abundantes durante los muestreos de 2012 y 2013 (Tabla 3). Las especies *Ps. yaito* (GLM:  $F = 5.87$ ,  $p < 0.01$ ), el cestodo Tetracanthidae (GLM:  $F = 2.81$ ,  $p < 0.01$ ) y el nemátodo *Spinitectus* sp. (GLM:  $F = 8.40$ ,  $p < 0.01$ ), alcanzaron sus máximas abundancias y prevalencias durante el muestreo de 2014. En tanto que *Sicuoctrema* sp. (GLM:  $F = 8.36$ ,  $p < 0.01$ ) y *Anisakis* sp. (GLM:  $F = 17.47$ ,  $p < 0.01$ ), fueron más abundantes en el muestreo de 2016 y *Coeliotrema thynni* YAMAGUTI 1938 (GLM:  $F = 12.73$ ,  $p < 0.01$ ) fue más abundante en el de 2017.

De manera general, los porcentajes de infección de todas las especies registradas correlacionaron positivamente con sus abundancias promedio ( $r_s = 0.925$ ,  $p < 0.01$ ), indicando que las especies más prevalentes fueron también las más abundantes. La longitud total registró una correlación positiva con las abundancias de algunas especies de parásitos como: *Churavera triangula* LEBEDEV 1986 ( $r_s = 0.447$ ,  $p < 0.05$ ), *C. caballeroi* ( $r_s = 0.589$ ,  $p < 0.05$ ), *Lecithochirium microstomum* CHANDLER 1935 ( $r_s = 0.195$ ,  $p < 0.01$ ), *R. pentagonum* ( $r_s = 0.331$ ,  $p < 0.01$ ), *Ps. yaito* ( $r_s = 0.255$ ,  $p < 0.01$ ), *A. claviforme* ( $r_s = 0.198$ ,  $p < 0.01$ ), *Anisakis* sp. ( $r_s = 0.464$ ,  $p < 0.01$ ), y *C. bonito* ( $r_s = 0.199$ ,  $p < 0.01$ ).

### **6.8. Distribución espacial de las especies de parásitos.**

El 70% de las especies (23 especies) presentó una dispersión agregada en uno o más años de muestreo (Tabla 3). Los valores de agregación más altos ( $ID > 30$ ) se registraron en varios años de muestreo para 4 especies de helmintos (*R. pentagonum*, *A. claviforme*, *Ps. yaito*, y el cestodo Tetraphillidae (Tabla 3). De manera general, los valores del  $ID$  de cada especie de parásito correlacionaron positivamente con los de sus prevalencias ( $r_s = 0.701$ ,  $p < 0.01$ ), del número total de individuos ( $r_s = 0.908$ ,  $p < 0.01$ ), y los valores de abundancia promedio ( $r_s = 0.911$ ,  $p < 0.01$ ), aunque no con los valores de la longitud total promedio del hospedero ( $p > 0.05$ ).

**Tabla 3.** Variación inter-anual en los parámetros de infección de los parásitos en el barrilete *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Gro.

Parásito	Sitio	CNHE <sup>a</sup>	Año	n <sup>b</sup>	Prevalencia (%)	Total <sup>c</sup>	Abundancia <sup>d</sup>	Rango de intensid. <sup>e</sup>	ID <sup>f</sup>
<b>Monogenea</b>									
<i>Alloposeudaxine macrova</i> (Allo) <sup>h</sup>	Branquias	11006	2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
			2018	70	1.43	1	0.01	0-1	
<i>Capsala caballeroi</i> (Caps) <sup>g</sup>	Branquias	11007	2012	61	4.92	3	0.05	0-1	
			2013	68	2.94	2	0.03	0-1	
			2014	33	<b>24.3*</b>	30	0.91±3.7	1-12	3.64
			2018	70	1.43	2	0.03	0-2	
<i>Churavera triangula</i> (Chur) <sup>g, h</sup>	Branquias	11008	2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
			2013	68	2.94	6	0.09	0-3	
			2018	70	<b>8.57*</b>	14	0.20±1.7	1-5	1.31
			2018	107	<b>12.15*</b>	15	0.14±0.55	1-3	0.27
<i>Neohexostoma euthynni</i> (Neoh) <sup>i g</sup>	Branquias	11009	2012	61	21.31	40	0.66±5	1-19	7.99
			2013	68	<b>36.76*</b>	126	1.85±4.9	1-16	4.72
			2014	33	<b>42.42*</b>	59	1.79±3.7	1-12	3.22
			2015	32	12.50	4	0.13	0-1	
			2016	63	22.22	43	0.68±3.8	1-15	4.73
			2017	64	4.69	7	0.11±1.5	1-4	1
			2018	70	30	52	0.74±2.9	1-14	3.46
			2018	107	1.87	3	0.03±0.71	1-2	0.33
<b>Digenea</b>									
<i>Dinurus scomбри</i> (Dinu) <sup>h</sup>	Intestino	11010	2012	61	4.92	9	0.15±2.6	1-6	2.33
			2018	70	1.43	8	0.11	0-8	
			2018	107	0.93	1	0.01	0-1	
<i>Hirudinella ventricosa</i> (Hiru) <sup>g</sup>	Estómago		2012	61	3.28	2	0.03	0-1	
			2013	68	16.18	12	0.18±0.30	1-2	0.08
			2014	33	<b>45.45*</b>	17	0.52±0.35	1-2	0.11
			2016	63	28.57	24	0.38±0.77	1-3	0.44

			2018	70	27.14	22	0.31±0.37	1-2	0.12
			2018	107	8.41	9	0.08	0-1	
<i>Lecithochirium microstomum</i> (Leci) <sup>g</sup>	Intestino	11011	2012	61	26.23	172	2.82±27.2	1-112	68.89
			2013	68	57.35	391	5.75±11.8	1-46	13.80
			2014	33	36.36	41	1.24±2.81	1-9	2.31
			2015	32	<b>71.88*</b>	214	6.69±15.2	1-71	24.80
			2016	63	50.79	162	2.57±6.5	1-28	8.45
			2017	64	53.13	135	2.18±3	1-12	2.30
			2018	70	54.29	372	5.31±11	140	12.39
			2018	107	14.95	21	0.20±0.7	1-3	0.38
<i>Rhipidocotyle pentagonum</i> (Rhip) <sup>g</sup>	Intestino	11012	2012	61	<b>62.3*</b>	1775	<b>29.10±70.7*</b>	3-317	106.95
			2013	68	48.53	327	4.81±24.6	1-142	60.97
			2014	33	<b>72.73*</b>	731	<b>22.15±36.9*</b>	1-124	44.66
			2015	32	9.38	8	0.25±1.5	1-4	0.88
			2016	63	50.79	429	6.81±20.2	1-87	30.36
			2017	64	39.06	64	1.03±1.5	1-6	0.91
			2018	70	55.71	849	12.13±37.7	1-179	65.25
			2018	107	19.63	56	0.52±2.6	1-12	2.45
<i>Tergestia laticolis</i> (Terg)	Intestino	11013	2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
			2013	68	4.41	4	0.06±0.58	1-2	0.25
			2016	63	1.59	1	0.02	0-1	
			2018	70	<b>8.57*</b>	9	0.13±0.84	1-3	0.47
<i>Tetrochetus coryphaenae</i> (Teco) <sup>h</sup>	Intestino	11014	2017	64	3.13	2	0.03	0-1	
<i>Allopseudocolocynthotrema claviforme</i> (Acla) <sup>g, h</sup>	Estômago,	11015	2012	61	50.82	1839	30.15±61.3	7-340	63.35
	intestino		2013	68	<b>85.29*</b>	5659	<b>83.22±119.8*</b>	1-578	147.2
			2014	33	75.76	999	30.27±40.1	3-160	40.32
			2015	32	50	456	14.25±28.9	2-98	29.27
			2016	63	<b>76.19*</b>	3428	54.41±72.7	2-338	74.10
			2017	64	71.88	5038	<b>81.26±125.6*</b>	4-555	143.97
			2018	70	70	1871	26.73±54.3	2-295	77.18
			2018	107	63.55	1115	10.42±15.9	1-66	15.34

<i>Didymocylindrus simplex</i> (Didy) <sup>g, h</sup>	Intestino	11016	2012	61	21.31	77	1.26±4.9	1-15	4.06
			2013	68	16.18	90	1.32±4.8	2-15	2.81
			2014	33	12.12	12	0.36±1.4	2-5	0.67
			2015	32	9.38	10	0.31±2.5	1-6	1.90
			2016	63	15.87	67	1.06±4.7	2-17	3.35
			2017	64	20.31	142	2.29±8.4	1-26	6.49
			2018	70	12.86	81	1.16±7.2	1-20	5.78
			2018	107	13.08	72	0.67±3.8	1-13	2.84
Larva didimozoide (Dila) <sup>h</sup>	Intestino		2012	61	1.64	4	0.07	0-4	
			2018	70	<b>41.43*</b>	185	2.64±5	1-17	3.96
			2018	107	<b>48.60*</b>	208	1.94±3.8	1-16	3.54
<i>Coeliotrema thynni</i> (Coel) <sup>g, h</sup>	Caeca pilórica	11017	2012	61	14.75	191	3.13±6.7	11-30	2.11
			2013	68	35.29	784	11.53±39.1	1-160	46.77
			2014	33	42.42	138	4.18±6.8	1-25	4.63
			2016	63	41.27	613	9.73±32.1	1-148	43.77
			2017	64	<b>81.25*</b>	2285	<b>36.85±43.4*</b>	1-200	42.92
			2018	70	55.71	1066	15.23±3.5	2-148	40.98
			2018	107	64.49	1029	9.62±11.6	1-70	9.10
<i>Koellikeria</i> sp. (Koel) <sup>g, h</sup>	Esófago	11018	2012	61	22.95	118	1.93±7.7	1-27	7.10
			2013	68	14.71	56	0.82±3.4	1-12	2.11
			2014	33	15.15	23	0.70±3	2-9	1.91
			2015	32	15.63	25	0.78±4.2	2-11	3.60
			2016	63	15.87	42	0.67±2.7	1-10	1.68
			2017	64	10.94	38	0.61±4.9	2-16	4.41
			2018	70	10	59	0.84±4.1	1-14	2.01
			2018	107	7.48	49	0.46±3.3	2-12	1.75
<i>Metadidymocystis</i> sp.(Meta) <sup>h</sup>	Intestino	11019	2012	61	3.28	5	0.08±0.7	2-3	0.20
			2013	68	4.41	4	0.06±0.6	1-2	0.25
			2014	33	3.03	2	0.06	0-2	
			2015	32	3.13	2	0.06	0-2	

			2016	63	6.35	8	0.13	0-2	
			2017	64	6.25	17	0.27±2.1	2-6	1
			2018	70	4.29	8	0.11±2.1	1-5	1.63
			2018	107	3.74	10	0.09±0.58	2-3	0.13
<i>Platocystis alalongae</i> (Plat) <sup>g, h</sup>	Esófago	11020	2012	20	31.15	229	3.75±10.7	2-41	9.50
			2013	68	33.82	489	7.19±18.5	2-72	16.17
			2014	33	42.42	199	6.03±11.3	3-41	8.93
			2015	32	<b>53.13*</b>	359	11.22±11.6	2-52	6.36
			2016	63	41.27	468	7.43±17.1	4-85	16.34
			2017	64	28.13	320	5.16±16.3	2-60	15.04
			2018	70	35.71	509	7.27±16.8	4-51	13.89
			2018	107	20.56	291	2.72±8.1	3-30	4.92
<i>Pseudocolocynthotrema yaito</i> (Psy) <sup>g, h</sup>	Esófago	11021	2012	61	52.46	1684	27.61±51.1	6-200	49.66
			2013	68	79.41	3514	<b>51.68±55*</b>	5-269	46.45
			2014	33	<b>90.9*</b>	1716	52±3.7*	4-201	33.32
			2015	32	<b>93.75*</b>	1331	41.59±26.2	7-104	15.53
			2016	63	65.08	2545	40.40±66.5	5-389	71.29
			2017	64	64.06	1874	30.23±45.8	3-252	45.87
			2018	70	71.43	2057	29.39±41.5	1-187	41.78
			2018	107	56.07	2088	19.51±36.8	1-198	38.95
<i>Sicuotrema</i> sp. (Sicu) <sup>g, h</sup>	Intestino, estómago	11022	2012	61	40.98	708	11.61±19.1	2-65	12.93
			2013	68	44.12	1046	15.38±21.9	3-78	13.82
			2014	33	42.42	331	10.03±18.1	5-60	13.90
			2015	32	37.50	326	10.19±23.9	8-91	20.96
			2016	63	<b>66.67*</b>	1229	19.51±25.7	4-120	22.53
			2017	64	<b>64.06*</b>	2377	<b>38.34±58.3*</b>	3-257	58.69
			2018	70	54.29	1122	16.03±33	3-140	36.87
			2018	107	33.64	563	5.26±10.6	2-43	7.23
<i>Univitellocystis neothunni</i> (Univ) <sup>g, h</sup>	Caeca pilórica	11023	2012	61	3.28	4	0.07	0-2	
			2013	68	4.41	11	0.16±1.5	2-5	0.64

