



UNIVERSIDAD VERACRUZANA



**INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS**

Ecología de helmintos parásitos del pez doncella azulada,
Halichoeres radiatus (Linnaeus, 1758), en dos localidades del
Sistema Arrecifal Veracruzano

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS

PRESENTA

Q.C. Georgina Morales Sánchez

COMITÉ TUTORAL

Director de tesis

Dr. Virgilio Eugenio Arenas Fuentes

Co-Director de tesis

Dr. Jesús Montoya Mendoza

Asesora

Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

JULIO 2017



UNIVERSIDAD VERACRUZANA



**INSTITUTO DE CIENCIAS MARINAS Y PESQUERÍAS
MAESTRÍA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS**

**Ecología de helmintos parásitos del pez doncella azulada,
Halichoeres radiatus (Linnaeus, 1758), en dos localidades del
Sistema Arrecifal Veracruzano**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRA EN ECOLOGÍA Y PESQUERÍAS**

PRESENTA

Q.C. Georgina Morales Sánchez

COMITÉ TUTORAL

Director de tesis

Dr. Virgilio Eugenio Arenas Fuentes

Co-Director de tesis

Dr. Jesús Montoya Mendoza

Asesora

Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo

Lectores

Dr. David González Solís

Mtro. Rafael Chávez López

BOCA DEL RÍO, VERACRUZ

JULIO 2017

ÍNDICE

DEDICATORIAS.....	6
AGRADECIMIENTOS.....	7
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
ANTECEDENTES.....	14
Estudios de diferencias entre los subsistemas del Sistema Arrecifal Veracruzano.....	14
Estudios de infracomunidades de helmintos parásitos.....	15
Estudios parasitarios en peces pertenecientes a la Familia Labridae.....	17
Estudios parasitarios de <i>Halichoeres radiatus</i>	18
Parásitos reportados en el Golfo de México.....	19
HIPÓTESIS.....	20
OBJETIVOS.....	20
General.....	20
Específicos.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
Descripción del área de estudio.....	21
Trabajo en el laboratorio.....	23
Identificación taxonómica.....	24
Análisis de datos.....	24
Prevalencia.....	24
Abundancia.....	25
Intensidad promedio.....	25
Modelo de Clench.....	25
Estimadores de riqueza.....	26
Chao 2.....	26
Bootstrap.....	27
Índice de diversidad de Shannon-Wiener.....	27
Índice de equidad de Pielou.....	28
Índice de dominancia de Berger-Parker.....	28

Análisis de comparación/similitud.....	28
Índice de similitud de Jaccard	29
Prueba de <i>t</i>	29
RESULTADOS	30
DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES.....	46
LITERATURA CITADA.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Arrecifal Veracruzano..	22
Figura 2. Metacercaria <i>Scaphanocephalus</i> sp.	33
Figura 3. <i>Lobatostoma</i> sp..	33
Figura 4. <i>Megasolena</i> sp.....	34
Figura 5. <i>Lecithochirium</i> sp.....	34
Figura 6. Tetraphyllidea gen. sp.	35
Figura 7. <i>Heliconema</i> sp.	35
Figura 8. <i>Procamallanus</i> (<i>Spirocamallanus</i>) <i>garnotus</i>	36
Figura 9. <i>Contracaecum</i> sp.....	36
Figura 10. <i>Hysterothylacium reliquens</i>	37
Figura 11. Acuariidae gen. sp.....	37
Figura 12. <i>Illiosentis</i> sp.	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características físicas de los Arrecifes Pájaros e Isla de Enmedio	22
Tabla 2. Prevalencia, abundancia e intensidad promedio de los helmintos parásitos en <i>Halichoeres radiatus</i> del SAV.....	32
Tabla 3. Estimadores de riqueza para cada uno de los arrecifes del muestreo.....	38
Tabla 4. Parámetros descriptivos de los componentes de comunidad de helmintos parásitos en dos arrecifes del SAV.....	39

Tabla 5. Parámetros de infracomunidad de helmintos parásitos en *H. radiatus* de los arrecifes Pájaros e Isla de Enmedio.....40

DEDICATORIAS

A mis abuelitos, mi abuela Lucy y a mi tía Rud que estuvieron conmigo hasta donde fue posible, siempre dándome ánimos para seguir estudiando y prepararme profesionalmente.

A mis padres por todo el apoyo incondicional y motivarme a seguir adelante y realizar todo lo que me proponga.

A Ale, mi hermana, por su apoyo y por aguantar mis desvelos.

A Danny, mi hermana, que a pesar de la distancia siempre estuvo conmigo en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Veracruzana, al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías por permitirme realizar mis estudios de posgrado dentro de la institución, y al Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme otorgado la beca de maestría 666168.

A mi comité tutorial los doctores Virgilio E. Arenas Fuentes, Jesús Montoya Mendoza y Ma. De Lourdes Jiménez Badillo por darme la oportunidad de trabajar con ellos este proyecto y apoyarme pese a los inconvenientes presentados. Significó mucho para mí.

A mis lectores el doctor David González Solís, por recibirme en el colegio ECOSUR, unidad Chetumal para realizar mi estancia y por el apoyo durante el proyecto; al maestro Rafael Chávez López por ayudarme con el desarrollo del escrito. A ambos gracias por su amistad y tiempo invertido.

A los pescadores de Antón Lizardo, por brindarme su ayuda en la captura de los peces.

Al financiamiento por el Tecnológico Nacional de México, Dirección General de Educación Superior Tecnológico, Clave 5242.14-P.

A mi abuelo Beto, mi tía Lucila y mis primas por siempre darme su apoyo y ánimos cuando más los necesitaba. Sus palabras fueron más que un pilar para mí.

A mis compañeros y amigos de generación Karen y Rene, por sus observaciones, apoyo, ánimos y risas durante éstos dos años, sin ustedes hubiera sido difícil esta travesía.

A mis amig@s Ilse, Elo, Brenda, Ruth, Dana, Andrea, Gaby, Roberto, Alex, Raúl, Carlos, Dan, Julián, Tere y Bouchot por siempre brindarme palabras de apoyo y ánimo cuando más lo necesitaba.

RESUMEN

Las comunidades de helmintos parásitos en peces marinos han sido poco estudiadas, en particular para sitios costeros y arrecifales. En este trabajo, se analizó la comunidad de helmintos parásitos en el pez doncella azulada (*Halichoeres radiatus*), una especie común en los arrecifes del Golfo de México, con el fin de comparar los parámetros de comunidad para dos arrecifes pertenecientes al Sistema Arrecifal Veracruzano, el cual es un complejo con más de 20 arrecifes de plataforma que se extienden desde la costa, y los cuales son severamente afectados por el desarrollo urbano, portuario y la descarga de ríos y sus efectos llegan hasta más de 20 km mar adentro. Se analizó el tamaño de muestra por curvas acumulativas de especies por el modelo de Clench y se corroboró con estimadores de riqueza no paramétricos. Se analizó prevalencia, abundancia e intensidad promedio. Se estimó la estructura de la comunidad de helmintos mediante riqueza (S), los índices de diversidad de Shannon-Wiener (H'), dominancia de Berguer-Parker (I_{B-P}), equitatividad de Pielou (J') y el de similitud de Jaccard (I_J), por último se aplicó la prueba de t de student en la comparación entre los valores de ambos arrecifes. Se muestrearon 101 organismos obteniendo una riqueza de 11 taxas, la mayor prevalencia correspondió al tremátodo *Scaphanocephalus* sp., (80%) y la larva de céstodo Tetracystidae gen. sp. (60%). Los valores del índice de Shannon-Wiener para el subsistema norte fueron $H'= 0.95$ y para el subsistema sur $H'= 1.16$. La riqueza y la diversidad de los componentes de comunidad e infracomunidad son similares a las de comunidades de peces marinos de latitudes tropicales y templadas. Ambas comunidades de parásitos presentaron 55% de disimilitud con base a las pocas especies que comparten. La carga parasitaria de *H. radiatus* se puede asociar a la alimentación e interacciones ecológicas de los hospederos.

Palabras claves: *Halichoeres radiatus*, Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), Riqueza, Diversidad, Helmintos parásitos.

INTRODUCCIÓN

La distribución desigual de la riqueza de especies, entre los distintos grupos biológicos, es uno de los postulados más sólidos de la teoría ecológica general (Pianka, 2000). En el caso de las comunidades de helmintos parásitos de peces marinos, se ha argumentado que éstas son más ricas en número de especies e individuos y con mayor predictibilidad que las de peces de agua dulce (Rodríguez-González & Vidal-Martínez, 2008). Esta alta riqueza es comparable con la de parásitos de aves ictiófagas y mamíferos marinos (Esch *et al.*, 1990); tal como se muestra en el polígono de Holmes (1990).

La presencia de parásitos en el hospedero se ve influenciada por factores ecológicos, como la localidad geográfica, estación climática y hábitat del hospedero. Asimismo, no todos los hospederos son adecuados para las diferentes especies de parásitos que existen, es necesario entender el amplio rango taxonómico de los parásitos junto con una extensa gama de interacciones con los hospederos y estas interacciones ayudan a completar los vacíos tróficos cuando los hospederos se comportan como un organismo intermediario dentro de la cadena trófica (Rohde, 2005).

Los helmintos, además de cumplir un papel regulador en las poblaciones y estructura de las comunidades de los hospederos, también actúan como piezas claves en la biodiversidad de los diferentes ecosistemas (Bautista-Hernández *et al.*, 2013). La riqueza y abundancia de helmintos son sinónimos de una representación relativa de la biodiversidad en un espacio y tiempo determinado. Una de las razones por las cuales existe interés en medir la diversidad ecológica de parásitos es debido a que es frecuentemente vista como un indicador de un sistema ecológico (Magurran, 2004).

Las comunidades de parásitos presentan una variación temporal en la estructura y composición de especies, debido a que se encuentran asociadas con las alteraciones ambientales periódicas, las cuales son propiciadas por el ciclo estacional de secas y lluvias, lo que afecta el proceso de reclutamiento de las especies de parásitos (Violante-González *et al.*, 2008).

El Golfo de México cuenta con ciclos estacionales de secas y lluvias, y con un clima cálido y húmedo con abundantes lluvias durante el verano y parte del otoño; la época “de secas” ocurre durante los meses de abril y mayo, anualmente las temperaturas en enero y febrero oscilan entre los 18 °C y los 26 °C; también cuenta con dos masas de agua, una de ellas son las aguas costeras que tienen una salinidad de 34 - 36.5 psu y temperaturas de 21 - 29 °C, mientras que la segunda consta de 29 - 34 psu y temperaturas de 27 - 33.5 °C, esto es provocado por las descargas del río Jampa junto con las aguas costeras. (García, 1973; Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008).

Las condiciones ambientales y físicas que se presentan en el Golfo de México, también se reflejan en el sistema arrecifal localizado en la zona costera del estado de Veracruz, en donde la temperatura y la salinidad de las masas de agua costeras se ven influenciados por los eventos llamados “nortes” durante las estaciones de otoño y parte de la primavera (Salas-Pérez & Granados-Barba, 2008). Una característica importante en esta zona costera es que a pesar de que cuenta con baja productividad primaria bruta en carbono, aún existe energía disponible para los organismos que habitan en ella (Morales-Sánchez, 2012).

En la zona conurbada de Veracruz la pesca es una actividad principalmente artesanal que aprovecha una gran variedad de especies locales y migratorias, en donde se capturan peces, moluscos y crustáceos con mecanismos de regulación principalmente orientados a evitar la captura y deterioro en las zonas arrecifales, es por esto que la pesca se extiende en todos los arrecifes pertenecientes al polígono del Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), en el caso de los arrecifes más cercanos a la costa, se ven influenciados por una descarga de aguas de desecho urbano e industrial y por el crecimiento urbano y portuario el cual ha ocupado antiguos arrecifes costeros que apenas muestran sus remanentes (DOF, 2017).

