

Primer registro helmintológico de la sardina monterrey *Sardinops sagax* en Baja California, México, durante dos estaciones del año

First helminthological record of the Monterey sardine *Sardinops sagax* from Baja California, Mexico, gathered during two seasons

Samuel Sánchez-Serrano y Jorge Cáceres-Martínez

Departamento de Acuicultura, División de Oceanología, Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada. Carretera Ensenada-Tijuana No. 3918, Zona Playitas, Ensenada, Baja California, 22800. México
e-mail: jcaceres@cicese.mx

Recibido: 18 de agosto de 2015.

Aceptado: 11 de agosto de 2016.

Sánchez-Serrano S. y J. Cáceres-Martínez. 2017. Primer registro helmintológico de la sardina monterrey *Sardinops sagax* en Baja California, México, durante dos estaciones del año. *Hidrobiológica* 27 (1): 1-11. DOI: 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2017v27n1/Caceres

RESUMEN

Antecedentes: La sardina monterrey *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842) representa uno de los recursos pesqueros más importantes del país. Los hábitos alimentarios de la sardina (filtro-alimentador) hacen que sea un hospedero adecuado para diferentes helmintos parásitos. **Objetivos.** El propósito de esta investigación fue determinar la carga helmintológica de la sardina monterrey *S. sagax* de las costas de Baja California. **Métodos.** Se analizaron muestras de *S. sagax* desembarcadas por la flota sardinera del puerto El Sauzal, en Ensenada, Baja California, durante dos temporadas: invierno-primavera y verano-otoño. **Resultados.** Se encontraron tres especies de trematodos: *Miosaccium ecaude*, *Paraheмиurus merus* (= *P. noblei*) y *Bucephalus* sp.; dos especies de nematodos: *Anisakis* sp. y *Hysterothylacium* sp., así como cestodos pertenecientes a la familia Tetrathyllidae. Durante las dos temporadas de muestreo la prevalencia más alta correspondió a los trematodos (100%). La prevalencia e intensidad de la carga helmintológica fue mayor en la temporada de invierno-primavera. **Conclusiones.** Las metacercarias del trematodo *Bucephalus* sp. representan un riesgo potencial de parasitosis para los atunes, mientras que los nematodos *Anisakis* sp. e *Hysterothylacium* sp., además de transmitirse al atún, pueden provocar zoonosis. Estos hallazgos constituyen la primera información parasitológica de la sardina monterrey en México y el primer registro de *Bucephalus* sp. en *S. sagax*. La información obtenida conforma la línea base para estudios patológicos y epidemiológicos sobre esta especie de importancia comercial, ya que es crucial para la industria pesquera y acuícola.

Palabras clave: Baja California, helmintos, sardina monterrey, *Sardinops sagax*.

ABSTRACT

Background. The Monterey sardine *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), is one of Mexico's most valuable fishing resources. The feeding habits of this sardine (filter feeder) make it an adequate host for different helminthic parasites. **Goals.** To determine the helminthological load of the Monterey sardine, *S. sagax*, in the coastal waters of Baja California. **Methods.** Samples of *S. sagax* landed by the sardine fleet stationed at Puerto del Sauzal, Ensenada, Baja California, were analyzed during the winter-spring and summer-fall. **Results.** We found three species of trematodes: *Miosaccium ecaude*, *Paraheмиurus merus* (= *P. noblei*), and *Bucephalus* sp.; two species of nematodes: *Anisakis* sp. and *Hysterothylacium* sp.; and cestodes belonging to the Tetrathyllidae family. During the two sampling seasons, trematodes had the highest prevalence (100%). The prevalence and intensity of the helminthological load was higher in the winter-spring season. **Conclusions.** Of the parasites found, the metacercariae of the *Bucephalus* sp. trematode are a potential parasitic risk to tuna, while the *Anisakis* sp. and *Hysterothylacium* sp. nematodes are also transmitted to tuna and can cause zoonosis. These findings are the first parasitological information of the Monterey sardine in Mexico and the first record of *Bucephalus* sp. in *S. sagax*. This information provides a baseline for further pathological and epidemiological studies of this species of commercial importance and is crucial for the fishing and aquaculture industry.

Key words: Baja California, helminthes, Monterey sardine, *Sardinops sagax*.

INTRODUCCIÓN

La sardina monterrey *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), que habita en las aguas templadas del Pacífico mexicano, representa uno de los recursos pesqueros más importantes del país en peso desembarcado. En el 2013 se capturaron 727,816 t que fueron destinadas para el consumohumano directo e indirecto; Baja California contribuyó con 57,515 t (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, 2013). Además del consumo humano directo y de su utilización en la elaboración de harina de pescado, la sardina fresca y congelada se ha empleado como alimento para atunes en cultivo, práctica que se ha intensificado a la par del incremento del número de ranchos atuneros en Baja California, por la enorme demanda de alimento fresco que requiere el cultivo de atún (Meza-Gutiérrez, 2002).

Los hábitos alimentarios de la sardina (filtro-alimentador) hacen que sea un hospedero adecuado para diferentes helmintos parásitos, debido a que la mayoría de ellos (trematodos, cestodos, acantocéfalos y nematodos), utilizan como primer hospedero intermediario a crustáceos como copépodos y eufáusidos, mismos que son la principal fuente de alimento de la sardina (Marcogliese, 1995). La transmisión de los parásitos de un hospedero a otro es una estrategia común para completar su ciclo de vida, con excepción de los monogéneos (Couch & Fournie, 1993). En la red trófica, así como en el ciclo de vida de muchos helmintos parásitos, la sardina representa uno de los primeros eslabones; sin embargo, existen depredadores superiores, en este caso peces ictiófagos, como el atún (Marcogliese, 1995), es decir, si las sardinias son hospederas intermediarias de helmintos parásitos, el atún adquirirá aquellos que utilicen peces ictiófagos como hospederos finales o como intermediarios; algunos mamíferos, incluido el hombre, pueden ser hospederos finales de ciertos helmintos y corren el riesgo de padecer zoonosis (Chai *et al.*, 2005).

Dada la importancia económica y alimenticia que representa la sardina para la población, para la producción de atún en cautiverio y los pocos estudios enfocados a la relación parásito-hospedero de esta especie en México, el objetivo de este trabajo fue determinar la carga helmintológica de la sardina monterrey que es desembarcada por la flota sardinera en el puerto El Sauzal, en Ensenada, Baja California, durante invierno-primavera y verano-otoño.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras. Las sardinias se obtuvieron en el puerto El Sauzal, procedentes de los desembarques de la flota sardinera de este puerto que opera en la costa occidental de la península y en la isla de Cedros rumbo a Ensenada, BC. Esta flota es la encargada de proveer la sardina fresca que es utilizada en la alimentación de atunes en cultivo, además de ser la fuente de materia prima para las empacadoras de la región. Los muestreos se realizaron en dos etapas, la primera comprendió los meses de julio, agosto, septiembre y octubre del 2004, en la que se obtuvo un total de 104 sardinias. La segunda se realizó en los meses de febrero y marzo de 2005, y en ella se obtuvo un total de 50 sardinias. El número de ejemplares estudiados dependió de la disponibilidad de los mismos por parte de los pescadores. Las muestras se transportaron en cubetas de plástico al laboratorio de bioensayos del Departamento de Acuicultura del CICESE.