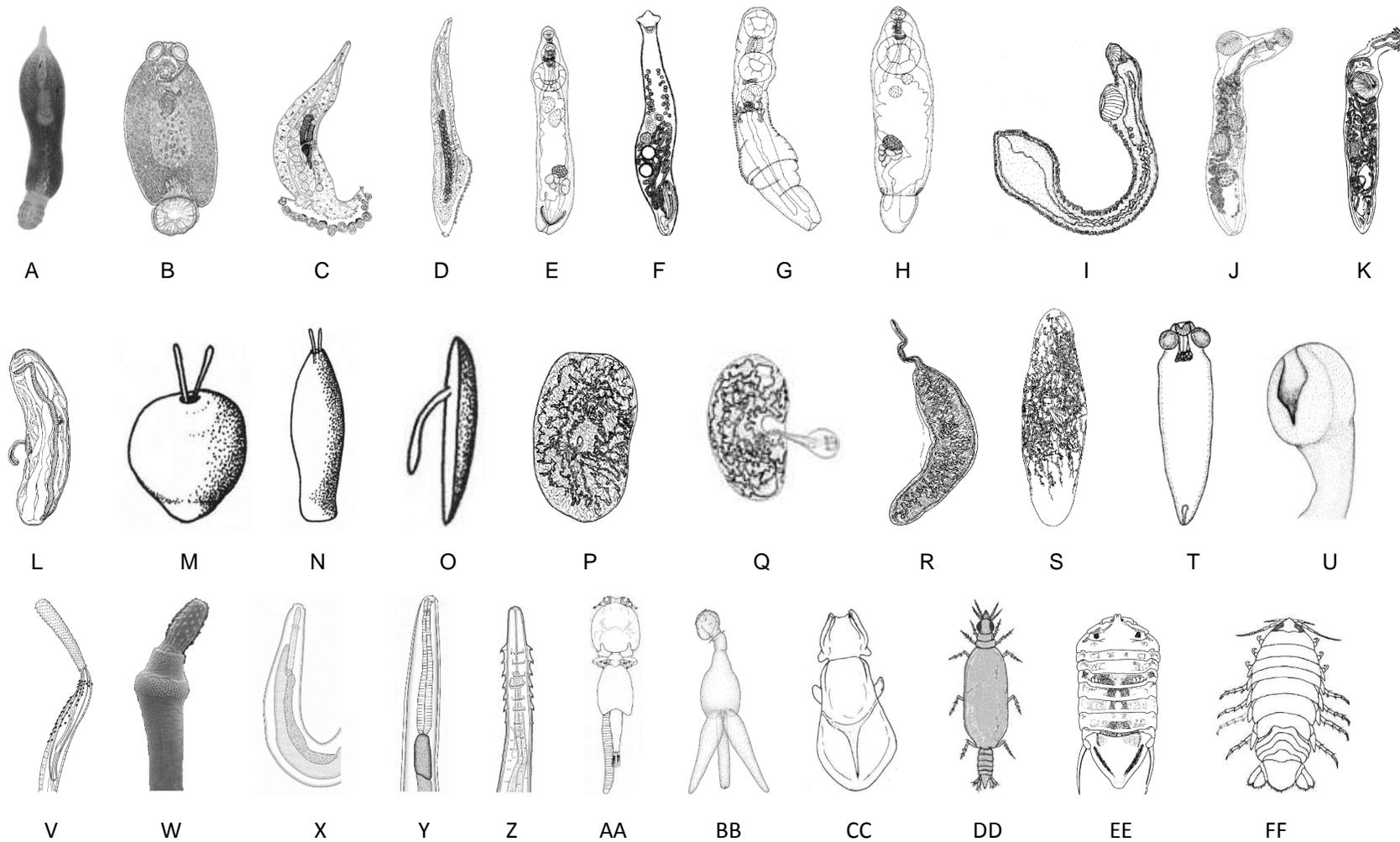
			2014	33	6.06	5	0.15±2.1	1-4	1.80		
			2016	63	9.52	19	0.30±2	2-7	1.32		
			2017	64	<b>20.31*</b>	70	1.13±4.4	2-19	3.55		
			2018	70	11.43	29	0.41±1.8	1-7	0.86		
			2018	107	7.48	31	0.29±2.7	2-9	1.88		
<b>Cestoda</b>											
			Intestino		2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
Pseudophyllidea gen. sp. (Pseu) <sup>h</sup>			Intestino	11024	2012	61	32.79	789	12.93±75.6	1-334	145
					2013	68	25	297	4.37±42.1	1-178	101.41
					2014	33	<b>51.52*</b>	567	<b>17.18±30*</b>	1-104	27.04
					2016	63	31.75	884	14.03±78.6	1-350	139.84
					2017	64	14.06	30	0.48±5.9	1-19	10.5
					2018	70	37.14	731	10.44±52.4	1-199	97.82
					2018	107	18.69	151	1.41±7.8	2-29	8.00
<b>Acanthocephala</b>											
			Intestino		2018	107	0.93	1	0.01	0-1	
<i>Bolbosoma</i> sp. (Bolb) <sup>h</sup>			Intestino		2012	61	6.56	7	0.11±1.5	1-4	1.29
					2013	68	25	49	0.72±3.2	1-10	3.64
					2014	33	27.27	11	0.33±0.44	1-2	0.16
					2015	32	6.25	3	0.09±0.7	1-2	0.33
					2016	63	<b>41.27*</b>	107	1.70±4	1-16	3.97
					2017	64	6.25	4	0.06	0-1	
					2018	70	20	36	0.51±2.6	1-10	2.74
					2018	107	5.61	7	0.07±0.4	1-2	0.14
<b>Nematoda</b>											
			Mesenterio,		2012	61	75.41	197	3.23±3.8	1-15	3.42
			estómago		2013	68	67.65	173	2.54±3.3	1-16	2.92
					2014	33	78.79	284	8.61±7.8	2-26	5.57
					2015	32	65.63	99	3.09±3.9	1-15	3.29
					2016	63	77.78	1144	<b>18.16±27.1*</b>	1-94	31.51
					2017	64	28.13	20	0.32±0.5	1-3	0.20

			2018	70	<b>84.29*</b>	1210	<b>17.29±24.1*</b>	1-118	28.24
<i>Contracecum</i> sp. (Cont) <sup>g, h</sup>	Mesenterio, estómago		2018	107	72.90	261	2.44±7.1	1-58	15.11
			2012	61	<b>34.43*</b>	298	<b>4.89±16.7*</b>	1-56	19.77
			2013	68	4.41	3	0.04	0-1	
			2014	33	3.03	1	0.03	0-1	
<i>Spinitectus</i> sp. (Spin) <sup>g</sup>	Intestino		2012	61	32.79	549	9.00±26.7	1-122	26.01
			2013	68	60.29	558	8.21±14.2	1-68	14.86
			2014	33	66.67	758	22.97±50	3-192	72.88
			2015	32	31.25	40	1.25±5.4	1-19	7.28
			2016	63	42.86	140	2.22±8	1-41	12.51
			2017	64	62.50	272	4.39±9	1-39	11.89
			2018	70	40	215	3.07±7.3	1-29	6.91
			2018	107	<b>67.29*</b>	449	4.20±6.6	1-42	7.03
<b>Copepoda</b>									
<i>Caligus bonito</i> (Cabo) <sup>g, h</sup>	Branquias	126	2012	61	24.59	25	0.41±0.7	1-3	0.31
			2013	68	30.88	30	0.44±0.7	1-3	0.39
			2014	33	<b>39.39*</b>	22	0.67±0.9	1-4	0.53
			2015	32	15.63	6	0.19±0.45	1-2	0.17
			2016	63	26.98	33	0.52±1.6	1-7	1.32
			2017	64	18.75	15	0.24±0.45	1-2	0.16
			2018	70	31.43	37	0.53±0.95	1-4	0.53
			2018	107	20.56	25	0.23±0.35	1-2	0.11
<i>Caligodes laciniatus</i> (Cala) <sup>h</sup>	Branquias	127	2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
			2016	63	3.17	2	0.03	0-1	
<i>Lernanthropus cornutus</i> (Lern) <sup>h</sup>	Branquias		2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
			2013	68	1.47	1	0.01	0-1	
<b>Isopoda</b>									
<i>Ancinus depressus</i> (Anci) <sup>h</sup>	Branquias		2014	33	3.03	1	0.03	0-1	
<i>Gnathia</i> sp. (Gnat) <sup>h</sup>	Branquias		2014	33	3.03	1	0.03	0-1	
<i>Rocinella signata</i> (Roci) <sup>h</sup>	Branquias	128	2012	61	1.64	1	0.02	0-1	
			2013	68	1.47	1	0.01	0-1	

	2016	63	1.59	1	0.02	0-1
	2017	64	1.56	1	0.02	0-1

<sup>a</sup> CNHE = Colección Nacional de Helmintos. <sup>b</sup> Número de peces examinados. <sup>c</sup> Número total de parásitos recolectados. <sup>d</sup> Número de parásitos por hospedero (media±DE). <sup>e</sup> Número mínimo y máximo de parásitos. <sup>f</sup> Varianza media. <sup>g</sup> Especie componente. <sup>h</sup> Nuevo registro geográfico. \* Valores estadísticamente significativos para la prevalencia (Prueba G) y abundancia ( $\chi^2$ ) ( $p < 0.05$ ).

**Figura 9.** Parasitofauna de *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Guerrero.



A = *Neohexostoma euthynni*, B = *Capsala caballeroi*, C = *Allopseudaxine macrova*, D = *Churavera triangula*, E = *Lecithochirium microstomum*, F = *Rhipidocotyle pentagonum*, G = *Dinurus scombri*, H = *Synaptobothrium aphareji*, I = *Hirudinella ventricosa*, J = *Tetrochetus coryphaena*, K = *Tergestia laticollis*, L = *Didymocylindrus simplex*, M = *Pseudocolocynthotrema yaito*, N = *Allopseudocolocynthotrema claviforme*, O = *Platocystis alalongae*, P = *Coeliotrema thynni*, Q = *Koellikeria* sp., R = *Metadidymocystis* sp., S = *Sicuotrema* sp., T = tetrafilideo, U = *Pseudofilideo*, V = *Rhadinorhynchus* sp., W = *Bolbosoma* sp., X = *Contraecum* sp., Y = *Anisakis* sp., Z = *Spinitectus* sp., AA = *Caligus bonito*, BB = *Caligodes laciniatus*, CC = *Lernanthropus cornutus*, DD = *Gnathia* sp., EE = *Ancinus depressus*, FF = *Rocinella signata*.

### 6.9. Comunidad componente.

A nivel componente (Tabla 4), la riqueza de especies de parásitos por año de muestreo varió de 14 especies en el muestreo de 2015 a 29 en el de 2012 ( $t = 4.26$ ,  $p < 0.01$ ). No se registró correlación entre el tamaño de muestra y la riqueza de especies ( $p > 0.05$ ), indicando que los diferentes tamaños de muestra utilizados no tuvieron ningún efecto sobre los resultados obtenidos. El número total de parásitos (carga parasitaria) por año de muestreo varió de 2,883 (2015) a 13,633 (2013), registrándose diferencias significativas entre los años de muestreo ( $\chi^2 = 10,689.5$ ,  $p < 0.01$ ). Las especies de digéneos didimozoides *A. claviforme* y *Ps. yaito*, dominaron numéricamente las comunidades de parásitos de *E. lineatus* (Tabla 4). Estas dos especies de didimozoides presentaron una clara alternancia bianual en su dominancia; aunque generalmente ésta fue considerada como baja (IBP < 0.5, Tabla 4). Los valores de diversidad para el índice de Shannon-Wiener, variaron significativamente de 1.15 (2015) a 1.46 (2012) ( $t = 5.67$ ,  $p < 0.01$ ).

**Tabla 4.** Parámetros de las comunidades componente de parásitos de *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

Comunidad componente										
Año	T °C	Salin.	N	Talla	Dieta	No. sp.	No. paras.	IBP	sp. domin.	H
2012	29.6	32.92	61	42±11	0.768	<b>29*</b>	8,732	0.211	Acla	1.46
2013	28.3	34.67	68	42.9±5	0.845	24	<b>13,633*</b>	0.415	Acla	<b>1.38*</b>
2014	29.6	34.25	33	<b>54.7±2.7*</b>	1.041	22	5,948	0.288	Psya	1.34
2015	30.2	35.5	32	44.2±2.2	0.301	14	2,883	0.462	Psya	1.15
2016	28.5	33.6	63	<b>51.2±2.6*</b>	0.857	21	11,389	0.301	Acla	1.32
2017	29	34.8	64	36.3±1.8	0.778	19	<b>12,711*</b>	0.396	Acla	1.28
2018 a	29.2	33.6	68	46.7±9.1	0.903	24	10,545	0.195	Psya	1.38
2018 b	29.5	33.8	107	27.1±1.1	0.421	22	6,455	0.323	Psya	1.34

T °C = Temperatura superficial del mar, N = número de hospederos, Dieta: Variedad de dieta. IBP = Índice de Berger Parker, H = Índice de diversidad de Shannon-Wiener. Acla: *Allopseudocolocyntotrema claviforme*. Psya: *Pseudocolocyntotrema yaito*. \* Valor significativo a  $p < 0.05$ .