La mayoría de los arrecifes del SAV se han visto afectados por las prácticas del cambio y uso de suelo, urbanización, su cercanía a la costa y su fácil acceso. Además, la deposición terrígena natural es alta en esta área debido a influjos de los ríos Jamapa y Papaloapan (Tunnell *et al.*, 2010); entre

ellos existe una pequeña cuenca que abarca 62 km², en donde se unen corrientes costeras que llegan a ser hidrográficamente importantes (Pereyra-Díaz *et al.*, 2010).

El río Papaloapan tiene un escurrimiento anual aproximadamente de 47, 000 millones m³, y sus aguas (mayormente dulces) son vertidas al Golfo de México a través de la Laguna de Alvarado (Pereyra-Díaz *et al.*, 2010). El río Jamapa en total tiene un gasto de 1.89 x 10⁹ m³ año⁻¹ y el río La Antigua 2.82 x 10⁹ m³ año⁻¹, la diferencia entre ellos es que el río La Antigua contiene sedimentos que provienen desde la sierra de Perote, mientras que los ríos Jamapa y Papaloapan contienen sedimentos de las cadenas montañosas de la Sierra Madre Oriental (Jiménez-Hernández *et al.*, 2007).

La desembocadura de los ríos Jamapa y Papaloapan es lo que provoca que el SAV se encuentre dividido en arrecifes relativamente pequeños cercanos a la costa (subsistema norte) y arrecifes de mayor tamaño en su mayoría (subsistema sur). Se trata de un conjunto de arrecifes sujetos a diversos procesos de perturbación antrópica, lo que crea condiciones subóptimas para el crecimiento de corales zooxantelos (Reyna-González, 2014).

Al subsistema norte lo constituyen un conjunto de arrecifes localizados frente a las ciudades de Veracruz y Boca del Río (DOF, 2017). Cuenta con un área de arrecifes de 1,045 ha; incluye 13 arrecifes pequeños cercanos a la costa en donde ocho son de tipo plataforma emergentes (Gallequilla, Anegada de Adentro, Blanquilla, Gallega, Pájaros, Isla Verde, Tierra Nueva e Isla de Sacrificios), dos arrecifes de bancos sumergidos (Bajo de Mersey y Lavandera) y tres de tipo costeros (Punta Gorda, Hornos y Punta Mocambo). Tunnell *et al.* (2010) describe que la descarga fluvial del sistema Jamapa-Atoyac crea condiciones subóptimas para el desarrollo de los corales zooxantelados de este grupo. Éstos arrecifes costeros presentan un mayor grado de impacto por actividades humanas y una cobertura baja de corales “escleractinios”, una profundidad máxima de 6-12 m y tienen grandes cantidades de sedimentos depositados y suspendidos (Tunnell *et al.*, 2010).

En el subsistema sur, los arrecifes se encuentran ubicados frente a la población pesquera de Antón Lizardo, a unos 20 km al suroeste del Puerto de Veracruz y cuenta con una mayor área de arrecifes

(3,600 ha) (DOF, 2017). Está constituido por 12 arrecifes de plataformas emergentes de mayor tamaño (Anegada de Afuera, Topatillo, Santiaguillo, Anegadilla, Polo, Isla de Enmedio, Aviso, Blanca, Chopas, El Rizo, Cabezo y El Giotte), se extienden a una mayor distancia hacia el mar y se localizan más alejados de los desarrollos urbanos costeros, por lo que se considera que generalmente se encuentran en mejores condiciones; dentro de este grupo se encuentran los tres arrecifes más grandes del suroeste del Golfo de México (Afuera, Chopas y Cabezo), y también los más pequeños llamados “satélite”, un ejemplo de ellos es el arrecife “El Giotte” (Tunnell *et al.*, 2010).

En el SAV los estudios de helmintos son limitados, así como lo señala Kennedy (1995) respecto a que existe una escasez de datos de las comunidades de helmintos parásitos de peces marinos en los litorales tropicales de México. El pez *Halichoeres radiatus* (Linnaeus, 1758) también es conocido como “doncella azulada”, es una especie reportada para todos los arrecifes del SAV, representa el 4.4% del total de la pesca artesanal correspondiente al SAV (Jiménez-Badillo & Castro-Gaspar, 2007; Del Moral-Flores *et al.*, 2013), es una especie principalmente intertropical que está asociada a sustratos arrecifales y se localiza hasta una profundidad de 50 m. Su alimentación varía con la edad, siendo principalmente de moluscos y crustáceos en su etapa juvenil (aproximadamente 20 cm) y equinodermos en su etapa adulta (>40 cm) (Rangel-Ávalos *et al.*, 2007), por lo que está considerada con un nivel trófico de 3.5 (Baird, 1993). *H. radiatus* es considerado como “seguidor” en las interacciones interespecíficas de los arrecifes oceánicos atlánticos, es decir que temporalmente el hábito alimenticio de esta especie, está ligado a otro pez (Sazima *et al.*, 2007).

Halichoeres radiatus, como otros peces de la familia Labridae, alcanza tallas excepcionales para el grupo de más de 50 cm en los machos, los juveniles abundan en las zonas someras de los arrecifes, donde se reclutan desde los 11 mm; en la primavera después de pasar estadios larvarios cortos (25 días) y no variables y sin retraso de metamorfosis; los juveniles crecen alrededor de 0.4 mm/día siendo el principal factor de éxito del reclutamiento la cantidad de coral vivo (Sponaugle & Cowen, 1997).

Se seleccionó a *H. radiatus* debido a que no existen estudios parasitarios dirigidos específicamente a él, está reportado en todos los arrecifes del SAV, es por esto que por su abundancia y distribución no existen limitantes para su captura (Lieske & Myers, 1994; Froese & Pauly, 2017), por lo que los pescadores del área lo identifican con facilidad en el campo y puede ser capturado con sus propias artes de pesca. Se escogieron los arrecifes Pájaros e Isla de Enmedio porque son parte de la captura comercial por parte de los pescadores del área, por su cercanía a la costa y principalmente porque en estos arrecifes está permitida la actividad pesquera y no es necesario un permiso de captura, lo que facilita la colecta de la muestra. Las preguntas de investigación son: ¿existen diferencias entre la diversidad de las infracomunidades de helmintos parásitos de *H. radiatus* respecto a los dos subsistemas del SAV?, ¿se observaran cambios en la estructura de la comunidad respecto a la talla del hospedero?, ¿las comunidades de helmintos parásitos son tan ricas y diversas como las de otros peces marinos?

ANTECEDENTES

Estudios de diferencias entre los subsistemas del Sistema Arrecifal Veracruzano.

Se analizó la biodiversidad, patrones de abundancia y distribución de los macrocrustáceos incrustantes (correspondientes al Orden Sessilia, Amphipoda, Isopoda, Tanaidacea y Decapoda) en seis sitios de muestreo dentro del SAV, por Winfield *et al.* (2010) y determinaron que existe una diferencia de especies entre los subsistemas siendo la parte norte la que cuenta con un mayor número de especies durante el inicio y final de lluvias en comparación con el subsistema sur.

Por su parte, Tunnell *et al.* (2010) señalaron algunas diferencias entre los subsistemas del SAV, considerando que el subsistema norte cuenta con un porcentaje de cobertura de arrecifes coralinos <0.4%, mientras que el subsistema sur presenta una cobertura de 1.4% dentro del Golfo de México; a pesar de que el subsistema norte cuenta con una baja cobertura de corales escleractinios esta sigue siendo mayor al subsistema sur, debido a que el sur cuenta principalmente con la presencia de algas marinas.

Respecto a la productividad primaria bruta y la respiración planctónica, Rodríguez-Gómez *et al.* (2013) señalaron que el subsistema norte (representado por Playa Norte) es más productivo que el subsistema sur (siendo el arrecife Cabezo como punto de muestreo); estas diferencias se presentaron debido a una mayor influencia antropogénica ocasionada por la presencia de una planta de tratamiento de aguas residuales localizada en la zona norte, mientras que en la zona sur únicamente tiene la influencia de la descargas de los ríos ocasionando un menor efecto en este punto.

Otras diferencias entre ambos subsistemas las analizaron Salas-Pérez y Granados-Barba (2008), respecto a las caracterizaciones oceanográficas, una de ellas se refiere a las condiciones del “norte”, con un modelo numérico calcularon la velocidad del norte con el cual demostraron que las corrientes fluyen en dirección norte-sur y adaptan su trayectoria al margen costero, en la parte norte (Punta Mocambo hasta la desembocadura del río Jamapa) es de 110 s-1, mientras que en la parte

de Antón Lizardo (sur) desciende a 80 cm s⁻¹, así mismo, estudiaron la corriente litoral generada por patrones de onda por medio de las variaciones de la distribución de los tamaños del grano de los sedimentos en donde definieron que en la parte norte el transporte costero es hacia el norte mientras que de la parte sur, partiendo desde Antón Lizardo la corriente costera es hacia el sur.

Estudios de infracomunidades de helmintos parásitos.

Aguirre-Macedo *et al.* (2007) analizaron la riqueza promedio de helmintos parásitos en cuatro especies de peces, *Hexanematichthys assimilis* ($S = 1.9 \pm 1.7$), *Eugerres plumieri* ($S = 1 \pm 0.6$), *Oligoplites saurus* ($S = 1.2 \pm 0.79$) y *Scomberomorus maculatus* ($S = 2 \pm 0.89$); colectados en la bahía de Chetumal con la finalidad de señalar si las condiciones ambientales y las características biológicas influyen sobre la riqueza y composición de especies de helmintos en los hospederos. De forma que en *H. assimilis*, los hospederos mostraron una baja riqueza de especies y de helmintos a comparación de otros peces marinos y estuarinos de latitudes tropicales y templadas. También señalaron que las infracomunidades de los parásitos de los hospederos estudiados, son bajas en riqueza y abundancia y de menor diversidad que las comunidades de helmintos de otros peces marinos, y que las comunidades de helmintos responden a los hábitos alimenticios de los peces.

Cirtwill *et al.* (2015) señalaron que las conductas alimentarias junto con atributos del hospedero, tales como: edad, talla y sexo, pueden determinar la riqueza específica y abundancia de su carga parasitaria a nivel individual y poblacional. De forma tal que el número y especies de presas consumidas mediante la preferencia y la disponibilidad de alimento afectan directamente la carga parasitaria (Locke *et al.*, 2014). Resaltando que los parásitos que se transmiten por la vía de la alimentación, generalmente tienen un número reducido de taxos intermediarias de presas del hospedero, lo que determina que la abundancia de la carga parasitaria depende de la importancia de la presa consumida (Kennedy *et al.*, 1986). Aunado a que los cambios en la alimentación de los hospederos son debido al crecimiento, cambios conductuales, etcétera, también se determinan las características de las comunidades de helmintos parásitos (Poulin & Leung, 2011).

Sin embargo, existen casos en donde la alimentación tiene una importancia menor, ya que, algunos helmintos parásitos infectan a los peces vía cutánea, este caso se presenta en muchas larvas de tremátodos, en donde permanecen en el pez en un estado inactivo a la espera de que el hospedero sea consumido por un depredador, siendo éste el hospedero definitivo; las larvas de tremátodos se pueden acumular en el huésped a lo largo de su vida a diferencia de los helmintos parásitos del tracto digestivo que tienen una vida más corta, en consecuencia, los peces de mayor talla de una población podrán contener mayor número y riqueza de parásitos de ambos tipos, porque tienden a consumir una mayor variedad de presas y acumulan estadios enquistados (Locke *et al.*, 2014).

Para peces de hábitos bentónicos en la península de Yucatán, Sánchez-Ramírez y Vidal-Martínez (2002) estudiaron la composición y riqueza de especies, diversidad, dominancia y similitud de las infracomunidades de los parásitos de *Trachinotus carolinus* y registraron riqueza promedio ($S = 4 \pm 2$) y diversidad promedio ($H' = 0.17 \pm 0.18$) de forma similar a las de comunidades de peces de latitudes templadas y tropicales, además señalaron que los hábitos alimenticios, la distribución de los hospederos intermediarios y estadios infecciosos, las especies locales y los componentes filogenéticos, son determinantes para las características de esta infracomunidad.