Análisis de ejemplares. Una vez en el laboratorio, los peces se midieron con base en una longitud estándar (de la punta de la boca a la base de la aleta caudal) en centímetros y se realizó el análisis externo de piel, escamas, aletas, cavidad bucal, ojos y branquias. Posteriormente la cavidad visceral fue abierta siguiendo el método de Vidal-Martínez *et al.* (2001): después de la supervisión externa, se extrajeron los órganos internos: corazón, hígado, riñón, vejiga natatoria, bazo, estómago, intestino, cerebro y una fracción de tejido muscular. El intestino fue dividido en tres partes: anterior (ciegos pilóricos), medio (inicio del intestino hasta la parte media de la longitud total del mismo) y posterior (de la parte media hasta el ano). Para su inspección detallada, los órganos fueron comprimidos con la ayuda de dos vidrios de 10 cm² y se observaron en un microscopio estereoscópico. Los parásitos encontrados fueron retirados del órgano en donde se encontraban alojados, en el caso de los trematodos adultos se utilizaron pinceles. Para la extracción de metacercarias enquistadas en los radios de las aletas, se usaron agujas de disección; una vez fuera de los radios, los quistes se abrieron con la ayuda de agujas hipodérmicas. La extracción y limpieza de metacercarias se realizaron con pinceles sobre una caja de Petri con agua de mar filtrada, lo que eliminó cualquier residuo de tejido con el fin de evitar un daño a los ejemplares. Para extirpar a los nematodos se usaron agujas de disección y pinceles. Los cestodos fueron removidos únicamente con pinceles (Vidal-Martínez *et al.*, 2001).

Los trematodos (adultos y metacercarias) y los cestodos fueron fijados con formol al 4%, para posteriormente teñirlos con carmín ácido, aclararlos en aceite de clavo a diferentes concentraciones, y finalmente montarlos en bálsamo de Canadá (MAFF, 1988). Los nematodos fueron fijados con una mezcla de formalina al 4% y solución salina en una proporción de 1:7 durante 20 minutos, para ser transferidos a viales con alcohol etílico al 70% para su conservación. Estos ejemplares fueron aclarados con diferentes concentraciones de glicerol (MAFF, 1988).

Identificación de helmintos. En cada temporada fueron utilizados 10 ejemplares de trematodos adultos, metacercarias y nematodos para su identificación, mientras que para los cestodos fueron utilizados todos los organismos encontrados. Se realizó un registro fotográfico de los ejemplares y su identificación se realizó con la ayuda de claves taxonómicas (Yamaguti, 1959; 1970; 1971; Vidal-Martínez *et al.*, 2001), libros de parasitología (Dick & Choudhury, 1995; Cordero *et al.*, 1999) y un reporte técnico (Incorvaia, 2001). Los nematodos fueron identificados a nivel género debido a que en peces sólo se encuentran estadios larvales y para su completa identificación es necesario contar con los adultos que se encuentran parasitando a mamíferos marinos. De igual manera la identificación de los trematodos en estadios juveniles y quistes se obtuvo a nivel de género por la misma razón explicada anteriormente. Los helmintos identificados fueron colocados en la colección de parásitos y simbiontes del Laboratorio de Biología y Patología de Organismos Acuáticos del Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, con una clave de identificación correspondiente.

Estimaciones epizootológicas. En todos los casos se calculó la prevalencia (porcentaje de hospederos infectados en la muestra por una especie de parásito), abundancia (número de individuos de una especie de parásitos por hospedero revisado) e intensidad (número de parásitos por organismos infectados de la muestra) (Bush *et al.*, 1997).

Análisis estadísticos. Para determinar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre la talla y el peso de las sardinias estudiadas por temporada se utilizó un ANOVA de dos vías. Con el fin de

encontrar una posible correlación entre la talla y el peso de las sardinas con el número de parásitos encontrados se empleó una regresión lineal. Ahora bien, para encontrar posibles diferencias estadísticamente significativas entre el número de helmintos en los dos periodos de muestreo y conocer cuales grupos de helmintos presentaron variaciones en su número con respecto a las dos temporadas de muestreo, se realizó la prueba de Mann Whitney (Zar, 1974).

RESULTADOS

La longitud estándar y el peso fresco de las sardinas fluctuó de 15.6 a 24.5 cm y de 17 a 62.2 g (respectivamente) en ambas temporadas y no hubo diferencias significativas entre ellas (talla, $F= 2.65$; $p= 0.15$ y peso $F= 17.46$; $p= 0.09$). No se detectó a ningún parásito en el corazón, hígado, riñón, vejiga natatoria, cerebro, bazo o músculo.

Todos los helmintos se localizaron en diferentes partes del tracto digestivo (Tabla 1). No se encontró relación entre la longitud ($R^2= 0.225$; $p= 0.234$) y el peso ($R^2= 0.133$; $p= 0.083$) de los organismos con el número de helmintos.

Se encontraron un total de 2,062 parásitos: 1,229 correspondientes a trematodos (59.7%), 829 a nematodos (40.2%) y 14 a cestodos

(0.7%). La mayor prevalencia (Fig. 1) la registraron los trematodos adultos con un 100% en ambas temporadas de muestreo y se localizaron en la mucosa interna del estómago. Los trematodos en estadio de metacercaria tuvieron una prevalencia del 65% en la primera temporada (verano-otoño) y del 76.6% en la segunda (invierno-primavera) y se encontraron en la base de los radios de las aletas. Los nematodos tuvieron una prevalencia del 93.2 y 93.3% en la temporada 1 y 2 respectivamente. Estos helmintos se encontraron enrollados en la pared externa del intestino y del estómago. Los cestodos tuvieron una prevalencia del 2.9 y 6.7% para la temporada 1 y 2 respectivamente y se encontraron en el intestino medio (Tabla 1). En la primera temporada de muestreo la mayor abundancia fue registrada por los trematodos adultos (6.1) seguida de los nematodos (4.8), metacercarias (1.4) y cestodos (0.08), mientras que para la segunda temporada de muestreo la mayor abundancia fue para los nematodos (11.0), los trematodos adultos (9.7), metacercarias (4.7) y por último los cestodos (0.02) (Fig. 2). La mayor intensidad en la primera temporada estuvo representada por los trematodos adultos (6.1), después por los nematodos (5.2), metacercarias (2.2) y por último los cestodos (2.7). En la segunda temporada de muestreo se observó una modificación en la intensidad de los grupos de parásitos, ya que la mayor intensidad fue obtenida por los nematodos (11.8), seguida de los trematodos adultos (9.7), metacercarias (6.2) y los cestodos (3.0) (Fig.3).

Tabla 1. Registro de la preferencia de cada género de parásito por alojarse en un órgano determinado de *Sardinops sagax*.

Parásito	Órgano infectado
Phylum Platyhelminthes Clase Trematoda Familia Bucephalidae <i>Bucephalus</i> sp. (Baer, 1827)	Aletas
Phylum Platyhelminthes Clase Trematoda Familia Hemiuroidea <i>Parahemiurus merus</i> (Linton, 1910)	Mucus del estómago
Phylum Platyhelminthes Clase Trematoda Familia Hemiuroidea <i>Myosaccium ecaude</i> (Mongomery 1929)	Mucus del estómago
Phylum Nematoda Clase Secernentea Familia Anasakidae <i>Anisakis</i> sp. (Dujardi, 1845)	Pared anterior del intestino y externa del estómago
Phylum Nematoda Clase Secernentea Familia Anisakidae <i>Hysterothylacium</i> sp. (Ward y Magath, 1917)	Pared externa del estómago
Phylum Nematoda Clase Secernentea Familia Tetraphyllidae (Carus, 1863)	Mucus del intestino

