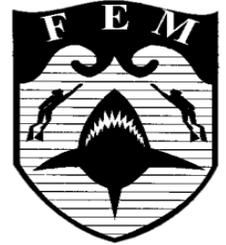




# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE GUERRERO



FACULTAD DE ECOLOGÍA MARINA

MAESTRÍA EN RECURSOS NATURALES Y ECOLOGÍA

DINÁMICA DE LAS COMUNIDADES DE PARÁSITOS DEL PÁMPANO  
*Parapsettus panamensis* EN LAS COSTAS DEL PACÍFICO MEXICANO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

PRESENTA

PRINCESSA JHOSSABETH VILLALBA VASQUEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. JUAN VIOLANTE GONZÁLEZ

ASESORES

DR. SERGIO GARCÍA IBÁÑEZ

DR. RAFAEL FLORES GARZA

DR. VÍCTOR M. ROSAS

DR. AGUSTÍN A. ROJAS HERRERA

Acapulco, Gro. diciembre del 2018

## DEDICATORIA

*A mis padres: Felipe Villalba y Oralia Vasquez*

Por dar todo completamente para que a mi no me falte nada. Por su amor y cariño que muestran hacia mi todos los días. Por enseñarme; que el desanimo es un arma mortal que no debe apoderarse en mi, no detenerme en el camino a pesar de las pruebas, tener una esperanza eterna que me motiva cada día a continuar en el proceso, creer en Dios, comunicarme con El todos los días y depositar en El mi confianza. Todos sus consejos los llevo siempre conmigo y todos mis logros son suyos. Los amo.

*A mis hermanas: Crhysthye y Rossiee*

Por estar siempre escuchándome y ayudándome. Afortunada soy que formen parte de mi vida, agradecida por siempre estaré con Dios por permitirme conocerlas. Son las mejores hermanas que pueden existir en este mundo. Las quiero, las amo y las necesito siempre conmigo.

*A mi hermano: Felipe (Pipe) (flyper)*

Por ser mi único y agradable hermano, medio loco y chistosin pero muy guapo inteligente y astuto. Se que no puedes vivir conmigo ni sin mi, pero somos muy felices y un poquito miedosos (casi nada). I Love You My Bro.

*A mi super sobrino: Rossving Jhired*

Por ser ese angelito que Dios envió a nuestra familia hace menos de un año y alegrarnos la existencia con tan solo su hermosa sonrisa, dulce mirada, encantador coqueteo, tiernas travesuras, y su adrenalina al 1000. Te amo bebesito hermoshoouo.

*A Fisher Fisher*

Mi amor, amigo y compañero de camino. Gracias por estar presente en cada momento de mi vida. Por tu ayuda incondicional y por demostrarme que puedo contar contigo siempre. Admiro tu esfuerzo, trabajo, valentía, carisma creatividad y sobre todo tu paciencia para estar pescando horas y horas en el mar. Eres un ser único y especial para mi. I love much!

## AGRADECIMIENTOS

### *A Dios*

Por darme la vida para seguir realizando mis propósitos, por ayudarme cuando mis fuerzas no pueden mas y por satisfacer mi alma y espíritu.

### *A mi director de tesis: Dr. Juan Violante*

Por su apoyo incondicional, su tiempo dedicado a orientarnos, su esfuerzo, su perseverancia, sus enseñanzas y su paciencia para asesorarnos durante esta etapa de desarrollo profesional en nuestra vida.

### *A mis asesores: Dr. Rafael flores, Dr. Sergio García, Dr. Victor Rosas y Dr.*

### *Agustin Herrera*

Por revisar este trabajo de investigación durante este proceso de formación y por tomarse un tiempo para analizarlo finalmente y realizar las correcciones que consideraron necesarias para terminarlo. Gracias por compartirme sus conocimientos por su apoyo incondicional, esfuerzo y dedicación

### *A mis compañeros del Laboratorio de Ecología: Yesenia Gallegos, Nataly*

### *Santos, Itzel Carpio, Francisco Valente, Uriel Marino y Jesus Miranda*

Por compartir agradables momentos y por su ayuda para la realización de esta investigación.

### *A mi amigo el M.C. Domingo German Arana Salvador*

Por sus consejos y enseñanzas. Se que este logro le causa satisfacción, gracias por estar siempre ahí.

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| <b>I. INTRODUCCIÓN</b>  | 1  |
| <b>II. ANTECEDENTES</b>   | 5  |
| 2.1. Determinantes de la variación de las comunidades de parásitos en peces marinos | 7  |
| 2.2. Tamaño del hospedero   | 8  |
| 2.3. Importancia de la dieta del hospedero  | 8  |
| 2.4. Formación de cardumen  | 9  |
| 2.5. Influencia de la profundidad   | 9  |
| 2.6. Rango geográfico   | 10 |
| <b>III. OBJETIVOS</b>   | 11 |
| <b>IV. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL HOSPEDERO</b>  | 12 |
| 4.1. Clasificación taxonómica   | 12 |
| 4.2. Características de la familia Ehippidae  | 12 |
| 4.3. Diagnósis de la especie  | 13 |
| 4.4. Biología del hospedero   | 13 |
| 4.5. Distribución   | 13 |
| <b>V. MATERIAL Y MÉTODOS</b>  | 14 |
| 5.1. Colecta y revisión de los peces  | 14 |
| 5.2. Datos biométricos  | 14 |
| 5.3. Examen helmintológico  | 14 |
| 5.4. Procesamiento de los parásitos   | 15 |
| 5.5. Análisis del espectro alimenticio de los peces                                 | 15 |
| 5.6. Análisis de la estructura poblacional de los peces                             | 15 |

|  |           |
|--|-----------|
| 5.7. Determinación del tamaño mínimo de muestra  | 16        |
| 5.8. Caracterización de las infecciones  | 17        |
| 5.9. Distribución espacial de las especies de parásitos  | 18        |
| 5.10. Caracterización de las comunidades de parásitos  | 19        |
| 5.11. Caracterización de las infecciones de acuerdo a la longitud de los hospederos  | 20        |
| 5.12. Análisis multivariados   | 20        |
| 5.13. Criterios para la clasificación de especies como biomarcadores   | 21        |
| 5.14. Asociación entre las especies de parásitos   | 21        |
| <b>VI. RESULTADOS</b>  | <b>22</b> |
| 6.1. Aspectos poblacionales de los hospederos  | 22        |
| 6.2. Alimentación  | 24        |
| 6.3. Representatividad de los muestreos  | 27        |
| 6.4. Registro parasitológico   | 29        |
| 6.5. Variación entre años y localidades de los niveles de infección de las especies de parásitos                                     | 30        |
| 6.6. Parásitofauna de <i>Parapsettus panamensis</i>  | 38        |
| 6.7. Clasificación de las especies de parásitos en base a sus niveles de infección   | 40        |
| 6.8. Clasificación de las especies mediante la prueba de Olmstead-Tukey  | 43        |
| 6.9. Dispersión espacial de las especies de parásitos  | 45        |
| 6.10. Comunidad componente   | 47        |
| 6.11. Infracomunidades   | 49        |
| 6.12. Caracterización de las infracomunidades en base a la longitud de los hospederos  | 50        |
| 6.13. Relación entre la longitud y el factor de condición (Kn) de <i>Parapsettus panamensis</i> con los parámetros de infracomunidad | 52        |

|  |    |
|--|----|
| 6.14. Análisis multivariados   | 54 |
| 6.15. Asociaciones entre pares de especies de parásitos  | 58 |
| <b>VII. DISCUSIÓN</b>  | 61 |
| 7.1. Aspectos poblacionales de los hospederos  | 61 |
| 7.2. Representatividad de los muestreos  | 62 |
| 7.3. Parasitofauna registrada  | 62 |
| 7.4. Variación en los niveles de infección parasitaria entre años de muestreo y localidad  | 63 |
| 7.5. Dispersión espacial de las especies de parásitos  | 64 |
| 7.6. Efecto de la dieta de hospederos sobre la estructura y composición de especies de las comunidades de parásitos  | 64 |
| 7.7. Utilización de <i>Parapsettus panamensis</i> como hospedero intermediario   | 65 |
| 7.8. Comunidad componente  | 65 |
| 7.9. Infracomunidades  | 66 |
| 7.10. Asociaciones entre especies de parásitos   | 67 |
| <b>VIII. CONCLUSIONES</b>  | 69 |
| <b>IX. LITERATURA CITADA</b>   | 71 |
| <b>XI. ANEXOS</b>  | 79 |
| Temporal and spatial variations in the metazoan parasite communities of the Panama spadefish <i>Parapsettus panamensis</i> (Pisces: Ehippidae) from Pacific coast of Mexico. | 79 |

| <b>No.</b> | <b>LISTA DE FIGURAS</b>   | <b>Pág.</b> |
|------------|---|-------------|
| 1          | <i>Parapsettus panamensis</i> (Steindachner, 1876)  | 12          |
| 2          | Relación entre la longitud total y el peso para ejemplares de <i>Parapsettus panamensis</i> menores a 20 cm.  | 23          |
| 3          | Relación entre la longitud total y el peso para ejemplares de <i>Parapsettus panamensis</i> mayores a 20 cm.  | 23          |
| 4          | Espectro alimenticio de <i>Parapsettus panamensis</i> en la localidad de la Bahía Acapulco.   | 25          |
| 5          | Espectro alimenticio de <i>Parapsettus panamensis</i> en las localidades de Lázaro Cárdenas y Zihuatanejo.  | 26          |
| 6          | Espectro alimenticio de <i>Parapsettus panamensis</i> en la localidad de Marquelia.   | 26          |
| 7          | Curvas acumulativas de especies de parásitos para <i>Parapsettus panamensis</i> , en la Bahía de Acapulco, Guerrero (2012-2017), empleando 2 diferentes estimadores (Jack 2 y Bootstrap). | 27          |
| 8          | Curvas acumulativas de especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> , en Marquelia, Guerrero (2016), empleando 2 diferentes estimadores (Chao 2 y Bootstrap).                   | 28          |
| 9          | Composición de especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> en las localidades muestreadas.   | 29          |
| 10         | Parásitos de <i>Parapsettus panamensis</i>  | 39          |
| 11         | Distribución de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> de la Bahía de Acapulco, Guerrero (2012-2017). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.           | 40          |
| 12         | Distribución de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> de la localidad de Lázaro Cárdenas (2013). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.               | 41          |
| 13         | Distribución de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> de la localidad de Zihuatanejo (2013). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.                   | 42          |
| 14         | Distribución de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> de la localidad de Marquelia (2016). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.                     | 42          |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 15 | Clasificación de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> de la Bahía de Acapulco (2012-2017), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.   | 43 |
| 16 | Clasificación de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> , en la localidad de Lázaro Cárdenas (2013), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.   | 44 |
| 17 | Clasificación de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> , en la localidad de Zihuatanejo (2016), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.   | 44 |
| 18 | Clasificación de las especies de parásitos en <i>Parapsettus panamensis</i> , de la localidad de Marquelia (2016), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.   | 45 |
| 19 | Porcentajes de similitud para las comunidades de parásitos de <i>Parapsettus panamensis</i> entre años y localidades de muestreo.   | 49 |
| 20 | Distribución de la riqueza de especies en base a la longitud total de <i>Parapsettus panamensis</i> en las 4 localidades estudiadas.  | 51 |
| 21 | Distribución de la carga parasitaria en base a la longitud total de <i>Parapsettus panamensis</i> en las 4 localidades estudiadas.  | 51 |
| 22 | Distribución de la diversidad de especies de parásitos en base a la longitud total de <i>Parapsettus panamensis</i> en las 4 localidades estudiadas.  | 52 |
| 23 | Diagrama de dispersión del Análisis de componentes principales (ACP) sobre factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y riqueza de especies de las infracomunidades de <i>Parapsettus panamensis</i> , en la costa del Pacífico mexicano. Variables predictoras: Talla = longitud total del hospedero, Tspecialista = número total de parásitos especialistas, Rspecialista = riqueza de especies de parásitos especialistas, Año = año de muestreo, Localidad = sitios de muestreo. Variables dependientes (parámetros infracomunitarios): Diversidad = Valores del índice de diversidad de Brillouin, Riqueza = Número de especies de parásitos por infracomunidad, Tparásitos = número total de parásitos por infracomunidad. Las elipses de líneas discontinuas agrupan variables que se presentaron una mayor asociación en el ACP. | 54 |
| 24 | Gráfico del análisis discriminante para diferenciación de stocks de <i>Parapsettus panamensis</i> en base a sus parásitos, en localidades de las costas del Pacífico mexicano. Localidades: 1 = Bahía de Acapulco, 2 = Lázaro Cárdenas, 3 = Marquelia, 4 = Zihuatanejo. Los círculos representan cada uno de los peces examinados en cada localidad de muestreo. Centroide = grupo medio. Solo la muestra de Acapulco de abril  | 55 |

del 2016, fue incluida en este análisis.

- 25 Diferenciación de stocks (poblaciones) de *Parapsettus panamensis* en costas del Pacífico mexicano, mediante el empleo de parásitos como biomarcadores. (Inserción: Correlaciones canónicas registradas entre las funciones discriminantes y la abundancia de los parásitos de *P. panamensis* que permiten diferenciar stocks de este hospedero. Anis, *Anisakis* sp. determinó la posición de la localidad de Acapulco. Apro, *Sprostioniella lamothei*, Pach, *Parancylodiscoides chaetodipteri*, Neom, *Neomegasolena chaetodipteri* y Para, *Parapetalus* sp. fueron las especies de parásitos más importantes en la determinación de la localidad de Lázaro Cárdenas. Mult, *Multitestis inconstans* y Apon, *Aponurus laguncula* permitieron la separación de un mayor número de peces de Marquelia. Cali, *Caligus mutabilis* fue la especie de parásito más importante para la asignación de peces a la localidad de Zihuatanejo.

| <b>No.</b> | <b>LISTA DE TABLAS</b>   | <b>Pág.</b> |
|------------|--|-------------|
| 1          | Tallas y pesos promedio registrados para <i>Parapsettus panamensis</i> en 4 localidades del Pacífico mexicano.   | 22          |
| 2          | Valores del factor de condición ( <i>Kn</i> ) registrados para <i>Parapsettus panamensis</i> en 3 localidades de Guerrero y Michoacán, México.   | 24          |
| 3          | Parámetros de infección de las especies de parásitos que infectan a <i>Parapsettus panamensis</i> en las costas del Pacífico mexicano.   | 31          |
| 4          | Valores de índices de dispersión empleados para determinar la distribución espacial de las especies de parásitos de <i>Parapsettus panamensis</i> en cada una de las localidades muestreadas. ID = índice de dispersión varianza/media ( <i>V/m</i> ), D = índice de discrepancia, K = parámetro de la binomial negativa.                  | 46          |
| 5          | Características de las comunidades componentes parásitos de <i>Parapsettus panamensis</i> de las costas del Pacífico mexicano. BPI = Índice de Berger-Parker; H = Índice de diversidad Shannon-Wiener. Mult = <i>Multitestis inconstans</i> , Neom = <i>Neomegasolena chaetodipteri</i> , Pach = <i>Parancylodiscoides chaetodipteri</i> . | 47          |
| 6          | Valores de los índices de similitud de Sorensen ( <i>S</i> ) y porcentual ( <i>PS</i> ) entre las comunidades de parásitos de <i>Parapsettus panamensis</i> de la costa del Pacífico mexicano.   | 48          |
| 7          | Características de las infracomunidades de parásitos de <i>Parapsettus panamensis</i> en las costas del Pacífico mexicano.   | 50          |

|    |   |    |
|----|---|----|
| 8  | Valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), empleado para determinar la existencia de relación entre la longitud y el factor de condición (Kn) de los hospederos de las 4 localidades y los parámetros de infracomunidad, así como la abundancia de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes. | 53 |
| 9  | Resultados del análisis discriminante que muestra los números y porcentajes de peces <i>Parapsettus panamensis</i> asignados de manera correcta o incorrecta en cada localidad.   | 56 |
| 10 | Asociaciones registradas entre parejas de ecto y endoparásitos, en comunidades del pámpano <i>Parapsettus panamensis</i> de la Bahía de Acapulco, Gro.  | 59 |
| 11 | Asociaciones registradas entre parejas de ecto y endoparásitos, en comunidades del pámpano <i>Parapsettus panamensis</i> de 3 localidades del Pacífico mexicano.  | 60 |

## RESUMEN

Las comunidades de parásitos metazoarios pueden presentar cambios estructurales tanto espaciales como temporales, relacionados con variaciones estacionales y/o locales de algunos factores bióticos y abióticos. En las regiones tropicales, los estudios sobre variaciones en la estructura y la composición de especies de comunidades de parásitos de peces marinos son muy escasos. En estas regiones, los cambios en la temperatura del agua no son tan extremos como en las regiones templadas, y los procesos que generan estas variaciones aún no son claros. Con el objetivo de caracterizar las comunidades de parásitos de *Parapsettus panamensis* en algunas localidades de Guerrero, y Michoacán y determinar si éstas presentan variaciones temporales y/o espaciales en su estructura y composición de especies de parásitos, se realizaron una serie de muestreos, durante un periodo de 6 años (2012, 2013, 2016 y 2017). El número total de peces examinados durante el estudio fue de 446. La parasitofauna de *P. panamensis* estuvo constituida por 23 especies de parásitos metazoarios: 3 especies de monogéneos (adultos), ocho digéneos (adultos), 1 acantocéfalo (juvenil), 1 céstodo (larva), 3 nemátodos (dos adultos y una larva), 4 copépodos y 3 especies de isópodos (dos adultos y una larva); todas estas especies representan nuevos registros de localidad para este hospedero en México. A nivel de comunidad componente, la riqueza de especies de parásitos varió significativamente de 10 especies (Marquelia 2016) a 17 (Bahía de Acapulco 2012). De manera general, las comunidades componentes y las infracomunidades presentaron un patrón similar: bajos número de especies, baja diversidad y dominancia de una sola especie de parásito. La estructura y la composición de especies de estas comunidades de parásitos varió entre localidades y entre años de muestreo. Algunas características del hospedero, como su comportamiento alimenticio y tamaño corporal; así como la ocurrencia de un distintivo conjunto de especies de parásitos, fueron considerados como los principales factores responsables de estas variaciones entre localidades y años de muestreo.