Rodríguez-González y Vidal-Martínez (2008) estudiaron la comunidad de helmintos del lenguado, *Symphurus plagiusa*, procedentes de la costa de Campeche, México, donde registraron que los parámetros parasitarios y de infracomunidad fueron menores a los registros para otras infracomunidades de helmintos de peces marinos del sureste del Golfo de México ($S = 2 \pm 0.55 - 3 \pm 0.66$; $H' = 0.01 \pm 0.01 - 0.24 \pm 0.11$). Sin embargo, registraron alta dominancia numérica por parásitos en etapa larvaria de desarrollo que la asociaron a los hábitos sedentarios y bentónicos que presenta la especie de hospedero así como los hábitos alimenticios a base de invertebrados como: portúnidos, poliuetos, copéodos, anfípodos, ostrácodos, gasterópodos, y pequeños bivalvos.

Por otro lado, a los hospederos de la familias Carangidae y Sciaenidae de la costa del municipio de Alvarado, Veracruz, sitio cercano a los arrecifes del SAV, se les estudió la comunidad de helmintos parásitos mostrando que las infracomunidades de parásitos son tan ricas y diversas como las de peces marinos de latitudes templadas y tropicales (Montoya-Mendoza, 2009). Lo mismo fue

registrado para *Archosargus Probatocephalus* capturado en el estero del Conchal, Alvarado, Veracruz (Montoya-Mendoza *et al.*, 2015).

En estudios sobre comunidades de helmintos parásitos en peces de arrecifes del SAV, Veracruz, México, como *Ocyurus chrysurus* (Montoya-Mendoza *et al.*, 2014a), *Lutjanus campechanus* (Montoya-Mendoza *et al.*, 2014b), *L. synagris* (Montoya-Mendoza *et al.*, 2016) y en carángidos como *Caranx crysos* ($S = 3.8 \pm 2.7$; $H' = 1.01 \pm 0.44$), *C. hippos*: ($S = 4.1 \pm 2.8$; $H' = 0.85 \pm 0.4$), *Chloroscombus chrysurus* ($S = 3.6 \pm 1.5$; $H' = 1.03 \pm 0.32$), *Oligoplites saurus*: $S = 2.7 \pm 1.5$; $H' = 0.86 \pm 0.32$) y *T. carolinus* ($S = 4.5 \pm 2.1$; $H' = 0.66 \pm 0.44$) (Montoya-Mendoza *et al.*, 2017), determinaron que las comunidades de helmintos parásitos de estos hospederos son comparables en riqueza y diversidad a las de otros peces marinos, señalando también que algunos carángidos y sciánidos participan como hospederos intermediarios para larvas de céstodos y de nemátodos.

Estudios parasitarios en peces pertenecientes a la Familia Labridae.

Cribb *et al.* (2014) determinaron que los parásitos encontrados en larvas de peces de arrecifes coralinos, pertenecientes a la Familia Labridae, tienen implicaciones en la salud respecto a la epidemiología de los peces pelágicos y en los sistemas de arrecifes o en la distribución y dispersión de los parásitos. También concluyeron que todas las formas infecciosas pueden ser adquiridas por la ingesta de hospederos intermediarios, probablemente en la mayoría de los casos pueden ser los crustáceos; para el caso de las metacercarias las formas larvarias de peces pueden ser el segundo o tercer hospedero intermediario seguidos por elasmobranquios y teleósteos en donde los parásitos completan su ciclo de vida en su forma adulta.

Muñoz *et al.* (2007) analizaron las relaciones filogenéticas en la estructura de la comunidad de parásitos en 14 especies de peces lábridos de La Gran Barrera de Coral, Australia. Determinaron que, tanto las características ecológicas como las filogenéticas de las especies de peces, tuvieron poca influencia en la estructura de la comunidad de parásitos. Además, reafirmaron que la presencia de los endoparásitos (principalmente metacéstodos y larvas de nemátodos) indica que éstas pueden ser alimento para elasmobranquios y teleósteos, siendo estos los huéspedes definitivos.

Muñoz y Cribb (2006) estudiaron la relación de los endoparásitos en la infracomunidad parasitaria en *Coris batuensis*, respecto a la dieta y peso de los hospederos. Observaron que la alimentación del pez era con base en moluscos, bivalvos y crustáceos, estos organismos actúan como huésped intermediario para las larvas de céstodos (Tetraphyllidea), siendo éstas las más abundantes en este pez.

En la Isla Lizard, Australia, Muñoz y Cribb (2005), analizaron a 14 individuos del lábrido *Hemigymnus melapterus*, para comprobar si el tamaño del cuerpo del hospedero influía en la estructura de la comunidad de helmintos, observaron 26 especies de parásitos con los cuales concluyeron que en los peces más grandes se presenta mayor carga parasitaria y número de especies, mientras que los hospederos de menor tamaño presentaron abundancias importantes. También determinaron que el tamaño de cuerpo del parásito es importante en la composición general de las infracomunidades, es decir que mientras algunas especies de parásitos son importantes en número otras lo son respecto al biovolumen, y al mismo tiempo todo esto se encuentra relacionado con la madurez e interacciones del hospedero.

Estudios parasitarios de *Halichoeres radiatus*

En el caso del pez *Halichoeres radiatus*, no existen estudios parasitarios directamente dirigidos a esta especie, los artículos en donde se ha examinado al pez doncella azulada es porque formaba parte de la muestra, o porque describían la anatomía de algunos parásitos encontrados en el pez.

En las aguas costeras de Puerto Rico, Chapman-Saunders (1966) buscó helmintos en el corazón y en la sangre arterial de 1,340 peces marinos, correspondientes a 126 especies, los análisis determinaron que *H. radiatus* es un pez con una baja riqueza en especies al encontrar escasas especies de parásitos.

En el arrecife Barbadian (perteneciente al Caribe), Arnal *et al.*, (2000) analizaron la relación de los efectos de limpieza (característica con la que cuentan algunos peces de tirar ectoparásitos al

agitarse) respecto a la densidad, tamaño del cuerpo y comportamiento social de diversos peces. Entre las especies de peces estudiadas se encontraron tres lábridos siendo: *Halichoeres bivittatus*, *H. maculipinna* y *H. radiatus*. Estos autores señalaron que el fenómeno de limpieza no se presenta en estas especies, el tamaño del pez no está relacionado con la carga parasitaria y por último que el comportamiento social de estos peces es solitario.

En el Mar del Plata, Lanfranchi *et al.*, (2004) describieron la anatomía del parásito *Cucullanus travassosi* observado en el pez doncella azulada, siendo una de las siete especies de parásitos registradas en Brazil. Así mismo, Tunnell *et al.*, (2010) reportaron parásitos del pez doncella azulada, siendo tres tremátodos y un nemátodo (*Lobatostoma ringens*, *Helicometrina exacta*, *Nicolla halichoeri* y *Dichelyne travassosi*, respectivamente).

Parásitos reportados en el Golfo de México.

Entre los parásitos reportados para el Golfo de México por Tunnell *et al.* (2010) están los registros del céstodo perteneciente a la familia Tetrphyllidea y los acantocéfalos (*Caballerorhynchus lamothei*, *Dollfusentis bravoae*, *Tegorhynchus furcatus*, *Gorgorhynchoides bullocki*, *Gorgorhynchus clavatus*, *Gorgorhynchus medius*, *Serrasentis sagittifer*, *Andracantha gravida*, *Arhythmorhynchus frassoni*, *Arhythmorhynchus pumilirostris*, *Arhythmorhynchus uncinatus*, *Bolbosoma vasculosum*, *Hexaglandula corynosoma*, *Polymorphus (Polymorphus) acutis*, *Polymorphus (Proflicollis) kenti*, *Southwellina dimorpha*, *Aactorhynchus verecundus*). Mientras que para la zona de Veracruz se reportó el registro del acantocéfalo *Octospiniferoides chandleri*

HIPÓTESIS

Si las comunidades de helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* responde a las condiciones que prevalecen en el SAV, entonces esperamos encontrar una similitud en riqueza de especies pero diferencias en prevalencia y abundancia en la estructura de la comunidad de parásitos del subsistema norte y del subsistema sur.

OBJETIVOS

General

- Describir la composición taxonómica, riqueza, abundancia y diversidad para comparar los Componentes de comunidad e Infracomunidad de helmintos parásitos de los hospederos *Halichoeres radiatus* en los arrecifes Pájaros y Enmedio, del Sistema Arrecifal Veracruzano.

Específicos

- Identificar taxonómicamente a los helmintos parásitos del pez *Halichoeres radiatus*.
- Evaluar la abundancia específica de la comunidad de helmintos parásitos de *Halichores radiatus*.
- Estimar los parámetros de infección (prevalencia, abundancia e intensidad promedio) de los helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus*.
- Comparar la riqueza, abundancia y diversidad de las comunidades de los helmintos parásitos en ambas localidades.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción del área de estudio

El Sistema Arrecifal Veracruzano (SAV), se encuentra ubicado sobre la plataforma continental frente a la planicie costera del área central del estado de Veracruz, entre los 18° 59' y 19° 00' Norte y 95° 57' y 96° 00' Oeste. Por su relevancia, se le considera un área de conservación de la biodiversidad marina y es un Área Natural Protegida Federal denominada como Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (PNSAV), cuyo polígono general cuenta con una superficie de 65,516 ha (DOF, 2012). Se le denomina “Sistema” por estar formado por 23 arrecifes tipo plataforma emergentes, que forman seis islas y dos bajos arenosos (CONANP, 2007). Se encuentra dividido geográficamente en dos complejos o subsistemas arrecifales (Tunnell *et al.*, 2010, que se encuentran separados naturalmente por la descarga del río Jamapa, la cual recoge la escurréntia de una cuenca extensa y abrupta que nace en la elevación montañosa del Pico de Orizaba, que ha sufrido un pronunciado proceso de deforestación (DOF, 2017) (Fig. 1).

Desde un punto de vista biológico, los arrecifes pertenecientes al subsistema sur presentan una mayor área, diversidad de especies (Lara *et al.*, 1992) y cobertura coralina (Jones *et al.*, 2008), mientras que los arrecifes del norte tienen estructuras arrecifales más cercanas entre ellas y la costa (Ortíz-Lozano *et al.*, 2009). Ortíz-Lozano (2015) define una diferencia de isóbatas en cada uno de los arrecifes, en donde en el subsistema norte consta de 37 m, mientras que en los arrecifes del subsistema sur es de 48 m, resultando ser de mayor profundidad. Se puede observar una diferencia en la longitud y anchura, la distancia a la costa (los dos arrecifes se consideran costeros), la profundidad y principalmente que el arrecife del sur cuenta con una isla, a diferencia del norte, y una amplia abundancia de pastos marinos. Por otro lado, en la Tabla 1 Tunnel *et al.* (2010) describen algunas características físicas que diferencian a los arrecifes Pájaros e Isla de Enmedio.