Por lo que se refiere a la similitud a nivel cualitativo de las comunidades componente (Tabla 5), esta varió entre los años de muestreo del 65.12% (2012–2015) al 91.3% (2018<sub>a</sub>–2018<sub>b</sub>), la similitud promedio a este nivel fue de 82.2%; mientras que a nivel cuantitativo varió del 34.45% (2015–2017) al (2016–2018<sub>a</sub>) (media = 82.2%).

**Tabla 5.** Valores de los índices de Similitud de Sorensen y Porcentaje de Similitud, entre las comunidades de parásitos de *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

Índice de Sorensen								
Año	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018a	2018b
2012	*	90.57	78.43	65.12	84	75	90.57	82.35
2013	57.17	*	86.96	73.68	88.89	88.37	87.5	82.61
2014	75.64	50.33	*	77.78	83.72	82.93	82.61	81.82
2015	46.68	34.91	57.71	*	80	84.85	73.68	77.78
2016	65.24	75.61	57.44	39.67	*	90	84.44	83.72
2017	49.65	74.04	41.57	34.45	66.49	*	70.07	82.93
2018a	73.15	65.56	65.08	42.94	82.14	59.33	*	91.3
2018b	63.59	58.51	71.02	56.14	61.41	56.81	72.48	*

Porcentaje de Similitud								
-------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

### 6.10. Infracomunidades.

No se registraron diferencias significativas entre la longitud total de machos y hembras por año de muestreo ( $p > 0.05$ ), por lo que los datos de ambos sexos fueron agrupados en los análisis posteriores, al nivel de infracomunidad. Considerando los datos de ambos sexos agrupados, la longitud total de los ejemplares de *E. lineatus* varió significativamente de  $27.7 \pm 1.1$  cm (2018<sub>b</sub>) a  $56.1 \pm 7.5$  cm (2014) (Anova  $F = 56.1$ ,  $p < 0.01$ ) (Tabla 6). La riqueza promedio de especies de parásitos fue de  $4.7 \pm 1.7$  a  $8.2 \pm 3.0$  especies por hospedero examinado y el número promedio de parásitos de  $60.33 \pm 59.1$  a  $200.5 \pm 185.2$  (Tabla 6). En el caso de los valores de diversidad del índice de Brillouin ( $H'$ ), estos variaron de  $1.31 \pm 0.47$  a  $1.94 \pm 0.64$ . La riqueza promedio (GLM:  $F = 56.1$ ,  $p < 0.01$ ) y la diversidad media (GLM:  $F = 8.30$ ,  $p < 0.01$ ) fueron significativamente más altas en los muestreos de 2014 y 2018<sub>a</sub>; mientras que el número promedio de parásitos registró sus valores más altos en los muestreos de 2013 y 2017 (GLM:  $F = 2.42$ ,  $p < 0.01$ ).

Los valores del *IBP* fueron también bajos a nivel infracomunidad ( $IBP \leq 0.6$ , Tabla 6), y las mismas especies de parásitos (esto es, *A. claviforme* y *Ps. yaito*), dominaron numéricamente en un mayor número de las infracomunidades de cada uno de los años de muestreo. Considerando todos los años de muestreo, solo los valores de riqueza promedio ( $r_s = -0.248$   $p < 0.01$ ) y

diversidad promedio ( $r_s = 0.254$ ,  $p < 0.01$ ) presentaron correlación con la longitud total de los hospederos, aunque esta fue negativa en el primer caso y positiva en el segundo.

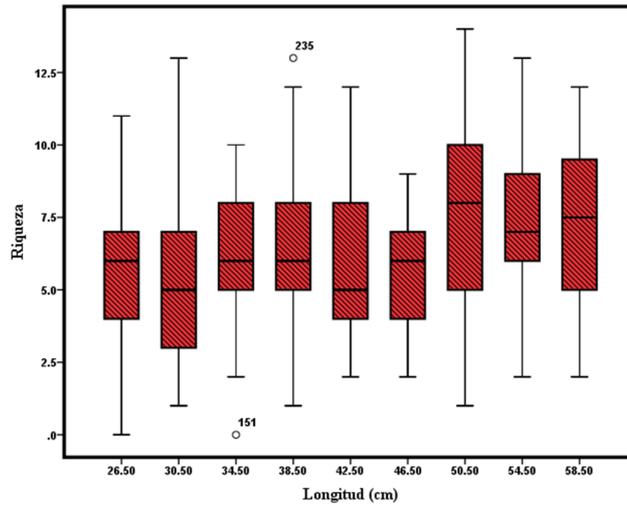
**Tabla 6.** Parámetros de las infracomunidades parásitos de *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

Año	Riqueza	No. de paras.	IBP	H'
2012	5.8±2.6	143.1±140.9	0.530±0.14	1.56±0.5
2013	7.0±2.6	200.5±185.2*	0.550±0.14	1.60±0.5
2014	8.2±3.0*	180.2 ± 119	0.478±0.15	1.92±0.6*
2015	4.7±1.7	90.1±53.9	0.612±0.16	1.31±0.5
2016	7.2±2.9	180.8±161.7	0.511±0.16	1.70±0.6
2017	6.0±2.2	198.6 ± 190*	0.557±0.17	1.52± 0.5
2018a	7.9±3.1*	155.1±141.6	0.452±0.18	1.94 ± 0.6*
2018b	5.6±2.6	60.33±59.1	0.523±0.19	1.51±0.6

#### 6.11. Caracterización de las infracomunidades con base a la longitud de los hospederos.

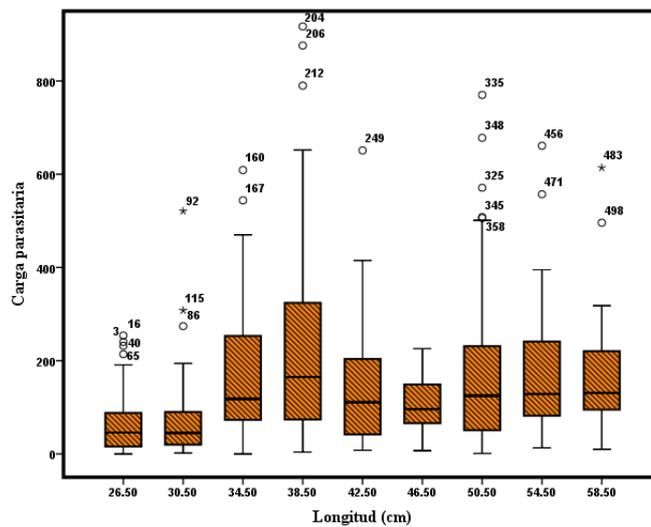
Para el análisis de los parámetros de infracomunidad con base a la longitud de los hospederos, se construyeron un total de 9 intervalos de clase con base a la regla de Sturges, integrando los datos de los 8 muestreos para un mejor análisis.

La riqueza promedio de especies a nivel infracomunidad, varió entre 5 y 14 para los diferentes intervalos de clase (Fig. 10); siendo significativamente más baja para los peces correspondientes al intervalo de 30.5 cm y más alto para aquellos de 50.5 cm (Anova  $F = 7.33$ ,  $p < 0.001$ ). De manera general, la riqueza de especies tendió a ser más alta en los peces de mayor tamaño ( $> 50.5$  cm, Fig. 10).



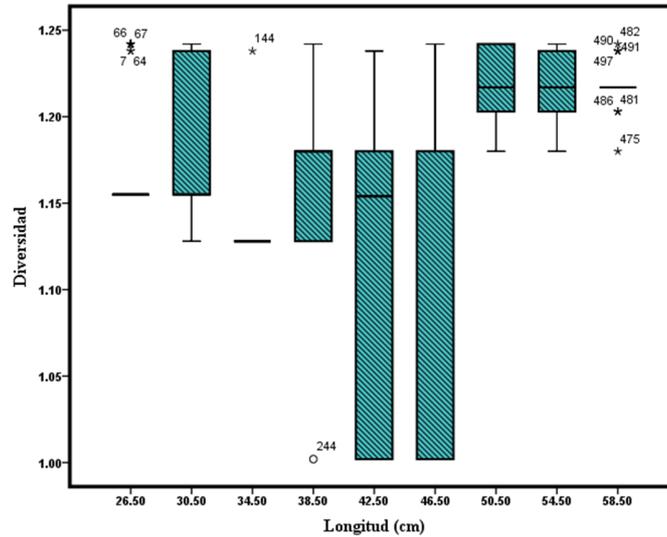
**Figura 10.** Distribución de la riqueza de especies de parásitos, con base a la longitud total de *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

La carga parasitaria (número total de parásitos por hospedero infectado) varió entre 61.85 parásitos en promedio, para los ejemplares del intervalo más bajo (26.5 cm) a 226.23 en los de 38.5 cm (Fig. 11). No obstante que este parámetro varió significativamente entre los diferentes intervalos de clase (Anova  $F = 9.95$ ,  $p < 0.01$ ), no se observó un patrón claro en su comportamiento con base a las diferentes longitudes de los peces. (Fig. 11).



**Figura 11.** Distribución de la carga parasitaria con base a la longitud total de *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

En el caso de los valores de diversidad (índice de Brillouin), estos fueron mayores a la unidad en todos los intervalos de clase (Fig. 12), siendo significativamente más altos en los peces de los intervalos de 50.5 a 58.5 cm (Anova  $F = 60.5$ ,  $p < 0.01$ ).



**Figura 12.** Distribución de la diversidad de especies (índice de Brillouin) de parásitos, con base a la longitud total de *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

### 6.12. Relación entre la longitud y el factor de condición ( $k$ ) de *Euthynnus lineatus* con los parámetros de infracomunidad y abundancia de las especies de parásitos.

La longitud total de los hospederos correlacionó de manera positiva con los parámetros de diversidad, riqueza de especies de ectoparásitos y número total de ectoparásitos y negativamente con la riqueza global, y la riqueza de endoparásitos (Tabla 7). Se registraron también correlaciones positivas entre la longitud total y las abundancias de 14 especies de parásitos, y negativas con las de 4 especies (Tabla 7).

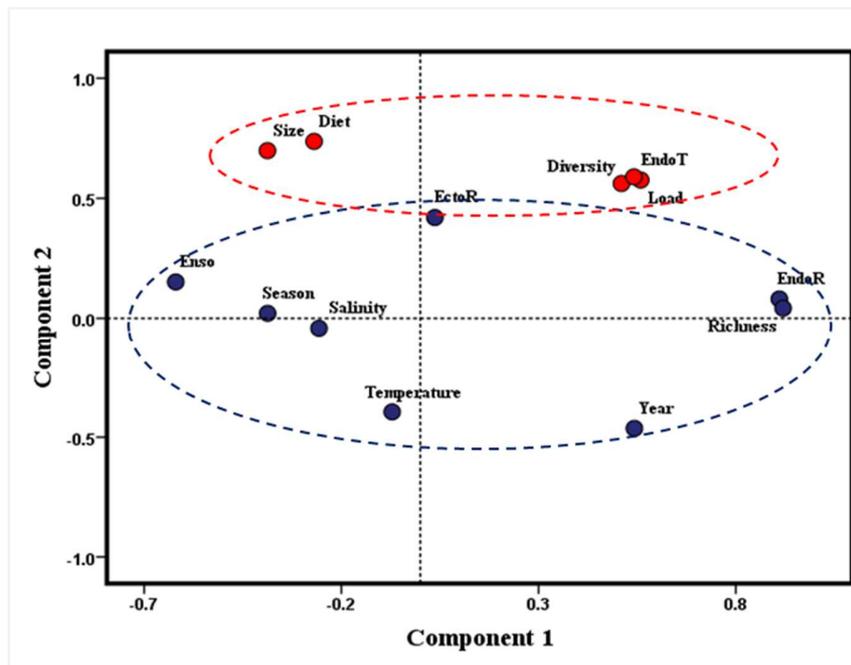
**Tabla 7.** Valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), empleado para determinar la existencia de relación entre la longitud y el factor de condición ( $Kn$ ) de los hospederos y los parámetros de infracomunidad; así como la abundancia de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes. \*\* Correlaciones significativas a  $p < 0.01$ , \* significativas a  $p < 0.05$ .