## ABSTRACT

The metazoan parasite communities can present both spatial and temporal changes, related to seasonal and/or local variations of some biotic and abiotic factors. In tropical regions, studies on variations in the structure and composition of marine fish parasite species are very scarce. In these regions, changes in water temperature are not as extreme as in temperate regions, and the processes that generate these variations are not yet clear. With the objective of characterizing the *P. panamensis* parasite communities in some localities of Guerrero, and Michoacán, and to determine if these exhibit temporal and/or spatial variations in their structure and composition of parasite species, several samplings were conducted during a six years period (2012, 2013, 2016 and 2017). The total number of examined fish during the study was 446. The parasitefauna of *P. panamensis* consisted of 23 species of metazoan parasites: 3 monogeneans species (adults), 8 digeneans (adults), 1 acanthocephalan (juvenile), 1 cestode (larvae), 3 nematodes (two adults and one larvae), 4 copepods and 3 species of isopods (two adults and one larvae). All these parasite species represent new records of location for this host in Mexico. At the component community level, the richness of parasite species varied significantly from 10 species (Marquelia 2016) to 17 (Bahía de Acapulco 2012). Overall, the component communities and the infracommunities exhibited a similar pattern: low number of parasite species, low diversity, and dominance of a single species of parasite. The structure and composition of the parasite communities varied between locations and sampling years. Some host traits, such as feeding behavior and body size; as well as the occurrence of a distinctive set of parasite species, were considered as the main responsible factors for these variations between locations and sampling years.

## I. INTRODUCCIÓN

A diferencia de las comunidades de organismos de vida libre, las comunidades de parásitos son jerarquizadas para su estudio en tres niveles: el más básico la infracomunidad, se define como la agrupación de especies de parásitos dentro de un hospedero individual. El siguiente nivel de organización es el de la comunidad componente, la cual se define como el conjunto de especies de parásitos que se encuentra en una población de hospederos. Por último, la comunidad compuesta está constituida por todas las comunidades de parásitos, contenidas en una comunidad de hospederos en un momento dado en una localidad (Holmes y Price 1986, Bush *et al.* 2001). El estudio de la comunidad componente ha recibido una mayor atención por parte de los ecólogos, debido a que este nivel es relativamente simple y moderadamente discreto. De manera general, todas las infracomunidades en una población de hospederos, deberán generar una comunidad componente (Holmes y Price 1986, Bush *et al.* 2001).

Por otra parte, la dinámica de comunidades es una rama de la ecología, que se encarga de estudiar los cambios observados en la abundancia que sufren las poblaciones de organismos que las conforman a lo largo del tiempo. Las dinámicas comunitarias al igual que las poblacionales pueden estar modeladas por distintas características ambientales que varían en escalas espacio-temporales, como respuesta a cambios en los factores físico-químicos de su entorno, recursos básicos y la presencia de otras especies, como competidores y depredadores (Kennedy 2006). Estos factores cambian cíclicamente en el tiempo, o abruptamente en otros casos, lo que afecta la variación de la abundancia, distribución espacial y reproducción de los organismos a lo largo del tiempo y el espacio (Hewitt *et al.* 2001).

Las poblaciones y comunidades de parásitos también pueden responder a los cambios ambientales, y por tanto, pueden presentar patrones de variación temporal (Zander 2004). Tanto las características biológicas del hospedero (microambiente) como el ambiente externo (macroambiente del parásito), constituyen los factores

principales que estructuran y originan cambios en las poblaciones y comunidades de parásitos (Marcogliese 2002, Poulin 2007).

Por otra parte, la estructura y la composición de especies de las comunidades de parásitos pueden experimentar cambios temporales a una pequeña o gran escala de tiempo (estacional o interanual), dependiendo de los cambios en diversos factores ambientales y biológicos relacionados tanto con la ecología de los parásitos como de sus hospederos intermediarios o finales (Kennedy *et al.* 2006).

Generalmente, las investigaciones realizadas a lo largo de varios años, han sido enfocadas principalmente en las variaciones estacionales de poblaciones de parásitos, dado que estas variaciones pueden asociarse con cambios ambientales y biológicos del hospedero (Herrmann y Sorensen 2009). Otros estudios en cambio, han determinado que las comunidades de parásitos de organismos acuáticos pueden variar muy poco (en composición y estructura) entre años consecutivos, manteniendo por lo tanto un cierto grado de estabilidad a lo largo del tiempo (Cortés y Muñoz 2009). Lo anterior ha sido sugerido debido principalmente, a que el ambiente tiende a variar muy poco entre un año y otro; mientras que entre varios años, pueden ocurrir cambios importantes en el ecosistema, repercutiendo en los ciclos de vida, el grado de infección o la sobrevivencia de los parásitos (Herrmann y Sorensen 2009, Kim y Powell 2009).

La mayoría de los estudios diseñados para examinar variaciones en la estructura y la composición de la comunidad de parásitos, se han llevado a cabo en poblaciones de peces de agua dulce o salobre de regiones templadas (Sinkova 2005). Varios procesos han sido sugeridos como determinantes de las variaciones temporales y espaciales observadas en la estructura y la composición de especies de estas comunidades, incluidas las fluctuaciones en algunos factores abióticos como: temperatura, salinidad y concentraciones de oxígeno disuelto (Zander 2004); y bióticos como cambios en la abundancia final del hospedero, así como en su comportamiento alimenticio y reproductivo (Sinkova 2005).

En regiones tropicales o subtropicales los cambios de temperatura no son tan extremos como en las regiones templadas, por lo que los cambios estructurales de las comunidades de parásitos de estas regiones han sido relacionados con alteraciones generadas por el ciclo estacional secas/lluvias, que afecta el proceso de reclutamiento de muchas especies de parásitos (Violante-González *et al.* 2007), o en respuesta a los aumentos estacionales en la actividad alimenticia y reproductiva del hospedero, influenciados por ligeras fluctuaciones estacionales de la temperatura del agua (Jiménez-García y Vidal-Martínez 2005, Violante-González *et al.* 2007).

Otros factores como la distancia geográfica entre las localidades de muestreo de una misma especie de hospedero, pueden contribuir al grado de similitud en la composición de sus especies de parásitos (Poulin y Morand 1999). El nivel de similitud puede disminuir exponencialmente a medida que aumenta la distancia geográfica entre los hábitats de los hospederos (Poulin *et al.* 2011). Es decir, la composición de las comunidades de parásitos debe ser más similar entre aquellos grupos de hospederos provenientes de lugares cercanos entre sí y con características físicas y químicas similares, que en aquellas obtenidas de hospederos de lugares más alejados. A nivel mundial, son diversos los trabajos que han estudiado la persistencia espacial o temporal en las infracomunidades de parásitos a través de la evaluación de la similitud en la composición de especies, la diversidad u otros índices comunitarios (Timi y Poulin 2003, González y Poulin 2005). Sin embargo, los estudios que examinan variaciones temporales y espaciales en las comunidades de peces marinos tropicales son actualmente muy escasos (Vidal-Martínez y Poulin 2003; Iannacone y Alvariño 2008; Iannacone *et al.* 2010, Sellers *et al.* 2015).

El pámpano o pollera panameña *Parapsettus panamensis* (Steindachner 1876) es un pez demersal marino ampliamente distribuido en el Pacífico oriental, desde el Golfo de California hasta el Perú (Allen y Robertson 1998). Este pez se alimenta principalmente de algas y pequeños invertebrados bentónicos y planctónicos, y es un recurso importante en la pesca costera en las costas del Pacífico Mexicano (Espino *et al.* 2003). En las costas del estado de Guerrero, constituye un recurso pesquero muy

importante, siendo capturado principalmente mediante pesca artesanal durante casi todo el año.

Sin embargo, no obstante su gran importancia económica no existe información sobre su biología y de manera particular sobre su fauna parasitaria en las costas del Pacífico mexicano. Solo existen algunos reportes taxonómicos de helmintos registrados para *Chaetodipterus zonatus*, una segunda especie de la familia Ehippidae que también co-habita con *P. panamensis*, los cuales incluyen dos especies de monogéneos, dos digéneos y un nemátodo (Lamothe-Argumedo 1997, Pérez-Ponce de León 1999). No obstante, en un estudio reciente Chero *et al.* (2017) reportaron la composición de especies de la comunidad de parásitos para *P. panamensis* en la localidad de Tumbes, Perú, aunque su estudio solo comprendió dos meses de muestreo (diciembre del 2014 y enero del 2015) en una sola localidad, por lo que no determinó la posible existencia de variación temporal o espacial a una gran escala.

Con base a lo anterior, el poder determinar los factores bióticos o abióticos que pueden ocasionar variaciones temporales o espaciales en la estructura y la composición de especies en las comunidades de parásitos de *P. panamensis* en las costas del Pacífico mexicano, puede contribuir a ampliar el conocimiento sobre las comunidades de parásitos de este importante pez marino, el cual constituye un recurso pesquero de gran importancia en las costas del Pacífico mexicano.

## II. ANTECEDENTES

Los estudios realizados sobre comunidades de parásitos metazoarios indican que estas comunidades pueden experimentar cambios estructurales temporales y espaciales relacionados con variaciones estacionales y/o locales en varios factores ambientales bióticos y abióticos. Estas variaciones pueden verse reflejadas en la composición de especies de parásitos y sus niveles de infección a lo largo del tiempo (Zander y Kesting 2005).

La mayoría de los estudios que examinan variaciones en la composición de la comunidad de parásitos, se han llevado a cabo en peces de agua dulce o salobre de regiones templadas (Simkova 2005). Varios procesos han sido sugeridos como causantes de variaciones temporales y espaciales en las comunidades de parásitos en estas regiones, incluidas las fluctuaciones en algunos factores abióticos como: temperatura, salinidad y concentraciones de oxígeno disuelto (Lozano *et al.* 2012); y bióticos como variaciones en la abundancia de hospederos intermediarios (Zander 2004), así como cambios en la abundancia de los hospederos finales, o en su comportamiento alimenticio y reproductivo (Simkova 2005).

Por otra parte, algunos estudios indican que la riqueza de especies de parásitos y la diversidad, son considerablemente mayores en los peces marinos en comparación con los dulceacuícolas (Marcogliese 2001). Esto ha sido atribuido a que la productividad y la diversidad son más altas en los sistemas marinos, por lo que las redes alimenticias son más complejas.

Muy pocos estudios han examinado las variaciones en la estructura y la composición de las especies de las comunidades de parásitos de peces marinos durante varios años en las regiones tropicales, donde los cambios en la temperatura del agua no son tan extremos como en las regiones templadas; por lo tanto, los procesos que pueden generar variaciones en estas comunidades de parásitos aún no son claros (Balboa y George-Nascimento 1998, Garcias *et al.* 2001, Vidal-Martinez y Poulin 2003, Iannacone y Alvarino 2008, Iannacone *et al.* 2010, Sellers *et al.* 2015, Reverter *et al.* 2017).

Algunos estudios han examinado la relación existente entre la temperatura local promedio y la riqueza de especies de parásitos, a lo largo de gradientes latitudinales de riqueza de especies. Poulin y Rohde (1997) sugirieron que la clara relación existente entre la temperatura y la riqueza de comunidades de ectoparásitos de peces marinos, era un claro indicador de la importancia de este parámetro ambiental, en la diversificación de los parásitos de peces en las regiones tropicales, en las cuales la riqueza de especies de ectoparásitos es más alta.

Es señalado también que el área endémica de un parásito, es el área geográfica en la cual las condiciones ambientales son adecuadas para su transmisión. En este sentido, en el caso de los parásitos con ciclos de vida directos (como la mayoría de ectoparásitos), el área endémica es determinada principalmente por las condiciones ambientales existentes, mientras que para los parásitos con ciclos de vida indirectos (mayoría de endoparásitos), un requerimiento adicional es que deben estar presentes todos los hospederos adecuados para el desarrollo de todos sus estadios (Mackenzie y Abaunza 1998).

Debido a esto, con frecuencia no se ha encontrado una correlación positiva significativa entre la temperatura y la riqueza de especies de endoparásitos en peces marinos. Sin embargo, Poulin y Morand (2004) señalan que en el caso de las comunidades de parásitos de peces marinos, la temperatura influye no únicamente en el incremento del número de especies de parásitos, sino también en el incremento de su complejidad taxonómica a lo largo del tiempo evolutivo, por medio de grandes tasas de especiación y colonización de parásitos.

Esch y Fernández (1993) indican también que los patrones de distribución de los parásitos marinos, son determinados principalmente por perfiles de temperatura-salinidad y su asociación con masas de agua específicas. Señalan que debido a esto, el tamaño del pool de especies disponibles puede diferir de un área geográfica a otra, limitando el número de especies de parásitos que un hospedero puede adquirir a lo largo del tiempo, independientemente de las características de la especie de hospedero. Además su abundancia puede ser influenciada por las características del ecosistema local y su cadena trófica (Luque y Poulin 2004, Marcogliese 2002).

Estos factores son considerados actualmente, como determinantes importantes de la riqueza y diversidad de especies de las comunidades de parásitos en los ambientes acuáticos (Marcogliese 2001), debido a que los parásitos en estos ambientes se encuentran íntimamente ligados a las redes tróficas y circulan a través de los complejos ensamblajes de especies que las conforman (Oliva y Luque 2010).

### **2.1. Determinantes de la variación de las comunidades de parásitos en peces marinos.**

De manera similar con las especies de organismos de vida libre, las de parásitos varían en su distribución dentro de los océanos, de acuerdo con la textura del sustrato y la profundidad. Esto se debe a que la transmisión de los parásitos dentro de los hábitats, está determinada por la distribución espacial y temporal de sus hospederos invertebrados y vertebrados (Marcogliese 2002, Rohde 2005). La mayoría de los parásitos que son transmitidos tróficamente (por medio de presas infectadas), están asociados con un nicho particular y el tipo de dieta del hospedero. En este sentido, los factores que controlan la especificidad hospedatoria de la mayoría de los parásitos de peces en el medio marino son principalmente de tipo ecológico, como la dieta y el hábitat del hospedero (Marcogliese 2002). Por lo tanto, los estudios parasitológicos hacen posible inferir interacciones tróficas anteriores, dado que pueden proporcionar información detallada sobre la relación trófica inmediata al momento del muestreo, a diferencia de los análisis estomacales. Los parásitos pueden también proporcionar información sobre el hábitat y el estatus trófico de las especies de peces estudiadas dentro del ecosistema marino (Klimpel *et al.* 2003).

En el medio marino, los parásitos son frecuentemente generalistas, pero están vinculados con ciertos tipos de hospederos funcionales o de ciertos gremios alimenticios. Miembros de estos gremios comparten los mismos estilos de vida, preferencias alimenticias, rangos de profundidades y una predilección por ciertos tipos de sedimentos. Como consecuencia miembros de estos gremios, comparten con frecuencia una parasitofauna similar, cuyas especies siguen rutas comunes de transmisión para llegar a sus hospederos (Marcogliese 2002, Rohde 2005).

## **2.2. Tamaño del hospedero**

Algunos estudios establecen que algunas características del hospedero pueden tener una gran influencia en la variación de la composición de especies de parásitos en peces marinos (Morand *et al.* 2000). Por ejemplo, la diversidad y riqueza de especies de parásitos es positivamente correlacionada con el tamaño corporal, debido a que en los hospederos más grandes, la disponibilidad de nichos para la colonización de parásitos es más diversa. Esta idea surge de la teoría de biogeografía de islas, la cual predice una mayor riqueza de especies en las islas más grandes, siendo los hospederos considerados como islas (Morand *et al.* 2000). Los hospederos más grandes pueden también mantener un mayor número de especies de parásitos, dado que el tiempo que le toma a una especie extinguirse en un hospedero individual es reducido. Además los hospederos más grandes, han vivido durante un mayor tiempo (los peces crecen durante toda su vida) y por lo tanto han tenido una mayor probabilidad de encontrarse con parásitos durante su periodo de vida, que los más pequeños y de vida más corta (Morand *et al.* 2000). Luque *et al.* (2004) examinaron un conjunto de datos de parásitos metazoarios de 50 especies de peces de las aguas costeras de Río de Janeiro, Brasil y concluyeron que el tamaño de los peces proporcionó el principal predictor de la estructura y la composición de especies de las comunidades de parásitos

## **2.3. Importancia de la dieta del hospedero**

Los hábitos alimenticios pueden también influir en la riqueza de especies de parásitos. Similitudes en la dieta y el hábitat de hospederos potenciales, pueden dar como resultado una composición de especies de parásitos muy similar entre ellos. Mientras que hospederos con diferentes hábitos alimenticios pueden presentar grandes diferencias en su composición de especies (Klimpel *et al.* 2003). En particular, se ha demostrado que la dieta juega un papel muy importante en la composición de especies de helmintos intestinales (Luque *et al.* 2004). Se ha señalado además, que la diversidad de parásitos puede ser también positivamente correlacionada con la proporción de peces en la dieta (dieta ictiófaga), debido a que los parásitos pueden acumularse a lo largo de las cadenas alimenticias. Este puede ser el caso para los endoparásitos (Bell y Burt 1991).

## **2.4. Formación de cardumen**

Muchos investigadores han encontrado también, que las especies que forman cardumen son utilizadas por más especies de parásitos que las especies solitarias; principalmente en el caso de parásitos externos, debido a que los peces que forman bancos, facilitan la transmisión de sus parásitos, particularmente de aquellos que presentan un ciclo de transmisión directa como los monogéneos (Sasal y Morand 1998). Luque y Poulin (2004) y Luque y Poulin (2008) encontraron una relación entre el comportamiento de formación de cardumen en peces marinos de la costa de Brasil y la diversidad taxonómica de las especies de parásitos en ensamblajes de endoparásitos marinos, en comparación con aquellos que no formaban cardumen. Asimismo mencionan, que en el caso de los hospederos que presentan este comportamiento social, la densidad es un determinante muy importante de su diversidad de parásitos.