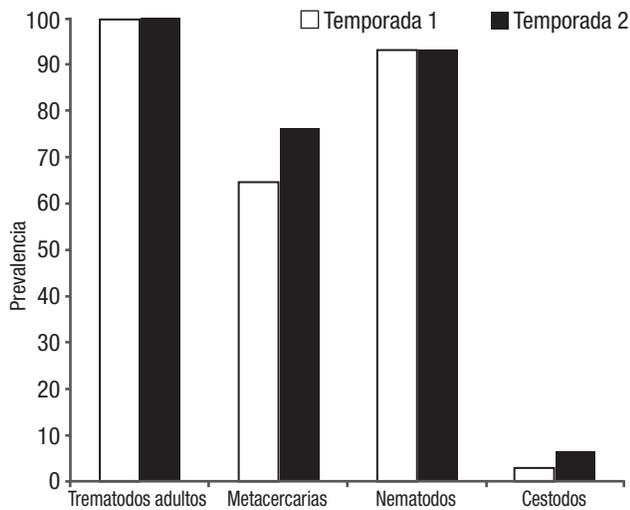


Figura 1. Prevalencia de parásitos durante las dos temporadas del muestreo en Baja California, México. Temporada 1 = invierno - primavera. Temporada 2 = verano - otoño

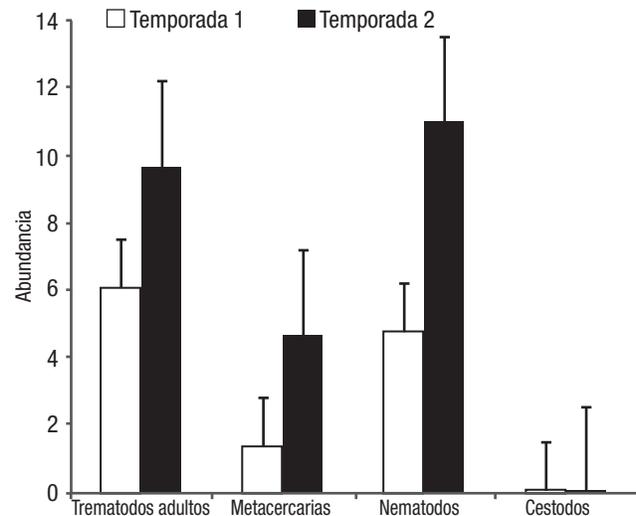


Figura 2. Abundancia de parásitos durante las dos temporadas de muestreo en Baja California, México (±DS). Temporada 1 = invierno - primavera. Temporada 2 = verano - otoño

La diferencia en el número de parásitos registrados en las dos temporadas de muestreo fue estadísticamente significativa ($Z= 8.284$, $p= 0.003$); fue mayor en el segundo periodo de muestreo. La cantidad de nematodos y cestodos no presentó diferencias estadísticamente significativas entre la primera y segunda temporada de muestreo ($Z= 7.056$, $p= 0.084$ y $Z= 0.094$, $p= 0.426$); sin embargo, la cantidad de trematodos y metacercarias sí presentó una diferencia estadísticamente significativa ($Z= 5.48$, $p= 0.03$ y $Z= 13.916$, $p= 0.0003$ respectivamente).

Descripción de parásitos trematodos. Se identificaron dos especies: *Parahemiurus merus* (= *P. noblei* King 1962) y *Myosaccium ecaude*, así como una especie del género *Bucephalus* sp. De estos helmintos, *P. noblei* y *M. ecaude* correspondieron a organismos adultos, mientras que *Bucephalus* sp. se encontró en estadio de metacercaria.

Familia Hemiuroidea (Faust 1929)

***Parahemiurus merus* (Linton, 1910)** (CICESE/P-Ssc2*1) (Fig. 4).

Organismos con forma elongada y cutícula estriada hasta la altura de los testículos y cuerpo subcilíndrico con ecsoma. Se observó una ventosa oral subterminal, con una medida de $75 \pm 10 \mu\text{m}$ por $60 \pm 30 \mu\text{m}$, y una faringe musculosa; esófago corto seguido por la bifurcación de los ciegos intestinales que se extienden hasta la parte posterior del organismo. Acetábulo más grande que la ventosa oral $140 \pm 20 \mu\text{m}$ por $122 \pm 8 \mu\text{m}$ encontrándose muy próximo a la ventosa. Longitud de $620 \pm 120 \mu\text{m}$ de largo por $300 \pm 60 \mu\text{m}$ de ancho, esta medida registrada a nivel del acetábulo. Se aprecian dos testículos ovoides en tándem ubicados ventralmente y en posición más o menos diagonal. El anterior de $66.5 \pm 2 \mu\text{m}$ al igual que el posterior. Presentó una vesícula seminal pretesticular con forma oval. Ovario en la parte postesticular (tercio medio del cuerpo) y separado de los testículos por el útero, de $52.4 \pm 2 \mu\text{m}$ por $30.9 \pm 2 \mu\text{m}$. Las glándulas vitelogénicas se aprecian como dos masas compactas idénticas postováricas, de $108 \pm 20 \mu\text{m}$ por $103 \pm 10 \mu\text{m}$. Poro genital localizado en la parte media ventral, a nivel de la bifurcación de los ciegos.

***Myosaccium ecaude* (Montgomery, 1957)** (CICESE/P-Ssc2*2) (Fig. 5). Organismos con un cuerpo pequeño, subcilíndrico sin ecsoma y con cutícula estriada, ventosa oral, subterminal, seguida por la faringe y un esófago muy corto de donde se dividen los ciegos intestinales extendiéndose hasta la región posterior del organismo. Acetábulo más grande ($114.28 \mu\text{m}$) que la ventosa oral ($50 \mu\text{m}$), localizado en el primer tercio del cuerpo del organismo. La longitud total promedio de estos organismos fue $935.7 \pm 100 \mu\text{m}$ y $160.8 \pm 10 \mu\text{m}$ de ancho a nivel del acetábulo. Ovario con forma ovoide, ubicado detrás del testículo izquierdo, de $79 \pm 5 \mu\text{m}$ por $73 \pm 2 \mu\text{m}$ y un receptáculo seminal. Se observaron dos glándulas vitelogénicas postováricas, con un largo de $93 \pm 3 \mu\text{m}$ por $60 \pm 3 \mu\text{m}$, útero largo y extendido hasta la región posterior del organismo con un gran número de huevos pequeños. Se lograron observar dos testículos con forma oval ubicados ventralmente sobrepuestos, con una medida de $64 \pm 2 \mu\text{m}$. Se visualizaron músculos robustos en la vesícula prostática.

Familia Bucephalidae (Poche, 1907)

***Bucephalus* sp. (Baer, 1827)** (CICESE/P-Ssc2*3) (Fig.6).

Todos los ejemplares se encontraron enquistados, con una longitud de $534 \pm 418-650 \mu\text{m}$ y $118 \pm 12 \mu\text{m}$ de ancho. Ventosa oral terminal con apéndices digitiformes (tentáculos) curvados, acetábulo poco desarrollado, sin prefaringe ni esófago. Boca en el tercio medio del cuerpo. Faringe localizada en el último tercio del cuerpo como una estructura esférica y muscular, intestino en forma de saco globoso, que se extiende anteriormente hasta alcanzar la faringe. El adulto de esta especie mantiene la presencia de tentáculos en la ventosa anterior y la boca en el tercer medio del cuerpo.

Descripción de parásitos nematodos.