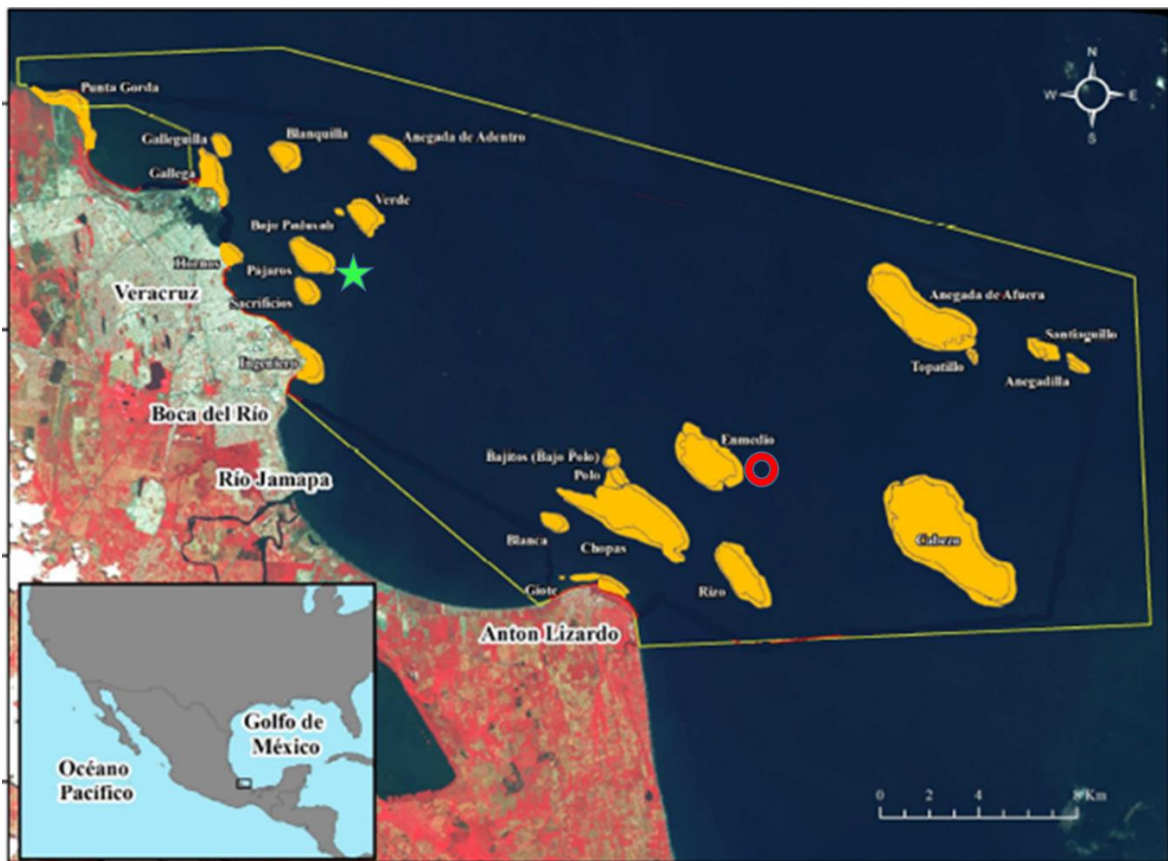


Figura 1. Área de estudio donde se muestra el polígono del Área Natural Protegida y se señala la ubicación de los sitios Pájaros (★) e Isla de Enmedio (⊙) en el Sistema Arrecifal Veracruzano (modificado de Reyna-González, 2014).

Tabla 1. Características físicas de los dos arrecifes estudiados dentro del SAV (tomado de Tunnell *et al.*, 2010).

	Pájaros	Isla de Enmedio
Tipo de arrecife	Plataforma emergente	Plataforma emergente
Longitud (m)	1,870	2,250
Anchura (m)	750	1,800
Distancia a tierra (km)	3	6

Islas	0	1
Posición geográfica	19° 11' 18'' N 96° 05' 22'' O	19° 06' 21'' N 95° 56' 18'' O
Profundidad (m)	0-18	0-24

Para este estudio, en el subsistema norte se seleccionó al arrecife Pájaros, con una cercanía a la costa de aproximadamente 3 km. Para el subsistema sur, se seleccionó el arrecife Isla de Enmedio, debido a que es un arrecife adyacente y con una mayor lejanía a la costa. Se encuentra próximo al subsistema norte, a una distancia de aproximadamente 20 km, extensión en la cual no hay arrecifes (Tabla 1).

Se examinaron un total de 101 peces, de los cuales 51 fueron del arrecife Pájaros (subsistema norte) y 50 del arrecife Isla de Enmedio (subsistema sur). Los peces fueron capturados por pescadores artesanales de las dos zonas, mediante sus propias artes de pesca (anzuelo y arpón). Por ello, la captura se realizó sin distinguir sexo, talla, ni localidad específica dentro de los arrecifes. Las capturas se realizaron en la temporada de “nortes” para ambas localidades: en un periodo comprendido de septiembre de 2016 a marzo de 2017. Una vez capturados los peces fueron depositados en contenedores de plástico con hielo y agua de mar para su preservación; posteriormente, se trasladaron al Laboratorio de Investigación Acuícola Aplicada (LIAA) en el Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA) para su procesamiento y análisis.

Trabajo en el laboratorio

Una vez en el laboratorio, se procedió con la identificación taxonómica del hospedero, siguiendo las claves de Humann y DeLoach (2014). Se tomaron los datos biométricos (longitud total, longitud patrón, altura y peso) y después se procedió a realizar el análisis helmintológico durante las primeras 24 horas de la captura de los peces para evitar la pérdida de los helmintos. En el examen externo, se revisaron: piel, aletas, boca y branquias; para el examen interno, se revisaron: ojos, cerebro, corazón, mesenterios, esófago, estómago, intestino y músculo.

Identificación taxonómica

Los helmintos se separaron en cajas Petri con solución salina al 0.75%, se fijaron con formalina al 4% caliente, y su preservación fue en frascos viales con alcohol al 70%. Los tremátodos y céstodos fueron teñidos con Carmín de Mayer o Paracarmín de Mayer, aclarados con aceite de clavo y montados en bálsamo de Canadá. Los nemátodos fueron aclarados con glicerina pura en diferentes concentraciones (1:20, 1:10, 1:5, 1:2) de acuerdo a Vidal-Martínez *et al.* (2002).

El estudio morfológico e identificación de los parásitos se llevó a cabo mediante las claves de Yamaguti (1971), Khalil *et al.* (1994), Anderson *et al.* (1974-1983) y Gibson *et al.* (2002). Las especies fueron identificadas hasta el menor nivel taxonómico posible y confirmadas por especialistas en la identificación de los nemátodos en El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Chetumal (ECOSUR).

Análisis de datos

Las comunidades de helmintos parásitos fueron estudiadas a nivel de infracomunidad (especies de helmintos en cada uno de los hospederos examinados) y de comunidad componente (todos los helmintos en todos los hospederos capturados) (Bush *et al.*, 1997). La curva de acumulación de especies se generó mediante una aleatoriedad (100x) realizada con el programa EstimateS, Versión 7.5.0. (Colwell, 2005) cuya asíntota basada en la ecuación del modelo de Clench, permite calcular la riqueza esperada y evaluar la calidad del muestreo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

Para cada especie de parásito en cada hospedero, se calcularon los parámetros de infección: prevalencia, abundancia media e intensidad promedio, siguiendo los criterios de Bush *et al.* (1997).

Prevalencia: porcentaje de peces infectados por una especie de parásito

$$\text{Prevalencia: } \frac{\text{Número de hospederos parasitados}}{\text{Número de hospederos examinados}} \times 100$$

Abundancia: cantidad de parásitos promedio que tendrían los hospederos si los parásitos se distribuyeran de manera homogénea.

$$\text{Abundancia: } \frac{\text{Número de parásitos de una especie particular}}{\text{Número de hospederos revisados (parasitados y no parasitados)}}$$

Intensidad promedio: número promedio de gusanos que corresponde a cada pez parasitado.

$$\text{Intensidad promedio: } \frac{\text{Número de gusanos de una especie particular}}{\text{Número de hospederos parasitados con esa especie}}$$

Modelo de Clench

Se utilizó el modelo de Clench para comprobar la representatividad del tamaño de muestra (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Con la ecuación de Clench también se puede estimar la riqueza máxima esperada (Bautista-Hernández *et al.*, 2013).

El método ocupa la siguiente ecuación:

$$S_n = a * n / (1 + b * n)$$

En donde:

a: tasa de crecimiento de nuevas especies al comienzo del inventario.

b: es un parámetro realizado con la forma de la curva.

El ajuste se basa en la realización de estimaciones no lineales en donde se puede ocupar un método iterativo y señalar si los datos se ajustan al modelo (R^2) (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). Los

análisis del modelo de Clench se realizaron con ayuda del programa EstimateS, Versión 7.5.0. (Colwell, 2005).

El modelo de Clench, evalúa el inventario y puede considerarse suficientemente fiable (aunque pueda estar incompleto) cuando la pendiente cuenta con un valor menor a $<0,1$ y probablemente un tamaño de muestra de 40 especímenes sea suficiente (ver Jiménez-Valverde & Hortal, 2003). De igual forma, Magurran (2004) predice que con un mínimo de 50 muestras se pueden realizar los cálculos necesarios para justificar una estimación de la diversidad, por lo que, para fines de este trabajo se determinó capturar 50 peces para cada arrecife.

Estimadores de riqueza

Los índices que se utilizaron en este estudio que permiten la posibilidad de detectar especies raras, y son los recomendados para estudios de comunidades de parásitos, son:

Chao 2

Los estimadores de Chao proporcionan estimaciones mínimas de la riqueza y al mismo tiempo asumen homogeneidad entre las muestras (Magurran, 2004). En este caso, se escogió el estimador Chao 2, debido a que predice una especie más por encontrar basándose en datos de incidencia, tomando en cuenta la distribución de las especies entre las muestras (Bautista-Hernández *et al.*, 2013). De acuerdo a Moreno (2011), este estimador se expresa con la siguiente fórmula:

$$\text{Chao}_2 = S + \frac{L^2}{2M}$$

Donde:

L = especies únicas.

M = número de especies que ocurren exactamente en dos muestras.

S = riqueza de especie

Bootstrap

Se emplea cuando existen especies raras en las comunidades, es decir, estima una especie más por encontrar dentro de una colecta de aproximadamente 10 peces (Bautista-Hernández *et al.*, 2013). Este estimador se basa en la proporción de unidades de muestreo (p_j) que contienen a cada especie j (Moreno, 2001):

$$\text{Bootstrap} = S + \sum (1 - p_j)^n$$

En donde:

S = riqueza de especies

p_j = proporción de unidades de muestreo

n = muestra

Para el cálculo de estos estimadores de riqueza no paramétricos se utilizó el programa EstimateS, Versión 7.5.0. (Colwell, 2005).

Para determinar la estructura de la comunidad, se analizó su composición de especies por grupo taxonómico, riqueza, abundancia, diversidad, equitatividad y dominancia de especies de parásitos a nivel de componente de comunidad e infracomunidad.

Índice de diversidad de Shannon-Wiener

El índice de diversidad de Shannon-Wiener expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado de incertidumbre en predecir a qué especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección y asume que todos los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra (Moreno, 2001). Se expresa con la siguiente ecuación:

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

Donde:

p_i = es la proporción relativa de cada especie dentro de la comunidad.

Índice de equidad de Pielou

Moreno (2001) señala que este índice mide la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor es de 0 a 1.0, el valor máximo indica la similitud de la abundancia de las especies.

$$J' = \frac{H'}{H'_{\max}}$$

Donde $H'_{\max} = \ln(S)$.

Índice de dominancia de Berger-Parker

El índice de dominancia de Berger-Parker con valores de 0.1 a 1.0, permite señalar que un incremento del resultado se interpreta como una disminución de la equidad y un aumento en la dominancia (Moreno, 2001; Magurran, 2004).

$$I_{B-P} = \frac{N_{\max}}{N}$$

Donde:

N_{\max} = es el número de individuos de la especie más abundante en la comunidad.

Análisis de comparación/similitud

Índice de similitud de Jaccard

Mide la composición de especies entre sitios, para conocer hasta qué punto son similares, (Moreno, 2001).

$$I_j = \frac{c}{a + b - c}$$

En donde:

a = número de especies presentes en A. Pájaros (8)

b = número de especies presentes en A. Isla de Enmedio (8)

c = número de especies presentes en ambos sitios (5)

Prueba de *t*

Para realizar la comparación entre los valores de riqueza, abundancia media, intensidad media y diversidad, se aplicó el análisis de prueba de “*t*” de Student, para señalar si se observan diferencias significativas ($p < 0.05$) (Rózsa *et al.*, 2000). Comparando los valores entre las comunidades de helmintos parásitos de los hospederos de los arrecifes Pájaros vs Isla de Enmedio. Se asume que son muestras independientes y con datos de distribución normal y varianzas similares (McDonald, 2014).