## **2.5. Influencia de la profundidad**

La profundidad a la cual habitan las poblaciones de peces, ha sido también asociada positivamente con la diversidad taxonómica de especies de endoparásitos marinos. Una razón para esta relación observada, puede ser que los peces que viven a mayor profundidad se alimentan de una mayor variedad de presas, y de esta manera, pueden ser colonizados por un grupo más diverso de parásitos; que en el caso de los peces que se encuentran restringidos a una estrecha zona de profundidad Luque y Poulin (2004). La diversidad de los ensamblajes de parásitos en los peces bentónicos, es también mayor que en los pelágicos, o que en los peces asociados a arrecifes, debido a que los límites de la zona bentónica son un punto de transición importante, para el intercambio de parásitos entre las faunas que habitan en diferentes capas verticales en hábitats marinos (Marcogliese 2002, Luque y Poulin 2008). De esta manera, la división de recursos en términos de la preferencia de la dieta de los peces, puede contribuir al establecimiento de ensamblajes de parásitos más diversos en los ambientes bentónico-demersales (Luque y Poulin 2008), Los peces bentónicos que tienen una dieta más variada, además de presentar una mayor riqueza de especies, pueden albergar una mayor abundancia de larvas de helmintos que los peces pelágicos, los cuales tienden a tener una dieta más especializada (Marcogliese 2002).

## **2.6 Rango geográfico**

Los hospederos con una amplia distribución geográfica pueden incrementar la exposición a diferentes tipos de parásitos originando tasas de colonización más altas, debido a que pueden encontrar una mayor variedad de presas de las cuales alimentarse. Especies de peces con una distribución muy amplia, generalmente traslapan en su distribución geográfica con otras especies de hospederos, desde las cuales pueden adquirir nuevas especies de parásitos, a diferencia de aquellas que presentan una distribución más restringida (Luque y Poulin2004).

### **III. OBJETIVOS**

#### **Objetivo general**

Caracterizar las comunidades de parásitos de *P. panamensis* en algunas localidades de Guerrero, y Michoacán y determinar si experimentan variaciones temporales y/o espaciales en su estructura y composición de especies de parásitos.

#### **Objetivos particulares**

1.- Conocer algunos aspectos importantes de la biología del hospedero, como su espectro alimenticio, estructura poblacional y su tipo de crecimiento.

2.-. Determinar la composición y la variación temporal a lo largo de un periodo de 6 años, de la parasitofauna y sus niveles de infección, en poblaciones de *Parapsettus panamensis*, en algunas localidades del Pacífico mexicano.

3.-. Describir las comunidades de parásitos de cada localidad, con base a los parámetros comunitarios de composición, riqueza, y diversidad de especies, a nivel de comunidad componente e infracomunidad.

4. Proponer a partir de criterios específicos, a algunas de las especies de parásitos como posibles biomarcadores poblacionales de *P. panamensis*.

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

Debido a que las condiciones ecológicas y ambientales locales, pueden influir en la estructura de las comunidades de parásitos, las especies de parásitos de *P. panamensis* pueden presentar diferencias en sus niveles de infección entre localidades, permitiendo de esta manera su posible empleo como biomarcadores poblacionales.

## IV. ASPECTOS BIOLÓGICOS DEL HOSPEDERO

### 4.1. Clasificación taxonómica

Reino: Animalia

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Ehippidae

Género: *Parapsettus*

Especie: *Parapsettus panamensis*



Figura 1. *Parapsettus panamensis* (Steindachner, 1876)

### 4.2. Características de la familia Ehippidae

La familia Ehippididae contiene cinco géneros los cuales incluyen 17 especies cuya distribución es circuntropical, aunque algunos miembros se presentan también en aguas templadas como es el caso de los peluqueros, denominados así por sus barras en el cuerpo. Castro-Aguirre (1978) incluye solamente dos géneros americanos: *Parapsettus* con una especie endémica del Pacífico Tropical y el género *Chaetodipterus*, con una especie en cada una de las costas mexicanas, *C. faber* en el Atlántico y *C. zonatus* en el Pacífico.

### **4.3. Diagnósis de la especie**

*Parapsettus panamensis* (Pisces: Ehippidae) es conocido localmente como pámpano o pollera panameña. Presenta el cuerpo alto y comprimido lateralmente, boca pequeña y terminal con una banda de dientes en las mandíbulas en forma de cerdas de cepillo, y una aleta dorsal que consiste en una parte espinosa y otra de radios suaves muy distintivas. Los juveniles son de un color pardo cobrizo y presentan franjas verticales las cuales se van perdiendo con la edad.

### **4.4. Biología del hospedero**

Esta especie alcanza una talla máxima de 30 cm, es de hábitos bentónicos, se localiza en arrecifes coralinos, así como en sitios de fondo rocoso. Es un pez omnívoro, que se alimenta principalmente de algas y de pequeños invertebrados bénticos y planctónicos. Constituye un recurso importante en la pesca ribereña de los estados del Pacífico mexicano (Espino *et al.* 2003).

### **4.5. Distribución**

Es un pez marino con una amplia distribución geográfica, se le encuentra en los Océanos Atlántico, Índico y Pacífico (Allen y Robertson 1998). En México, se distribuye en la región del Pacífico desde el Golfo de California a Perú.

## **V. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1. Colecta y revisión de peces**

Las colectas de los ejemplares de *Parapsettus panamensis* se efectuaron entre los años 2012 a 2017, en las localidades de Marquelia (16°33' N; 98°48' W, n = 16), la Bahía de Acapulco (16°51' N; 99°53' W, n = 381), Zihuatanejo (n = 14) y Lázaro Cárdenas (17°57' N; 102°10' W, n = 35). Los peces fueron obtenidos a partir de las capturas comerciales, que se realizan de manera habitual en cada una de las localidades mencionadas, siendo capturados mediante redes agalleras y anzuelos. Estos fueron trasladados hasta el laboratorio de la Facultad de Ecología Marina (Universidad Autónoma de Guerrero), siendo procesados dentro de las 2 horas posteriores a su captura, a excepción de los de Lázaro Cárdenas, los cuales fueron disectados en la misma localidad y las muestras congeladas transportadas hasta la Facultad.

### **5.2. Datos biométricos**

Para cada uno de los peces se estimó la longitud total, con un ictiómetro convencional con precisión de 1 mm. El peso total (Wt) se determinó, empleando una balanza digital OHAUS con precisión de 0.01 g, así como una báscula de reloj de 1000 g, para ejemplares de mayor peso. Cada una de estas mediciones se expresó como la media  $\pm$  la desviación estándar.

### **5.3. Examen helmintológico**

Este se basó principalmente en las técnicas propuestas por Vidal-Martínez *et al.* (2001). Para la localización de ectoparásitos, se realizó una revisión cuidadosa de la superficie corporal comprendiendo: cabeza, ojos, escamas, y superficie general del cuerpo. De igual manera, se revisaron la base de las aletas caudal, dorsales, anal, pectoral, y pélvicas, así como de los orificios del cuerpo (boca, ano, y orificios nasales). Para el examen interno, a los ejemplares se les realizó una incisión en la línea media ventral de la pared del cuerpo de tal forma que el aparato digestivo y el genital fueron

removidos intactos. Cada órgano se examinó cuidadosamente bajo un microscopio estereoscópico (Marca Leica Zoom 2000).

#### **5.4. Procesamiento de los parásitos**

Los helmintos encontrados en cada uno de los diferentes órganos, fueron separados y fijados en frascos con alcohol al 70% para su identificación. Para la identificación taxonómica, los helmintos fueron teñidos empleando algunos colorantes biológicos, como carmín clorhídrico o tricrómica de Gomori, siendo posteriormente montados en resina sintética o bálsamo de Canadá.

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

Durante el examen helmintológico practicado a los peces, se determinaron los diferentes tipos de alimento consumidos (ítems) en cada localidad, así como durante cada muestreo; para esto se utilizó el método cualitativo de frecuencia de ocurrencia, el cual emplea porcentajes para describir la composición de la dieta. Para el desarrollo del método, se deben registrar el número de estómagos que contienen uno o más tipos de categorías alimenticias (especies presa). Los resultados expresan las veces en que una especie apareció en la dieta de un depredador, con respecto al número total de estómagos que contenían alimento, a partir de la siguiente fórmula:

$$FO_i = \frac{n_i}{n}$$

dónde  $n_i$  es el número de estómagos que contienen a la especie  $i$  y  $n$  es el número total de estómagos con alimento

#### **5.6. Análisis de la estructura poblacional de los peces**

Para la determinación de la relación longitud-peso de los peces, se empleó una ecuación potencial:  $W_t = a L_t^b$

dónde:  $W_t$  = Peso total del pez (g),  $L_t$  = Longitud total (cm).

$a$  = factor de condición y  $b$  = pendiente de la curva o parámetro de alometría.

Se considera que si un individuo crece en la misma proporción en talla que en peso, entonces el crecimiento es de tipo isométrico ( $b=3$ ). Cuando  $b>3$ , los individuos de mayor talla han incrementado su peso en mayor proporción que su longitud, presentando por lo tanto crecimiento alométrico positivo. En cambio, cuando  $b<3$ , los individuos incrementan preferencialmente su longitud relativa más que su peso (Carlander 1969, Froese 2006).

Se empleó también el coeficiente de variación (C.V.), de cada medición (longitud y peso), en cada una de las localidades para evaluar la variación de cada población de peces o de una muestra.

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

dónde:  $\sigma$  = desviación estándar,  $\mu$  = media

Se aplicaron análisis de varianza de una vía (Anova), para determinar si existían diferencias significativas entre las tallas de los peces entre las localidades examinadas.

Se determinó el factor de condición ( $K$ ) de los peces en cada localidad, mediante la fórmula:  $K = W_t/L_t^3$

dónde:  $W_t$  = peso total y  $L_t$  = longitud total

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

### **5.7. Determinación del tamaño mínimo de muestra**

Para determinar si los muestreos efectuados fueron suficientes para registrar el mayor porcentaje de la fauna parasitaria presente en los hospederos en cada una de las 4 localidades, se construyeron curvas acumulativas de especies con base en varios estimadores no paramétricos de riqueza de especies, empleando el programa Estimates.

## 5.8. Caracterización de las infecciones

Para caracterizar las infecciones de cada especie de parásito, se emplearon tres de los parámetros ecológicos definidos por Bush *et al.* (1997): **a)** Prevalencia: número de individuos de una especie de hospedero infectados con una especie de parásito entre el número de hospederos revisados (se expresa en porcentajes). **b)** Intensidad promedio: número total de individuos de una especie particular de parásito en una muestra de hospederos entre el número de individuos infectados en la muestra. **c)** Abundancia: número total de individuos de una especie particular de parásito en una muestra de hospederos entre el número total de hospederos revisados.

Se utilizó el estadístico no paramétrico  $G$ , para determinar si existía alguna diferencia significativa entre los porcentajes de infección de las especies que se encontraron presentes en las 4 localidades, así como entre años de muestreo. Se aplicaron pruebas de correlación por rangos de Spearman ( $r_s$ ), para determinar si existía relación entre los valores de prevalencia y abundancia promedio de cada especie de parásito, con la longitud de los hospederos.

Se aplicaron dos métodos distintos para la clasificación de las especies de parásitos de cada comunidad. El primero consistió en la ordenación en sentido decreciente, de las especies de parásitos con base a su prevalencia de infección, clasificándolas dentro de dos grupos: comunes y raras. Se empleó también la prueba no paramétrica de asociación de Olmstead-Tukey (Steel y Torrie 1988), la cual estima la importancia relativa de cada especie en su comunidad, al graficar la frecuencia de aparición o prevalencia de cada especie contra su abundancia; determinándose posteriormente la media aritmética de cada parámetro para trazar los dos ejes que permiten obtener cuatro cuadrantes, y clasificar a las especies de la manera siguiente:

I.- Especies abundantes y frecuentes (dominantes), II.- Especies poco abundantes y frecuentes (comunes), III.- Especies poco abundantes y poco frecuentes (raras), IV.- Especies abundantes y poco frecuentes (indicadoras).

## 5.9. Distribución espacial de las especies de parásitos

Para determinar el patrón de dispersión de las especies de parásitos entre las poblaciones de hospederos infectados, se emplearon 3 índices de dispersión.

a). Índice de dispersión varianza/media ( $V/m$ ): este índice toma valores de 1 para poblaciones distribuidas de manera aleatoria valores menores a 1 indican poblaciones con tendencia a la uniformidad, y valores mayores a 1 poblaciones agregadas.

b). Parámetro  $k$  de la binomial negativa: el cual es empleado frecuentemente como un índice de dispersión para conjuntos de datos que se ajustan a un patrón agregado y están adecuadamente descritos por una distribución binomial negativa. El valor de  $k$  fue obtenido por medio de la formula  $k = m^2 / (S^2 - m)$ , donde  $m$  = media y  $S^2$  = varianza (Elliot 1977). El parámetro  $k$  puede variar entre 0 y  $+\infty$ , cuando  $k$  es grande ( $> \sim 20$ ), distribución se aproxima a la de Poisson. Si el valor de  $k$  es pequeño (hasta cerca de 8) la dispersión es agregada, entre más pequeño es el valor de  $k$ , la agregación es mayor.

c ). Índice de discrepancia  $D$  (Poulin 1993): este índice cuantifica la agregación como la discrepancia entre la distribución de parásitos observada y una distribución hipotética, en la cual todos los hospederos son utilizados de igual manera y todos los parásitos se encuentran en infrapoblaciones del mismo tamaño.  $D = 1 - 2 \sum \{ \sum x_j \} / nx (n + 1)$

Donde  $x$  es el número de parásitos en el hospedero  $j$  (después de que los hospederos son ordenados desde los menos a los más altamente infectados) y  $n$  es el número de hospederos en la muestra. El índice de discrepancia mide la desviación de la distribución observada con respecto a una distribución uniforme. De esta manera,  $D$  puede tomar valores que van de cero (no agregación) a uno (cuando la agregación se encuentra en su límite teórico máximo y todos los parásitos se encuentran en un hospedero), estos límites restringidos permiten comparar más fácilmente la agregación a través de conjuntos de datos que varían en su prevalencia o carga parasitaria promedio (Poulin 1993). La determinación de los índices de dispersión se efectuó mediante el programa Quantitative Parasitology 3.0 (Rózsa *et al.* 2000).

## 5.10. Caracterización de las comunidades de parásitos

La descripción de las comunidades de parásitos se efectuó a dos niveles: Componente de comunidad (número total de parásitos presentes en una muestra de hospederos) e Infracomunidad (número total de parásitos en un hospedero individual), utilizando los siguientes atributos ecológicos en cada caso. A nivel componente se consideró el número total de especies, el número total de parásitos, el índice de diversidad para comunidades muestreadas de Shannon-Wiener (H), la uniformidad de las abundancias de las diferentes especies (equidad) (Krebs 1999), la similitud mediante el índice de Bray-Curtis, así como el índice de Berger-Parker (*IBP*) como una medida de abundancia numérica (Magurran 2005); este índice mide la proporción del total de individuos parásitos en la muestra que es debida a la especie más abundante:

$$IBP = N_{\text{máx}} / N_t$$

dónde:  $N_{\text{máx}}$  = número de individuos de la especie de parásito más abundante

$N_t$  = total de individuos en la muestra.

Posibles diferencias entre los parámetros a nivel componente fueron evaluadas por medio de la utilización de pruebas *t*-Student y  $\chi^2$ . Los valores de los índices de diversidad a ambos niveles de estudio, así como los de equidad (uniformidad de especies), fueron calculados con el programa Biodiversity Pro. Todas las pruebas estadísticas se efectuaron por medio de los programas SPSS Statistics.

A nivel infracomunidad, los análisis incluyeron la frecuencia de especies, el número promedio de especies de parásitos por hospedero, el número promedio de individuos y el valor promedio del índice de diversidad para comunidades censadas de Brillouin ( $H'$ ).

### **5.11. Caracterización de las infecciones de acuerdo a la longitud de los hospederos**

Para describir cada una de las infecciones causadas por los parásitos en base a la longitud de los hospederos, se construyeron distribuciones de frecuencias por intervalo de clase, para agrupar los datos de los peces de las 4 localidades, utilizando para ello la regla de Sturges (Daniel 2002). Los intervalos de clase construidos para los datos globales de las 4 localidades, fueron utilizados también para efectuar un análisis entre la longitud y los parámetros a nivel infracomunidad. Se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ), para determinar si existía relación lineal entre la longitud de los peces y los parámetros de infección utilizados; para evaluar si el valor del coeficiente era de una magnitud suficiente como para indicar que las dos variables de interés estaban correlacionadas, se aplicó una prueba  $t$  de Student con  $n - 2$  grados de libertad, a un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  ( $P \leq 0.05$ ). Este mismo coeficiente se utilizó también para determinar si existía relación entre la longitud y los parámetros de infracomunidad utilizados, empleando siempre el mismo nivel de significancia.

### **5.12. Análisis multivariados**

Se utilizó un modelo lineal generalizado (MLG) para identificar posibles diferencias entre los parámetros de infracomunidad (variables dependientes) entre los años de muestreo y localidades (variables predictoras); el tamaño corporal de los peces (longitud total) se utilizó como covariable para controlar la influencia del tamaño del hospedero. Se aplicó también un análisis de Componentes principales (ACP) para identificar los posibles factores bióticos o abióticos que influyen en la riqueza y diversidad de especies de parásitos de las infracomunidades de parásitos. Las variables predictoras utilizadas fueron: el tamaño corporal del hospedero, número de especies e individuos de parásitos especialistas, año de muestreo y localidad.

Se emplearon además análisis de funciones discriminantes basados en distancias de Mahalanobis, para identificar posibles diferencias en la estructura de la comunidad de parásitos entre localidades. En este análisis, solo se incluyó una muestra de la Bahía de Acapulco de abril de 2016, con el objetivo de minimizar el efecto de la variación temporal como fuente de variabilidad. Esto permitió la identificación de las especies de parásito responsables de cualquiera de estas diferencias. Solo las especies con una prevalencia  $\geq 10\%$  en al menos una localidad (es decir, especies componente, Bush *et al.* 1990) se incluyeron en este análisis. Los datos de abundancia para estas especies componentes se calcularon usando  $\log(x + 1)$ .

### **5.13. Criterios para la clasificación de especies como biomarcadoras**

Se siguió el protocolo descrito por MacKenzie (1983, 2002) y Williams *et al.* (1992), para identificar los posibles biomarcadores de poblaciones de peces.