Familia Anisakidae (Skrjabin & Karokhin, 1945)

***Anisakis* sp. (Dujardin, 1845)** (CICESE/P-Ssc1*1) (Fig. 7).

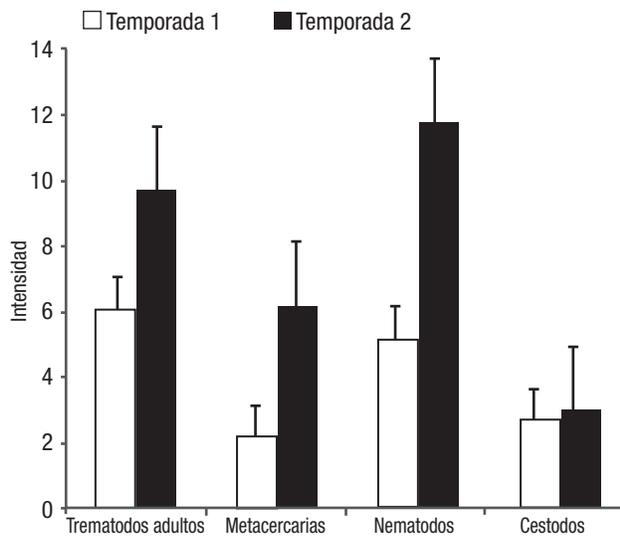


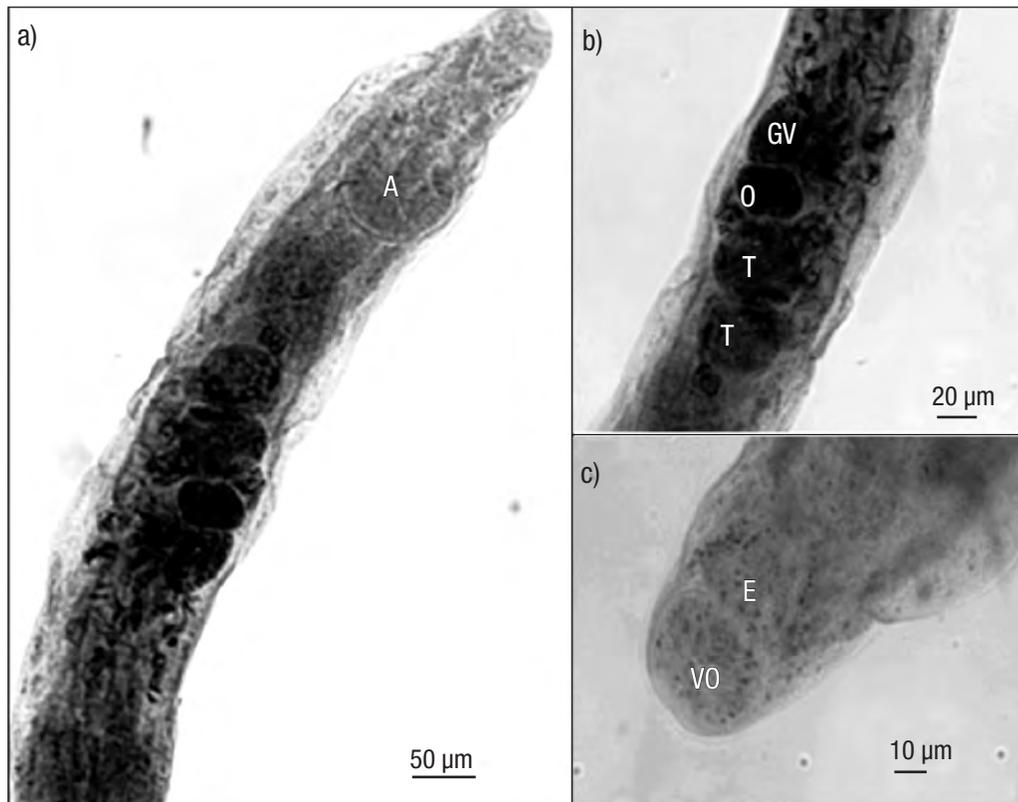
Figura 3. Intensidad media de parásitos helmintos durante las dos temporadas de muestreo en Baja California, México (\pm DS). Temporada 1 = invierno - primavera Temporada 2 = verano - otoño

Los ejemplares encontrados correspondieron a larvas de tercer estadio con coloración blanquecina, cuerpo robusto y fusiforme, estriación transversal más marcada en ambos extremos del cuerpo; boca provista de tres labios poco desarrollados, uno dorsal y dos ventro-laterales que rodean la abertura bucal. Entre los labios ventro-laterales se encontró el diente quitinoso situado anteriormente; anillo nervioso; longitud del esófago al anillo de $300 \pm 100 \mu\text{m}$. El ventrículo alargado, con el plano de unión al intestino oblicuo respecto al eje longitudinal del cuerpo, con una longitud de $1000 \pm 100 \mu\text{m}$. Canal del recto corto, oblicuo al ano y rodeado de tres glándulas rectales. En todo el cuerpo se observaron estriaciones cuticulares en forma de anillos. La longitud total promedio de los ejemplares analizados fue de $1900 \pm 400 \mu\text{m}$.

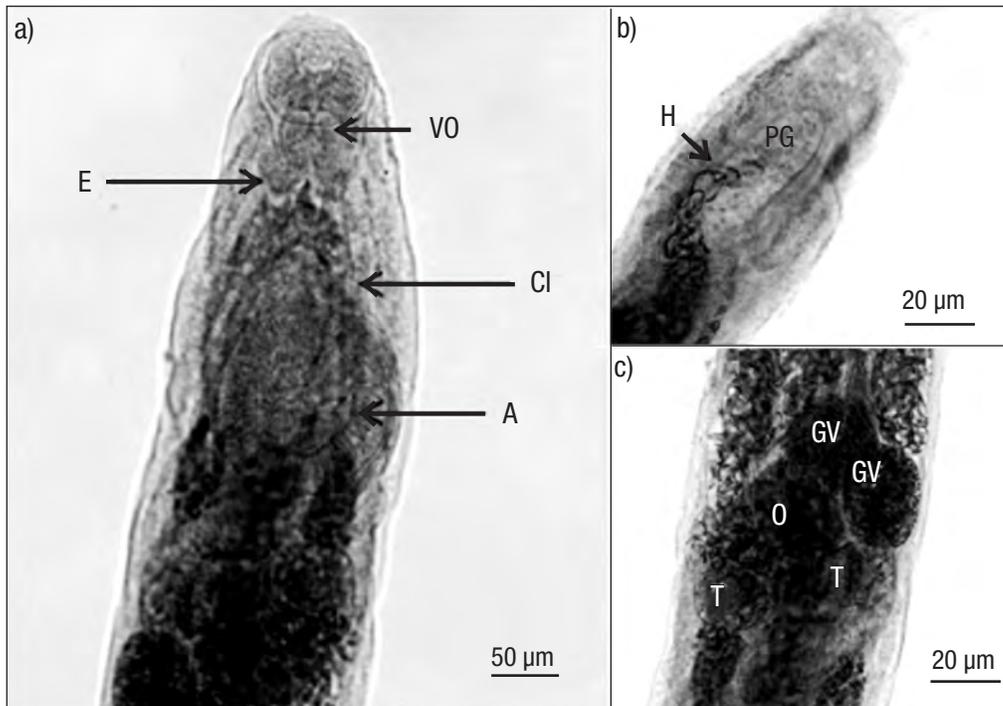
Familia Anisakidae (Skrjabin & Karokhin, 1945)

***Hysterothylacium* sp. (Ward & Magath, 1917)** (CICESE/P-Ssc1*2) (Fig. 8).

Organismos con coloración blanquecina, cuerpo robusto y fusiforme con estriaciones transversales en forma de anillo en la cutícula a lo largo del cuerpo. Longitud total promedio de $1260 \pm 600 \mu\text{m}$, ancho máximo promedio de $0.3 \pm 0.1 \text{ mm}$, longitud promedio del esófago al anillo $400 \pm 100 \mu\text{m}$, longitud del ventrículo $200 \pm 50 \mu\text{m}$ y longitud



Figuras 4a-c. *Parahemiurus merus*. a) Porción anterior: acetábulo (A). b) Vista detallada de glándulas vitelogénicas (GV), ovario (O) y testículos (T). c) Ventosa oral (VO) y esófago (E).