RESULTADOS

Se capturaron y analizaron 101 organismos (60 hembras, 37 machos y 4 juveniles), 51 del arrecife Pájaros y 50 de Isla de Enmedio, durante septiembre 2016 a marzo 2017. En la totalidad de la muestra, el promedio de tallas fue de 33.32 ± 5.12 cm (intervalo: 22.3–47 cm) de longitud total y un promedio de peso de 738.8 ± 373.44 g (intervalo: 180.7–2,195.7 g). de manera individual en Pájaros se obtuvo una longitud total de 31.73 ± 4.32 cm y un peso de 719.38 ± 570.27 g, en Isla de Enmedio la longitud total fue de 34.95 ± 5.39 cm, y un peso de 829.15 ± 384.68 g.

Se recuperó un total de 1,218 helmintos parásitos principalmente localizados dentro del aparato digestivo del hospedero. En el arrecife Pájaros se observó el 98 % de peces parasitados de los cuales se recuperaron el 70 % de los parásitos, mientras que en el arrecife Isla de Enmedio se registró el 84 % de los peces parasitados con el 30% del resto de la carga parasitaria. Es decir, que en total 92 peces presentaron al menos una especie de helmintos (91 % de la prevalencia total de la muestra) y 9 peces (9 % fueron peces no parasitados).

Con los especímenes montados en preparaciones totales de tremátodos, céstodos y acantocéfalos y las preparaciones temporales de nemátodos, se procedió a la observación microscópica para identificar las especies de helmintos. Pero debido a que los parásitos se obtuvieron en estadios larvarios, solo algunos se pudieron identificar hasta nivel de especie, mientras que los otros se identificaron hasta el nivel jerárquico posible.

En total, se identificaron 11 taxas de parásitos pertenecientes a cuatro grupos de helmintos: Trematoda: 4 spp. (2 adutos, 2 metarcercarias), Cestoda: 1 sp. (larva), Acanthocephala: 1 sp. (juvenil) y Nematoda: 5 spp. (2 adultos, 3 larvas). Una de las especies de tremátodos encontrados fue *Scaphanocephalus* sp., el cual se observó únicamente en las aletas en todos los peces infectados pertenecientes a esta muestra.

Las demás especies fueron localizadas exclusivamente en estómago e intestino, que fueron los tremátodos: *Lobatostoma* sp., *Megasolena* sp., *Lecithochirium* sp., *Heliconema* sp., los nemátodos:

Procamallanus (Spirocamallanus) garnotus, *Contracaecum* sp., *Hysterothylacium reliquens*, Acuariidae gen. sp., y el acantocéfalo *Illiosentis* sp., además de la larva de céstodo Tetraphyllidae (Tabla 2).

En el caso del tremátodo *Scaphanocephalus* sp. se encontró en 41 peces, que correspondió a un 80% del total de todas las infracomunidades, mientras que la larva de céstodo Tetraphyllidae gen. sp.. Se presentó en 30 organismos parasitados, es decir un 60% de la muestra de ese arrecife (ver tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de infección de los helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* del SAV. Abreviaciones: al = aletas; int = intestino; n = número de hospederos infectados; p (%) = prevalencia; ab = Abundancia media; ip = Intensidad promedio; * nuevo registro geográfico, ** nuevo registro de hospedero.

Helminto	Sitio	AREECIFE PÁJAROS (n = 50)			ARRECIFE ISLA DE EN MEDIO (n = 51)		
		n (p%)	ab (\pm sd)	ip (\pm sd)	n (p%)	ab (\pm sd)	ip (\pm sd)
TREMATODA							
<i>Scaphanocephalus</i> sp.*/**	al	41(82)	8.53 \pm 9.58	10.61 \pm 9.56	28(55)	2.78 \pm 4.30	4.96 \pm 4.73
<i>Lobatostoma</i> sp.	int	--	--	--	1(2)	0.02 \pm 0.14	1 \pm 0
<i>Megasolena</i> sp.**	int	1(2)	0.02 \pm 0.14	1 \pm 0	--	--	--
<i>Lecitochinium</i> sp.**	int	--	--	--	1(2)	0.02 \pm 0.14	1 \pm 0
CESTODA							
Tetraphyllidae gen. sp.**	int	31(62)	6.92 \pm 29.47	11.39 \pm 37.35	30(59)	3.52 \pm 6.01	5.87 \pm 6.85
NEMATODA							
<i>Heliconema</i> sp.**	int	4(8)	0.08 \pm 0.27	1 \pm 0	13(25)	0.86 \pm 2.15	3.31 \pm 3.17
<i>Procamallanus (Spirocamallanus) garnotus</i> */**	int	16(32)	0.67 \pm 1.28	2.13 \pm 1.45	10(20)	0.26 \pm 0.56	1.3 \pm 0.48
<i>Contracaecum</i> sp.**	int	--	--	--	1(2)	0.02 \pm 0.20	1 \pm 0
<i>Hysterothylacium reliquens</i> **	int	8(16)	0.25 \pm 0.69	1.63 \pm 0.92	2(4)	0.04 \pm 0.20	1 \pm 0
Acuariidae gen. sp.*/**	int	1(2)	0.02 \pm 0.14	1 \pm 0	--	--	--
ACHANTOCEPHALA							
<i>Illiosentis</i> sp.**	int	2(4)	0.02 \pm 0.14	1 \pm 0	--	--	--

Características generales de las especies de los helmintos parásitos.

Scaphanocephalus sp.: esta metacercaria usa a los peces como hospederos intermediarios, mientras que las aves ictiófagas llegan a ser su hospedero definitivo (Cribb *et al.*, 2014). El presente registro corresponde a un nuevo registro de hospedero.



Figura 2. *Scaphanocephalus* sp.,(metacercaria) cuerpo completo (40x).

Lobatostoma sp.: perteneciente a la subclase Aspidogastrea (Faust & Tang, 1936; Rohde, 2002), su larva “cotilocidio” utiliza moluscos pelecípodos y gasterópodos como hospederos intermediarios (Chinchilla-Martínez y Mago-Guevara, 2005).



Figura 3. *Lobatostoma* sp. parte dorsal (40x).

Megasolena sp.: tremátodo perteneciente a la subfamilia de haplóridos (familia, Haploridae) (Jones, 2005). Los parásitos de esta familia utilizan el tracto alimenticio o vesícula biliar de peces: marinos, estuarinos, dulceacuícolas y herbívoros y omnívoros (Andres, 2014). Este género también se caracteriza por tener dos testículos prominentes y un ovario reducido (Tarmeño-Rojas, 2015). El presente registro, corresponde a un nuevo registro de hospedero.

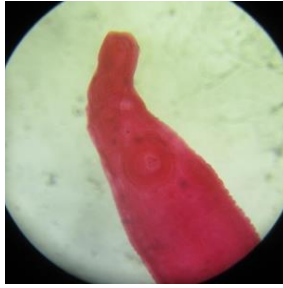


Figura 4. *Megasolena* sp. parte anterior del cuerpo (40x).

Lecithochirium sp.: es un digéneo que pertenece a la familia Hemiuridae y común en peces marinos (Vidal-Martínez *et al.*, 2002). Tienen como característica principal ser encontrados dentro del tracto digestivo de peces marinos y usan al pez como hospedero intermediario (Al-Zubaidy, 2010). El presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero.

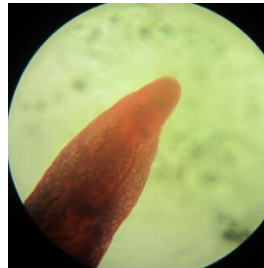


Figura 5. *Lecithochirium* sp. parte anterior (40x).

Tetraphyllidea gen. sp. Los estadios larvarios de céstodos (Tetraphyllidea) son identificados hasta morfotipos debido a su parecido en los diversos estadíos (Muñoz *et al.*, 2007). Casi todos los céstodos son monoicos (hermafroditas) y requieren de un hospedero en sus diferentes tipos de larvas (procercoides, plerocercoides, cisticercoides, cisticercos y estrobilocercos) (Vidal-Martínez *et al.*, 2002), el presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero.



Figura 6. Tetraphyllidae gen. sp., cuerpo completo (40x).

Se lograron identificar cinco especies de nemátodos, es un grupo que generalmente ocupa a los invertebrados como primeros huéspedes (insectos acuáticos) copépodos, crustáceos y oligoquetos, mientras que los peces son los hospederos intermediarios (Vidal-Martínez *et al.*, 2002):

Heliconema sp.: Este nemátodo pertenece a la familia Physalopteridae. Ogden (1969) describe que estos helmintos son encontrados en reptiles y mamíferos. En tanto, Velarde-Aguilar *et al.* (2014) agregaron a algunas serpientes, anfibios y lagartos, también como hospederos intermediarios, al igual que los peces. Todos ellos se localizan en el tracto intestinal. El presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero.



Figura 7. *Heliconema* sp., parte anterior y posterior (40x).

Procamallanus (*Spirocamallanus*) *garnotus* (Bashirullah & Williams, 1980; Gibson, 2017a) esta especie se considera problemática para peces que se encuentran en un solo ecosistema, debido a que estos son más fáciles de ser parasitados. Por otro lado, en un ambiente con mayor espacio y diversidad de organismos, necesitan de hospederos intermediarios para terminar su ciclo, como ocurre con los pequeños crustáceos (Portes-Santos *et al.*, 1999). El presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero.



Figura 8. *Procammallanus (Spirocamallanus) garnotus* (Bashirullah & Williams, 1980) capsula bucal (40x).

Contracaecum sp. este género ha sido registrado en peces marinos, estuarinos y dulceacuícolas. Permanecen en fase larvaria en el primer hospedero, como los peces, dejando a las aves piscívoras y mamíferos como hospederos definitivos (Bruce *et al.*, 1994). El presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero.

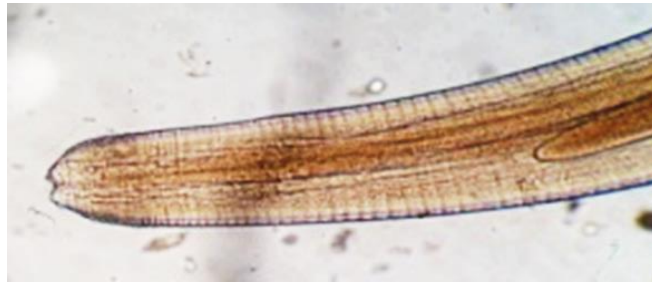


Figura 9. *Contracaecum* sp., parte anterior (40x).

Hysterothylacium reliquens (Norris & Overstreet, 1975; Gibson, 2017b): se pueden encontrar en el intestino de peces teleósteos marinos del Golfo de México (Deardorff & Overstreet, 1980) y de una especie de los elasmobranquios (Bruce *et al.*, 1994). El presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero.



Figura 10. *Hysterothylacium reliquens* (Norris & Overstreet, 1975), parte anterior (40x).

Acuariidae gen. sp.: algunos parásitos pertenecientes a este género están reportados en aves Galliformes y Passeriformes (Goble & Kutz, 1945). Magalhães-Pinto *et al.* (1997) especifican que los peces participan como hospederos intermediarios. El presente registro corresponde a nuevo registro de hospedero y de localidad.



Figura 11. Acuariidae gen. sp., parte anterior (40x).

Illiosentis sp.. los acantocéfalos generalmente necesitan de dos hospederos para finalizar su ciclo de vida, donde los crustáceos participan como hospederos intermediarios (Hoffman, 1999). Se han registrado en el intestino de peces marinos, estuarinos o dulceacuícolas o como juveniles en mesenterios (Cable y Linderth, 1963). En este caso registramos un juvenil y corresponde a nuevo registro de hospedero.