### **5.14. Asociación entre las especies de parásitos**

Para probar la existencia de asociaciones entre las especies de parásitos, se formaron parejas entre los parásitos más frecuentes y abundantes, de acuerdo a su localización (ectoparásitos y endoparásitos), para cada localidad. Se construyeron tablas de contingencia de 2x2 para cada una de las parejas, aplicando posteriormente una prueba de asociación de dependencia de  $\chi^2$ , por medio de la siguiente expresión:

$$\chi^2 = (ad - bc)^2 n / (a+b) (a+c) (b+d) (c+d),$$

donde:  $a$  = número de hospederos que contienen a los 2 parásitos,  $b$  = número de hospederos que contienen solo a la especie  $x$ ,  $c$  = número de hospederos que contienen solo a la especie  $y$ ,  $d$  = número de hospederos que no contienen a ninguna de las 2 especies y  $n$  = número total de parásitos (Krebs 1999). La intensidad de la asociación entre las parejas de especies, fue determinada a partir del coeficiente de asociación ( $v$ ) propuesto por Janson y Vegelius (1981):

$v = (ad - bc) / \sqrt{[a + b] [a + c] [c + d] [b + d]}$ , el cual varía entre  $-1$  y  $+1$  y es cero, cuando no existe asociación entre las especies.

## VI. RESULTADOS

### 6.1. Aspectos poblacionales de los hospederos

El número total de peces examinados de *Parapsettus panamensis* fue de 446 y varió de 14 (Zihuatanejo 2016) a 105 (Acapulco 2012). La longitud total promedio fluctuó entre  $12.37 \pm 1.68$  cm (Bahía 2013) y  $35.65 \pm 2.04$  cm (Zihuatanejo 2016). Los valores del coeficiente de variación (C.V.) indicaron que los peces presentaron una mayor diferencia en tamaños en los muestreos efectuados en Marquelia (2016) (C.V. = 44.13); en tanto que la mayor homogeneidad se observó en Zihuatanejo (2016) (C.V.=5.73). Por lo que se refiere al peso, este varió de  $65.79 \pm 33.66$  (Bahía 2013) a  $1046 \pm 135.12$  (Zihuatanejo 2016). El peso de los peces presentó una mayor variación en Marquelia (2016) (C.V.=143.68) y fue más homogéneo en Zihuatanejo (2016) (C.V.=12.91) (Tabla 1).

Tabla 1. Tallas y pesos promedio registrados para *Parapsettus panamensis* en 4 localidades del Pacíficomexicano.

| Localidad y Año  | N   | L <sub>t</sub> min. | L <sub>t</sub> max. | L <sub>t</sub> (cm) | C.V. | W <sub>t</sub> min. | W <sub>t</sub> max. | W <sub>t</sub> (g) | C.V.  |
|------------------|-----|---------------------|---------------------|---------------------|------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|
| Bahía 2012       | 105 | 8.0                 | 22.5                | 15.0 ± 4.9          | 33.0 | 20.0                | 400                 | 165.7 ± 129.4      | 78.0  |
| Bahía 2013       | 70  | 10.0                | 19.0                | 12.3 ± 1.6          | 13.6 | 35.7                | 190.8               | 65.7 ± 33.6        | 51.1  |
| Bahía 2016, a    | 90  | 10.2                | 26.7                | 21.8 ± 2.6          | 12.0 | 38.7                | 520                 | 287.7 ± 87.8       | 30.5  |
| Bahía 2016, b    | 56  | 9.7                 | 18.7                | 13.3 ± 2.1          | 16.0 | 30.1                | 171.09              | 77.7 ± 33.5        | 43.2  |
| Bahía 2017       | 60  | 17.3                | 30.3                | 22.3 ± 3.7          | 16.7 | 139.3               | 593.0               | 305.0 ± 128.8      | 42.1  |
| L. Cárdenas 2013 | 35  | 19.5                | 39.6                | 26.4 ± 5.3          | 20.0 | 26.0                | 1539.0              | 573.7 ± 387.2      | 73.9  |
| Zihuatanejo 2016 | 14  | 32.5                | 39.0                | 35.6 ± 2.0          | 5.7  | 840.0               | 1270.0              | 1046 ± 135.1       | 12.9  |
| Marquelia 2016   | 16  | 10.3                | 38.5                | 16.9 ± 7.4          | 44.1 | 33.0                | 1314.0              | 219.5 ± 315.4      | 143.6 |

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

La relación existente entre la longitud total y el peso total de los peces, considerando los datos agrupados de las 4 localidades, para ejemplares < a 20 cm y > 20 cm sin considerar por sexo, fueron descritas por las ecuaciones siguientes:

$W_t = 0.066L_t^{2.726}$  y  $W_t = 0.1123L_t^{2.554}$ , respectivamente. En ambas relaciones los valores del coeficiente de determinación ( $r^2$ ) fueron cercanos a la unidad indicando una muy buena asociación entre los valores de la talla y el peso de los peces (Figs. 2, 3).

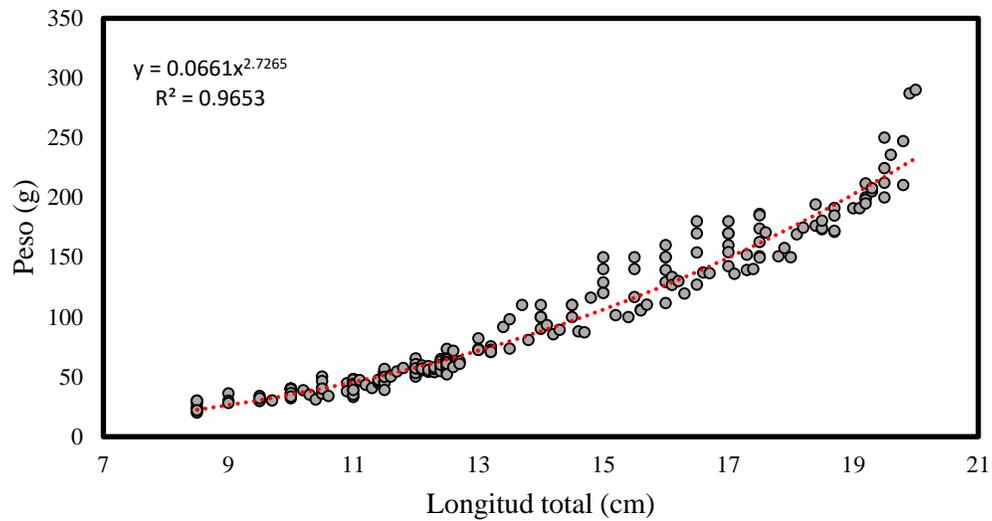


Figura 2. Relación entre la longitud total y el peso para ejemplares de *Parapsettus panamensis* menores a 20 cm.

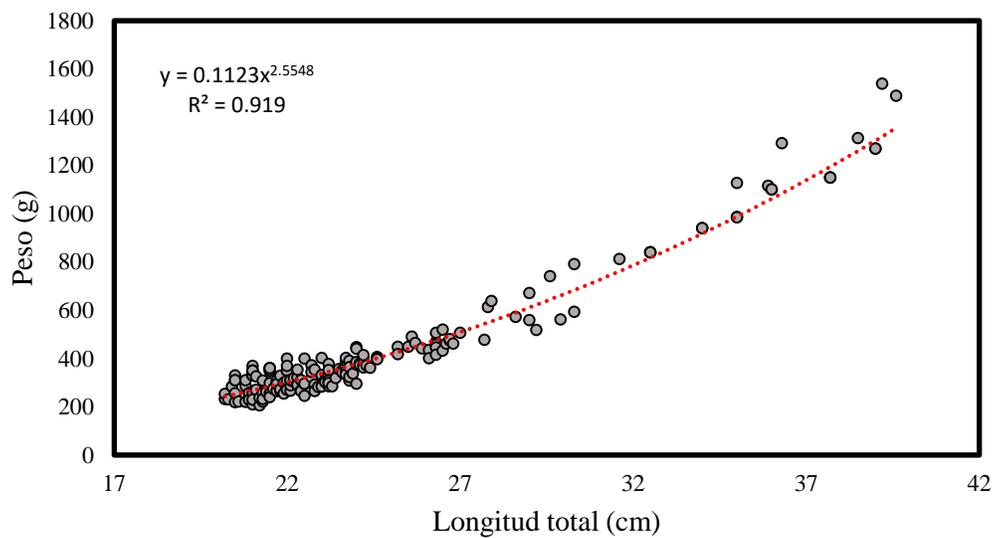


Figura 3. Relación entre la longitud total y el peso para ejemplares de *Parapsettus panamensis* mayores a 20 cm.

Tanto para los peces de una talla menor a 20 cm, como para los de tallas mayores, el valor de la pendiente b de la relación fue menor a 3, sugiriendo en ambos casos un crecimiento de tipo alométrico negativo (Figs. 2, 3).

Los resultados del factor de condición  $K_n$  (Tabla 2), aplicado para evaluar el estado de bienestar de los peces en cada uno de los sitios muestreados, indicaron que los valores para este índice variaron entre 0.001 y 0.049% entre las localidades y años de muestreo (Tabla 2) en tanto que los valores promedio variaron entre 0.023 (Zihuatanejo 2016) y 0.037 (Bahía 2012).

Tabla 2. Valores del factor de condición ( $K_n$ ) registrados para *Parapsettus panamensis* en 3 localidades de Guerrero y Michoacán, México.

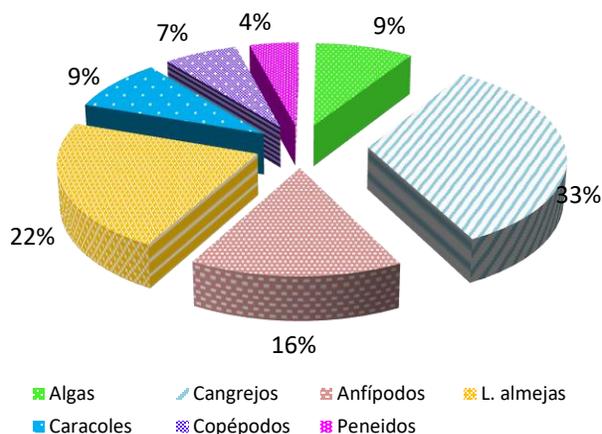
| Localidad    | Acapulco |        |         |         |        | Lázaro | Zihuat. | Marquel. |
|--------------|----------|--------|---------|---------|--------|--------|---------|----------|
| <b>Año</b>   | 2012     | 2013   | 2016, a | 2016, b | 2017   | 2013   | 2016    | 2016     |
| <b>Min.</b>  | 0.0281   | 0.0278 | 0.0213  | 0.0262  | 0.0208 | 0.0017 | 0.0214  | 0.0230   |
| <b>Max</b>   | 0.0494   | 0.0444 | 0.0365  | 0.0428  | 0.0313 | 0.0337 | 0.0245  | 0.0347   |
| <b>Media</b> | 0.0376   | 0.0329 | 0.0268  | 0.0314  | 0.0263 | 0.0255 | 0.0231  | 0.0289   |

## 6.2. Alimentación

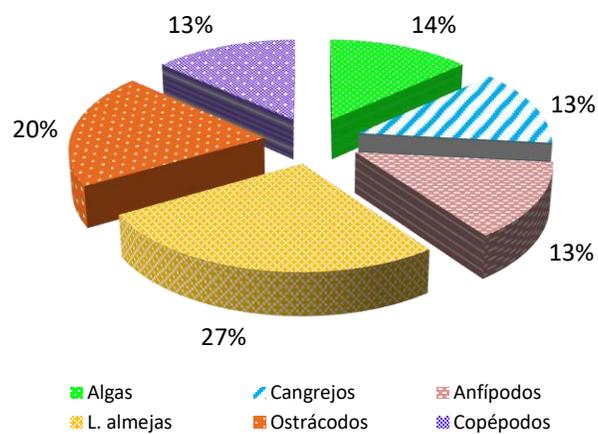
El espectro alimenticio de *P. panamensis* considerando todas las localidades incluyó un total de 16 ítems: algas (20.9%), anfípodos (19.1%), cangrejos (15.8%) y larvas de almeja (12.6%) siendo estos los componentes alimenticios más importantes. Otras presas de menor importancia fueron las larvas de moluscos, ofiuroideos y las crías de calamares, que solo representaban el 2.3% del espectro alimenticio.

La composición de la dieta varió tanto entre los años de muestreo, como entre las localidades; por ejemplo, los principales componentes de la dieta de *P. panamensis* en el muestreo en la Bahía de Acapulco (2012, Fig. 4) fueron cangrejos (33%), larvas de almejas (22%) y anfípodos (16%); mientras que en el de 2017 para la misma localidad, este pez se alimentó principalmente de algas (26%), poliquetos (21%) y anfípodos (15%).

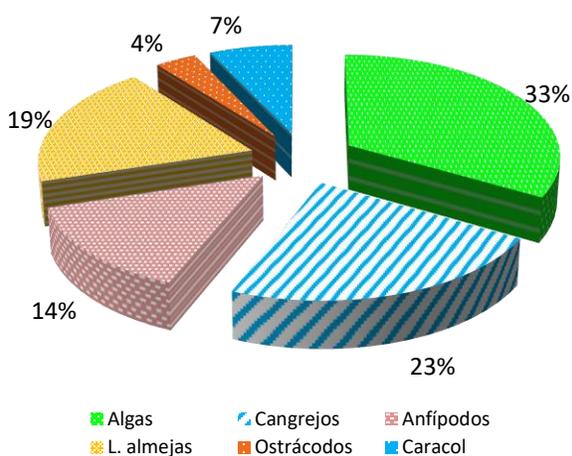
De manera general, las algas fueron un componente frecuente de la dieta de *P. panamensis*, en la localidad de Acapulco (Fig. 4).



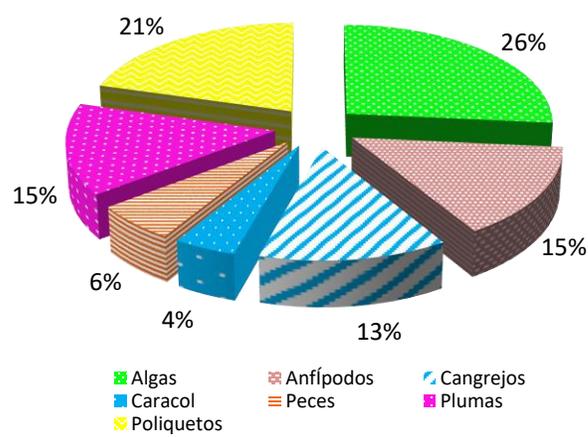
Acapulco 2012



Acapulco 2013



Acapulco 2016



Acapulco 2017

Figura 4. Espectro alimenticio de *Parapsettus panamensis* en la localidad de la Bahía Acapulco.

Por otra parte, en localidades como Lázaro Cárdenas y Zihuatanejola dieta fue menos variada y solo incluyó 4 diferentes tipos de alimento en cada localidad (Fig. 5). En ambos sitios los anfípodos fueron la presa más importante representando el 62 y el 50% de la dieta, respectivamente. No obstante, solo este tipo de presa se registró en la dieta de los peces de ambas localidades (Fig. 5).

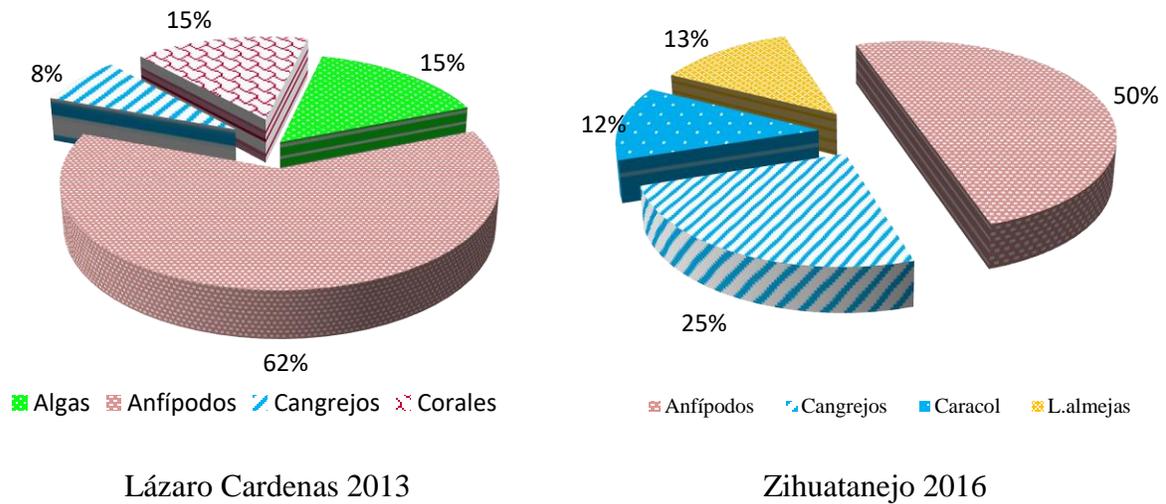


Figura 5. Espectro alimenticio de *Parapsettus panamensis* en las localidades de Lázaro Cárdenas y Zihuatanejo.

Finalmente en Marquelia la dieta de *P. panamensis* registró también un mayor porcentaje de anfípodos, aunque en esta última localidad se observó un mayor balance en los porcentajes de los componentes alimenticios restantes (Fig. 6).

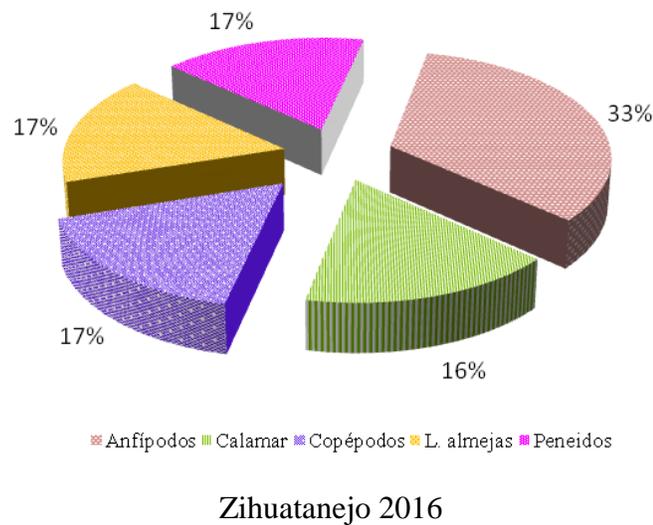


Figura 6. Espectro alimenticio de *Parapsettus panamensis* en la localidad de Marquelia.