Figuras 5a-c. *Myosaccium ecaude*. a) Porción anterior: ventosa oral (VO), esófago (E), ciegos intestinales (CI) y acetábulo (A). b) Porción media: huevecillos (H) y poro genital (PG). c) Glándulas vitelogénicas (GV), ovario (O) y testículos (T).

de la cola $200 \pm 100 \mu\text{m}$. Porción cefálica ensanchada a nivel de la base de 3 labios bien desarrollados, uno dorsal y dos ventro-laterales, además tres interlabios rodeando la abertura oral. Esófago muscular de aspecto cilíndrico conectado con el ventrículo y éste a su vez unido al intestino y ciego intestinal. Anillo nervioso a la mitad de la longitud del esófago, poro excretor localizado ligeramente por debajo del anillo nervioso. Ciego intestinal corto, extendiéndose anteriormente, sobrepasando ligeramente la longitud del ventrículo. Parte posterior provista de pequeñas proyecciones cuticulares. La longitud total promedio de los ejemplares analizados fue de $1930 \pm 400 \mu\text{m}$ y en el recto se observaron tres glándulas rectales.

Descripción de parásitos céstodos.

Familia Tetraphyllidea (Carus, 1863) (CICESE/P-Ssc3*1) (Fig. 9)

Los ejemplares encontrados correspondieron a larvas con cuerpo alargado, región posterior cónica. Longitud de $1300 \pm 200 \mu\text{m}$ y ancho de $430 \pm 10 \mu\text{m}$. Los organismos encontrados presentaron un escólex esférico provisto con cuatro acetábulos en forma de botrios sésiles laterales con forma ovalada y un escólex apical musculoso. A lo largo del cuerpo se observan dos líneas que muestran los cordones nerviosos.

DISCUSIÓN

La carga parasitaria de *S. sagax* investigada en el presente estudio comparada con la de otras regiones del Pacífico, ya sea de la misma especie o especies cercanas, ayuda a identificar parásitos de cada región, que pueden servir como marcadores biológicos, y también a

comprender mejor las interacciones parásito-hospedero a una mayor escala geográfica. Baldwin *et al.* (2011) identificaron a nivel genético larvas del nematodo del género *Anisakis* parasitando a *S. sagax* que fueron capturadas a lo largo de la Costa Oeste de EUA; encontrando tres diferentes especies. Los nematodos son parásitos típicos de peces marinos (Rello *et al.*, 2008) y también se encontraron presentes en la carga parasitaria de *S. sagax* del Pacífico que fue investigada en el presente estudio; sin embargo, Reed *et al.* (2012) no registraron su presencia en *S. sagax* de Sudáfrica, cuya ausencia podría estar relacionada con las temporadas de muestreo, asociada a su vez con la sucesión de especies de las cuales se alimentan los organismos. Zorica *et al.* (2015) realizaron un estudio de los hábitos alimenticios y la variación de la carga parasitaria en dos clupeidos, *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) y *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) en el mar Adriático, descubrieron dentro de la carga parasitaria de ambos organismos al digéneo *P. merus* y al anisakido *Hysterothylacium aduncum* (Rudolphi, 1802), organismos también presentes en *S. sagax*. Los autores argumentaron que esta carga parasitaria varía estacionalmente y se relaciona directamente con los hábitos alimenticios de los clupeidos de su estudio.

En México, Pérez-Ponce de León *et al.* (2000) llevaron a cabo una investigación de la carga parasitaria de los miembros de la familia Clupeidae, como son *Harengula thrissina* (sardina plumita) (Jordan & Gilbert, 1882) y *Opisthonema libertate* (sardina crinuda) (Günther, 1867); en estos peces se registró la presencia del nematodo *Anisakis* sp.

Tanto *M. ecaude* como *P. merus* han sido reportados como parte de la helminto fauna común de *S. sagax* en el Pacífico y no son conside-

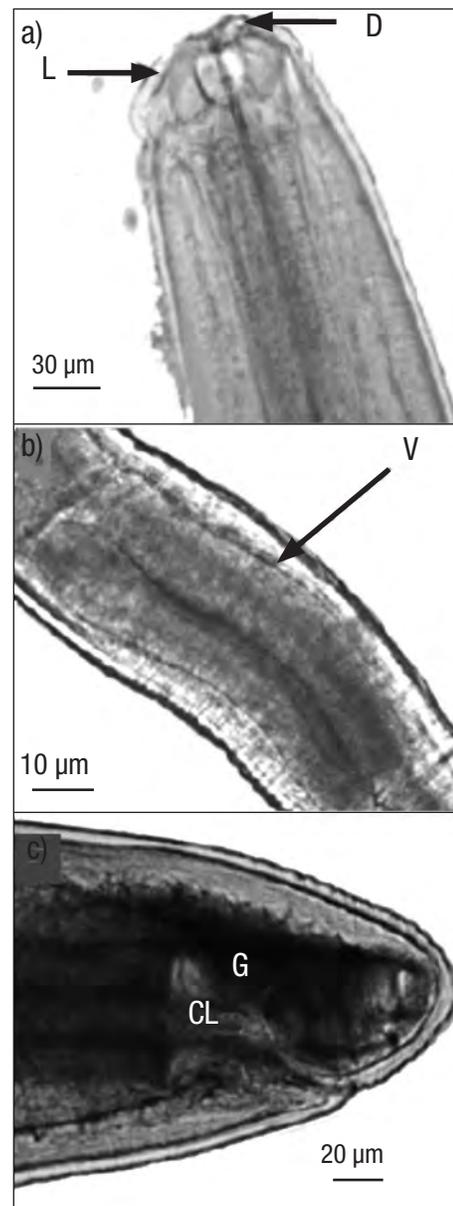


Figura 6. Metacercaria desenquistada de *Bucephalus* sp. en donde se observan los tentáculos (T), la región posterior (B) y la región anterior (A).