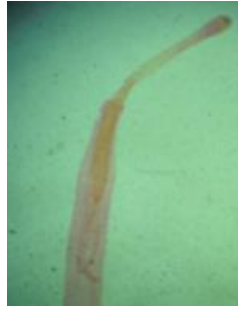


Figura 12. *Illiosentis* sp., parte anterior (10x).

Los peces de ambos arrecifes comparten cinco especies (*Scaphanocephalus* sp., Tetraphyllidae gen. sp., *Heliconema* sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *garnotus* e *Hysterothylacium reliquens*). Por otro lado, en cada arrecife se encontraron tres taxa con un único helminto observado (Tabla 2).

En la comunidad de parásitos de los hospederos del arrecife Pájaros, la abundancia fue mayor para la metacercaria *Scaphanocephalus* sp., seguido por Tetraphyllidae gen. sp., mientras que en el resto de los helmintos fue muy baja (< 1). Estas dos especies también fueron las más abundantes en la comunidad de parásitos de los hospederos del arrecife de la Isla de Enmedio.

En el caso de la intensidad promedio, al menos 1 gusano le corresponde a cada hospedero. Por otro lado, la cantidad mínima de helmintos encontrados considerando a todas las especies de parásitos fue de 1 a 210 para el subsistema norte, mientras que para el subsistema sur fue de 1 a 29 parásitos registrados, siendo las más frecuentes las larvas de céstodos.

Por otro lado, se determinó que 50 organismos en cada muestra para ambas localidades fueron suficientes, ya que la R^2 fue mayor a 0.9 y la pendiente fue menor a 0.1, resultando así que el tamaño de muestra fue suficiente y el inventario de especies fiable y completo, debido a que no quedan especies por registrar excepto para el índice paramétrico (índice de Clench $a/b = 9$ sp arrecife Isla de Enmedio) (Tabla 3). Los valores de los índices de riqueza son iguales o próximos a la riqueza observada (S), por lo que no se considera necesario aumentar el tamaño de muestra.

Tabla 3. Estimadores de riqueza para cada uno de los arrecifes del muestreo.

Estimadores de Riqueza	Arrecife Pájaros	Arrecife Isla de Enmedio
S	8	8
Clench	8	9
Chao 2	8	8
Bootstrap	7	8

En los análisis de componente de comunidad, los peces del arrecife con más parásitos fue el de la zona norte con una diferencia de 463 helmintos. Con relación a los valores de los índices de diversidad y equidad fueron mayores para la comunidad de parásitos de la Isla de En medio en comparación al arrecife Pájaros, mientras que, los parásitos dominantes en cada una de las comunidades fueron diferentes, en el caso del arrecife del norte fue el trematodo *Scaphanocephalus* sp., mientras que para el arrecife del sur fue la larva de cestodo Tetrphyllidae gen. sp.. (Tabla 4).

Tabla 4. Parámetros descriptivos del componente de comunidad de los helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* en dos arrecifes del SAV. N = número de muestra; Lp = Longitud patrón promedio; S_{obs} = riqueza observada; n = número total de parásitos; H' = índice de diversidad de Shannon-Wiener; J' = índice de equitatividad de Pielou; I_{B-P} = índice de dominancia de Berger-Parcker; sp_{dom} = especie dominante en componente de comunidad.

	Pájaros	Isla de Enmedio
N	51	50
S_{obs}	8	8
n	842	379
H'	0.95	1.16
J'	0.46	0.56
I_{B-P}	0.52	0.43
sp_{dom}	<i>Scaphanocephalus</i> sp.	Tetrphyllidae gen. sp.

Para los valores de la infracomunidad, la diferencia se observa en el número de parásitos de los peces en cada arrecife, siendo mayor en Pájaros, mientras que los índices de diversidad, dominancia y equidad siguen siendo mayor para el arrecife Isla de Enmedio. Cabe resaltar que no se aprecia diferencia en la longitud total en los hospederos entre ambos arrecifes, y que sólo difiere alrededor de 2 cm. Sin embargo, se presenta un mayor promedio de riqueza de especies para la Isla de Enmedio, mientras que en Pájaros es mayor el número de helmintos (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de infracomunidad de helmintos parásitos en *H. radiatus* de los arrecifes Pájaros e Isla de Enmedio. N = número de hospederos examinados; Lp = promedio longitud total; S = riqueza; $\bar{X}S$ = riqueza promedio; n = número total de parásitos; $\bar{X}n$ = promedio del número de parásitos; $\bar{X}H'$ = promedio de diversidad; $\bar{X}J'$ = promedio de equitatividad; $\bar{X}I_{B-P}$; spd = especie dominante; % sp_{dom-m} = proporción de la especie dominante en la muestra.

	Arrecife Pájaros	Arrecife Isla de Enmedio
N	51	50
S	8	8
$\bar{X}S \pm sd$	4.98 ± 1.64	6.12 ± 1.21
mín-máx	1–8	3–8
n	841	377
$\bar{X}n \pm sd$	16.82 ± 29.86	8.98 ± 8.74
mín-máx.	1–213	1–45
$\bar{X}H' \pm sd$	0.53 ± 0.28	0.72 ± 0.21
mín-máx.	0.07–1.24	0.19– 1.13
$\bar{X}J' \pm sd$	0.65 ± 0.25	0.82 ± 0.16
mín-máx.	0.11–1	0.28–1
$\bar{X}I_{B-P} \pm sd$	0.81 ± 0.17	0.73 ± 0.21
mín-máx.	0.48–1	0.33–1
spd	<i>Scaphanocephalus</i> sp.	Tetraphyllidea gen. sp.
% sp _{dom-m}	80	60

El índice de similitud de Jaccard arrojó como resultado un 45% de similitud entre las comunidades de helmintos parásitos de los hospederos del norte respecto a los del sur, por lo que se interpreta que son 55% diferentes ya que entre los subsistemas norte y sur comparten 5/11 especies de helmintos.

Por otro lado, los cálculos de las comparaciones de los promedios de riqueza y diversidad entre ambas comunidades, mediante la prueba de “t” ($\alpha = 0.05$), no mostró diferencias significativas en la riqueza, pero si en la diversidad.

DISCUSIÓN

Queda como nuevos registros taxonómicos para la comunidad de helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* un total 11 especies entre ambas localidades del SAV. Dentro del Sistema Arrecifal algunas de éstas especies ya han sido reportadas por Montoya-Mendoza *et al.* (2014a, b; 2015; 2016; 2017); en el caso de la doncella azulada se aportan nuevos registros de helmintos (*Scaphanocephalus* sp., *Megasolena* sp., *Lecitochinium* sp., Tetrphyllidea gen. sp., *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *garnotus*, *Contracaecum* sp., *Hysterothylacium reliquens* e *Illiosentis* sp. Mientras que para el parásito Acuariidae gen. sp. se le considera nuevo registro de localidad y de hospedero. La abundancia de los parásitos es baja, tal como lo han demostrado: Chapman-Saunders (1966), Arnal *et al.*, (2000) y Lanfranchi *et al.*, (2004) al describir que en *H. radiatus* encontraron baja riqueza y abundancia de parásitos.

Únicamente, nueve de las 11 especies registradas en esta comunidad de helmintos se lograron identificar hasta nivel de género, debido a que se recuperaron especímenes en estado larvario. A consideración de lo anterior, se asume que *H. radiatus* ocupa la parte media de la cadena alimenticia, al ser hospedero intermediario de las larvas de nemátodos y céstodos (Muñoz & Cribb, 2006), tal como se ha registrado en otros hospederos marinos de diferentes latitudes (Cable & Linderorth, 1963; Bruce *et al.*, 1994; Portes-Santos *et al.*, 1999; Vidal-Martínez *et al.*, 2002; Cribb *et al.*, 2014; Andres, 2014), y particularmente para hospederos marinos del SAV y del sureste del Golfo de México y Caribe (Sánchez-Ramírez y Vidal-Martínez, 2002, Aguirre-Macedo *et al.*, 2007, Rodríguez-González y Vidal-Martínez, 2008, Montoya-Mendoza, 2009, Montoya-Mendoza *et al.*, 2014a, b; 2015; 2016; 2017).

Para el caso de las metacercarias de *Scaphanocephalus*, *H. radiatus* al actuar como hospedero intermediario, deberá de ser consumido por un hospedero que permita al parásito concluir su ciclo de vida, tal como lo describen Goble & Kutz (1945), Magalhães-Pinto *et al.* (1997), Cribb *et al.* (2014) y Velarde-Aguilar *et al.* (2014), y que probablemente sean aves y mamíferos ictiófagos.

Durante el examen helmintológico se observó el contenido estomacal del pez, conformado principalmente por restos de moluscos y camarones como lo señala Baird (1993) en relación con la alimentación del pez. Por otro lado, en los organismos adultos el contenido estomacal observado fue de erizos y algunos sustratos arrecifales, aspecto señalado por Lieske y Myers (1994). Por lo tanto, los hábitos alimenticios de *H. radiatus* influyen en la composición de su carga parasitaria al igual que para otros peces marinos, como señalaron Kennedy *et al.* (1986), Aguirre-Macedo *et al.* (2007), Poulin y Leung (2011), Locke *et al.* (2014) y Cirtwill *et al.*, (2016).

La comunidad de helmintos parásitos de *H. radiatus* presentó diferencias en las especies más abundantes y prevalentes, que fue *Scaphanocephalus* (98.04 %) para el arrecife del subsistema norte y para el arrecife de la Isla de Enmedio del subsistema sur fue la larva de cestodo Tetracystidae (84%). Aunado a esta diferencia se considera también la abundancia total que fue mayor en Pájaros (N = 842) el doble respecto a la Isla de Enmedio (N = 379), pero de forma contraria en diversidad que fue menor en el subsistema norte ($H' = 0.95$) respecto al subsistema sur ($H' = 1.16$), dichas variables responden a la riqueza de especies del habitat arrecifal, así señalado para las comunidades de corales, algas y crustáceos del SAV (Jones *et al.*, 2008; Tunnell *et al.*, 2010; Reyna-González, 2014). Lo anteriormente señalado confirma la hipótesis sobre las diferencias mínimas respecto a la riqueza de especies, debido a que se podría establecer como una sola muestra ya que la riqueza total fue de 11 especies, riqueza nominal de pocas especies de parásitos que ya han referido para lábridos (Muñoz & Cribb, 2005; 206; Muñoz *et al.*, 2007).

Por otro lado, la riqueza y diversidad de la infracomunidad de helmintos parásitos de *H. radiatus* son similares a los descritos para peces marinos, tanto de hábitos bentónicos como nectónicos del sureste del Golfo de México y Caribe (ver tabla 5). Señalando así que la comunidad de helmintos parásitos puede ser comparable con la de otros peces marinos e incluso de latitudes templadas y tropicales (Luque & Alves, 2001; Fernández *et al.*, 2015; Luque & Poulin, 2007; Muñoz, 2007).

Tabla 5. Riqueza y diversidad de Infracomunidades de peces marinos del sureste del Golfo de México y Caribe. Abreviaciones: $S (\pm sd)$, promedio de riqueza; $H' (\pm sd)$, promedio índice de diversidad de Shannon-Wiener.