### 6.3. Representatividad de los muestreos

Para determinar si los muestreos realizados fueron suficientes para registrar el mayor porcentaje de la fauna parasitaria presente en los hospederos de las 4 localidades, se construyeron curvas acumulativas de especies en cada uno de los casos, considerando diferentes tipos de estimadores no paramétricos.

En el caso de los muestreos de la Bahía de Acapulco utilizando los datos agrupados de los 4 años de muestreo, se puede observar que la curvas acumulativas construidas mediante el programa *EstimateS* indicaron que los estimadores de riqueza Jack 2 y Bootstrap, alcanzan una buena estabilización por lo que pueden ser considerados como más precisos para describir la riqueza de especies en *P. panamensis* (Fig. 7).

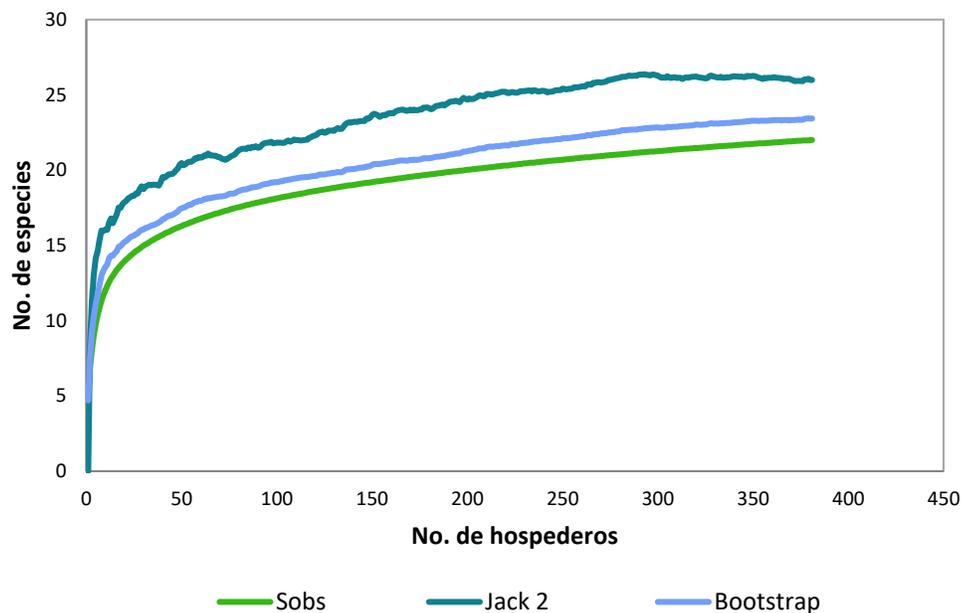


Figura 7. Curvas acumulativas de especies de parásitos parapatsettus panamensis, en la Bahía de Acapulco, Guerrero (2012-2017), empleando 2 diferentes estimadores ( Jack 2 y Bootstrap).

Finalmente para la localidad de Marquelia (Fig. 8), los gráficos de estimadores de riqueza (Bootstrap y Jack 1) alcanzan una mejor estabilización a un tamaño de muestra de 10 ejemplares considerando que se pueden obtener más del 95% del total de especies recuperadas utilizando este pequeño tamaño de muestra.

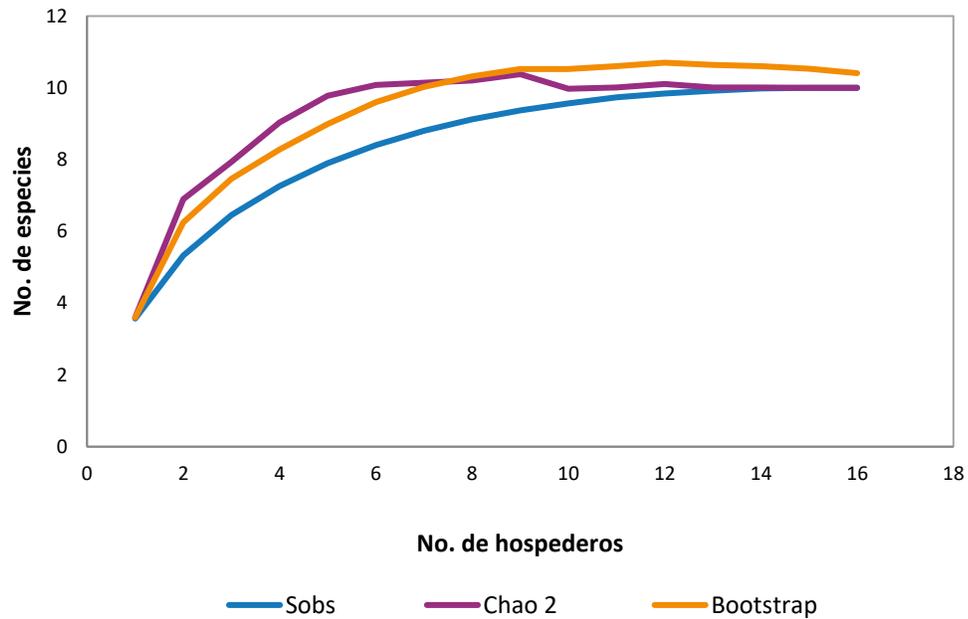


Figura 8. Curvas acumulativas de especies de parásitos en *Parapsettus panamensis*, en Marquelia, Guerrero (2016), empleando 2 diferentes estimadores (Chao 2, y Bootstrap).

#### 6.4. Registro parasitológico

Un total de 23 especies de parásitos metazoarios fueron identificadas en 446 especímenes de *P. panamensis* examinados durante un período de seis años, en 4 localidades ubicadas a lo largo de la costa sur del Pacífico mexicano: 3 especies de monogéneos (adultos), 8 de digéneos (adulto), 1 de acantocéfalo (juvenil), 1 de céstodo (larva), 3 de nemátodos (dos adultos y una larva), 4 de copépodos y 3 especies de isópodos (dos adultos y una larva). De manera general, el grupo de los digéneos presentó la mayor riqueza, representaron el 35% del total de las especies recuperadas (Fig. 9), seguido por los copépodos (18% de las especies totales).

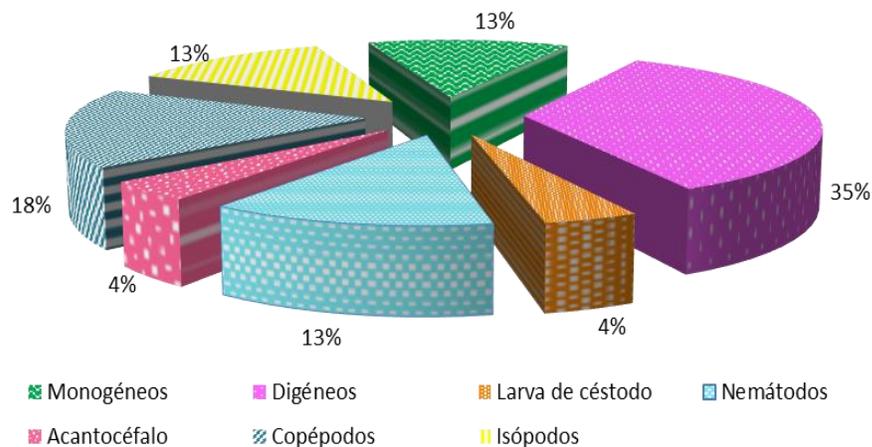


Figura 9. Composición de especies de parásitos en *Parapsettus panamensis* en las localidades muestreadas.

El número de especies de digéneos varió significativamente de  $1.91 \pm 1.06$  en *P. panamensis* de Lázaro Cárdenas a  $3.07 \pm 0.99$  en hospederos de Zihuatanejo (Anova  $F = 6.35$ ,  $p < 0.01$ ). Seis especies de parásitos (*Paracylodyscoides chaetodipteri*, *Aponurus laguncula*, *Multitestis inconstans*, *Neomegasolena chaetodipteri*, *Prosorchiopsis legendrei*, y *Caligus mutabilis*) se encontraron ampliamente dispersas y se registraron en todas las localidades). Cinco de estas especies, a excepción del copépodo *C. mutabilis*, fueron además clasificadas como especialistas.

## 6.5. Variación entre años y localidades de los niveles de infección de las especies de parásitos.

La prevalencia de las 6 especies de parásitos que fueron registradas en todas las localidades (1 monogéneo, 4 digéneos y 1 copépodo, Tabla 1) varió de manera significativa entre los años de muestreo y las localidades (Tabla 1). El monogéneo *P. chaetodipteri* fue menos prevalente en los muestreos de Acapulco (2012) y Marquelia (2016) ( $G = 24.6$ ,  $p < 0.05$ ). En tanto que el digéneo *A. laguncula* registró su tasa de infección más baja en el de Acapulco (2016a) ( $G = 22.3$ ,  $p < 0.05$ ).

*Multitestis inconstans* por su parte, presentó sus porcentajes de infección más bajos en dos muestreos de Acapulco (2016a, 2017), y uno más de Lázaro Cárdenas (2013) ( $G = 56.1$ ,  $p < 0.05$ ). *Neomegasolena chaetodipteri* exhibió sus valores más bajos de prevalencia en los muestreos de Lázaro Cárdenas (2013) y Marquelia (2016) ( $G = 79.9$ ,  $p < 0.05$ ). Dos especies de parásitos destacaron por presentar sus tasas de infección más altas en un solo muestreo: el digéneo *P. legendrei* en la Bahía de Acapulco (2016a) ( $G = 64.1$ ,  $p < 0.05$ ) y el copépodo *C. mutabilis* en Zihuatanejo (2016) ( $G = 41.5$ ,  $p < 0.05$ ).

A diferencia de la prevalencia, la abundancia promedio no varió significativamente para todas estas 6 especies. *Parancylo-discoides chaetodipteri* fue significativamente más abundante en los muestreos de Acapulco (2017) y Lázaro Cárdenas (2013) ( $\chi^2 = 63.0$ ,  $p < 0.05$ ); mientras que *A. laguncula* en el de Zihuatanejo (2016) ( $\chi^2 = 63.0$ ,  $p < 0.05$ ). Por otra parte, la abundancia más baja para *M. inconstans* se registró en el muestreo de Acapulco (2017) ( $\chi^2 = 234.2$ ,  $p < 0.05$ ), en tanto que para *N. chaetodipteri* en los de Lázaro Cárdenas (2013) y Marquelia (2016) ( $\chi^2 = 34.7$ ,  $p < 0.05$ ).

De manera general, los porcentajes de infección de todas las especies de parásitos fueron correlacionados positivamente con los de sus abundancias promedio, indicando que las especies más prevalentes fueron también las más abundantes ( $r_s = 0.950$ ,  $p < 0.01$ ).

**Tabla 3.** Parámetros de infección de las especies de parásitos que infectan a *Parapsettus panamensis* en las costas del Pacífico mexicano.

| Parásitos   | CNH   | Sitio     | Localización/Año/N | P (%)        | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|---|-------|-----------|--------------------|--------------|-------|---------------------|---------------------|
| <b>Monogenea</b>                                      |       |           |                    |              |       |                     |                     |
| <i>Ancynocephalinae</i> sp. Ancy                      | 10655 | Branquias | Ba/2013/70         | 14.29        | 21    | 0.30±1.37           | 1–5                 |
| <i>Parancylodiscoides chaetodipteri</i> <sup>SC</sup> | 10656 | Branquias | Ba/2012/105        | 70           | 1279  | 12.18±20.05         | 1–103               |
| Pach  |       |           | Ba/2013/70         | 80           | 105   | 1.5±2.07            | 1–9                 |
|   |       |           | Ba/2016a/90        | <b>94.44</b> | 837   | 9.3±7.7             | 1–33                |
|   |       |           | Ba/2016b/56        | 83.93        | 201   | 3.59±3.4            | 1–17                |
|   |       |           | Ba/2017/60         | <b>96.67</b> | 1471  | <b>24.5±24.9</b>    | 1–105               |
|   |       |           | LC/2013/35         | <b>97.14</b> | 1188  | <b>33.9±25.2</b>    | 3–98                |
|   |       |           | Ma/2016/16         | 50           | 196   | 12.2±13.1           | 6–48                |
|   |       |           | Zi/2016/14         | <b>100</b>   | 128   | 9.1 ± 8.3           | 3–34                |
| <i>Sprostioniella lamothei</i> <sup>G</sup>           | 10658 | Branquias | Ba/2012/105        | 1.90         | 2     | 0.02±               | 0–1                 |
| Spro  |       |           | Ba/2013/70         | 1.43         | 2     | 0.03±               | 0–2                 |
|   |       |           | LC/2013/35         | <b>31.43</b> | 21    | 0.94±               | 1–4                 |
| <b>Digenea</b>  |       |           |                    |              |       |                     |                     |
| <i>Aponurus laguncula</i> <sup>SC</sup>               | 10658 | Intestino | Ba/2012/105        | 89.5         | 503   | 4.8±4.8             | 1–30                |
| Apon  |       |           | Ba/2013/70         | 80           | 287   | 4.1±3.0             | 1–13                |
|   |       |           | Ba/2016a/90        | 46.7         | 98    | 1.1±2.0             | 1–8                 |
|   |       |           | Ba/2016b/56        | 82.1         | 567   | 10.1±10.1           | 1–40                |
|   |       |           |                    |              |       |                     |                     |

| Parásitos                                   | CNH   | Sitio     | Localización/Año/N | P (%)        | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|---|-------|-----------|--------------------|--------------|-------|---------------------|---------------------|
|   |       |           | Ba/2017/60         | 93.3         | 303   | 5.0±4.8             | 1-27                |
|   |       |           | LC/2013/35         | 85.7         | 531   | <b>38.3±26.0</b>    | 2-83                |
|   |       |           | Ma/2016/16         | 75           | 42    | 2.6±4.7             | 1-17                |
|   |       |           | Zi/2016/14         | 100          | 475   | 33.9 ± 23.8         | 3-78                |
| <i>Bucephalus</i> sp. Buce                  |       | Intestino | Zi/2016/14         | 7.14         | 4     | 0.29                | 0-4                 |
| <i>Hemiurus communis</i> <sup>G</sup>       |       | Intestino | Ba/2016b/56        | 14.29        | 23    | 0.41                | 1-6                 |
| Hemi  |       |           | Ba/2017/60         | 5            | 3     | 0.05                | 0-1                 |
|   |       |           | Ma/2016/16         | 12.5         | 2     | 0.13                | 0-1                 |
| <i>Multitestis inconstans</i> <sup>SC</sup> |       |           |                    |              |       |                     |                     |
| Mult  | 10659 | Intestino | Ba/2012/105        | <b>93.33</b> | 6390  | <b>60.9±89.2</b>    | 1-468               |
|   |       |           | Ba/2013/70         | 65.71        | 1982  | 28.3±38.4           | 1-163               |
|   |       |           | Ba/2016a/90        | 55.56        | 1339  | 14.9±42.4           | 1-215               |
|   |       |           | Ba/2016b/56        | 80.36        | 686   | 12.2±13.3           | 1-58                |
|   |       |           | Ba/2017/60         | 31.67        | 212   | 3.5±15.9            | 1-61                |
|   |       |           | LC/2013/35         | 54.29        | 360   | 10.3±20.2           | 1-79                |
|   |       |           | Ma/2016/16         | <b>93.75</b> | 215   | 13.4±13.5           | 2-52                |
|   |       |           | Zi/2016/14         | <b>92.9</b>  | 992   | <b>70.9 ± 67.6</b>  | 7-193               |

| Parásitos   | CNH   | Sitio     | Localización/Año/N | P (%)       | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|---|-------|-----------|--------------------|-------------|-------|---------------------|---------------------|
| <i>Neomegasolena chaetodipteri</i> <sup>SC</sup>      | 10660 | Intestino | Ba/2012/105        | 83.8        | 826   | 7.9±9.5             | 1–54                |
|   |       |           | Ba/2013/70         | 67.1        | 205   | 2.9±3.7             | 1–17                |
|   |       |           | Ba/2016a/90        | 86.7        | 988   | 11.0±15.3           | 1–112               |
|   |       |           | Ba/2016b/56        | <b>96.4</b> | 990   | <b>17.7±12.2</b>    | 1–44                |
|   |       |           | Ba/2017/60         | 66.7        | 242   | 4.0±4.8             | 1–24                |
|   |       |           | LC/2013/35         | 34.3        | 69    | 2.0±4.6             | 1–15                |
|   |       |           | Ma/2016/16         | 25          | 15    | 0.94±5.5            | 1–12                |
|   |       |           | Zi/2016/14         | 85.7        | 147   | 10.6 ± 12.9         | 1–42                |
| <i>Prosorchiopsis legendrei</i> <sup>SC</sup><br>Pros | 10670 | Intestino | Ba/2012/105        | 0.95        | 1     | 0.01                | 0–1                 |
|   |       |           | Ba/2016a/90        | <b>44.4</b> | 114   | 1.27±2.73           | 1–12                |
|   |       |           | LC/2013/35         | 8.57        | 6     | 0.29 ± 1.4          | 1–3                 |
|   |       |           | Ma/2016/16         | 12.5        | 4     | 0.25±1.4            | 1–3                 |
|   |       |           | Zi/2016/14         | 14.3        | 4     | 0.04±1.4            | 1–3                 |
| <i>Stephanostomum baccatum</i> <sup>G</sup><br>Step   |       | Intestino | Ba/2012/105        | 3.81        | 4     | 0.04                | 0–1                 |
|   |       |           | Ba/2016a/90        | 2.22        | 3     | 0.03±0.71           | 1–2                 |
|   |       |           | Ba/2016b/56        | 8.93        | 12    | 0.21±1.52           | 1–4                 |
|   |       |           | LC/2013/35         | 8.57        | 5     | 0.14±0.58           | 1–2                 |
|   |       |           | Zi/2016/14         | 7.14        | 1     | 0.07                | 0–1                 |
| <i>Tetrochetus</i> sp. Tetr                           | 10661 | Estómago  | Ba/2016a/90        | 1.11        | 1     | 0.01                | 0–1                 |