Parámetros	Talla	Kn
Riqueza	-0.248**	-0.101*
Carga	0.070	0.001
Diversidad	0.254**	0.068
EctoR	0.208**	0.026
EctoT	0.236**	0.040
EndoR	-0.215**	-0.068
EndoTs	0.088	0.008
Kn	0.147**	
Parásito		
<i>Neohexostoma euthynni</i>	0.194**	0.067
<i>Churavera triangula</i>	-0.160**	0.018
<i>Capsala caballeroi</i>	0.165**	-0.003
<i>Lecithochirium microstomum</i>	0.288**	0.069
<i>Dinurus scombri</i>	-0.044	0.075
<i>Rhipidocotyle pentagonum</i>	0.396**	0.077
<i>Tergestia laticolis</i>	0.036	0.016
<i>Hirudinella ventricosa</i>	0.248**	0.009
Larva didimozoide	-0.187**	-0.145**
<i>Pseudocolococytotrema yaito</i>	0.274**	0.059
<i>Platocystis alalongae</i>	0.213**	0.054
<i>Koellikeria</i> sp.	0.143**	0.088*
<i>Allopseudocolococytotrema claviforme</i>	0.160**	0.066
<i>Sicuotrema</i> sp.	0.093*	0.065
<i>Metadidymocystis</i> sp.	0.031	0.083
<i>Didymocylindrus simplex</i>	0.011	0.013
<i>Coeliotrema thynni</i>	-0.143**	-0.140**
<i>Univitellodidymocystis neothunni</i>	-0.018	-0.079
Tetraphyllidea gen. sp.	0.090*	0.102*
<i>Rhadinorhynchus</i> sp.	0.164**	0.069
<i>Spinitectus</i> sp.	0.018	0.038
<i>Anisakis</i> sp.	0.365**	0.020
<i>Contracaecum</i> sp.	-0.043	-0.045
<i>Caligus bonito</i>	0.194**	-0.064
<i>Lernanthropus cornutus</i>	-0.036	-0.015
<i>Rocinella signata</i>	0.053	0.055

El factor de condición de los peces (*Kn*) por su parte, fue correlacionado negativamente con la riqueza global de 3 especies (Tabla 7). A diferencia de la longitud total, el *Kn* solo registró correlación con la abundancia de 4 especies de parásitos, dos de estas correlaciones fueron negativas (Tabla 7).

### 6.13. Análisis multivariado.

Los parámetros ambientales considerados en este análisis variaron significativamente entre los años de muestreo. Por ejemplo, la temperatura superficial varió de 28.3 (2013) a 30.2 °C (2015) ( $t = 4.15$ ,  $p < 0.01$ ), en tanto que la salinidad de 32.9 (2012) a 35.5 ups (2015) ( $t = 4.26$ ,  $p < 0.01$ ) (Tabla 4). En el análisis de componentes principales (ACP, Fig. 13), las variables sexo y factor de condición (*Kn*), fueron eliminadas del análisis, debido a su baja contribución a la varianza total explicada (solo 2.8 y 2.7%, respectivamente).



**Figura 13.** Diagrama de dispersión del ACP sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y la riqueza de especies de infracomunidades de *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

La prueba KMO = 0.445 y la de Bartlett ( $\chi^2 = 8,441.7$ ; d.f. = 78  $p < 0.001$ ) indicaron que existió una relación suficiente entre las variables consideradas y los diferentes tamaños de muestra utilizados, por lo que el ACP fue adecuado. Las dos variables componentes generadas por el

modelo explicaron el 48.22% de la varianza total, contribuyendo con un 28.69% (autovalor = 3.73) y 19.53% (autovalor = 2.53), respectivamente.

La primera variable componente incluyó al número de especies de parásitos por infracomunidad, el número de especies de endoparásitos, los valores del MEI (anomalías climáticas), los años de muestreo, la estación climática (secas/lluvias) y los valores de salinidad (Tabla 8). Esta variable componente sugiere, que las infracomunidades más ricas en especies presentaron un mayor número de especies de endoparásitos y se registraron principalmente durante la fase de enfriamiento del ENSO ( $r = -0.620$ ), la cual se presentó durante la estación de secas (debido a que se le asignó el rango uno a esta estación climática).

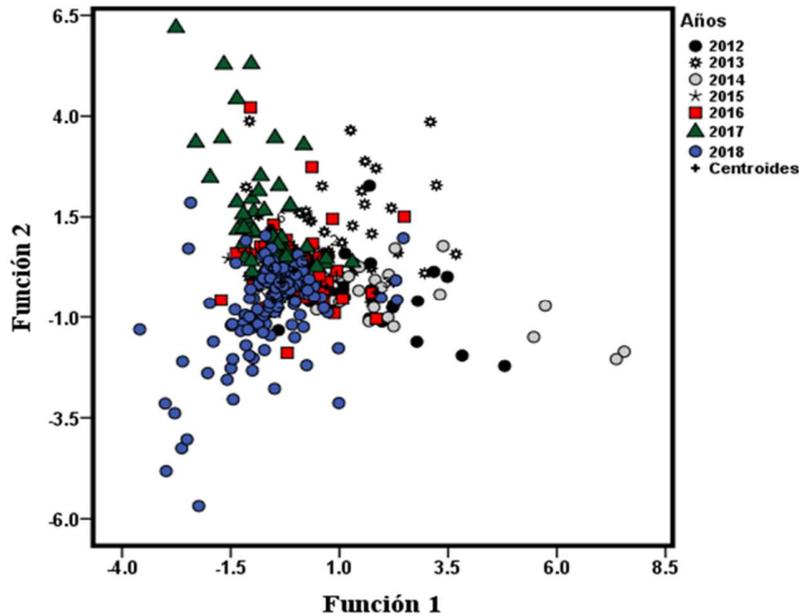
En tanto que la segunda variable componente asoció a las 7 variables restantes en el modelo (Tabla 8), ésta variable indicó que los peces más grandes, o aquellos con una dieta más variada, presentaron infracomunidades de una mayor diversidad de especies y una carga parasitaria más alta (Tabla 8).

**Tabla 8.** Resumen del análisis de componentes principales (ACP), sobre los factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y la riqueza de especies de las infracomunidades de *Euthynnus lineatus*, en la Bahía de Acapulco, Guerrero.

Variables				Comunalidad	Singularidad
	CP1	CP2	MAM	R <sup>2</sup>	% no predicho
Riqueza	<b>0.920*</b>	0.043	0.493	0.638	0.362
EndoR	<b>0.910*</b>	0.081	0.476	0.847	0.153
Enso	<b>-0.620*</b>	0.152	0.434	0.644	0.356
Año	<b>0.543*</b>	-0.463	0.436	0.575	0.425
Estación climática	<b>-0.387*</b>	0.021	0.380	0.835	0.165
Salinidad	<b>-0.257*</b>	-0.041	0.300	0.641	0.359
Dieta	-0.269	<b>0.737*</b>	0.345	0.509	0.491
Longitud	-0.387	<b>0.699*</b>	0.487	0.615	0.385
EndoT	0.542	<b>0.589*</b>	0.499	0.161	0.839
Carga parasitaria	0.559	<b>0.576*</b>	0.502	0.407	0.593
Diversidad	0.510	<b>0.562*</b>	0.888	0.178	0.822
EctoR	0.037	<b>0.420*</b>	0.144	0.150	0.850
Temperatura	-0.071	<b>-0.395*</b>	0.306	0.068	0.932
Autovalor	3.73	2.53			
% varianza total	28.69	19.53			
Varianza acumulada	28.69	48.22			

CP1, CP2 = componentes principales Las variables que contribuyen a la varianza total explicada en cada CP, se muestran con un asterisco. Comunalidad = Influencia total de la variable con respecto a todas las demás variables asociadas. Singularidad = porcentaje de variabilidad que no se predice por la variable en el modelo. MAM = Medida de Adecuación Muestral.

Por otra parte, en el análisis de funciones discriminantes (AFD) utilizado para determinar posibles variaciones en la estructura de las comunidades de parásitos entre los años de muestreo (Fig. 14), el modelo resultante incluyó 5 variables discriminantes. Las primeras 3 variables explicaron el 73% de la varianza total, contribuyendo con un 31.7% (autovalor = 0.497), 25.0% (autovalor = 0.392), y 16.6% (autovalor = 0.261), respectivamente.



**Figura 14.** Gráfico del análisis discriminante para las comunidades de parásitos de *Euthynnus lineatus* en la Bahía de Acapulco, Guerrero. Los círculos representan cada uno de los peces examinados durante cada año de muestreo. Centroide = promedio.

Las pruebas de dimensionalidad indicaron que las 7 comunidades componente (muestreos anuales) fueron separadas significativamente en ambas dimensiones ( $\chi^2 = 656.9$ , d.f. = 72,  $p < 0.001$ ). Los hospederos (*E. lineatus*) fueron correctamente clasificados a cada una de las 7 comunidades con una exactitud global del 42.1%; lo cual representó el triple de lo que se habría conseguido a partir de una correcta asignación debida solo al azar (14%).

Un mayor porcentaje de peces fue clasificado correctamente (asignación positiva) a los muestreos del 2015 (93.8%) y 2017 (57.8%); mientras que las menores asignaciones positivas se registraron para los casos de los muestreos del 2012 (31.1%) y 2016 (31.7%) (Tabla 9).

**Tabla 9.** Resultados del análisis discriminante: se muestran los números y porcentajes de *Euthynnus lineatus* clasificados en cada año de muestreo (las filas corresponden a miembros de cada grupo). La parte inferior de la tabla presenta la matriz de valores de los coeficientes de clasificación de parásitos, que permitieron la diferenciación entre los años de muestreo; los asteriscos indican la importancia de cada especie de parásito en la distinción entre años de muestreo.

Año de muestreo	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	%
2012	19	8	3	28	1	1	1	31.1
2013	1	26	7	20	5	8	1	38.1
2014	3	7	15	2	3		3	45.5
2015		1		30		1		93.8
2016	3	8	1	25	20	6		31.7
2017		8		19		37		57.8
2018	2	2	4	84	12	9	62	35.4
Parásito								
<i>Neohexostoma euthynni</i>	0.164	0.375	<b>0.405*</b>	0.014	0.038	0.027	0.048	
<i>Capsala caballeroi</i>	0.111	0.219	<b>2.444*</b>	-0.048	0.007	0.030	0.029	
<i>Rhipidocotyle pentagonum</i>	<b>0.034*</b>	0.008	0.029	-0.001	0.009	-0.002	0.006	
<i>Hirudinella ventricosa</i>	0.024	0.742	<b>3.052*</b>	-0.184	0.994	-0.052	0.503	
Larva Didimozoide	-0.025	-0.046	-0.074	-0.033	0.128	-0.113	<b>0.370*</b>	
<i>Alloposeudocolocytotrema</i> sp	0.004	<b>0.025*</b>	0.006	-0.003	0.007	0.001	-0.001	
<i>Sicuotrema</i> sp.	0.004	-0.034	-0.003	0.020	0.008	<b>0.043*</b>	0.009	
<i>Coeliotrema thynni</i>	0.002	<b>0.019*</b>	0.004	-0.002	0.010	0.059	0.015	
<i>Rhadinorhynchus</i> sp.	-0.013	0.153	-0.191	-0.006	<b>0.514*</b>	0.081	-0.006	
<i>Spinitectus</i> sp.	0.043	0.034	<b>0.097*</b>	0.004	0.002	0.016	0.013	
<i>Anisakis</i> sp.	0.009	-0.015	-0.003	<b>0.017*</b>	0.065	-0.016	<b>0.022*</b>	
<i>Contracecum</i> sp.	<b>0.273*</b>	0.010	0.014	0.003	-0.001	0.004	0.001	

De las 20 especies componente (prevalencia  $\geq 10\%$ ) consideradas en el AFD, solo 12 fueron aceptadas por el modelo resultante, con base a sus valores más bajos del estadístico Lambda de Wilks. Las mayores abundancias de cuatro especies de parásitos (los monogéneos *Neohexostoma euthynni* PRICE 1961 y *C. caballeroi*, el digéneo *H. ventricosa*, y el nemátodo *Spinitectus* sp.) permitieron asignar peces al muestreo del 2014, mientras que al menos una especie de parásito permitió asignar un mayor número de hospederos a los muestreos de 2015 (*Anisakis* sp.), 2016 (*Rhadinorhynchus* sp.), y 2017 (*Sicuotrema* sp.) (Tabla 9).

## **VII. Discusión.**

### **7.1. Aspectos poblacionales del hospedero.**

De acuerdo con los estudios realizados sobre la biología de *E. lineatus*, se han registrado diferentes longitudes furcales que abarcan desde los 20 hasta más de 80 cm, con una distribución unimodal (parcialmente sesgada a la derecha) o multimodal de hasta 3 modas (Velásquez 2017). Mientras que Collete y Nauen (1983) reportan una longitud furcal máxima de 84 cm para un pez capturado en la isla Clarión en México durante 1982. No obstante Ramos-Cruz (2009) reportó una talla máxima de 65 cm y un peso máximo de 2,120 g para *E. lineatus*, en tanto que Velásquez (2017) una talla máxima de 68 cm de longitud furcal. En este sentido, la longitud total máxima registrada en el presente estudio fue de 60.1 cm y un peso de 1,829.6 (Tabla 4). No obstante, se observaron peces de mayor tamaño, esto es, de hasta unos 3.5 kg de peso total (aproximadamente), los cuales no fueron muestreados, debido a su gran tamaño; por lo que es muy probable que las tallas máximas que puede alcanzar *E. lineatus* en las costas de Guerrero, sean cercanas a los 80 cm, como ha sido reportado en otras localidades.

### **7.2. Relación longitud-peso.**

El crecimiento individual de los peces, es un proceso biológicamente complejo, dependiente de múltiples factores limitantes internos (genéticos, bioquímicos, endócrinos) y externos a los organismos (temperatura, salinidad, alimentación) (Ricker 1979; Velásquez 2017). Los estudios de crecimiento con enfoque pesquero, comúnmente utilizan datos de talla-edad, asumiendo que el crecimiento neto se ve reflejado en esa información, con este enfoque, se ha demostrado que el crecimiento individual puede depender también de la densidad poblacional y de la intensidad de pesca (Ricker 1975; Velásquez 2017).