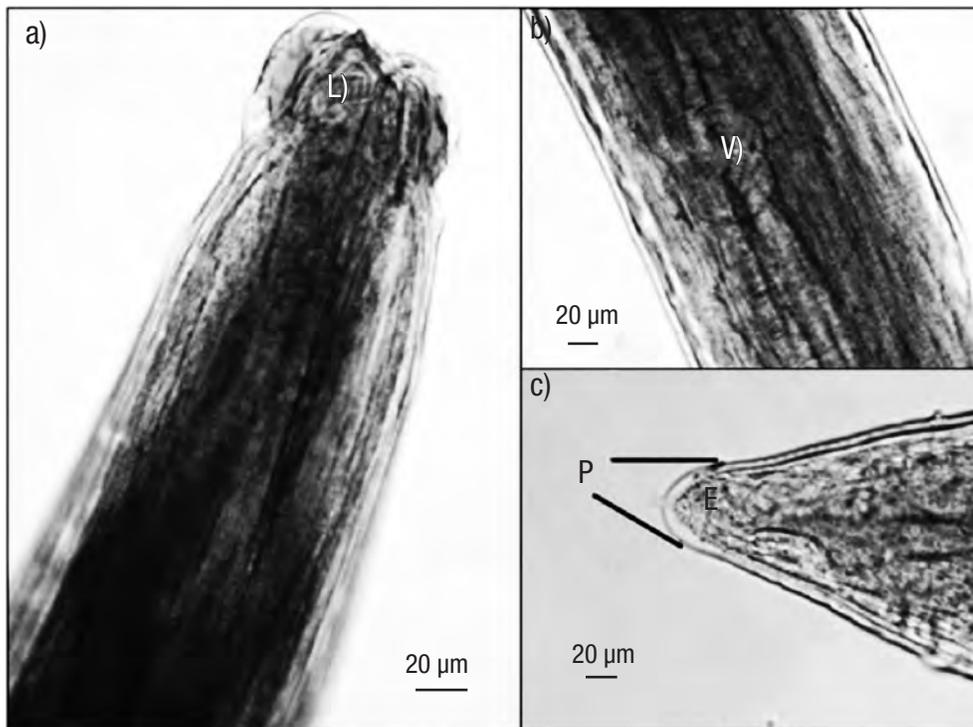
rados agentes causantes de enfermedades importantes (Love & Moser, 1976). El grupo de los hemiuriformes es uno de los más comunes en la parasitofauna de peces marinos, especialmente de organismos de aguas templadas como los clupeidos, carrangidos, salmónidos y enfrailidos (Bray, 1990), sin embargo, su identificación ha sido tema de controversia entre diferentes autores (León-Régagnon *et al.*, 1997). Por ejemplo, en el registro parasitológico de Lovey Moser (1976) para *S. sagax* documentaron a *Parahemiurus noblei*; más tarde, Bray (1990) realizó una revisión detallada del género y clasificó a *P. merus* como sinónimo de *P. noblei*. *Bucephalus* sp. no había sido encontrado en la sardina monterrey y las metacercarias de la familia Bucephalidae sí pueden causar parasitosis de importancia en otras especies. Hoffmann *et al.* (1990) expusieron que las metacercarias de esta familia causaron daño en las branquias, vísceras e hígado de ciprínidos, lo que provocó una epizootia en el río Main (Alemania). Ogawa *et al.* (2004) reportaron la primera parasitosis en ciprínidos de Japón ocasionada por metacercarias de esta familia; su presencia en el hospedero causó hemorragias en las aletas, piel y en los ojos, incluso en algunos casos la muerte. En esta investigación no se observaron hemorragias o alteraciones visibles importantes en las aletas de *S. sagax*, pero el potencial de que este tipo de lesiones aparezcan está relacionado con el estrés al que pueda estar expuesto el hospedero, tal como lo mostraron Hoffmann *et al.* (1990). Por otro lado, el estadio adulto de *Bucephalus* sp. se desarrolla dentro de peces ictiófagos, por lo que el consumo de *S. sagax* parasitada por *Bucephalus* sp. representa una vía de transmisión para el atún en cultivo y cuyos posibles efectos negativos aún se desconocen. Marcogliese (2002) ha mencionado que muchos parásitos de peces marinos utilizan indiscriminadamente hospederos

paraténicos y hospederos definitivos en la red trófica, con el propósito de colonizar un mayor número de hospederos y aumentar sus probabilidades de supervivencia (Lafferty, 2013). En este sentido, es importante subrayar que en condiciones de cultivo, el riesgo de brotes de parasitosis se incrementa por el hacinamiento y estrés que representa el cautiverio (Hoffmann *et al.*, 1990; Johnson *et al.*, 2004)

Durante la segunda temporada de muestreo (invierno-primavera) se observó un incremento en la intensidad y abundancia de los helmintos, lo que puede estar asociado con eventos ecológicos que ocurren estacionalmente, así como con el comportamiento migratorio de la sardina. Marcogliese (1995) también sostuvo que en aguas templadas se



Figuras 7a-c. Características morfológicas propias de *Anisakis* sp. **a)** Región anterior: labios (L), diente quitinoso (D). **b)** Región media: ventrículo (V). **c)** Región posterior: glándulas cloacales (G) y la cloaca (CL).



Figuras 8a-c. Características morfológicas generales de *Hysterothylacium* sp. **a)** Región anterior: labios (L). **b)** Región media: ventrículo (V). **c)** Región posterior (P) en donde se muestran los picos (E).

da un efecto de sobreposición en el aumento del número de huevos de parásitos o estadios larvales, aumento en la población de zooplancton por los florecimientos de microalgas y la presencia de peces pelágicos que migran a las costas para su reproducción, circunstancia que ocasiona que el éxito de parasitismo aumente. Schweigert (2002), sobre las migraciones de la sardina para desovar, subrayó que para los desoves de otoño las sardinias migran mar adentro, mientras que para los desoves que se desarrollan durante la primavera, migran hacia zonas costeras. En este sentido, tal como argumenta Marcogliese (1995), se dan las condiciones ideales para la sobreposición de los factores antes mencionados, que favorecen la proliferación del zooplancton y que representa el primer hospedero intermediario de la mayoría de los parásitos. La sardina, al realizar la migración de primavera, encuentra zonas con un gran número de crustáceos que podrían estar parasitados, lo que aumenta los valores en su carga helmintológica.

Los nematodos encontrados registraron una prevalencia similar durante las dos temporadas de muestreo (93.2% verano-otoño y 93.3% invierno-primavera), que en ambos casos fue menor a la registrada por los trematodos. Tanto *Anisakis* sp.

como *Hysterothylacium* sp. son cosmopolitas, por lo que es común encontrarlos como fauna propia de una gran diversidad de peces (Anderson, 1984; Grabda, 1991; Dick & Choudhury, 1995). Si bien en el registro helmintológico de *S. sagax* reportado por Love & Moser (1976) se encontró a *Anisakis* sp. y *Contraecum* sp., en esta investigación no se localizó ningún ejemplar perteneciente al género *Contraecum*, debido, tal vez, a la ausencia de estos organismos en la zona y las

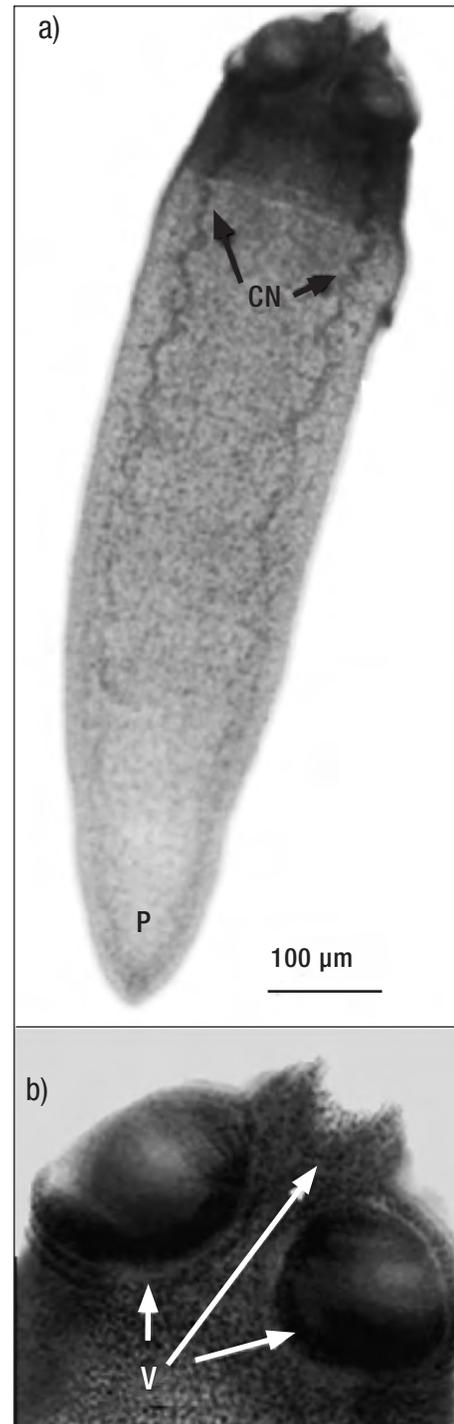
temporadas en las cuales se llevó a cabo el estudio. Por otro lado, un aumento en el tamaño de muestra podría ayudar a detectar parásitos con baja presencia.