Hospederos	S (\pm sd)	H' (\pm sd)	Localidad	Referencia
<i>Halichoeres radiatus</i>	4.9 \pm 1.6	0.53 \pm 0.28	SAV NORTE	Presente estudio
<i>Halichoeres radiatus</i>	6.1 \pm 1.2	0.72 \pm 0.21	SAV SUR	Presente estudio
<i>Trachinotus carolinus</i>	4.0 \pm 2.0	0.17 \pm 0.18	Yucatán	Sánchez-Ramírez y Vidal-Martínez, 2002
<i>Symphurus plagiusa</i>	2 \pm 0.55 3 \pm 0.66	0.01 \pm 0.01 0.24 \pm 0.11	Campeche	Rodríguez-González y Vidal-Martínez, 2008
<i>Hexanematichthys assimilis</i>	1.9 \pm 1.7	--	Chetumal	Aguirre-Macedo <i>et al.</i> , 2007
<i>Eugerres plumieri</i>	1 \pm 0.6	--	Chetumal	Aguirre-Macedo <i>et al.</i> , 2007
<i>Oligoplites saurus</i>	1.2 \pm 0.79	--	Chetumal	Aguirre-Macedo <i>et al.</i> , 2007
<i>Scomberomorus maculatus</i>	2 \pm 0.89	--	Chetumal	Aguirre-Macedo <i>et al.</i> , 2007
<i>Lutjanus campechanus</i>	5.1 \pm 2.2	0.92 \pm 0.4	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2014
<i>Lutjanus synagris</i>	6.27 \pm 2.5	1.07 \pm 0.42	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2016
<i>Caranx crysos</i>	3.8 \pm 2.7	1.01 \pm 0.44	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2017
<i>Caranx hippos</i>	4.1 \pm 2.8	0.85 \pm 0.4	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2017
<i>Chloroscombus chrysurus</i>	3.6 \pm 1.5	1.03 \pm 0.32	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2017
<i>Oligoplites saurus</i>	2.7 \pm 1.5	0.86 \pm 0.32	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2017
<i>Trachinotus carolinus</i>	4.5 \pm 2.1	0.66 \pm 0.44	Veracruz	Montoya-Mendoza <i>et al.</i> , 2017

El pez doncella azulada sigue lo determinado por Muñoz (2007) quien señala que es importante tomar en cuenta las interacciones ecológicas de los parásitos con respecto al microhábitat (pez/hospedero), esto puede ser a que *H. radiatus* al ser asociado a los arrecifes y alimentarse principalmente de los sustratos, la carga parasitaria se ve influenciada por la alimentación del pez y por las condiciones ambientales.

Respecto a las condiciones ambientales las diferencias de cada localidad tal como las describen Winfield *et al.* (2010) quienes determinaron un mayor número de especies para el subsistema norte, Tunnell *et al.* (2010), señalando una mayor cobertura de arrecifes coralinos para el caso del

subsistema norte, y Rodríguez-Gómez *et al.* (2013), concluyendo que el subsistema norte cuenta con una mayor productividad primaria. Estas condiciones influyen en el número de parásitos encontrados entre ambos arrecifes en relación a la riqueza y abundancia de organismos en cada uno de los subsistemas, de forma que la distribución de las hospederos intermediarios resulta ser importante ya que responden a las condiciones del hábitat (Rodríguez-González y Vidal-Martínez, 2008; Aguirre-Macedo *et al.*, 2007; Montoya-Mendoza *et al.*, 2016).

CONCLUSIONES

- El total del registro taxonómico para la comunidad de helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* fue de 11 especies, se aportan dos nuevos registros de localidad y 10 nuevos registros de hospedero.
- *Halichoeres radiatus* actúa como hospedero definitivo para el 54 % de los peces, y como hospedero intermediario para el resto.
- Se observaron diferencias en la composición taxonómica, riqueza, abundancia y diversidad entre las comunidades de parásitos de los hospederos de los arrecifes norte y sur.
- La comunidad de helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* es tan rica y diversa como la de otros peces de arrecife.
- La diferencia de la carga parasitaria de *H. radiatus* entre ambos arrecifes está influenciada por los diversos factores ecológicos, como el sentido de las corrientes, la descarga de los sedimentos por los ríos Jamapa y Papalopan que ocurre en los subsistemas, la productividad primaria, la diversidad, tamaño y profundidad de los arrecifes, así como la distancia entre los arrecifes y su proximidad de la costa.
- Los datos a nivel de infracomunidad de helmintos parásitos de *Halichoeres radiatus* también reflejan las diferencias de riqueza y diversidad de la biota de los arrecifes norte y sur del Sistema Arrecifal Veracruzano, al contar con una diferencia de cantidad de corales.

LITERATURA CITADA

- Aguirre-Macedo M.L., V.M. Vidal-Martínez, D. González-Solís & P.I. Caballero. 2007. Helminth communities of four commercially important fish species from Chetumal Bay, Mexico. *Journal of Helminthology*. 81: 19-31.
- Al-Zubaidy A.B. 2010. First record of *Lecithochirium* sp. (Digenea: Hemiuridae) in the marine fish *Carangoides bajad* from the Red Sea, Coast of Yemen, JKAU: Mar, Sci. 21(1): 85-94.
- Anderson R.C., A.G. Chabaud & S. Willmott. (Eds.) 1974-1983. CIH Keys to the Nematode Parasites of Vertebrates. Vol. 1-10. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, UK.
- Andres M.J. 2014. Clarification of the systematics of the Haploroidea (Trematoda) with descriptions of new genera and species. Dissertations. 756.
- Arnal C., I.M. Côté, P. Sasal & S. Morand. 2000. Cleaner-client interactions on a Caribbean reef: influence of correlates of parasitism. *Behav Ecol Sociobiol*. 47: 353-358.
- Baird T.A. 1993. A new heterospecific foraging association between the puddingwife wrasse, *Halichoeres radiatus*, and the bar jack, *Caranx ruber*: evaluation of the foraging consequences. *Environ. Biol. Fish*. 38(4): 393-397.
- Bautista-Hernández C.E., S. Monks & G. Pulido-Flores. 2013. Los parásitos y el estudio de su biodiversidad: un enfoque sobre los estimadores de la riqueza de especies. En: Estudios científicos en el estado de Hidalgo y zonas aledañas. *Volumen II* (Lincoln, NE: Zea Books.
- Bashirullah A.K.M. & E.H. Williams. 1980. Five new species of the genus *Spirocamallanus* Olsen, 1952 (Camallanidae, Nematoda) from marine fishes. *Journal of Helminthology*. 54: 247–252.

- Bruce N.L., Adlard R.D. & Cannon L.R.G. 1994. Synoptic checklist of Ascaridoid parasites (Nematoda) from fish host. *Invertebr. Taxon.* 8: 583-674.
- 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.
- Cable R.M. & J. Linderoth. 1963. Taxonomy of some Acanthocephala from marine fishes with reference to species from Curacao, N.A., and Jamaica, W.I. *The Journal of Parasitology.* 49(5): 706-716.
- Chapman-Saunders D. 1966. A survey of the blood parasites of the marine fishes of Puerto Rico. *Transactions of the American Microscopical Society.* 85 (2): 193-199.
- Chinchilla-Martínez O. & Y. Mago-Guevara. 2005. Hallazgo de *Lobatosmoma ringens* (Linton, 1907) Eckmann, 1932 (Trematoda: Aspidogasteridae) en *Umbrina coroides* Cuvier, 1830 (Pisces: Sciaenidae) en Venezuela, *Bol. Inst. Oceanogr. Venezuela. Universidad Oriente.* 44 (2): 105-110.
- Cirtwill A.R., Stouffer D.B., Poulin R. & C. Lagrue. 2015. Are parasite richness and abundance linked to prey species richness and individual feeding preferences in fish hosts?. *Parasitology.* 1: 1-12.
- Colwell R.K. 2005. EstimateS, Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples. Copyright 1994-2017. Version 7.5.0. University of Connecticut, USA.
- CONANP (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2007. Anteproyecto Programa de Conservación y Manejo Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Documento de Consulta Pública. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México. 207 pp.

- Cribb T.H., N.J. Bott, R.A. Bray, M.K.A. McNamara, T.L. Miller, M.J. Nolan & S.C. Cutmore. 2014. Trematodes of the Great Barrier Reef, Australia: emerging patterns of diversity and richness in coral reef fishes, *International Journal of Parasitology*. 44: 929-939.
- Deardorff T.L & R.M. Overstreet. 1980. Review of *Hysterothylacium* and *Iheringascaris* (both previously = *Thynnascaris*) (Nematoda: Anisakidae) from the Northern Gulf of Mexico. *Proc. Biol. Soc. Wash.* 93(4): 1035-1079.
- Del Moral-Flores L.F., J.L. Tello-Musi, H. Reyes-Bonilla, H. Pérez-España, J.A. Martínez-Pérez, G. Horta-Purga, L.A. Velazco-Mendoza & P.A. Álvarez del Castillo-Cárdenas. 2013. Lista sistemática y afinidades zoogeográficas de la ictiofauna del Sistema Arrecifal Veracruzano. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84: 825-846.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2012. DECRETO que modifica al diverso por el que se declara Área Natural Protegida, con el carácter de Parque Marino Nacional, la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, ubicada frente a las costas de los municipios de Veracruz, Boca del Río y Alvarado del Estado de Veracruz Llave, con una superficie de 52,238-91-50 hectáreas, publicado los días 24 y 25 de agosto de 1992. 14 pp.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). 2017. Diario Oficial de la Federación. ACUERDO por el que se da conocer el resumen del Programa de Manejo del Área Natural Protegida con categoría de Parque Nacional la zona conocida como Sistema Arrecifal Veracruzano, publicado el día 22 de mayo de 2017.
- Esch G.W., A.W. Shostak, D.J. Marcogliese & T.M. Goater. 1990. Patterns and processes in helminth parasite communities: an overview. En: *Parasite Communities: Patterns and Processes*. Esch, G.W., A.O. Bush y J.M. Aho (Eds.). Chapman and Hall, NY. USA. 1-20 pp.

- Faust E. & C. Tang. 1936. Notes on New Aspidogastrid Species, with a Consideration of the Phylogeny of the Group. *Parasitology*. 28(4): 487-501.
- Fernández-Osorio R.A., R.I. Corrandá-Wong & M. Armenteros. 2015. Variaciones de la infracomunidad parásita durante la ontogenia de *Chromis cyanea* (Perciformes: Pomacentridae) en la costa norte de La Habana, Cuba. *International Journal of Tropical Biología and Conservation*. 63(3): 717-726.
- Froese R. & D. Pauly. 2017. FishBase, World Wide Web electronic publication, disponible en: www.fishbase.org, versión 02/2017 (acceso mayo 2017).
- García E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen. Inst. Geo. Universidad Nacional Autónoma de México. 246 pp.
- Gibson D.I., A. Jones & R.A. Bray (Eds.). 2002. Keys to the trematoda Vol I. CABI Publishing and The Natural History Museum. London, UK, 521 pp.
- Gibson D. (2017a). *Procamallanus (Spirocamallanus) garnotus* (Bashirullah & Williams, 1980). Accessed through: World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=990897> (consultado el 18 de abril de 2016).
- Gibson D. (2017b). *Hysterothylacium reliquens* (Norris & Overstreet, 1975) Deardorff & Overstreet, 1981. Accessed through: World Register of Marine Species. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=122880> (consultado el 18 de abril de 2016).
- Goble F.C & Kutz H.L. 1945. The genus *Dispharynx* (Nematoda: Acuariidae) in galliform and passeriform birds. *The Journal of Parasitology*. 31(5): 323-331.

- Holmes J.C. 1990. Helminth communities in marine fishes. En: *Parasite Communities: Patterns and Processes*. Esch, G.W., A.O. Bush y J.M. Aho. (Eds.). Chapman and Hall, NY, USA, Pp. 101-130.
- Hoffman G.L. 1999. *Parasites of North American freshwater fishes*, Cornell University Press, 1999, Illustrated, 539 pp.
- Humann P. & N. DeLoach. 2014. *Reef Fish Identification – Florida Caribbean Bahamas*, Editorial New World Publications, Incorporated, 4ta edición, 537 pp.
- Jiménez-Valverde A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8: 151-161.
- Jiménez-Hernández M.A., A. Granados-Barba & L. Ortiz-Lozano, 2007. Análisis de la información científica en el Sistema Arrecifal Veracruzano. En: A. Granados Barba, L. G. Abarca Arenas y J.M. Vargas Hernández (Eds.) *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. ISBN 968-5722-53-6. Pp: 1-16.
- Jiménez-Badillo M. L. & L.G. Castro-Gaspar. 2007. Pesca artesanal en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, México. En: A. Granados Barba, L.G. Abarca Arenas y J. M. Vargas Hernández (Eds.). *Investigaciones Científicas en el Sistema Arrecifal Veracruzano*. Universidad Autónoma de Campeche. Pp: 221-240.
- Jones A. 2005. Superfamily Haploporoidea Nicoll, 1914. En: Jones A., Bray R.A. y Gibson D.I. (Eds.), *Keys to the trematoda*. Vol. 2. CABI Publishing and the Natural History Museum. Londres. Pp: 127-128.