| Parásitos                               | CNH   | Sitio      | Localización/Año/N | P (%)        | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|---|-------|------------|--------------------|--------------|-------|---------------------|---------------------|
| <b>Acantocephala</b>                    |       |            |                    |              |       |                     |                     |
| <i>Bolbosoma</i> sp. <sup>GC</sup> Bolb |       | Intestino  | Ba/2013/70         | 2.86         | 2     | 0.03                | 0–1                 |
| <b>Cestoda</b>                          |       |            |                    |              |       |                     |                     |
| Tetraphyllidea larva <sup>GC</sup>      | 10669 | Intestino  | Ba/2012/105        | <b>57.14</b> | 626   | 5.96±14.3           | 1–51                |
| Teph                                    |       |            | Ba/2013/70         | 4.29         | 6     | 0.09±1.0            | 1–3                 |
|   |       |            | Ba/2016a/90        | 18.89        | 550   | <b>6.11±34.47</b>   | 1–122               |
|   |       |            | Ba/2016b/56        | 5.36         | 10    | 0.18±3.21           | 1–7                 |
|   |       |            | Ba/2017/60         | 10           | 13    | 0.22±1.47           | 1–4                 |
|   |       |            | LC/2013/35         | 20           | 33    | 0.94±5.44           | 1–14                |
|   |       |            | Ma/2016/16         | <b>43.75</b> | 25    | 1.56±2.76           | 1–7                 |
| <b>Nematoda</b>                         |       |            |                    |              |       |                     |                     |
| <i>Anisakis</i> sp. <sup>GC</sup>       |       | Mesenterio | Ba/2012/105        | <b>42.86</b> | 153   | 1.46±2.7            | 1–15                |
| Anis                                    |       |            | Ba/2013/70         | 12.86        | 11    | 0.16±0.44           | 1–2                 |
|   |       |            | Ba/2016a/90        | 21.11        | 25    | 0.28±0.67           | 1–3                 |
|   |       |            | Ba/2016b/56        | 7.14         | 4     | 0.07                | 0–1                 |
|   |       |            | Ba/2017/60         | 6.67         | 5     | 0.08±0.5            | 1–2                 |
|   |       |            | Ma/2016/16         | 25           | 5     | 0.31±0.5            | 1–2                 |
|   |       |            | Zi/2016/14         | 42.86        | 9     | 0.64 ± 0.8          | 1–3                 |

| Parásitos                              | CNH | Sitio     | Localización/Año/N | P (%)        | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|--|-----|-----------|--------------------|--------------|-------|---------------------|---------------------|
| <i>Raphidascaris</i> sp. <sup>C</sup>  |     | Intestino | Ba/2012/105        | <b>22.86</b> | 43    | 0.41±1.2            | 1–5                 |
| Raph                                   |     |           | Ba/2013/70         | 7.14         | 10    | 0.14±1.2            | 1–4                 |
|  |     |           | Ba/2016a/90        | 18.89        | 40    | 0.44±2.6            | 1–11                |
|  |     |           | Ba/2016b/56        | 19.64        | 13    | 0.23±0.40           | 1–2                 |
|  |     |           | Ba/2017/60         | 5            | 4     | 0.07±0.6            | 1–2                 |
|  |     |           | Ma/2016/16         | 8.57         | 6     | 0.17±1.0            | 1–3                 |
|  |     |           | Zi/2016/14         | 7.14         | 2     | 0.14                | 0–2                 |
| <i>Spinitectus</i> sp. Spin            | XXX | Intestino | Ba/2012/105        | 0.95         | 1     | 0.01                | 0–1                 |
| <b>Copepoda</b>                        |     |           |                    |              |       |                     |                     |
| <i>Caligus mutabilis</i> <sup>GC</sup> | 102 | Branquias | Ba/2013/70         | 2.86         | 2     | 0.03                | 0–1                 |
| Cali                                   |     |           | Ba/2016b/56        | 8.93         | 5     | 0.09                | 0–1                 |
|  |     |           | Ba/2017/60         | 3.33         | 2     | 0.03                | 0–1                 |
|  |     |           | LC/2013/35         | 14.29        | 5     | 0.14                | 0–1                 |
|  |     |           | Ma/2016/16         | 12.5         | 2     | 0.13                | 0–1                 |
|  |     |           | Zi/2016/14         | <b>35.7</b>  | 8     | 0.57±0.89           | 1–3                 |
| <i>Ergasilus</i> sp                    |     |           |                    |              |       |                     |                     |
| Erga                                   |     | Branquias | Ba/2012/105        | 0.95         | 1     | 0.01                | 0–1                 |

| Parásitos                                    | CNH | Sitio     | Localización/Año/N | P (%)        | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|--|-----|-----------|--------------------|--------------|-------|---------------------|---------------------|
| <i>Lernanthropus giganteus</i> <sup>GC</sup> | 100 |           |                    |              |       |                     |                     |
| Lern   |     |           |                    |              |       |                     |                     |
|  |     | Branquias | Ba/2012/105        | 20.95        | 43    | 0.41±2.08           | 1–10                |
|  |     |           | Ba/2013/70         | 1.43         | 1     | 0.01                | 0–1                 |
|  |     |           | Ba/2016a/90        | 1.11         | 1     | 0.01                | 0–1                 |
|  |     |           | Ba/2016b/56        | <b>62.5</b>  | 79    | 1.41±1.38           | 1–6                 |
|  |     |           | Ba/2017/60         | 5            | 4     | 0.07±0.58           | 1–2                 |
| <i>Parapetalus</i> sp. <sup>GC</sup>         | 99  | Branquias | Ba/2012/105        | 7.62         | 16    | 0.15±1.07           | 1–4                 |
| Para   |     |           | Ba/2013/70         | 4.29         | 4     | 0.06±0.58           | 1–2                 |
|  |     |           | Ba/2016a/90        | 1.11         | 6     | 0.07                | 0–6                 |
|  |     |           | Ba/2016b/56        | <b>42.86</b> | 57    | 1.02±1.66           | 1–7                 |
|  |     |           | Ba/2017/60         | 1.67         | 1     | 0.02                | 0–1                 |
|  |     |           | LC/2013/35         | 14.29        | 6     | 0.17±0.45           | 1–2                 |
|  |     |           | Zi/2016/14         | 7.14         | 1     | 0.07                | 0–1                 |
| <b>Isopoda</b>                               |     |           |                    |              |       |                     |                     |
|  |     | Branquias | Ba/2012/105        | 0.95         | 1     | 0.01                | 0–1                 |
| <i>Ansinus</i> sp.                           |     |           | Ba/2013/70         | 2.86         | 3     | 0.04±0.71           | 1–2                 |
| Ansi   |     |           |                    |              |       |                     |                     |

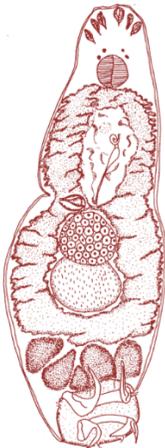
| Parásitos                                | CNH | Sitio        | Localización/Año/N | P (%)        | Total | Abundancia promedio | Rango de Intensidad |
|--|-----|--------------|--------------------|--------------|-------|---------------------|---------------------|
| <i>Cyathostoma exiguus</i> <sup>GC</sup> | 101 | Cavidad Oral | Ba/2012/105        | <b>40.95</b> | 48    | 0.46±0.32           | 1–2                 |
| Cymo                                     |     |              | Ba/2013/70         | 5.71         | 4     | 0.06                | 0–1                 |
|  |     |              | Ba/2016a/90        | 21.11        | 33    | 0.37±0.87           | 1–3                 |
|  |     |              | Ba/2016b/56        | 1.79         | 1     | 0.02                | 0–1                 |
|  |     |              | Ba/2017/60         | 25           | 21    | 0.35±0.63           | 1–3                 |
|  |     |              | LC/2013/35         | 14.29        | 8     | 0.23±0.55           | 1–2                 |
| <i>Gnathia</i> sp. <sup>GC</sup>         |     | Branquias    | Ba/2012/105        | <b>50.48</b> | 232   | 2.21±4.28           | 1–20                |
| Gnat                                     |     |              | Ba/2013/70         | 45.71        | 36    | 0.51±0.34           | 1–2                 |
|  |     |              | Ba/2016a/90        | <b>55.56</b> | 148   | 1.64±2.58           | 1–12                |
|  |     |              | Ba/2016b/56        | 10.71        | 6     | 0.11                | 0–1                 |
|  |     |              | Ba/2017/60         | 8.33         | 28    | 0.47±3.58           | 4–12                |
|  |     |              | LC/2013/35         | 17.14        | 26    | 0.74±4.80           | 1–11                |
|  |     |              | Ma/2016/16         | 18.75        | 60    | 3.75±32.91          | 1–58                |

Clasificación de las especies de parásitos: S = especialista, G = generalista, C = especie componente. Ubicación: Ba = Bahía de Acapulco, LC = Lázaro Cárdenas, Ma = Marquelia, Zi = Zihuatanejo. N = número de peces examinados; P% = prevalencia; Total = número total de parásitos individuales recolectados; abundancia = número medio de parásitos por pez examinado ± desviación estándar; rango de intensidad = número mínimo-máximo de parásitos presentes. Mediciones significativamente diferentes de prevalencia (prueba G) y abundancia (prueba  $\chi^2$ ) están en negrita ( $P < 0.05$ ).

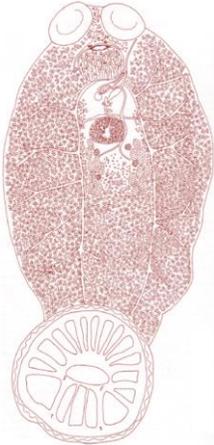
**6.6. Parásitofauna de *Parapsettus panamensis***



a) *Paracyliscoides chaetodipteri*



b) *Ancyrocephalinae bichowski*



c) *Sprostoniella lamothei*



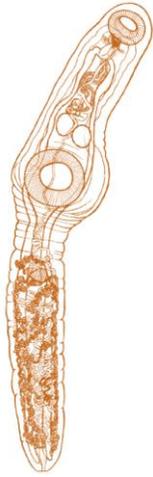
d) *Multitestisin constans*



e) *Neomegasolena chaetodipteri*



f) *Aponurus laguncula*



g) *Prosorchiopsis legendrei*



h) *Hemiurus communis*



i) *Tetrochetus* sp.



j) *Stephanostomum baccatum*



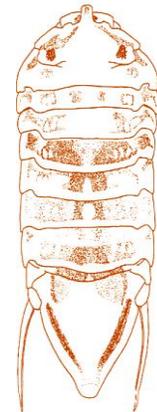
k) *Bolbosoma* sp.



l) *Spinitectus* sp.



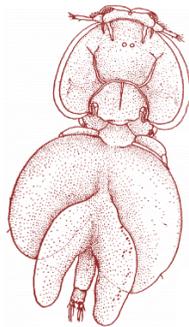
m) *Cimothoa exigua*



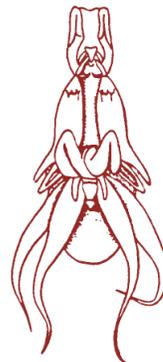
n) *Ansinus* sp.



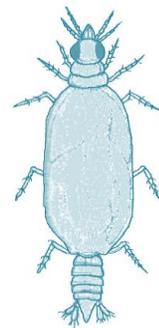
o) *Caligus mutabilis*



p) *Parapetalus* sp.



q) *Lernanthropus giganteus*



r) *Gnathiasp.*

Figura 10. Parásitos de *Parapsettus panamensis*

## 6.7. Clasificación de las especies de parásitos en base a sus niveles de infección

Las distribuciones de frecuencias de los valores de prevalencia y abundancia de las especies de parásitos en las 4 localidades, indicaron que las comunidades estuvieron conformadas por 2 grupos de especies: comunes y raras. En la Bahía de Acapulco, las especies comunes registraron prevalencias  $\geq 68\%$  y abundancias promedio  $> 5$  parásitos. Cuatro especies integraron el grupo de especies comunes: el monogéneo *Parancylodiscoides chaetodipteri* (Pach), y los digéneos *Neomegasolena chaetodipteri* (Neom), *Aponurus laguncula* (Apon) y *Multitestis inconstans* (Mult). El grupo de especies raras fue más alto (18 especies) que el de las comunes y registró prevalencias  $\leq 30\%$  y abundancias  $< 3$  parásitos por hospedero infectado (Fig. 11).

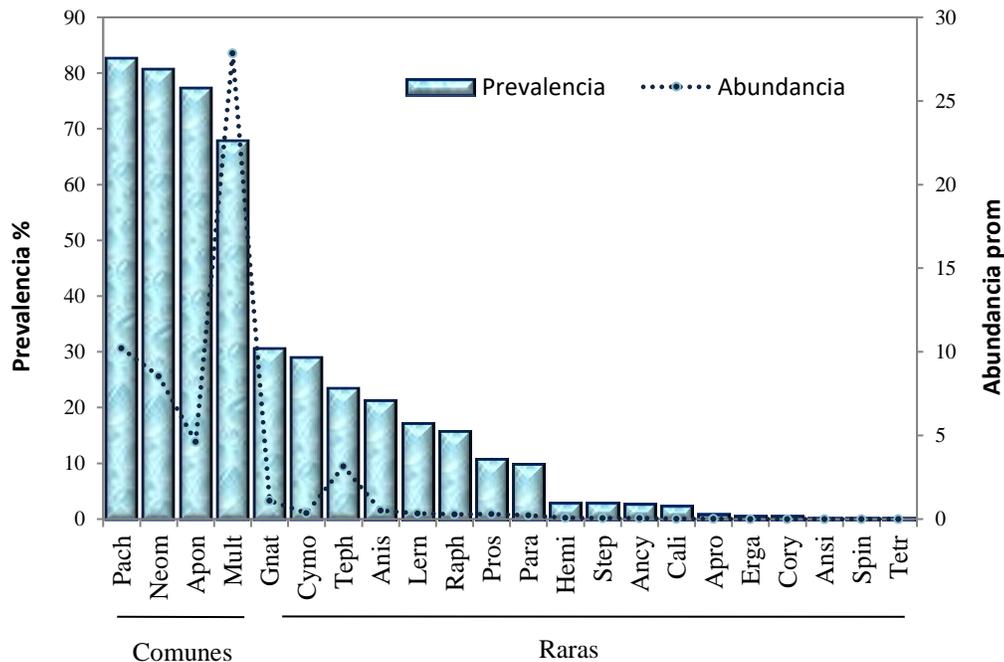


Figura 11. Distribución de las especies de parásitos en *Parapsettus panamensis* de la Bahía de Acapulco, Guerrero (2012-2017). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.

En la localidad de Lázaro Cárdenas el grupo de las especies comunes estuvo constituido solo por 3 especies las cuales registraron prevalencias  $\geq 85\%$  y abundancias promedio  $> 15$  parásitos por hospedero infectado (Fig. 12). Todas las especies comunes de esta localidad tuvieron la misma clasificación en Acapulco (Fig. 11). El grupo de especies raras fue nuevamente más numeroso y presentaron una prevalencia  $\leq 34\%$  y abundancia  $< 10$  parásitos (Fig. 12).

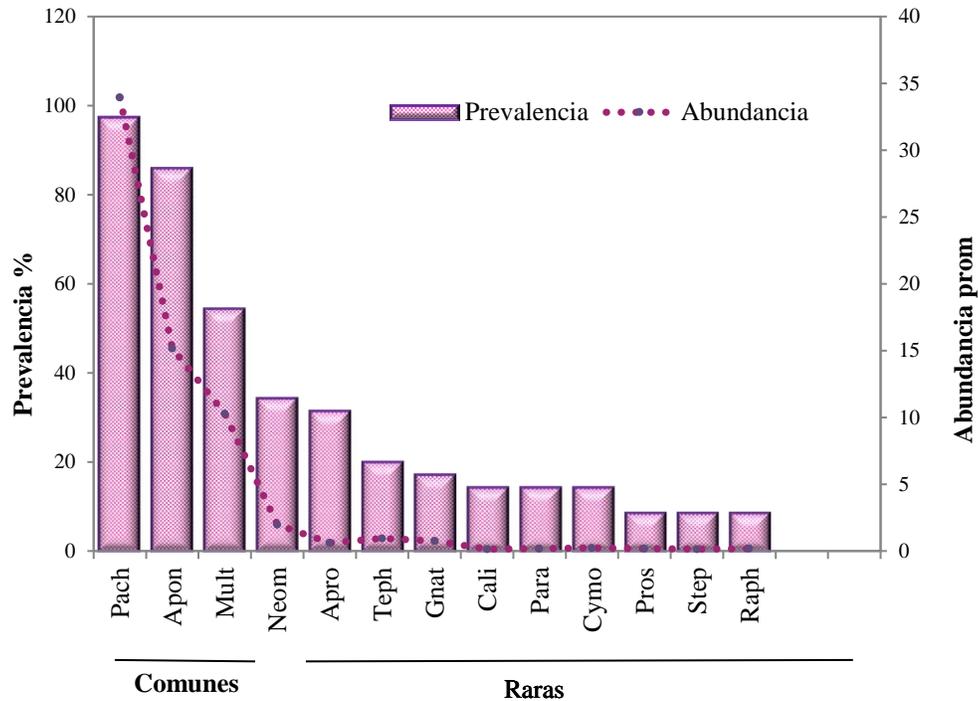


Figura 12. Distribución de las especies de parásitos en *Parapsettus panamensis* de la localidad de Lázaro Cárdenas (2013). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.

Con respecto a la localidad de Zihuatanejo, el grupo de especies comunes *P. chaetodipteri* (Pach), *A. laguncula* (Apon), *M. inconstans* (Mult) y *N. chaetodipteri* (Neom), fue el mismo registrado en la localidad de Acapulco; aunque los porcentajes de infección de este importante grupo de especies, fue más alto en esta localidad en comparación con Acapulco (Fig. 13).