Los elevados valores de prevalencia de nematodos encontrados en la sardina monterrey indican que existe un riesgo potencial de contraer *Anisakis* sp. y desarrollar anisakiasis al consumir sardina poco cocinada. Incorvaia (2001) realizó un estudio sobre los parásitos de la merluza (*Merluccius hubbsi* Marini, 1933) y encontró que la de intensidad de *Anisakis simplex* fue de 1.9, con una prevalencia de 83.2% y una abundancia de 1.6. Laffon-Leal *et al.* (2000) infirieron que los peces con una prevalencia de 56% de nematodos, pertenecientes a la familia Anisakinae, representan un alto riesgo de zoonosis al no ser procesados adecuadamente para su venta (remoción de vísceras), así como al ser ingeridos crudos o poco cocinados. Estudios previos realizados en Baja California indican que los nematodos pertenecientes a la familia Anisakiidae son comunes en varias especies de peces ictiófagos. Castillo-Sánchez (1996) estudió a los helmintos presentes en el lenguado de California *Paralichthys californicus* (Ayres, 1859) en tres diferentes zonas, el estero de Punta Banda, la bahía de Todos Santos y la bahía de San Quintín en Baja California, y encontró que los nematodos presentaron el segundo valor más alto de prevalencia (36.7%). Por otro lado, Sánchez-Serrano & Cáceres-Martínez (2011) desarrollaron el primer registro helmintológico del atún aleta azul del norte (*Thunnus orientalis* Temminck & Schlegel, 1844), fueron capturados por la flota atunera de Ensenada, Baja California, y arrojaron un valor de prevalencia (73%) superior al registrado en *P. californicus*. La anisakiasis en países como Japón y España representa un problema

de salud pública, tan sólo en Japón se registran mil casos anuales (Ferre, 2001). Tal como se ha mencionado anteriormente, el consumo de especies parasitadas por este tipo de helminto puede ser riesgoso si no se toman las medidas de manejo y cocción necesarias, en este sentido, es importante hacer pública esta información para consumidores y autoridades sanitarias de la zona.

Por otra parte, los cestodos presentaron valores muy bajos de intensidad (2.7 verano-otoño y 3.0 en invierno-primavera), abundancia (0.08 y 0.02 respectivamente) y prevalencia (2.9% y 6.7% respectivamente) en ambas temporadas de muestreo. Pérez-Ponce de León *et al.* (2000) registró para los cestodos valores altos de intensidad, abundancia y prevalencia, principalmente en peces que migran o habitan en estuarios o lagunas costeras. Arthur & Arai (1980), por otro lado, registraron tres diferentes géneros de cestodos en *Clupeaharengus pallasii* (Valenciennes, 1847); este pez migra hacia los esteros para realizar sus desoves, lo que apoya lo mencionado por Pérez-Ponce de León *et al.* (2000). De acuerdo con esta observación, los bajos valores en los parámetros de prevalencia, intensidad y abundancia de cestodos en la sardina monterrey estarían relacionados con sus hábitos, ya que *S. sagax* es un organismo pelágico que habita en la plataforma continental y raras veces entra a las lagunas costeras en donde pudiera ser parasitada por cestodos. Todos los cestodos fueron miembros de la familia Tetracystidae y se encontraron en el estadio larval de plerocercario (Jensen & Bullard, 2010). Los cestodos adultos de este orden suelen parasitar elasmobranchios. El ciclo de vida de estos organismos es poco conocido y sobre algunas etapas no se tiene ninguna información, pero se sabe que incluye tres hospederos: copépodos, teleósteos (donde podría encontrarse el atún o la sardina) o mamíferos marinos y al final elasmobranchios (Cheng, 1986). Margoliese (1995) aludió que la carga parasitaria de los organismos ésta en función de tres factores: 1) fauna parasitológica propia del lugar, 2) hábitos migratorios del hospedero y 3) temporada de reproducción del hospedero, también, que los organismos migratorios presentaron parásitos propios de los lugares a los que ellos migran, ya sea para su reproducción o su alimentación. A pesar de que los peces no se mantienen por más de 6 meses en los cultivos, este tiempo no representa una limitante en la transmisión de los parásitos, ya que los tiempos de transmisión de hospedero a hospedero (una vez que es ingerido el hospedero parasitado) van desde unas horas hasta dos meses (Williams & Jones 1994).

Por otro lado, se observó que existe una clara preferencia de cada grupo de helmintos por alojarse en un órgano determinado de la sardina (microhábitat). Vidal-Martínez & Kennedy (2000) realizaron un estudio en *Cichlasoma symplum* (Hubbs, 1935) y observaron este mismo efecto, sin embargo, aclararon que la distribución de los parásitos puede cambiar al existir una sobrepoblación en un órgano en particular (aumento en la capacidad de carga), lo que provoca una migración hacia los órganos cercanos. Esch & Fernández (1993) hicieron alusión a que la preferencia por parasitar un órgano determinado del hospedero se relaciona con las necesidades nutricionales, fisiológicas y el ciclo de vida de cada uno de los grupos de parásitos, lo que en este estudio se refleja especialmente en los trematodos adultos, encontrados exclusivamente en la mucosa del estómago. La localización



Figuras 9a-b. Plerocercario de la familia Tetracystidae. **a)** Se aprecia la región anterior (A), posterior (P), cordones nerviosos (CN). **b)** una ampliación del botrio provisto de acetábulos (V).

de los nematodos, en esta investigación, coincide con los resultados de Ferre (2001), quién mencionó que *A. simplex* se encuentra con mayor frecuencia alojado en las paredes externas de órganos, especialmente en estómago, y libres en la cavidad abdominal, lo que se relaciona con el incremento de la capacidad de los nematodos para migrar hacia el músculo del pez y acceder a regiones que pueden brindarle un mayor éxito para llegar a su hospedero final.

El registro helmintológico de *S. sagax* obtenido en este estudio resulta sumamente útil para los consumidores, autoridades sanitarias y productores (maricultura) de la región, de igual importancia para aquellos productores de otras partes del mundo que importan a sus países sardina de esta zona, debido a que permite conocer los niveles de parasitismo de la sardina monterrey, conocer a los organismos que pueden ocasionar daños a las especies en cautiverio y contar con bases para desarrollar buenas prácticas de cultivo, procesamiento y consumo que ayuden a evitar la transmisión de los parásitos de la sardina a los otros peces y al hombre.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el proyecto número 623106 del CICESE. Los autores desean expresar su agradecimiento a la M. en C. Yanet Guerrero Rentería por su ayuda en el procesamiento de muestras y por la escritura del manuscrito.