En los estudios de biología pesquera, se emplea comúnmente el modelo potencial para describir el crecimiento relativo de los peces, asumiendo que cualquier especie presenta una relación de este tipo entre sus dimensiones corporales como longitud y peso total (Ricker 1975; Velásquez 2017). El crecimiento relativo puede ser de tipo isométrico (aumento corporal proporcionado) o alométrico (aumento corporal desproporcionado) y comúnmente es determinado mediante la comparación del exponente de la función potencial, con un valor teórico de 3 (Ricker 1975; Velásquez 2017).

**Tabla 10.** Parámetros de relaciones longitud-peso, para especies de túnidos a nivel mundial.

Especie	N	Min.	Máx.	a	b	r <sup>2</sup>	Fuente
<i>Auxis rochei</i>	165	31	44.5	0.0003	3.49	0.89	Hajjej <i>et al.</i> 2017
<i>Katsuwonus pelamis</i>	65	21.3	35	2.76	1.44	0.85	Zhenhua <i>et al.</i> 2016
<i>Thunnus albacares</i>	32	15.5	21.79	0.0096	2.55	0.92	Zhenhua <i>et al.</i> 2016
<i>Euthynnus alletteratus</i>	86	88.4	97.2	0.022	2.91	0.98	Hajjej <i>et al.</i> 2011
<i>E. alletteratus</i>	92	79.4	96.7	0.031	2.81	0.98	Hajjej <i>et al.</i> 2011
<i>E. alletteratus</i>	295	38	95.5	0.029	2.84	0.98	Hajjej <i>et al.</i> 2017
<i>Euthynnus yaito</i>	105	18	32.5	0.0079	3.18	0.91	Zhenhua <i>et al.</i> 2016
<i>Euthynnus lineatus</i>	109	36.5	66.7	0.0002	3.08		Kalwe y Calkins 1965
<i>E. lineatus</i>		29.5	69	0.032	2.88	0.98	Espino-Barr <i>et al.</i> 2003
<i>E. lineatus</i>	9490	43	65	0.206	2.40		Ramos-Cruz 2009
<i>E. lineatus</i>				0.0002	2.30		Velásquez 2017
<i>E. lineatus</i>	61	26	60	0.0109	3.01	0.99	* Presente estudio 2019
<i>E. lineatus</i>	68	36.5	56.5	0.1789	2.24	0.74	* Presente estudio 2019
<i>E. lineatus</i>	107	25.4	30	0.003	3.39	0.87	* Presente estudio 2019

Se ha señalado que el parámetro  $b$  refleja las características de una especie y generalmente no varía significativamente a través del año, a diferencia del parámetro  $a$ , el cual puede variar en forma diaria, estacionalmente y/o entre diferentes hábitats (Bagenal y Tesch 1978; Al-Rasady *et al.* 2012). De hecho las relaciones longitud-peso no son constantes a lo largo del tiempo, dado que varían de acuerdo a factores tales como la disponibilidad de alimento, tasas de alimentación, desarrolló gonádico y el periodo de desove (Bagenal y Tesch 1978; Al-Rasady *et al.* 2012).

Los resultados de la relación longitud-peso para *E. lineatus* indicaron, que el crecimiento de este túnido puede también ser muy variable a lo largo del tiempo. Por ejemplo, en el año 2012 el crecimiento fue de tipo isométrico ( $b = 3.01$ ), en tanto que durante otros años se registró alometría negativa en el crecimiento ( $b < 3$ ), mientras que durante los años 2016 y 2018<sub>b</sub> fue de tipo alométrico positivo ( $b > 3$ , Tabla 2). Ramos-Cruz (2009) señaló también que pueden existir cambios temporales en los parámetros de la relación longitud-peso de las funciones potenciales en este pez. Para otras especies de túnidos se han obtenido también diferentes resultados como se puede observar en la Tabla 10.

Las diferencias registradas en los parámetros de crecimiento de *E. lineatus* pueden estar asociadas al año y estación de muestreo, la cantidad de contenido estomacal, las tasas de alimentación, el sexo (dado que la gónada de las hembras incrementa de manera considerable su peso durante la temporada reproductiva), el periodo de desove y el estado de salud de los peces.

### **7.3. Alimentación.**

Los juveniles y adultos de *E. lineatus* presentan una dieta oportunista, con un comportamiento carnívoro, su dieta incluye principalmente peces marinos como la anchoveta *Engraulis ringens*, moluscos y crustáceos pelágicos. Algunos estudios sobre alimentación de esta especie han reportado unos 27 ítems, para ejemplares de las costas de Oaxaca, de los cuales 21 pertenecen a la clase Malacostraca, 3 a Actinopterygii, dos a Cephalopoda y uno a la clase Gasterópoda (Ruíz-Pérez *et al.* 2016). Estos mismos componentes fueron registrados en los peces examinados a lo largo del periodo de estudio (Fig. 3). No obstante, se observó que los ejemplares de mayor tamaño tienden a tener una dieta más especializada incluyendo un mayor porcentaje de peces, a diferencia de los peces más pequeños, cuya dieta es más variada e incluye un mayor porcentaje de crustáceos y moluscos.

#### **7.4. Composición de la parasitofauna de *Euthynnus lineatus*.**

Veinticinco de las 33 especies de parásitos metazoarios registradas en *E. lineatus* representan nuevos registros de distribución para este hospedero en México (Tabla 3). El grupo de los digéneos representó la mayor proporción (48%) de los grupos de parásitos recuperados. Dentro de este grupo, los didimozoides (9 especies identificadas y 1 larva) dominaron en todas las comunidades de parásitos, representando el 77% del total de individuos parásitos recuperados. Los digéneos de la familia Didymozoidae son en su mayoría parásitos de peces marinos, los cuales presentan una alta especificidad de habitat; estos parasitan principalmente peces escómbridos de regiones tropicales o subtropicales y son raramente encontrados en especies de peces de agua dulce (Nikolaeva 1985; Madhavi y Ram 2000; Nascimento-Justo y Kohn 2012; Mele *et al.* 2012). En *E. lineatus*, los didimozoides fueron encontrados tanto encapsulados en pares como en los casos de *Koellikeria* sp. y *Platocystis alalongae* YAMAGUTI 1938 como individualmente (por ejemplo *Ps. yaito* y *C. thynni*), en sitios tan variados como las paredes del esófago, del estómago e intestino, así como en los ciegos intestinales (Tabla 3).

Los crustáceos fueron el segundo grupo de parásitos más diverso (3 copépodos y 3 isópodos), representando el 18.2% del total de especies (Fig. 3). En las regiones tropicales los copépodos constituyen el segundo grupo más numeroso de parásitos en los peces marinos, y el tercer grupo más grande en peces de agua dulce (Luque y Tavares 2007). No obstante, la abundancia global de este grupo de parásitos en *E. lineatus* fue muy baja (0.28% del total de parásitos). Esto significa que al parecer los crustáceos no son parásitos abundantes y frecuentes en los escómbridos, ya que solo se han registrado de 1 a 4 especies (incluyendo *C. bonito*, reportada aquí) en las comunidades de parásitos de este grupo de peces marinos (Alves y Luque 2006; Mele *et al.* 2012; Chero *et al.* 2016; Hermida *et al.* 2018).

#### **7.5. Distribución de las especies de parásitos.**

El número de especies clasificadas como comunes varió entre 4 y 5 (Figs. 6, 7) en las comunidades de parásitos, mientras que el número de especies raras fue considerablemente mayor en todos los años de muestreo. Algunos estudios en ecología de parásitos, señalan que las especies clasificadas como comunes (poco abundantes pero frecuentes), confieren una mayor constancia en la composición de especies dentro de la comunidad; por lo que pueden ser consideradas como el componente predecible de la misma, a diferencia de las especies raras que constituyen el componente impredecible (Kennedy y Hartvigsen 2000). En este sentido se

puede establecer de manera general, que las comunidades de parásitos de *E. lineatus* pueden ser muy poco predecibles en cuanto a su composición de especies.

#### **7.6. Variación inter-anual en los niveles de infección de las especies de parásitos.**

Poulin (2006) señaló que la variación en los niveles de infección (prevalencia, intensidad y abundancia) constituye un patrón común en el caso de cualquier especie de parásito. Los cambios inter-anales en la dieta de *E. lineatus* y posiblemente en la disponibilidad de presas infectadas debido a las fluctuaciones de los factores ambientales pueden, se los responsables de las variaciones observadas en los niveles de infección de helmintos de transmisión trófica como *R. pentagonum*, *A. claviforme*, *C. thynni*, *Ps. yaito*, *Sicoutrema* sp., la larva de cestodo, y los nematodos *Contracaecum* sp. *Spinitectus* sp., y *Anisakis* sp (Garcias *et al.* 2001; Luque *et al.* 2004; Alves y Luque 2006; Iannacone *et al.* 2010).

Por ejemplo, la mayoría de estos helmintos registraron niveles de infección más altos durante los muestreos de 2014 y 2016 (Tabla 3), cuando la alimentación de *E. lineatus* fue más variada (Tabla 4). No obstante, la abundancia poblacional y el comportamiento gregario (formación de cardumen) de este pez (Collette y Nauen 1983), pueden ser una mejor explicación para la variación inter-annual observada para 4 especies de ectoparásitos: los monogéneos *C. caballeroi*, *Ch. triangula*, y *N. euthynni* y el copépodo *C. bonito* (Tabla 3). Al igual que otros atunes *E. lineatus* se caracteriza por formar grandes cardúmenes (Collette y Nauen 1983), lo cual puede facilitar la transmisión de algunos parásitos, en particular de aquellos que presentan un ciclo de vida directo, tales como los monogéneos y los copépodos (Sasal y Morand 1998; Luque *et al.* 2004).

#### **7.7. Patrón de dispersión espacial.**

La agregación es un patrón típico de dispersión en muchas especies de peces marinos (Rohde 2005; Alves y Luque 2006; Iannacone *et al.* 2010; Amarante *et al.* 2015; Santos-Bustos *et al.* 2018; Villalba-Vasquez *et al.* 2018). Este patrón de agregación, origina que la mayoría de los hospederos no presente o albergue pocos individuos, en tanto que unos pocos presenten muchos parásitos (Poulin 2013). Los valores del índice de dispersión index (*ID*) registrados en cada una de las comunidades de parásitos indicaron que el 70% de las especies identificadas presentaron una dispersión agregada en uno o más años de muestreo (Tabla 3). Unas seis especies clasificadas como especies componente, el digéneo *R. pentagonum*, la larva de cestodo tetrafilido y los didimozoides *A. claviforme*, *C. thynni*, *Ps. yaito* y *Sicoutrema* sp. presentaron un alto nivel de agregación en varios años de muestreo (Tabla 3).

La alta vagilidad y la endotermia de los túnidos requieren del consumo de gran cantidad de energía metabólica, la cual es obtenida a partir de la ingestión de grandes cantidades de presas (crustáceos, peces, moluscos, y poliquetos), muchas de las cuales pueden actuar como hospederos intermediarios o paraténicos de digéneos didimozoides y otros helmintos parásitos (Madhavi y Ram 2000).

Por lo tanto, la fisiología y el comportamiento alimenticio de *E. lineatus* facilitan la invasión de un gran número de especies de parásitos de transmisión trófica, las cuales pueden ser acumuladas a lo largo de su ciclo de vida (Madhavi y Ram 2000; Nascimento-Justo y Kohn 2012; Hermida *et al.* 2018). Sin embargo, la variación en los niveles de agregación de varias especies de parásitos sugiere que pueden existir diferencias en las tasas de exposición a los parásitos por parte del hospedero a lo largo del tiempo; debido posiblemente a la influencia de factores ambientales locales (Poulin 2013; Soares *et al.* 2014), principalmente cambios en la temperatura superficial, o diferencias en la composición de la dieta como lo indicaron los resultados del análisis alimenticio.

#### **7.8. Efecto de la dieta del hospedero sobre la estructuración de comunidades de parásitos intestinales.**

La dieta del hospedero constituye un factor de gran importancia en la estructuración de las comunidades de parásitos, principalmente en el caso de las intestinales, las cuales son transmitidas a sus hospederos definitivos a través de relaciones predador-presa (Sasal *et al.* 1997). Debido a la variedad de la dieta de *E. lineatus*, el consumo frecuente de presas como crustáceos y moluscos lo expone en un mayor grado a una gran variedad de estadios infectivos de parásitos transmitidos por vía trófica (Alves y Luque 2001). Del total de especies identificadas, 23 (70%) fueron colectadas del intestino o el mesenterio de *E. lineatus* (Tabla 3), indicando que la dieta fue un factor importante en la estructuración de sus comunidades de parásitos intestinales (Sasal *et al.* 1997; Garcías *et al.* 2001, Luque *et al.* 2004; Tavares y Luque 2004; Iannacone *et al.* 2010; Santana-Pineiros *et al.* 2012). En otras especies de túnidos los parásitos intestinales (principalmente digéneos didimozoides), representan como en *E. lineatus*, los mayores porcentajes de parásitos colectados de este grupo de peces (Tabla 11), lo cual confirma la importancia que tiene la dieta en la estructuración de sus comunidades de parásitos intestinales.