- Jones J., Withers K. & Tunnell Jr. J.W. 2008. Comparison of benthic communities on six coral reefs in the Veracruz Reef System (Mexico). Proceedings of the 11th International Coral Reef Symposium. Ft. Lauderdale, Florida. 7-11 July 2008.
- Khalil L.F.,A. Jones & R.A. Bray (eds.). 1994. Keys to the cestode parasites of vertebrates. CAB International, Wallingford, U.K. 768 pp.
- Kennedy C.R. 1995. Richness and diversity of helminth communities in tropical eels *Anguilla reinhadtii* in Queensland, Australia. *Parasitology*. 111: 233-245.
- Kennedy C.R., A.O. Bush & J.M Aho. 1986, Patterns in helminth communities: Why are birds and fish different?. *Parasitology*. 93: 205-215.
- Lanfranchi A.L., J.T. Timi & N.H. Sardella. 2004. *Cucullanus bonaerensis* N. sp. (Nematoda: Cucullanidae) parasitizing *Urophycis brasiliensis* (Pisces: Phycidae) from Argentinean waters. *Journal of Parasitology*, 90(4): 808-812.
- Lara M., C. Padilla, C. García & J. Espejel. 1992. Coral Reef of Veracruz Mexico I. Zonation and Community. In: Richmond RH (eds). Proceedings of the 7th International Coral Reef Symposium, July 22-26, 1992, University of Guam Marine Laboratory, Guam. Pp 535-544.
- Lieske E. & R. Myers. 1994. Collins Pocket Guide, Coral reef fishes, Indo-Pacific & Caribbean including the Red Sea, Haper Collins Publishers, 400 pp.
- Locke S.A., Marcogliese D.J. & E.T. Valtonen. 2014. Vulnerability and diet breadth predict larval and adult parasite diversity in fish of the Bothnian Bay, O. *Ecología*. 174: 253-262.
- Luque J.L. & D.R. Alves. 2001. Community ecology of metazoan parasites of the crevalle jack, *Caranx hippos* (Linnaeus) and the horse-eye jack, *Caranx latus* Agassiz (Osteichthyes,

- Carangidae) from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil, *Revista Brasileira de Biología*. 18: 399-410.
- Luque J.L. & R. Poulin. 2007. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology*. 134: 865-878.
- Magurran A.E. 2004. *Measuring Biological Diversity*, Blackwell Science, Oxford, 256 pp.
- Magalhães-Pinto R., Júlio-Vicente J. & D. Noronha. 1997. Nematode parasites of Brazilian corvid birds (Passeriformes): A general survey with a description of *Viktorocara brasiliensis* n. sp. (Acuariidae, Schistorophinae). *Mem Inst Oswaldo Cruz. Río de Janeiro*. 92(2): 209-214.
- McDonald J. H. 2014. Student's *t*-test for two samples. *En. Handbook of Biological Statistics* (305). Baltimore, Maryland, U.S.A. University of Delaware Muñoz.
- Montoya-Mendoza J. 2009. *Ecología de helmintos parásitos de peces marinos de Alvarado, Veracruz, México*. Tesis de doctorado. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 109 pp.
- Montoya-Mendoza J., Jiménez-Badillo L., & G. Salgado-Maldonado. 2014a. Helminths of *Ocyurus chrysurus* from coastal reefs in Veracruz, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 957-960.
- Montoya-Mendoza J., Jiménez-Badillo L., Salgado-Maldonado G. & E.F. Mendoza-Franco. 2014b. Helminth parasites of the red snapper, *Lutjanus campechanus* (Perciformes, Lutjanidae) from the reef Santiaguillo, Veracruz, México. *Journal of Parasitology*. 100(6): 868-872.

- Montoya-Mendoza J., Castañeda-Chávez M. del R. & F. Lango-Reynoso. 2015. Helminths of sheepshead, *Archosargus Probatocephalus* (Pisces: Sparidae) from Alvarado, Veracruz, México. *Global Journal of Biology, Agriculture & Health Sciences*. 4(2): 45-47.
- Montoya-Mendoza J., Castañeda-Chávez M. del R., Lango-Reynoso F. & S. Rojas-Castañeda. 2016. Helminth parasites of Lane Snapper, *Lutjanus synagris* from Santiaguillo reef, Veracruz, México. *Journal of Agricultural Science*. 8(11): 81-88.
- Montoya-Mendoza J., Salgado-Maldonado G., Favila-Castillo M.E., Vázquez-Hurtado G. & M.R. Castañeda-Chávez. 2017. Communities of helminth parasites in five Carangidae species from the coast of Veracruz, Mexico, Southern Gulf of Mexico. *Global Journal of Science Frontier Research: C Biological Science*. 17: 7-17.
- Morales-Sánchez G. 2012. Estimación de la tasa de fijación de CO₂ en la columna de agua en el sur del Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, periodo marzo-octubre del 2011, Tesis de licenciatura, Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz. 44 pp.
- Moreno C.E. 2001. Manual de métodos para medir la biodiversidad. Textos universitarios, Univ. Veracruzana, México, 49 pp.
- Muñoz G., Grutter A. S. & T.H. Cribb. 2007. Structure of the parasite communities of a coral reef fish assemblage (Labridae): Testing ecological and phylogenetic host factors. *Journal Parasitology*. 93(1): 17-30.
- Muñoz G. & T.H Cribb. 2006. Parasite communities and diet of *Coris batuensis* (Pisces: Labridae) from Lizard Island, Great Barrier Reef; *Memoirs of the Queensland Museum*. 52(1): 191-198.
- Muñoz G. & T.H. Cribb. 2005. Infracomunity structure of parasites of *Hemigymnus melapterus* (Pisces: Labridae) from Lizard Island, Australia: The importance of hábitat and parasite body size; *Journal Parasitology*. 91(1): 38-44.

- Norris D.E. & Overstreet R.M. 1975. *Thynnascaris reliquens* sp. n. and *T. habena* (Linton, 1900) (Nematoda: Ascaridoidea) from fishes in the northern Gulf of Mexico and Eastern U.S. seaboard. *Journal of Parasitology*. 61(2): 330–336.
- Ogden C.G. 1969. A revisión of *Heliconema* Travassos, 1919, Phsyalopteridae (Nematoda). *Journal of Natural History*. 3(3): 423-431.
- Ortíz-Lozano L., Granados-Barba A. & I. Espejel. 2009. Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park, Mexico. *Ocean & Coastal Management*. 30: 1-7.
- Ortíz-Lozano L.D. 2015. Presenta CEMDA reporte El Sistema Arrecifal Veracruz, un Área Natural Protegida amenazada. Centro Mexicano de Derecho Ambiental. 55 pp.
- Pianka E.R. 2000. *Evolutionary ecology*. 6th ed. Benjamin-Cummings, Addison Wesley. California, USA. 365 pp.
- Pereyra-Díaz D., Pérez-Sesma J.A.A. & M.R. Salas-Ortega. 2010. Hidrología. En: Atlas del patrimonio natural, histórico y cultural de Veracruz, © Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución Mexicana. México. Pp 85-122.
- Portes-Santos C., Querido-Cárdenas M. & H. Lent. 1999. Studies on *Procamallanus* (*Spirocamallanus*) *pereirai* Annereaux, 1946 (Nematoda: Camallanidae), with new host records and new morphological data on the larval stages, *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*. 94(5): 635-640.

- Poulin R. & T.L.F. Leung. 2011. Body size, trophic level and the use of fish as transmission routes by parasites. *OEcología*. 166: 731-738.
- Rangel-Ávalos M.A., Jordan L.K.B., Walker B.K., Gilliam D.S. & Hinojosa E.C. 2007. Fish and coral reef communities of the Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano (Veracruz coral reef System National Park) Veracruz, México: Preliminary results. *Oceanographic Center Faculty Publications*. 11: 427-435.
- Reyna-González P.C. 2014. Modelo de soporte para la toma de decisiones en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. Tesis doctoral. Universidad Veracruzana. Boca del Río, Veracruz. 137 pp.
- Rodríguez-Gómez C.F., Aké-Castillo J.A. & G. Campos-Bautista. 2013. Productividad primaria bruta y respiración planctónica en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano. *Hidrobiología*. 23(2): 143-153.
- Rodríguez-González A. & V.M. Vidal-Martínez. 2008. Las comunidades de helmintos del lenguado (*Symphurus plagiusa*) en la costa de Campeche, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 79: 159-173.
- Rohde K. 2005. *Marine Parasitology*. Csiro Publishing. Australia. 592 pp.
- Rohde, K. 2002. "Subclass Aspidogastrea Faust and Tang, 1936". En: *Keys to the Trematoda*. Edited Gibson, D. I., Jones, A. and Bray, R. A. Wallingford. UK: CABI Publishing vol. 1, Pp. 5–14.
- Rózsa L., Reiczigel J. & G. Majoros. 2000. Quantifying parasites in samples of hosts, *Journal Parasitology*. 86(2): 288-232.

- Salas-Pérez J.J. & A. Granados-Barba. 2008. Oceanographic characterization of the Veracruz reefs system, *Atmósfera*. 21(3): 281-301.
- Sánchez-Ramírez C. & V.M. Vidal-Martínez. 2002. Metazoan parasite infracommunities of Florida pompano (*Trachinotus carolinus*) from the coast of the Yucatán Peninsula, México. *Journal of Parasitology*. 88: 1087-1094.
- Sazima C., Krajewski J.P., Bonaldo R.M. & I. Sazima. 2007. Nuclear-follower foraging associations of reef fishes and other animals at an oceanic archipelago. *Environ Biology Fish*. 80: 351-361.
- Sponaugle S. & R.K. Cowen. 1997. Early life history traits and recruitment patterns of Caribbean wrasses (Labridae). *Ecological Monographs*. 67(2): 177-202.
- Tarmeño-Rojas N.J.J. 2015. Helminthofauna de *Scartichthys gigas* (Steindachner 1876) “Borracho” de terminal pesquero de Chorrillos, Lima, Perú. Tesis de licenciatura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Universidad del Perú, Decana de América). Lima, Perú. 105 pp.
- Tunnell W.J., Chávez A.E. & Withers K. 2010. Arrecifes Coralinos del sur del Golfo de México, México. Instituto Politécnico Nacional.
- Velarde-Aguilar M.G., Romero-Mayén A.R. & León-Règagnon. 2014. First report of the genus *Physaloptera* (Nematoda: Physalopteridae) in *Lithobates montezumae* (Anura: Ranidae) from México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 304-307.
- Vidal-Martínez V.M., Aguirre-Macedo M.L., Scholz T., González-Solís D. & Mendoza-Franco E.F. 2002. Atlas de los helmintos parásitos en cíclidos de México, México, Instituto Politécnico Nacional, 182 pp.

- Violante-González J., Aguirre-Macedo M.L. & V.M. Vidal-Martínez. 2008. Temporal variation in the helminth parasite communities of the Pacific Fat Sleeper, *Dormitator latifrons*, from Tres Palos Lagoon, Guerrero, México. 94(2): 326-334.
- Winfield I., Cházaro-Olvera S., Horta-Purga G., Lozano-Aburto M.A. & V. Arenas-Fuentes. 2010. Macroscúteos incrustantes en el Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano: biodiversidad, abundancia y distribución. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80: 165-175.
- Yamaguti S. 1971. Synopsis of digenetic trematodes of vertebrates. Parts I, II. Keigaku Publishing Co., Tokyo. 1074 pp.