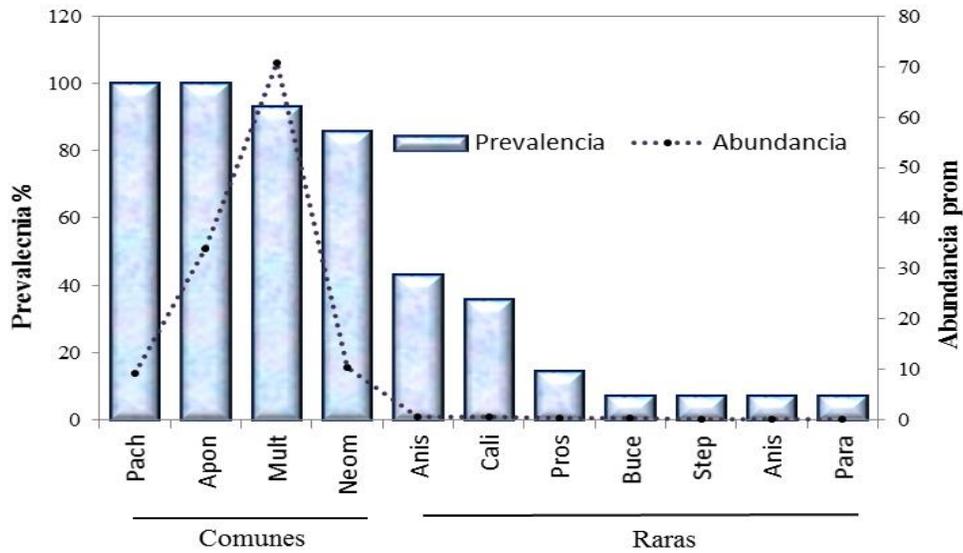


Figura 13. Distribución de las especies de parásitos en *Parapsetus panamensis* de la localidad de Zihuatanejo (2013). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.

Finalmente, en la localidad de Marquelia (Fig. 14) la conformación del grupo de especies comunes estuvo integrado por las especies *M. inconstans* (Mult), *A. laguncula* (Apon) y *P. chaetodipteri* (Pach). No obstante que estas 3 especies formaron parte del grupo de especies comunes de otras localidades, solo *M. inconstans* (Mult) registró abundancias > 80 parásitos en la mayoría de las localidades estudiadas (a excepción de Lázaro Cárdenas, Fig. 12).

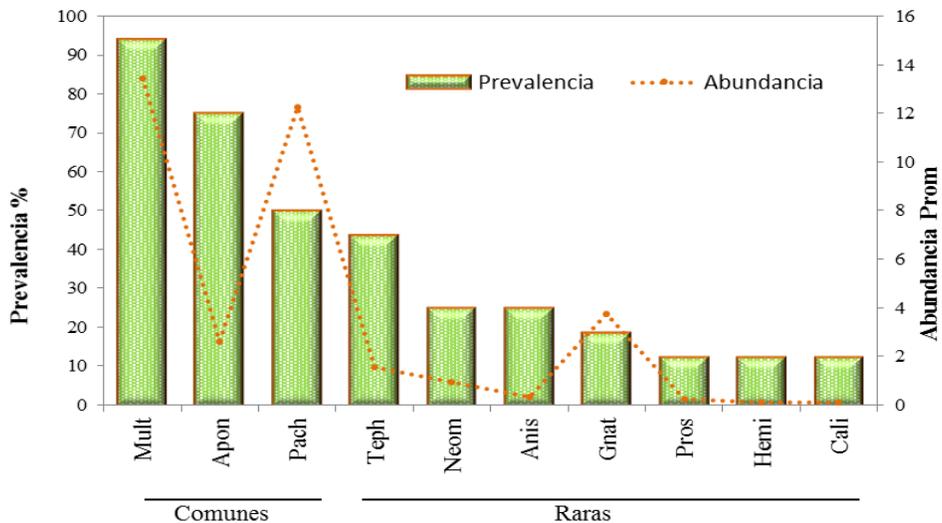


Figura 14. Distribución de las especies de parásitos en *Parapsetus panamensis* de la localidad de Marquelia (2016). Abreviaturas de las especies de parásitos en Tabla 1.

## 6.8. Clasificación de las especies mediante la prueba de Olmstead-Tukey

Un segundo método de clasificación utilizando la prueba no paramétrica de asociación de Olmstead-Tukey, indicó que en el muestreo efectuado en la bahía de Acapulco, 5 especies de parásitos fueron clasificadas como dominantes (cuadrante I): *P. chaetodipteri* (Pach), *A. laguncula* (Apon), *N. chaetodipteri* (Neom), *M. inconstans* (Mult) y *Tetraphyllidea* (Teph). Mientras que *Cymothoa exígua* (Cymo), *Gnathia* sp (Gnat) y *Anisakis* sp. (Anis) fueron clasificadas como especies comunes (cuadrante II), mediante este segundo método de clasificación. El grupo de especies raras fue el más numeroso (Fig. 15), sin registrarse especies con categoría de indicadores (cuadrante IV) (Fig. 15).

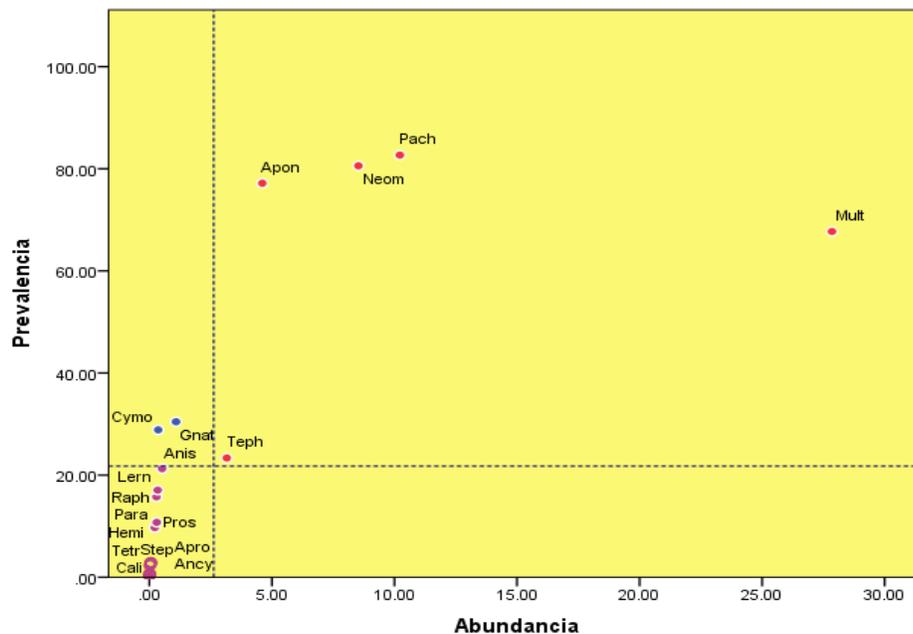


Figura 15. Clasificación de las especies de parásitos en *Parapsettus panamensis* de la Bahía de Acapulco (2012-2017), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.

En el muestreo efectuado en la localidad de Lázaro Cárdenas (Fig. 16) se registraron solo 3 especies con categoría de dominantes: *P. chaetodipteri* (Pach), *A. laguncula* (Apon), y *M. inconstans* (Mult); mientras que *N. chaetodipteri* (Neom), y *Sprostoniella lamothei* fueron clasificadas como comunes. Nuevamente como en la localidad anterior, no se registró ninguna especie indicadora.

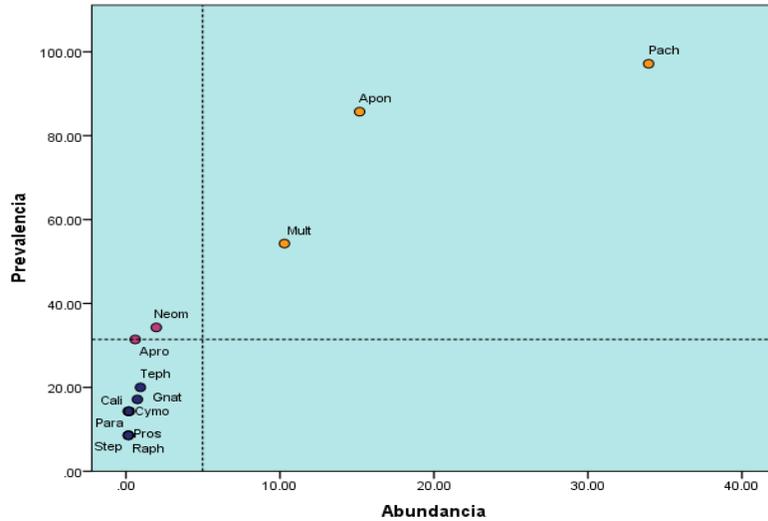


Figura 16. Clasificación de las especies de parásitos en *Parapsetus panamensis*, en la localidad de Lázaro Cárdenas (2013), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.

Con respecto a la localidad de Zihuatanejo (Fig. 17) se registraron 2 especies dominantes: *A. laguncula* (Apon), y *M. inconstans* (Mult), 2 fueron comunes: *Parancylodiscoides chaetodipteri* (Pach), *Neomegasolena chaetodipteri* (Neom) y 7 fueron clasificadas como raras.

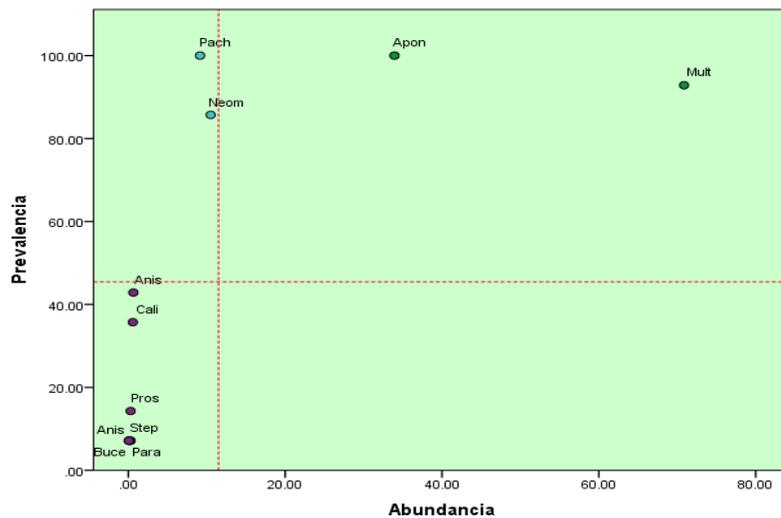


Figura 17. Clasificación de las especies de parásitos en *Parapsetus panamensis*, en la localidad de Zihuatanejo (2016), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.

Finalmente, en la localidad de Marquelia (Fig. 18) se clasificaron 2 especies como dominantes: *P. chaetodipteri* (Pach), la cual tuvo también esta misma clasificación en 2 localidades anteriores y *M. inconstans* (Mult), clasificada como dominante en todas las localidades examinadas. En Marquelia la larva del isópodo *Gnathia* sp., fue la única especie considerada como indicadora (es decir, una especie abundante, pero poco frecuente), mediante este método de clasificación (Fig.18).

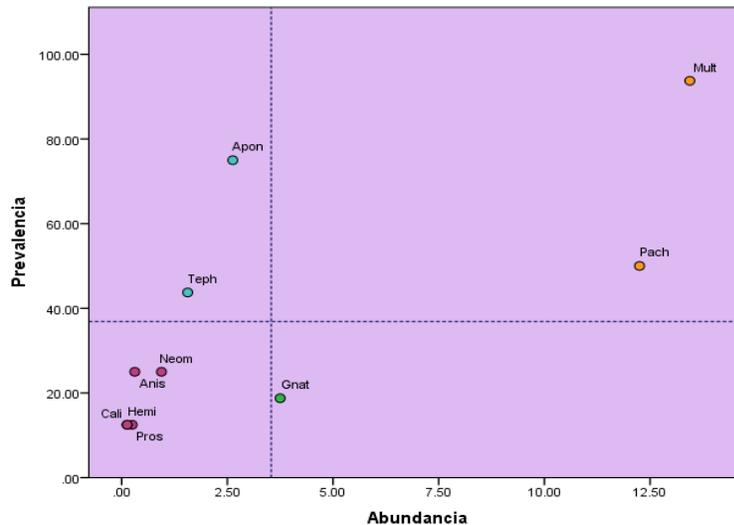


Figura 18. Clasificación de las especies de parásitos en *Parapsettus panamensis*, de la localidad de Marquelia (2016), empleando el método de asociación de Olmstead-Tukey.

### 6.9. Dispersión espacial de las especies de parásitos

Los valores de los índices de dispersión utilizados indicaron que la dispersión fue agregada entre la mayoría de las especies. Los valores del índice de varianza/media (ID) por ejemplo, indicaron que algunas especies como *P. chaetodipteri*, *M. inconstans*, *N. chaetodipteri*, la larva de cestodo Tetraphyllidae y el isópodo *Gnathia* sp. registraron altos niveles de agregación en todas las localidades en las que estuvieron presentes (Tabla 4). Sin embargo, otras especies como el digéneo *Hemiurus communis* en la localidad de Marquelia y el copépodo *Caligus mutabilis* en Lázaro Cárdenas y Marquelia que exhibieron una dispersión uniforme ( $ID < 1$ ). Los valores del índice de discrepancia y el de  $k$  de la binomial negativa indicaron también altos niveles de agregación en la mayoría de las especies en las cuatro localidades (Tabla 4).

**Tabla 4.** Valores de índices de dispersión empleados para determinar la distribución espacial de las especies de parásitos de *Parapsettus panamensis* en cada una de las localidades muestreadas. ID = índice de dispersión varianza/media ( $V/m$ ), D = índice de discrepancia, K = parámetro de la binomial negativa.

| Especie                            | Acapulco |       |      |                  | Lázaro Cárdenas |       |       |                  | Zihuatanejo |      |      |                  | Marquelia |      |      |                  |
|------------------------------------|----------|-------|------|------------------|-----------------|-------|-------|------------------|-------------|------|------|------------------|-----------|------|------|------------------|
|                                    | ID       | D     | K    | Chi <sup>2</sup> | ID              | D     | K     | Chi <sup>2</sup> | ID          | D    | k    | Chi <sup>2</sup> | ID        | D    | k    | Chi <sup>2</sup> |
| <i>P. chaetodipteri</i>            | 25.9     | 0.66  | 0.53 | 0.029            | 19.2            | 0.4   | 1.32  | 0.289            | 7.5         | 0.37 | 2.47 |                  | 19.6      | 0.60 |      |                  |
| <i>Ancyrocephalinae</i> sp.        | 2.9      | 0.97  | 0.02 |                  | 1.8             | 0.74  | 0.517 |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Sprostoniella lamothei</i>      | 1.5      | 0.99  | 0.01 |                  |                 |       |       |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Multitestis inconstans</i>      | 112.9    | 0.75  | 0.25 | 0.149            | 30.0            | 0.72  | 0.22  | 0.199            | 65.3        | 0.47 | 0.72 |                  | 15.8      | 0.50 | 0.72 | 0.905            |
| <i>Neomegasolena chaetodipteri</i> | 14.9     | 0.59  | 0.66 | 0.025            | 7.4             | 0.77  | 0.17  | 0.712            | 13.8        | 0.52 | 0.73 |                  | 9.4       | 0.83 | 0.12 |                  |
| <i>Aponurus laguncula</i>          | 7.7      | 0.59  | 0.75 | 0.049            | 18.1            | 0.50  | 0.82  | 0.260            | 16.7        | 0.34 | 2.16 |                  | 7.7       | 0.64 | 0.59 |                  |
| <i>Prosorchiopsis legendrei</i>    | 5.1      | 0.93  | 0.06 | 0.995            | 2.2             | 0.90  | 0.07  |                  | 2.4         | 0.83 | 0.14 |                  | 2.4       | 0.85 | 0.12 |                  |
| <i>Hemiurus communis</i>           | 3.86     | 0.98  | 0.01 | 0.971            |                 |       |       |                  |             |      |      |                  | 0.93      | 0.82 |      |                  |
| <i>Bucephalus</i> sp.              |          |       |      |                  |                 |       |       |                  |             | 4    | 0.86 |                  |           |      |      |                  |
| <i>Tetrochetus</i> sp.             | 1        | 0.99  |      |                  |                 |       |       |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Stephanostomum baccatum</i>     | 2.4      | 0.97  | 0.02 |                  | 1.7             | 0.90  | 0.10  |                  | 1           | 0.86 |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Tetraphyllidea</i>              | 43.0     | 0.92  | 0.06 | 0.431            | 9.4             | 0.88  | 0.09  |                  |             |      |      |                  | 4.3       | 0.71 | 0.25 |                  |
| <i>Corynosoma obtuscens</i>        | 1        | 0.99  |      |                  |                 |       |       |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Raphidascaris</i> sp.           | 3.0      | 0.89  | 0.17 | 0.533            | 2.2             | 0.90  | 0.07  |                  | 2           | 0.86 | 0.06 |                  |           |      |      |                  |
| <i>Anisakis</i> sp.                | 4.1      | 0.87  | 0.17 | 0.462            |                 |       |       |                  | 1.3         | 0.63 | 2.22 |                  | 1.1       | 0.74 | 2.62 |                  |
| <i>Spinitectus</i> sp.             | 1        | 0.99  |      |                  |                 |       |       |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Caligus mutabilis</i>           | 1.0      | 0.97  |      |                  | 0.88            | 0.83  |       |                  | 1.5         | 0.68 | 1.01 |                  | 0.93      | 0.82 |      |                  |
| <i>Parapetalus</i> sp.             | 3.1      | 0.93  | 0.07 | 0.735            | 1.2             | 0.85  | 0.82  |                  | 1           | 0.86 |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Ergasilus</i> sp.               | 1        | 0.99  |      |                  |                 |       |       |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Lernanthropus giganteus</i>     | 2.9      | 0.88  | 0.16 | 0.756            |                 |       |       |                  |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Cymothoa exigua</i>             | 1.14     | 0.759 | 2.51 | 0.988            |                 | 1.57  | 0.85  | 0.231            |             |      |      |                  |           |      |      |                  |
| <i>Gnathia</i> sp.                 | 5.99     | 0.833 | 0.19 | 0.750            | 8.26            | 0.889 | 0.07  |                  |             |      |      |                  | 55.8      | 0.87 | 0.04 |                  |

## 6.10. Comunidad Componente

La riqueza de especies de parásitos registrada a nivel comunidad componente, varió de manera significativa de 10 especies (Marquelia 2016) a 17 (Bahía Acapulco 2012) ( $t = 4.25$ ,  $P < 0.01$ ). En tanto que el número total de parásitos de cada comunidad varió de 566 (Marquelia 2016) a 10,169 parásitos (Acapulco Bay 2012), registrando diferencias significativas entre años de muestreo ( $\chi^2 = 9,934.6$ ,  $P < 0,01$ ) y localidades ( $\chi^2 = 1,360.4$ ,  $P < 0,01$ ).