### **7.9. Importancia de *Euthynnus lineatus* como hospedero intermediario.**

Seis especies de helmintos fueron colectados en estadio larval durante el periodo de estudio (un didimozoides, 2 cestodos, 1 acantocéfalo y 2 nematodos, Tabla 3), los cuales representaron el 10.5% del total de helmintos endoparásitos. No obstante que *E. lineatus* es considerado como un predador oportunista (Collette y Nauen 1983), la ocurrencia de un considerable número de parásitos en estadio larvario, sugiere que este pez es también una presa importante para otros peces pelágicos de mayor tamaño o bien de algunos mamíferos marinos.

Entre los predadores más importantes de *E. lineatus* se incluyen el dorado (*Coryphaena hippurus*), el atún de aleta amarilla (*Thunnus albacares*), el pez vela (*Istiophorus platypterus*) y tiburones (Collette y Nauen 1983). Por lo tanto, varios de estos grandes predadores o algunos mamíferos marinos (Trites *et al.* 1997), pueden ser los hospederos definitivos de los parásitos en estadio larvario registrados en *E. lineatus*.

### **7.10. Comunidad componente.**

Las comunidades de parásitos de *E. lineatus* presentaron patrones similares a los niveles de componente e infracomunidad: una alta riqueza y diversidad de especies y la dominancia de una sola especie de parásitos (los didimozoides *A. claviforme* o *Ps. yaito*, Tablas 4 y 6). La riqueza de especies a nivel componente (14 a 29 especies; Tabla 4) fue muy similar a la reportada para otras especies de túnidos de talla pequeña tales como *Katsuwonus pelamis* (24 a 26 especies), *Euthynnus affinis* (23 especies) y *E. alleteratus* (22 especies) (Lester *et al.* 1985; Madhavi y Ram 2000; Alves y Luque 2006; Hermida *et al.* 2018; Tabla 11). La alta diversidad y riqueza de especies registradas en comunidades de parásitos de túnidos puede ser atribuida a su alta vagilidad, variedad de su dieta, largo ciclo de vida y endotermia; todas estas características los hacen altamente adecuados como hospederos de helmintos parásitos (Madhavi y Ram 2000; Hermida *et al.* 2018). La gran dominancia numérica de didimozoides en los túnidos (Tabla 11) es considerada como un patrón común en estos peces, debido a la alta especificidad hospederadora y de hábitat que presentan estos parásitos (Nikolaeva 1985; Madhavi y Ram 2000; Hermida *et al.* 2018). Por ejemplo, hasta 14 especies de didimozoides han sido registradas en *E. affinis*, incluidas *A. claviforme* y *Ps. yaito* (Madhavi y Ram 2000), ambas especies registradas como dominantes en *E. lineatus* en este estudio.

Por otra parte, los hospederos que presentan una amplia distribución geográfica como en el caso de *E. lineatus*, están expuestos a un mayor número de especies de parásitos, debido a que interactúan con un mayor número de especies de hospederos intermediarios en las diferentes regiones de su distribución (Sasal *et al.* 1997). Los resultados obtenidos respaldan esta hipótesis, ya que la parasitofauna total registrada para *E. lineatus* durante los 7 años de muestreo, fue de un total de 33 especies (Tabla 3), no obstante que la máxima riqueza de especies registrada a nivel componente varió entre 14 y 29 especies de parásitos (2015 y 2012, respectivamente, Tabla 4).

Por otra parte, la mayor riqueza de la parasitofauna registrada en *E. lineatus*, en comparación con otras especies de túnidos (Tabla 11), puede ser atribuida posiblemente al mayor número de hospederos examinados, así como de años de muestreo efectuados en el presente estudio. La alta similitud registrada a nivel cualitativo (media = 82.2%) entre las comunidades componentes, sugiere la existencia de una relativa estabilidad temporal en la composición de especies de parásitos de este hospedero (Soares *et al.* 2014). No obstante, la estructura de la comunidad de parásitos puede sufrir cambios importantes a lo largo del tiempo, como lo indicaron las diferencias registradas en las abundancias de varias especies de parásitos, así como la alternancia bianual observada en la dominancia numérica de 2 especies de didimozoides (Tabla 4).

**Tabla 11.** Parámetros de comunidades de parásitos en túnidos a nivel mundial.

Especie	No. Hosp	Talla cm	No. de especies	Monos.	Didimo.	Digen.	Acanto.	Cest.	Nema.	Crustac.	Referencia
<i>Euthymus alleteratus</i>	150			2	4					4	Mele <i>et al.</i> 2016
<i>Euthymus alleteratus</i>	46	28-58	22	6	2	3	2	2	3	4	Alves y Luque 2006
<i>Katsuwonus pelamis</i>			26		12	3	1	3	6	1	Lester <i>et al.</i> 1985
<i>Katsuwonus pelamis</i>	15	45-70	13	2	2		2	2	2	3	Alves y Luque 2006
<i>Katsuwonus pelamis</i>	31		16	2	10					4	Mele <i>et al.</i> 2012
<i>Katsuwonus pelamis</i>	30	53	25	1	17		4	1	1	1	Moreira 2017
<i>Katsuwonus pelamis</i>	30	53	24	1	16		3	1	2	1	Hermida <i>et al.</i> 2018.
<i>Euthymus affinis</i>	110	15-60	23	2	14	4	1	1	1		Madhavi y Ram 2000
<i>Thunnus atlanticus</i>	61	45-82	15	3	12	3					Justo y Kohn 2014
<i>Euthymus lineatus</i>	20			1		4		1	2		Castillo-Sánchez <i>et al.</i> 1997
<i>Euthymus lineatus</i>	496	25-60	33	4	10	6	2	2	3	6	* Este trabajo 2019

\* Los digeneos fueron separados en didimozoides y otros digeneos, para fines comparativos. En algunos casos se incluyen algunos isópodos parásitos (Alves y Luque 2006), en el grupo de los crustáceos como realizó también para *E. lineatus* en el presente estudio.

### 7.11. Infracomunidades.

Varios factores bióticos y abióticos son considerados como determinantes importantes de la riqueza y diversidad de especies en las comunidades de parásitos (Poulin 1995; Timi y Poulin 2003; Luque *et al.* 2004; Carvalho y Luque 2011; Henriquez y Gonzalez 2012). Los resultados del ACP (Fig. 13), sugieren que las variaciones inter-anales en los factores ambientales locales (temperatura, salinidad, estaciones y anomalías climáticas) tienen un gran efecto sobre la estructura de la infracomunidad de parásitos. Por ejemplo, los valores de los parámetros de las infracomunidades fueron significativamente más bajos durante el muestreo de 2015 (Tabla 6), cuando ocurrió uno de los eventos más fuertes del ENSO en la región del Pacífico, lo cual generó un incremento anormal de la temperatura superficial del agua por arriba de los 2.5 °C, en algunas regiones del Pacífico tropical (Lamb *et al.* 2018).

Durante este evento climático, la temperatura superficial (30.2 °C) y la salinidad (35.5 ups) en la Bahía de Acapulco fueron significativamente más altas, que en otros años de muestreo (Tabla 4). Se ha documentado, que incrementos anormales en la temperatura superficial del mar pueden ocasionar una disminución en la productividad de las redes alimenticias, lo cual afecta los procesos de transmisión de muchas especies de parásitos de transmisión trófica, debido a la reducción de potenciales hospederos intermediarios o finales (Oliva *et al.* 2008; Jacobson *et al.* 2012; Lamb *et al.* 2018). En la Bahía de Acapulco, ligeros cambios en la temperatura del agua y la salinidad, pueden ser suficientes para ocasionar cambios importantes en la composición de especies de las comunidades de copépodos a lo largo del año (Rojas-Herrera *et al.* 2016). La disminución de la temperatura del agua en la Bahía de Acapulco durante los primeros meses del año, ha sido asociada con el incremento de poblaciones de copépodos ciclopoideos y harpacticoideos (Rojas-Herrera *et al.* 2016), los cuales actúan como hospederos intermediarios de muchas especies de helmintos intestinales (Marcogliese 1995; Rohde 2005).

La diversidad de la dieta y el tamaño corporal (longitud total) fueron también considerados como determinantes importantes de una mayor riqueza y diversidad de especies, en las infracomunidades de parásitos de *E. lineatus* (Tabla 8). La dieta del hospedero es considerado como uno de los factores más importantes en la estructuración de comunidades de parásitos intestinales de peces marinos (Sasal *et al.* 1997; Luque *et al.* 2004; Tavares y Luque 2004; Santos-Bustos *et al.* 2018; Villalba-Vasquez *et al.* 2018). Como se mencionó anteriormente, los hábitos predadores y la voracidad de *E. lineatus* (Collette y Nauen 1983) lo expone en un mayor

grado, a una amplia variedad de parásitos intestinales (digéneos, cestodos, acantocefalos, y nematodos), los cuales pueden ser adquiridos a partir de la ingestión de presas infectadas.

El tamaño corporal del hospedero es reconocido también como un buen predictor de la abundancia total, diversidad y riqueza de especies de las infracomunidades de parásitos (Sasal *et al.* 1997; Vidal-Martinez y Poulin 2003; Luque y Poulin 2008; Iannacone *et al.* 2010; Henriquez y Gonzalez 2012; Santos-Bustos *et al.* 2018; Villalba-Vasquez *et al.* 2018). Los hospederos de mayor tamaño corporal pueden facilitar la colonización de ecto y endoparásitos, debido a que los individuos más grandes proporcionan una mayor superficie corporal para el establecimiento de ectoparásitos (como es el caso de monogéneos y copépodos). Debido a su mayor tamaño pueden también consumir mayores cantidades de alimento y son con frecuencia de una mayor edad; significando por lo tanto que han tenido un mayor tiempo para acumular parásitos en comparación con los más jóvenes (Poulin 1998; Sasal *et al.* 1997; Bush *et al.* 2001; Santos-Bustos *et al.* 2018; Villalba-Vasquez *et al.* 2018).

La talla correlacionó positivamente con la abundancia de varias especies de ecto y endoparásitos (Tabla 7); no obstante en otros casos las relaciones registradas fueron de tipo negativo indicando que la abundancia de algunas especies puede variar significativamente de acuerdo a la edad o el tamaño de los hospederos, debido posiblemente a diferencias en el comportamiento gregario de los mismos o de cambios en su alimentación con la edad.

Balboa y George-Nascimento (1998) y Villalba-Vásquez *et al.* (2018) observaron también variaciones a través de la ontogenia de los hospederos *Helicolenus lengerichi* y *Parapsettus panamensis*, en los niveles de infección de algunas especies de parásitos, así como en la composición de sus infracomunidades de parásitos, lo cual relacionaron con una modificación de la dieta con la edad de los hospederos, o bien en la ocupación del hábitat a lo largo del desarrollo de estos peces.

Los resultados del análisis de funciones discriminantes (AFD) aplicado para determinar posibles diferencias en la estructura de la comunidad de parásitos a lo largo de los años de muestreo (Tabla 9), sugieren que algunas especies componente pueden registrar cambios importantes en sus prevalencias y abundancias a lo largo del tiempo. Es reconocido que uno de los patrones más comunes en ecología de parásitos, es la alta variabilidad en los niveles de infección entre poblaciones de la misma especie de hospedero (Marcogliese 2002; Bagee *et al.*

2004). Cambios en los factores ambientales locales, ya sean físicos, oceanográficos, o químicos, pueden facilitar el establecimiento y la proliferación de ciertas especies de parásitos a lo largo de tiempo (Bagee *et al.* 2004; Oliva *et al.* 2008; Jacobson *et al.* 2012; Lamb *et al.* 2018). Por lo tanto, la ocurrencia de fluctuaciones locales en la temperatura superficial y la salinidad, así como los cambios en la dieta de *E. lineatus* presentados a lo largo del tiempo, pueden ser la causa de las variaciones inter-anales registradas en los niveles de infección de los parásitos *N. euthynni*, *C. caballeroi*, *H. ventricosa*, *Sicuoitrema* sp., *Rhadinorhynchus* sp., *Anisakis* sp. y *Spinitectus* sp. Las variaciones en los niveles de infección de estas especies de parásitos, son consideradas aquí como las responsables de generar cambios importantes en la estructura de la comunidad de parásitos de *E. lineatus* a lo largo de los años de estudio.

El empleo desde hace ya varios años, de los parásitos como marcadores biológicos para la identificación de stocks de peces marinos de la misma especie, ha ganado un amplio reconocimiento en los últimos años, debido a su gran utilidad en la administración de las pesquerías (MacKenzie 2002; MacKenzie y Abaunza 2005; Timi 2007). Sin embargo, pocos estudios han intentado utilizar análisis discriminantes para determinar diferencias en la estructura de las comunidades de parásitos a lo largo del tiempo, como en el presente estudio.

El alto porcentaje global de asignación positiva (42.1%) de peces a cada uno de los 7 años de muestreo (comunidades), representó el triple de lo que se habría obtenido a partir de una simple asignación por azar (14%). Esto resalta la importancia del empleo de los parásitos, para determinar también cambios en la estructura de las comunidades a lo largo del tiempo, con base a variaciones significativas en los niveles de ocurrencia y abundancia de algunas especies de parásitos componente.