REFERENCIAS

- ANDERSON, R. C. 1984. The origins of zooparasitic nematodes. *Canadian Journal of Zoology* 62: 317-328. DOI: 10.1139/z84-050.
- ARTHUR, J. R. & H. P. ARAI. 1980. Studies on the parasites of Pacific herring (*Clupea harengus pallasii* Valenciennes): a preliminary evaluation of parasites as indicators of geographical origin for spawning herring. *Canadian Journal of Zoology* 58 (4): 521-527. DOI: 10.1139/z80-072.
- BALDWIN, R. E., M. B. REW, M. L. JOHANSSON, M. A. BANKS & K. C. JACOBSON. 2011. Population structure of three species of *Anisakis* nematodes recovered from Pacific sardines (*Sardinops sagax*) distributed throughout the California Current System. *Journal of Parasitology* 97 (4): 545-554. DOI: 10.1645/GE-2690.1.
- BRAY, R. A. 1990. A review of the genus *Parahemiurus* Vaz y Pereira, 1930 (Digenea: Hemiuridae). *Systematic Parasitology* 15: 1-21. DOI:10.1007/BF00009914.
- BUSH, A. O., K. D. LAFFERTY, J. M. LOTZ & A. W. SHOSTAK. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. Revisited. *Journal of Parasitology* 83: 575-583. DOI: 10.2307/3284227.
- CASTILLO-SÁNCHEZ, E. 1996. Estructura de la comunidad de helmintos parásitos del *Paralichthys californicus* en el Estero de Punta Banda, Bahía de Todos Santos y Bahía San Quintín, Baja California, México. Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, México, 127 p.
- CHAI, J. Y., K. D. MURRELL & A. S. LYMBERY. 2005. Fish-borne parasitic zoonoses: Status and issues. *International Journal of Parasitology* 35 (11-12): 1233-1254. DOI: 10.1016/j.ijpara.2005.07.013.
- CHENG, T. 1986. *General parasitology*. Second edition. Academic Press Inc. Orlando, Fl.
- COMISIÓN NACIONAL DE ACUACULTURA Y PESCA. 2013. *Anuario Estadístico de pesca*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. CD.
- CORDERO, C., V. ROJO, F. MARTÍNEZ, A. SÁNCHEZ, R. HERNÁNDEZ, I. NAVARRETE, B. DIEZ, R. QUIROZ & V. CARVALHO. 1999. *Parasitología Veterinaria*. McGraw Hill Interamericana. México.
- COUCH, J. & J. FOURNIE. 1993. *Pathobiology of marine and estuarine organisms*. Advances in Fisheries Science. CRC. London.
- DICK, I. & A. CHOUDHURY. 1995. *Fish diseases and disorders. Vol 1, Protozoan and Metazoan infection*. Department of Zoology University of Guelph. Canada.
- ESCH, G. W. & J. C. FERNANDEZ. 1993. *A functional biology of parasitism. Ecological and evolutionary implications*. Academic Press. New York.
- FERRE, I. 2001. Anisakiosis y otras zoonosis parasitarias transmitidas por consumo de pescado. *Revista Aqua TIC* 14: 1-21.
- GRABDA, J. 1991. *Marine fish parasitology*. An outline U. C. H. Publishers, New York.
- HOFFMANN, R. W., W. KORTING, T. FISCHER-SCHERL & W. SCHAFER. 1990. An outbreak of bucephalosis in fish of the Main River. *Parasitology* 31: 95-99.
- INCORVAIA, I. S. 2001. *Anisakis simplex* parásito de *Merluccius hubbsi*. Informe técnico interno. INIDEP. Argentina, 12 p.
- JENSEN, K. & S. A. BULLARD. 2010. Characterization of a diversity of tetraphyllidean and rhinebothriidean cestode larval types, with comments on host associations and life-cycles. *International Journal for Parasitology* 40 (8): 889-910. DOI: 10.1016/j.ijpara.2009.11.015.
- JOHNSON, S. C., S. BRAVO, K. NAGASAWA, Z. KABATA, J. S. HWANG, J. S. HO & C. T. SHIH. 2004. A review of the impact of parasitic copepods on marine aquaculture. *Zoological Studies* 43 (2): 229-243.
- LAFFERTY, K. D. 2013. Parasites in marine food webs. *Bulletin of Marine Science* 89 (1): 123-134. DOI: 10.5343/bms. 2011.1124.
- LAFFON-LEAL, S. M., V. M. VIDAL-MARTÍNEZ & G. ARJONA-TORRES. 2000. Cebiche a potencial source of human anisakiasis in Mexico? *Journal of Helminthology* 74: 151-154. DOI: 10.1017/S0022149X00000202.
- LEÓN-RÉGAGNON, V., G. PÉREZ-PONCE DE LEÓN & R. LAMOTHE-ARGUMEDO. 1997. Hemiuriformes de peces marinos de la Bahía de Chamela, México con la descripción de una nueva especie del género *Hysteroleicitha* (Digenea: Hemiuridae: Lecithasterinae). *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoológica* 68 (1): 1-34.
- LOVE, S. & M. MOSER. 1976. *A checklist of parasites of California, Oregon and Washington Marine and Estuarine Fishes*. Technical Report

- Dept. of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration. National Marine Fisheries Service CA. U.S.A. 576 p.
- MAFF (MINISTRY OF AGRICULTURE, FISHERIES AND FOOD). 1988. *A manual of veterinary parasitological laboratory techniques*. Reference Book 418. Her Majesty's Stationery Office, London, UK. 160 p.
- MARCOGLIESE, D. 1995. The role of zooplankton in the transmission of helminth parasites to fish. *Review in Fish Biology and Fisheries* 5: 336-371.
- MARCOGLIESE, D. 2002. Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology* 124(7): 83-99. DOI: 10.1017/S003118200200149X.
- MEZA-GUTIÉRREZ, S. 2002. En aumento los ranchos atuneros en Baja California. *Panorama Acuícola Magazine* 7(3): 34-35.
- OGAWA, K., T. NAKATSUGAWA & M. YASUZAKI. 2004. Heavy metacercarial infections of cyprinid fishes in Uji River. *Fisheries Science* 70 (1): 132-140. DOI: 10.1111/j.1444-2906.2003.00781.x.
- PÉREZ-PONCE DE LEÓN, P., L. GARCÍA-PRIETO & C. ROSAS-VILLA. 2000. Helminthofauna de *Opisthonema libertate* y *Harengula thrissina* (Osteichthyes: Clupeidae) de la Bahía de Chamela, Jalisco, México. *Revista de Biología Tropical* 48 (4): 759-763.
- REED, C., K. MACKENZIE & C. D. VAN DER LINGE. 2012. Parasites of South Africa sardines, *Sardinops sagax*, and an assessment of their potential as biological tags. *Bulletin of European Association of Fish Pathologists* 32 (2): 41-48.
- RELLO, F. J., F. J. ADROHER & A. VALERO. 2008. *Hysterothylacium aduncum*, the only anisakid parasite of sardines (*Sardina pilchardus*) from the southern and eastern coasts of Spain. *Parasitology Research* 104 (1): 117-121. DOI: 10.1007/s00436-008-1168-0.
- SÁNCHEZ-SERRANO, S. & J. A. CÁCERES-MARTÍNEZ. 2011. Registro helmintológico en el atún azul del norte (*Thunnus thynnus orientalis*) de la costa del Pacífico mexicano. *Ciencia Pesquera* 19 (1): 5-12.
- SCHWEIGERT, J. F. 2002. Update COSEWIC status report on the Pacific sardine *Sardinops sagax* in Canada. COSEWIC assessment and update status report on the Pacific sardine *Sardinops sagax* in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada, Ottawa, pp. 1-19.
- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M. & C. R. KENNEDY. 2000. Potential interactions between the intestinal helminths of the cichlid fish *Cichlasoma synspilum* from southeastern Mexico. *Journal of Parasitology* 86 (4): 691-695. DOI: 10.1645/0022-3395.
- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M., L. AGUIRRE-MACEDO, T. SCHOLZ, D. GONZÁLES-SOLÍS & D. MENDOZA-FRANCO. 2001. Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico. Academia, Praha. 165 p.
- WILLIAMS, H. & A. JONES. 1994. *Parasitic worms of fishes*. Taylor and Francis. London. 593 p.
- YAMAGUTI, S. 1959. *Synopsis of cestodes of vertebrates*. Vol 2. Keigaku Publ. Co. Tokyo.
- YAMAGUTI, S. 1970. *Digenetic trematodes of Hawaiian fishes*. Keigaku Publ. Co. Tokyo.
- YAMAGUTI, S. 1971. *Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates*. Vol I. Keigaku Publ. Co. Tokyo.
- ZAR, J. H. 1974. *Biostatistical analysis*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N. J.
- ZORICA, B., V. Č. KEČ, O. VIDJAK, I. MLADINEO & D. E. BALIĆ. 2015. Feeding habits and helminth parasites of sardine (*S. pilchardus*) and anchovy (*E. encrasicolus*) in the adriatic sea mediterranean. *Mediterranean Marine Science* 17 (1): 216-229. DOI: 10.12681/mms.1467.