## 7.12. Parásitos de importancia médica.

Las ictiozoonosis son las enfermedades transmitidas al ser humano por bacterias, virus y parásitos, a través del consumo de pescado, productos pesqueros y productos de la acuicultura. Existe una amplia variedad de parásitos que pueden infectar al pescado, pero solo un número relativamente reducido puede causar enfermedad al ser humano (Maniscalchi-Badaoui *et al.* 2015). Todos estos parásitos están asociados a factores socio-culturales y consumo que posibilitan la infección, especialmente el hábito de comer pescado crudo, como el ceviche, las tiritas y el sushi, o pescado insuficientemente cocido.

La Anisakiasis es una enfermedad del tracto gastrointestinal que puede presentar síntomas muy variables, desde náuseas hasta fuertes dolores abdominales. La patología se presenta con un cuadro clínico de dos tipos (Maniscalchi-Badaoui *et al.* 2015). En el síndrome gástrico agudo, sobreviene un fuerte cólico epigástrico, con náuseas y vómitos que se presentan 4 a 6 horas después de la ingestión del pescado infectado. Uno de los nemátodos responsables de la enfermedad es la larva del nematodo *Anisakis simplex* (también se relaciona con los nemátodos *Anisakis* spp., *Contracaecum osculatum*, *Pseudoterranova decipiens* y *Phocanema* spp.). Una revisión realizada en el año 1993, había revelado 11,629 casos de Anisakiasis. En América Latina la infección humana por estos nemátodos fue descrita en Chile, Perú y Brasil. En el presente trabajo *Anisakis* sp. registró niveles de infección muy altos, con valores de prevalencia mayores al 60% y abundancias promedio de hasta 118 helmintos por pez infectado (Tabla 3). Los nemátodos se colectaron principalmente de las paredes del estómago y del intestino de los peces (Tabla 3).

Otros parásitos que presentan algún tipo de importancia médica son los digéneos didimozoides. Estos parásitos infectan peces predadores (como los túnidos) de aguas tropicales y subtropicales; los didimozoides del Océano Pacífico son considerados como uno de los grupos más ricos y diversos a nivel mundial. Se han registrado unas 37 especies de didimozoides en *Thunnus albacares* en diferentes regiones. Para *Katsuwonus pelamis* se reportan 33 especies, 25 para *Thunnus obesus*, 19 en *T. thynnus*; 16 en *T. alalunga*, 14 en *Euthynnus affinis*, 11 en *Scomber japonicus*, 9 en *Auxis thazard*, 7 en *Seriola quinqueradiata* y 6 especies en *Makaira nigricans*. En *E. lineatus* se registraron un total de 10 especies de didimozoides (Tabla 3), lo cual confirma la alta diversidad de este grupo de parásitos en los túnidos. Por otra parte los peces, que actúan como hospederos finales de muchas especies de estos parásitos, viven cerca de la costa en las capas superficiales del océano y son pelágicos durante todas las etapas de sus ciclos de vida. Los hospederos preferidos de los didimozoides son los túnidos (atunes) y otros representantes

de esta familia. Por ejemplo, en *Thunnus albacares* en el Golfo de México se han registrado infecciones del 100% en estos peces. La intensidad de infección registrada es 8 a 1,167 parásitos por hospedero infectado (Nikolaeva 1985). Mientras que en el Golfo de Guinea y en el Atlántico central, para este mismo hospedero la intensidad de infección reportada es de 148 didimozodes (Nikolaeva 1985).

En el caso de *E. lineatus* se colectaron hasta 578 didimozoides de la especie *A. claviforme* y 389 de *Ps. yaito* (Tabla 3). Casos de infecciones por didimozoides han sido documentados en países como el Japón. Las personas que acostumbran consumir platillos elaborados con carne cruda o sin cocción como las tiritas de pescado, las cuales se elaboran preferentemente con carne de barrilete (*E. lineatus*), pueden estar expuestas a ingerir didimozoides junto con otros helmintos. En los casos en los que se ingieren didimozoides enquistados en parejas (adultos), las personas pueden estar expuestas a los huevos de estos helmintos en desarrollo. Esta situación es conocida por los huevos del didimozoide *Gonapodasmius* sp. que infecta peces voladores de Japón (Nikolaeva 1985). Estos peces presentan metacercarias de didimozoides, los cuales pueden aclimatarse a los intestinos del hombre y comenzar las migraciones propias de estas larvas, por lo que su ingestión puede ser peligrosa.

## VIII. Conclusiones.

1. La longitud máxima de los ejemplares examinados de *Euthynnus lineatus* fue de 60.1 con un peso máximo de 2,500 g, mediciones muy similares a las reportadas en otras localidades para esta especie.
2. Los resultados de la relación longitud-peso sin considerar por sexo, indicaron que el crecimiento de los peces puede ser muy variable a lo largo del tiempo.
3. La composición de la dieta varió tanto a lo largo de los años, como entre estaciones climáticas, observándose también diferencias con respecto al tamaño de los peces.
4. El registro parasitológico global de *E. lineatus*, estuvo constituido por 33 especies de parásitos (27 helmintos y 6 crustáceos), 25 de las cuales constituyen nuevos registros geográficos para el estado de Guerrero.
5. El grupo de los digéneos didimozoides fue el más numeroso y representó el 77% del total de parásitos recuperados.
6. El número de especies comunes varió entre 4 y 6 en los 7 años de muestreo, siendo significativamente mayor el número de especies raras, por lo que estas comunidades pueden ser consideradas como poco predecibles en cuanto a su composición de especies.
7. La riqueza de las comunidades de parásitos varió significativamente de 14 (2015) a 29 (2012), siendo muy similar para la reportada para otras especies de túnidos.
8. Las comunidades de parásitos presentaron el mismo patrón tanto a nivel componente como infracomunidad, esto es, una alta riqueza y diversidad de especies, así como la dominancia de una sola especie de parásito.
9. Se observó una marcada alternancia bianual, en la dominancia de 2 especies de didimozoides: *Allopseudocolocyntotrema claviforme* y *Pseudocolocyntotrema yaito*.
10. Los principales factores bióticos que originan cambios en la estructura de las comunidad de *E. lineatus*, fueron la dieta, la talla del hospedero, así como variaciones anuales o estacionales en los niveles de infección de algunas especies componente.

## IX. Referencias.

- Alves D. R. y Luque J. L. 2001. Community ecology of the metazoan parasites of the white croaker *Micropogonias furnieri* (Osteichthyes: Sciaenidae) from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 96: 145–153.
- Alves D. R. y Luque J. L. 2006. Ecologia das comunidades de metazoários parasitos de cinco espécies de escombrídeos (Perciformes: Scombridae) do litoral do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Rev. Bras. Parasitol. Vet.* 15: 167–181.
- Al-Rasady I., Govender A. y Al-Jufaili S. M. 2012. Reproductive biology of longnose trevally (*Carangoides chrysophrys*) in the Arabian Sea, Oman. *Environ. Biol. Fish.*, 93:177–184.
- Alvitres V., Chaname J., Fupuy J., Chambergo A. y Cortez M. 1999. Cambios en la prevalencia de los helmintos parásitos de *Emerita analoga* por efecto de "EL Niño 1997–98". *Rev. Peru. Biol.* 1: 77–84.
- Amarante C. F., Tassinari W. S., Luque J. L. y Pereira M. J. S. 2015. Factors associated with parasite aggregation levels in fishes from Brazil. *Braz. J. Vet. Parasitol.* 24: 174–182.
- Bagenal T. B. y F. W. Tesch. 1978. Age and growth. In: Bagenal T, (ed) *Methods for assessment of fish production in freshwaters*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 101–136.
- Balboa L. y George-Nascimento M. 1998. Ontogenetic and between-year variations in the infracommunities of metazoan parasites of two marine fish host species from Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 71: 27–37.
- Bagge A. M., Poulin R. y Valtonen E. T. 2004. Fish population size, and not density, as the determining factor of parasite infection: a case study. *Parasitol.* 128: 305–313.
- Bush A. O., Aho J. M. y Kennedy C. R. 1990. Ecological versus phylogenetic determinants of helminth parasite community richness. *Evol. Ecol.* 4: 1–20.
- Bush A. O., Fernandez J., Esch G. y Seed J. R. 2001. *Parasitism: The diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge, UK: University Press. 566 p.
- Bush A. O., Lafferty K. D., Lotz J. M. y Shostak A. W. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *J. Parasitol.* 83: 575–583.
- Carvalho A. R. y Luque J. L. 2011. Seasonal variation in metazoan parasites of *Trichiurus lepturus* (Perciformes: Trichiuridae) of Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* 71: 771–782.
- Castillo-Sanchez E., Garcia-Prieto L. y Perez-Ponce de Leon G. 1997. Helminthofauna de *Euthynnus lineatus* (Perciformes: Scombridae) en Jalisco, México. *Rev. Biol. Trop.* 45: 1251–1253.

- Chero J., Saez G., Iannacone J., Cruces C., Alvarino L. y Luque J. 2016. Ecología Comunitaria de Metazoos Parásitos del Bonito *Sarda chiliensis* Cuvier, 1832 (Perciformes: Scombridae) de la Costa Peruana. *Rev. Inv. Vet. Perú.* 27: 539–555.
- Chubb J. C. 1979. Seasonal occurrence of helminthes of freshwater fishes. Part II. Trematoda. *Advances in Parasitology*, 17: 141–313.
- Chubb J. C. 1982. Seasonal occurrence of helminths in freshwater fishes Part IV. Adult Cestoda, Nematoda and Acanthocephala. *Advances in Parasitology*, 20: 1–292.
- Clarke K. R. y Warwick R. M. 2001. *Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation.* Natural Environment Research Council, Bournemouth, UK.
- Cloutman D. G. 1975. Parasite community structure of Largemouth bass, warmouth, and bluegill in Lake Fort Smith, Arkansas. *Transactions of the American Fisheries Society*, 104: 277–283.
- Collette B. B. y Nauen C. E. 1983. *FAO species, catalogue: Scombrids of the world. An annotated and illustrated catalogue of tunas, mackerels, bonitos and related species known to date.* *FAO Fish. Synop.* 2: 137 p.
- Cortés Y. y Muñoz G. 2009. Metazoan parasites infracommunities of the toadfish *Aphos porosus* (Pisces: Batrachoidiformes) in central Chile: how variable are they over time? *The Journal of Parasitology* 95: 753–756.
- Espino E., Cruz M. y Garcia A. 2003. *Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México.* Conabio, INP, México, 106 p.
- Eure H. E. 1976. Seasonal abundance of *Neoechinorhynchus cylindratus* taken from large mouth bass (*Micropterus salmoides*) in a heated reservoir. *Parasitology*, 73: 355–370.
- FAO 1994. *Examen de la situación mundial de las especies altamente migratorias y las poblaciones transicionales.* FAO Documento Técnico de Pesca No. 337, 75 pp.
- Fellis K. J. y G. W. Esch. 2004. Community structure and seasonal dynamics of helminth parasites in *Lepomis cyanellus* and *L. macrochirus* from Charlie's pond, North Carolina: host size and species as determinants of community structure. *Journal of Parasitology*, 90: 41–49.
- Fiorillo R. y W. F. Font. 1999. Seasonal dynamics and community structure of helminthes of spotted sunfish, *Lepomis miniatus* (Osteichthyes: Centrarchidae) from an oligohaline estuary in Southeastern Louisiana, U.S.A. *Journal of Helminthological Society of Washington*, 66: 101–110.

- Froese R. 2006. Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *J. Appl. Ichthyol.* 22: 241–253.
- Garcias F., Mendoza R. y George-Nascimento M. 2001. Between-years variation in infracommunities of metazoan parasites of the croaker *Cilus gilberti* (Pisces: Sciaenidae) from Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 74: 833–840.
- Graham J. B. y Dickson K. A. 2004. Tuna comparative physiology. *The Journal of Experimental Biology.* 207: 4015–4024
- Hajje G., Hattour A., Hajje A., Allaya H., Jarboui O. y Bouain A. 2011. Biometry, Length-length and Length-weight Relationships of Little Tuna *Euthynnus alletteratus* in the Tunisian Waters. *Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 6: 256–263.
- Hajje G, Hattour A., Missaoui H. y Jarboui O. 2017. Length-weight relationship for small tunas species caught by purse seine in the Gulf of Gabes (Ionian sea-mediterranean). *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT.* 74: 76–81.
- Henriquez V. y Gonzalez M. T. 2012. Patterns of variation in parasite component communities and infracommunities of a littoral fish species from the northern coast of Chile. *J Helminthol.* 88: 88–96.
- Herrmann K. y Sorensen R. 2009. Seasonal dynamics of two mortality-related trematodes using an introduced snail. *The Journal of Parasitology*, 95: 823–828.
- Hermida M., Cavaleiro B., Gouveia L. y Saraiva A. 2018. Parasites of skipjack, *Katsuwonus pelamis*, from Madeira, Eastern Atlantic. *Parasitol. Res.* 117: 1025–1033.
- Iannacone J., Moron L. y Guizado S. 2010. Between-year variation of metazoan parasite fauna on *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Perciformes: Sciaenidae) in Lima, Peru. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 38: 218–226.
- Jacobson K. C., Baldwin R. y Reese D. C. 2012. Parasite communities indicate effects of cross-shelf distribution, but not mesoscale oceanographic features on northern California current mid-tropic food web. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 454: 19–36.
- Justo M. C. N. y Kohn A. 2012. Monogeneoidea and Digenea parasites of *Thunnus atlanticus* (Perciformes, Scombridae) from Rio de Janeiro coast, Brazil. *Neotropical Helminthology.* 8: 339–348.
- Kalwe W. L. y Calkins T. P. 1965. Length-weight relationship of black skipjack tuna, *Euthynnus lineatus*. Inter-American Tropical Tuna Commission, La Jolla.
- Kennedy C. R. 2006. Ecology of the Acanthocephala. Cambridge University Press. 249 p.

- Kennedy C. R. y Hartvigsen R. A. 2000. Richness and diversity of intestinal metazoan communities in brown trout *Salmo trutta* compared to those of eels *Anguilla anguilla* in their European heartlands. *Parasitology*, 121: 55–64.
- Krebs C. J. 1999. *Ecological methodology*. Harper Collings Publishers, USA 654 p.
- Lamb R. W., Smith F., Aued A. W., Salinas-de-Leon P., Suarez J., Gomez-Chiarri M., Smolowitz R., Giray C. y Witman J. D. 2018. El Niño drives a widespread ulcerative skin disease outbreak in Galapagos marine fishes. *Sci. Rep.* 1: 1–11.
- Lester R. J. G., Barnes A., y Habib G. 1985. Parasites of tuna, *Katsuwonus pelamis* fishery implications. *Fishery Bulletin*. 83: 343-356.
- Lohmus M. y Björklund M. 2015. Climate change: what will it do to fish–parasite interactions? *Biol. J. Linn. Soc.* 116: 397–411.
- Luque J. L., Mouillot D. y Poulin R. 2004. Parasite biodiversity and its determinants in coastal marine teleost fishes of Brazil. *Parasitol.* 128: 671–682.
- Luque J. L. y Tavares L. E. 2007. Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. *Zootaxa*, 1579: 1–39.
- Luque J. L. y Poulin R. 2008. Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. *J. Fish Biol.* 72: 189–204.
- MacKenzie K. 2002. Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitology*, 124: 153–163.
- MacKenzie K. y Abaunza P. 2005. Parasites as biological tags. In S. X.Cadrin, K. D. Friedland, & J. R. Waldman (Eds.), *Stock identification methods. Applications in fisheries science* (pp. 211–226). San Diego: Elsevier Academic Press.
- Madhavi R. y Ram B. K. 2000. Community structure of helminth parasites of the tuna, *Euthynnus affinis*, from the Visakhapatnam coast, Bay of Bengal. *J. Helminthol.* 74: 337–342.
- Magurran A. 2004. *Ecological diversity and its measurement*, p. 178. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA. 178 p.
- Maniscalchi-Badaoui M. T., Lemus-Espinoza D., Marcano Y., Nounou E., Zacarías M., Narváez N. 2015. Larvas anisakidae en peces del género *Mugil* comercializados en mercados de la región costera nor-oriental e insular de Venezuela. *SABER*, 27: 30–38.
- Marcogliese D. J. 1995. The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites to fish. *Rev. Fish Biol. Fisher.* 5: 336–371.
- Marcogliese D. J. 2002. Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitol.* 124, S83–S99.

- Marcogliese D. J. 2005. Transmission of marine parasites. In: Rohde K (ed) Marine parasitology. CSIRO Publishing, Canberra, p. 280–286.
- Mele S., Macías D., Gomez-Vives M. J., Garippa G., Alemany F. y Merella P. 2012. Metazoan parasites on the gills of the skipjack tuna *Katsuwonus pelamis* (Osteichthyes: Scombridae) from the Alboran Sea (western Mediterranean Sea). *Dis. Aquat. Organ.* 97: 219–225.
- Mele S., Pennino M. G., Piras M. C., Macías D., Gómez-Vives M. J., Alemany F., Montero F. E., Garippa G., y Merella P. 2016. The ecology of the Atlantic black skipjack *Euthynnus alletteratus* (Osteichthyes: Scombridae) in the western Mediterranean Sea inferred by parasitological analysis. *Parasitology*.
- Mohamed O., Anderson R. y Van-Ha N. 2014. Acanthocephalans from fished and amphibians in Vietnam, with descriptions of five new species. 21: 1–17.
- Moreira B. A. 2017. Metazoan parasites of Skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis* and Almaco jack, *Seriola rivoliana*, two important commercial species from Madeira archipelago, Portugal. Tesis de maestría. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Muñoz G., Grutter A. S. y Cribb T. H. 2006. Endoparasite communities of five fish species (Labridae: Cheilinae) from Lizard Island: How important is the ecology and phylogeny of the hosts? *Parasitology*, 132: 363–374.
- Nascimento-Justo M C. y Kohn A. 2012. Notes on helminth parasites of tuna fishes (Scombridae) in Brazil. *Rev. Mex. Biodiv.* 83: 285–290.
- Nikolaeva V. M. 1985. Trematodes Didymozoidae fauna, distribution and biology. In *Parasitology and Pathology of Marine Organisms of the World Ocean*, NOAA, W. J. Hargis, Jr. (ed.). Technical Report, NMFS, 25: 667–672.
- Oliva M. E., Barrios I., Thatje S. y Laudien J. 2008. Changes in prevalence and intensity of infection of *Profilicollis altmani* (Perry, 1942) cystacanth (Acanthocephala) parasitizing the mole crab *Emerita analoga* (Stimpson, 1857): an El Niño cascade effect?. *Helgol. Mar. Res.* 62 (Suppl 1): S57–S62.
- Ortega-García S., Villa A. y. Rodríguez R. 1996. Pesquería de atún. En: *Estudio del Potencial Pesquero y Acuícola de Baja California Sur, México*
- Pascual S., Gestal C., Estévez J. M., Rodríguez H., Soto M., Bollo E. y Arias C. 1996. Parasites in commercially-exploited cephalopods (Mollusca, Cephalopoda) in Spain: an updated perspective, *Aquaculture*. 142: 1–10.
- Poulin R. 1995. Phylogeny, ecology, and the richness of parasite communities in vertebrates. *Ecol. Monogr.* 63: 283–302.

- Poulin R. 1998. Evolutionary ecology of parasites: from individuals to communities. New York, NY: Springer Science & Business Media. 212 p.
- Poulin R. 2006. Variation in infection parameters among populations within parasite species: Intrinsic properties versus local factors. *Int. J. Parasitol.* 36: 877–885.
- Poulin R. 2013. Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. *Parasitol.* 140: 541–546.
- Poulin R. y Rohde K. 1997. Comparing the richness of metazoan communities of marine fishes: controlling for host phylogeny. *Oecol.* 110: 278–283.
- Pozdnyakov S. y Gibson D. 2008. Family Didymozoidae Monticelli, 1888. In *Keys to the Trematoda*, R. A. Bray *et al.*, (eds.). CAB International y Natural History Museum, London, 631–734.
- Ramos-Cruz S. 2000. Estructura por tallas y mortalidad de *Euthynnus lineatus*, en las capturas comerciales de Puerto Escondido y Puerto Ángel, Oaxaca, México. (Pisces: Scombridae). VII Congreso Nacional de Ictiología. México, D.F., 21–24 de noviembre.
- Ramos-Cruz S. 2009. Relación longitud-peso y factor de condición en el barrilete negro *Euthynnus lineatus* (Kishinouye, 1920) (Perciformes: Scombridae), capturado en el litoral de Oaxaca, México. *Rev. Invest. Mar.* 30:45-53.
- Ricker W. E. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Bd. Can.* 191: 1–382.
- Rodríguez-Llanos J., Palacio-Abella J., Culurgioni J., Mele S., Macías D., Garibaldi F., Rodríguez-Marín E., Sanna E., Garau S, Merella P., Garippa G., Montero F. E. y Addis P. 2015. Can the parasites of the head of juvenile *Thunnus thynnus* L. help to identify its nursery areas in the Mediterranean sea?. *Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT*, 71: 1456–1461
- Rohde K. 2005. *Ecology of marine parasites*. CABI Publishing, United Kingdom. 590 p.
- Rojas-Herrera A. A., Violante-Gonzalez J., Garcia-Ibañez S., Villerias-Salinas S. y Moreno-Diaz G. 2016. Temporal Variation of the pelagic copepod community in Acapulco Bay, México. *OJMS*. 6: 40–48.
- Ruíz-Durá M. F. 1978. Recursos pesqueros de las costas de México. 20:131–135.
- Ruíz-Pérez N. E., Cerdaneres-Ladrón de Guevara G., López-Herrera D. L. y Altamirano-Ramírez I. R. 2016. Relaciones tróficas entre cinco especies de peces pelágicos que cohabitan en las costas de Oaxaca, México. *Hidrobiológica* 26: 77–85.
- Sánchez-Serrano S. y Cáceres-Martínez J. 2003. Parásitos del atún aleta azul del norte *Thunnus thynnus orientalis* y su importancia potencial en maricultura. *Boletín del Pronalsa*. 2–4.

- Santana-Pineros A. M., Pech D. y Vidal-Martinez V. M. 2012. Spatial structure of the helminth parasite communities of the tonguefish, *Symphurus plagiusa*, from the Campeche coast, southern Mexico. *Int. J. Parasitol.* 42: 911–920.
- Santos-Bustos N. G., Violante-Gonzalez J., Monks S., Rojas-Herrera A. A., Garcia-Ibañez S., Flores-Rodriguez P., Almazan-Nuñez R. C. y Moreno-Diaz G. 2018. Species richness and similarity of metazoan parasite communities in three species of leatherjacket (*Oligoplites*: Pisces: Carangidae) from the Pacific coast of Mexico. *Inverteb. Biol.* 137: 205–220.
- Sasal P. y Morand S. 1998. Comparative analysis: a tool for studying monogenean ecology and evolution. *Int. J. Parasitol.* 28: 1637–1644.
- Sasal P., Morand S. y Guegan J. F. 1997. Determinants of species of parasite richness in Mediterranean marine fishes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 149: 61–71.
- Sellers A. J., Ruiz G. M., Leung B. y Torchin M. E. 2015. Regional variation in parasite species richness and abundance in the introduced range of the invasive Lionfish, *Pterois volitans*. *PLoS ONE.* 10: 1–15.
- Soares I. A., Vieira F. M. y Luque J. L. 2014. Parasite community of *Pagrus pagrus* (Sparidae) from Rio de Janeiro, Brazil: evidence of temporal stability. *Braz. J. Vet. Parasitol.* 23: 216–223.
- Tavares L. E. R. y Luque J. L. 2004. Community ecology of the metazoan parasites of White Sea catfish, *Netuma barba* (Osteichthyes: Ariidae), from the coastal zone of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Braz. J. Biol.* 64: 169–176.
- Timi J. T. y Poulin R. 2003. Parasite community structure within and across host populations of a marine pelagic fish: how repeatable is it?. *Int. J. Parasitol.* 33: 1353–1362.
- Timi J. T. 2007. Parasites as biological tags for stock discrimination in marinefish from South American Atlantic Waters. *Journal of Helminthology*, 81: 107–111.
- Trites A. W., Christensen V. y Pauly D. 1997. Competition between fisheries and marine mammals for prey and primary production in the Pacific Ocean. *J. Northw. Atl. Fish. Sei.* 22: 173–187.
- Velásquez R. I. 2017. Edad y crecimiento del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) bajo el enfoque de la teoría de la información. Tesis de licenciatura, UMAR, Puerto Angel, Oaxaca. 137 p.
- Vidal-Martinez V. M. y Poulin R. 2003. Spatial and temporal repeatability in parasite community structure of tropical fish hosts. *Parasitol.* 127: 387–398.
- Vidal-Martínez V. M, Aguirre-Macedo L., Scholz T., González-Solís D. y Mendoza Franco E. F. 2001. Atlas of helminth parasites of Cichlid fish of México. Academy of Sciences of the Czech Republic. 165 p.

- Villalba-Vasquez P. J., Violante-Gonzalez J., Monks S., Marino-Romero J. U., Garcia-Ibañez S., Rojas-Herrera A. A., Flores-Garza R. y Rosas-Guerrero V. 2018. Temporal and spatial variations in the metazoan parasite communities of the Panama spadefish, *Parapsettus panamensis* (Pisces: Ehippidae), from the Pacific coast of Mexico. *Inverteb. Biol.* 137: 339–354.
- Wegner N. C., Snodgrass O. E., Dewar H. y Hyde J. R. 2015. Whole-body endothermy in a mesopelagic fish, the opah, *Lampris guttatus*. *Animal physiology.* 348: 6236.
- Williams H. H. y Bunkley A. M. 1996. Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2: 144–176.
- Zhenhua Ma., Gang Yu., Qiaer Wu., Shengwei Ma., Shaosen Wu. y Xu Chen. 2016. Length-Weight Relationships of Yellowfin Tuna *Thunnus Albacares*, Skipjack Tuna *Katsuwonus pelamis*, Yaito Tuna *Euthynnus yaito*, and Blue Round Scad *Decapterus Maruadsi* from Mischief Reef, South China Sea. *International Journal of Innovative Studies in Aquatic Biology and Fisheries (IJISABF)*. 2: 27–30.
- Zelmer D. A. y Arai H. P. 1998. The contributions of host age and size to the aggregated distributions of parasites in yellow perch, *Perca flavescens*, from Garner Lake, Alberta, Canada. *Journal of Parasitology*, 84: 24–28.