Tres especies de helmintos (dos digéneos y un monogéneo) dominaron numéricamente las comunidades de parásitos de *P. panamensis* (Tabla 5). El digéneo *M. inconstans* fue el único que dominó hasta en tres localidades, aunque no con la misma intensidad (Tabla 3). Los valores del índice de diversidad Shannon-Wiener por su parte variaron de 0.95 (Zihuatanejo 2016) a 1.23 (Bahía Acapulco 2012) ( $t = 4.83$ ,  $P < 0.01$ ).

Tabla 5. Características de las comunidades componentes parásitos de *Parapsettus panamensis* de las costas del Pacífico mexicano. BPI = Índice de Berger-Parker; H = Índice de diversidad Shannon-Wiener. Mult = *Multitestis inconstans*, Neom = *Neomegasolena chaetodipteri*, Pach = *Parancylodiscoides chaetodipteri*.

| Localidad   | Fecha        | No. de hosp. | L (cm)   | No. de especies | No. de parásitos | BPI   | Especie dominante | H    |
|-------------|--------------|--------------|----------|-----------------|------------------|-------|-------------------|------|
| Acapulco    | Julio 2012   | 105          | 15.1±5.0 | 17              | 10169            | 0.628 | Mult              | 1.23 |
|             | Mayo 2013    | 70           | 12.4±1.7 | 16              | 2681             | 0.739 | Mult              | 1.20 |
|             | Abril 2016a  | 90           | 21.9±2.6 | 14              | 4183             | 0.32  | Mult              | 1.15 |
|             | Agosto 2016b | 56           | 13.3±2.1 | 14              | 2654             | 0.373 | Neom              | 1.15 |
|             | Agosto 2017  | 60           | 22.3±3.7 | 13              | 2309             | 0.637 | Pach              | 1.11 |
| L. Cardenas | Marzo 2013   | 35           | 26.5±5.3 | 13              | 2264             | 0.525 | Pach              | 1.11 |
| Marquelia   | Dic. 2016    | 16           | 16.9±7.5 | 10              | 566              | 0.38  | Mult              | 1.0  |
| Zihuatanejo | Mayo 2016    | 14           | 35.6±2.0 | 11              | 1771             | 0.56  | Mult              | 0.95 |

Los valores de similitud en la composición de especies a nivel cualitativo, registrados entre las comunidades componentes en diferentes años de muestreo y localidades, variaron entre el 48% (Acapulco 2013-Marquelia 2016) y el 96.3% (Bahía 2016b-Bahía2017); mientras que la similitud a nivel cuantitativo varió de 10.41% (Bahía 2012-Zihuatanejo 2016) a 68.54% (Bahía 2013-Marquelia 2016) (Tabla 6). De manera general, la similitud entre las comunidades de parásitos fue mayor a nivel cualitativo (media = 72.7%) que a nivel cuantitativo (media = 41.8%).

Tabla 6. Valores de los índices de similitud de Sorensen (S) y porcentual (PS) entre las comunidades de parásitos de *Parapsettus panamensis* de la costa del Pacífico mexicano. Localidades: Ba = Bahía Acapulco, LC = Lázaro Cárdenas, Ma = Marquelia, Zi = Zihuatanejo.

| S            |         |         |          |          |         |         |         |         |
|--------------|---------|---------|----------|----------|---------|---------|---------|---------|
| Localización | Ba 2012 | Ba 2013 | Ba 2016a | Ba 2016b | Ba 2017 | LC 2013 | Ma 2016 | Zi 2016 |
| Ba 2012      |         | 84.85   | 83.37    | 77.42    | 73.33   | 80      | 53.85   | 59.26   |
| Ba 2013      | 41.34   |         | 73.33    | 80       | 82.76   | 75.86   | 48      | 61.54   |
| Ba 2016a     | 54.45   | 52.88   |          | 85.71    | 81.48   | 80.12   | 60.87   | 66.67   |
| Ba 2016b     | 36.08   | 49.37   | 59       |          | 96.3    | 81.01   | 59.16   | 75      |
| Ba 2017      | 33.85   | 34.27   | 45.04    | 40.02    |         | 76.92   | 54.55   | 78.26   |
| LC 2013      | 35.49   | 34.46   | 45.04    | 48.80    | 79.86   |         | 61.64   | 69.57   |
| Ma 2016      | 26.43   | 68.54   | 44.14    | 61.48    | 38.18   | 47.20   |         | 73.68   |
| Zi 2016      | 10.41   | 24.21   | 23.67    | 30.56    | 35.83   | 37.10   | 34.21   |         |
| PS           |         |         |          |          |         |         |         |         |

La comparación de la similitud a nivel cualitativo entre comunidades de parásitos de diferentes localidades, realizada en base a muestras colectadas durante el mismo año de muestreo, indicó que ésta fue generalmente más baja entre localidades ubicadas a una mayor distancia; por ejemplo, la similitud entre las comunidades de Marquelia y Lázaro Cárdenas (Fig. 19) localizadas a una distancia de 423.4 km fue del 67%; entre las localidades de Marquelia y Zihuatanejo distantes 315.7 km del 72%, y del 76% para aquellas de Acapulco y Marquelia (localizadas a una distancia de 118.5 km).

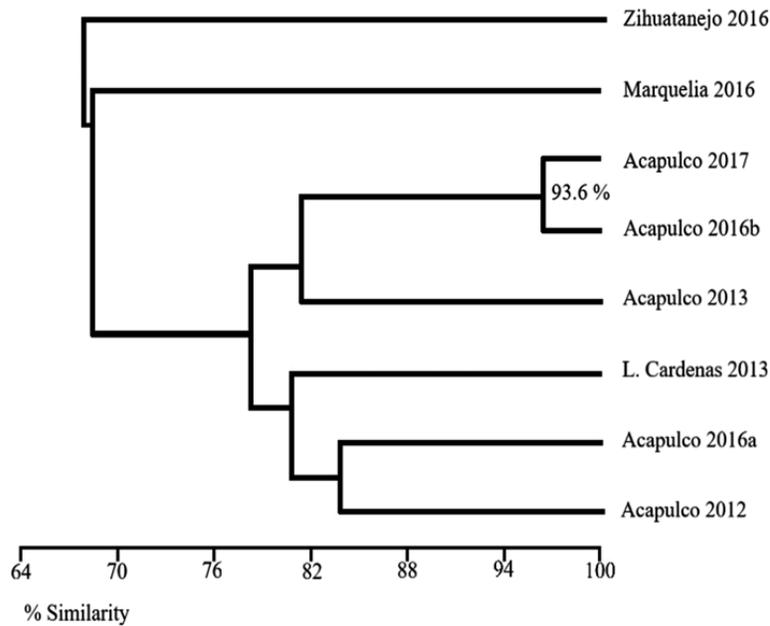


Figura 19. Porcentajes de similitud para las comunidades de parásitos de *Parapsettus panamensis* entre años y localidades de muestreo.

### 6.11. Infracomunidades

El tamaño corporal de los peces examinados varió de  $15.1 \pm 5.0$  cm (Acapulco 2012) a  $35.6 \pm 2.0$  cm (Marquelia 2016) y registrándose diferencias significativas entre los años de muestreo (ANOVA  $F = 136.5$ ,  $P < 0.05$ ) y las localidades (ANOVA  $F = 138.3$ ,  $p < 0.5$  (ANCOVA de una vía,  $F = 17.1$ ,  $p < 0.05$ ). Los especímenes más grandes se colectaron en Zihuatanejo ( $35.6 \pm 2.0$  cm) en tanto que los más pequeños en Acapulco 2013 ( $12.4 \pm 1.7$  cm) (Tabla 7). La riqueza promedio de especies de parásitos varió de  $3.6 \pm 1.3$  a  $6.0 \pm 1.5$ , mientras que el número promedio de parásitos de  $35.4 \pm 25.8$  a  $126.5 \pm 90.5$  (Tabla 7). Los valores del índice de diversidad de Brillouin ( $H'$ ) variaron significativamente de  $0.90 \pm 0.5$  a  $1.4$   $p < 0.01$ ). El número promedio de especies (ANCOVA,  $F = 21.5$ ,  $p < 0.01$ ) y la diversidad promedio ( $H'$ ) fueron significativamente más altos en el muestreo de Acapulco 2012; mientras que el número promedio de parásitos (ANCOVA,  $F = 20.2$ ,  $p < 0.01$ ) fue más alto en el muestreo realizado en Zihuatanejo (2016).

Tabla 7. Características de las infracomunidades de parásitos de *Parapsettus panamensis* en las costas del Pacífico Mexicano.

| Localidad          | Fecha        | No. de hosp. | L (cm)          | Número prom. de especies | Número prom. de individuos | Índice de Brillouin |
|--------------------|--------------|--------------|-----------------|--------------------------|----------------------------|---------------------|
| <b>Acapulco</b>    | Julio 2012   | 105          | 15.1±5.0        | <b>6.0 ±1.5</b>          | 96.8±101.7                 | 1.4±0.5             |
|                    | Mayo 2013    | 70           | <b>12.4±1.7</b> | 3.8±1.7                  | 38.3±40.2                  | <b>0.90±0.4</b>     |
|                    | Abril 2016a  | 90           | 21.9±2.6        | 4.7±1.4                  | 46.5±52.2                  | 1.35±0.4            |
|                    | Agosto 2016b | 56           | 13.3±2.1        | 5.2±1.6                  | 47.4±29.7                  | <b>1.53±0.4</b>     |
|                    | Agosto 2017  | 60           | 22.3±3.7        | <b>3.6±1.3</b>           | 38.5±27.8                  | 0.99±0.4            |
| <b>L. Cárdenas</b> | Marzo 2013   | 35           | 26.5±5.3        | 4.1±1.4                  | 64.7±33.0                  | 1.08±0.4            |
| <b>Marquelia</b>   | Dic. 2016    | 16           | 16.9±7.5        | 3.7±1.4                  | <b>35.4±25.8</b>           | 0.97±0.5            |
| <b>Zihuatanejo</b> | Mayo 2016    | 14           | <b>35.6±2.0</b> | 5.0±1.4                  | <b>126.5±90.5</b>          | 1.37 ±0.4           |

### 6.12. Caracterización de las infracomunidades en base a la longitud de los hospederos

Para el análisis de los parámetros de infracomunidad en base a la longitud de los hospederos, se construyeron un total de 9 intervalos de clase, integrando los datos de las 4 localidades debido a que las longitudes fueron muy irregulares. La riqueza promedio de especies a nivel infracomunidad varió entre 3.52 y 5.14 para los diferentes intervalos de clase (Fig. 20); siendo significativamente más baja para los peces correspondientes al intervalo de 27.5 cm y más alta para aquellos del de 20.55 cm (Anova  $F = 2.67$ ,  $P < 0.01$ ).

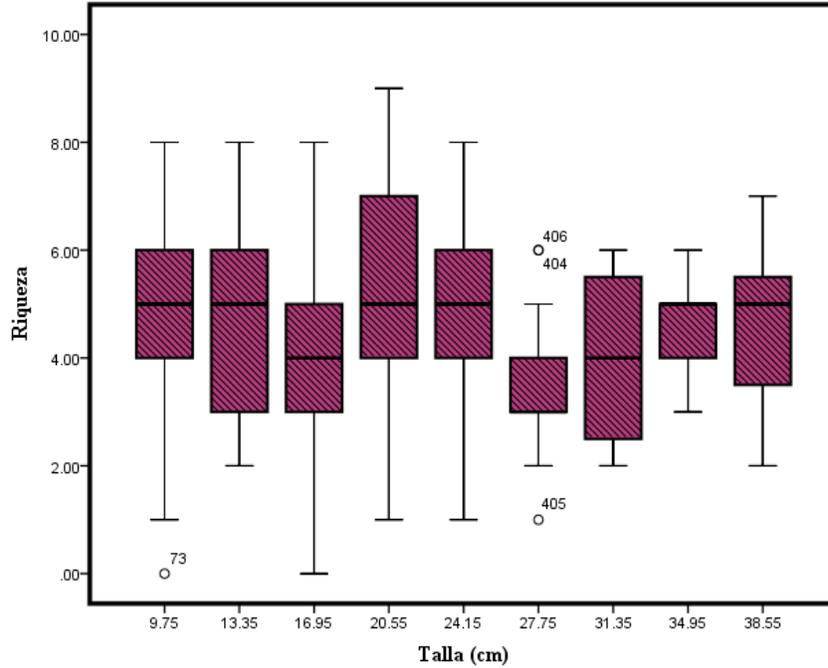


Figura 20. Distribución de la riqueza de especies en base a la longitud total de *Parapsettus panamensis* en las 4 localidades estudiadas.

La carga parasitaria (número total de parásitos) varió entre 31.90 parásitos en promedio para los ejemplares del intervalo de 27.75 cm a 164 para los de mayor tamaño (intervalo de 38.55, Fig. 21). Solo en los peces de mayor tamaño la carga parasitaria fue significativamente más alta (Anova  $F = 4.57$ ,  $P < 0.01$ ).

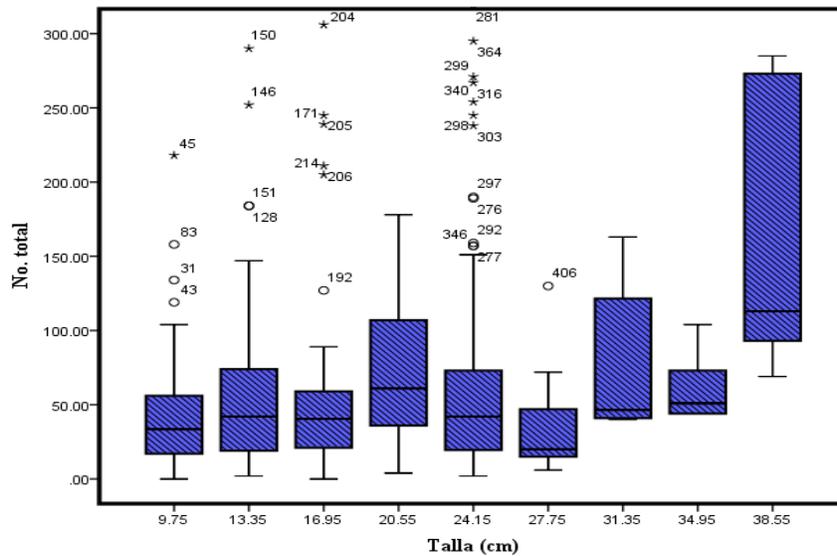


Figura 21. Distribución de la carga parasitaria en base a la longitud total de *Parapsettus panamensis* en las 4 localidades estudiadas.

En el caso de los valores de diversidad (índice de Brillouins), estos fueron mayores a la unidad en casi todos los intervalos a excepción del correspondiente a la longitud de 31.35 cm. La diversidad promedio fue significativamente más alta para los intervalos de 20.55 y 24.15 cm (Anova  $F = 3.01$ ,  $P < 0.01$ ) (Fig. 22).

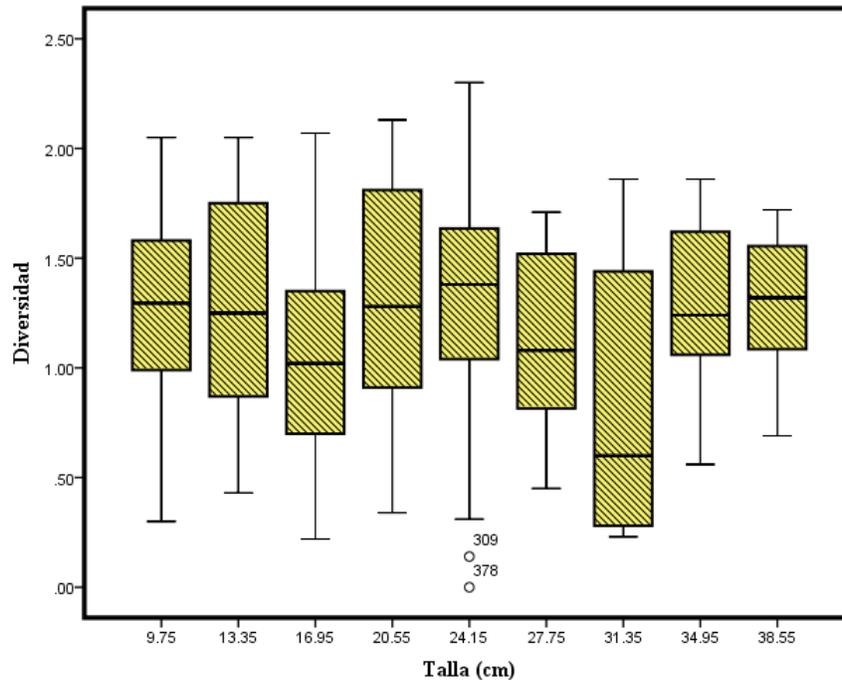


Figura 22. Distribución de la diversidad de especies de parásitos en base a la longitud total de *Parapsettus panamensis* en las 4 localidades estudiadas.

### 6.13. Relación entre la longitud y el factor de condición (Kn) de *Parapsettus panamensis* con los parámetros de infracomunidad

La longitud total de los hospederos correlacionó de manera positiva con los parámetros de la carga parasitaria, y el número total de parásitos especialistas considerando todas las infracomunidades (Tabla 8). En tanto que para la abundancia de las especies de parásitos, se registró correlación positiva significativa para un total de 7 especies, en tanto que para 2 especies: el nematodo *Anisakis* sp. y el copépodo *Lernanthropus giganteus* la correlación entre sus abundancias y la longitud de los peces fue negativa (Tabla 8).

Tabla 8. Valores obtenidos para el coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), empleado para determinar la existencia de relación entre la longitud y el factor de condición (Kn) de los hospederos de las 4 localidades y los parámetros de infracomunidad, así como la abundancia de las especies de parásitos más frecuentes y abundantes. \*\* Correlaciones significativas a  $P < 0.01$ , \* significativas a  $P < 0.05$ .

| <b>Parámetros</b>                     | <b>Talla</b>    | <b>Kn</b>       |
|---------------------------------------|-----------------|-----------------|
| <b>Riqueza</b>                        | -0.084          | <b>0.234**</b>  |
| <b>Carga</b>                          | <b>0.151**</b>  | <b>0.151**</b>  |
| <b>Diversidad</b>                     | -0.013          | 0.087           |
| <b>Equidad</b>                        | -0.035          | -0.055          |
| <b>R especialistas</b>                | 0.047           | 0.033           |
| <b>Total especialistas</b>            | <b>0.144**</b>  | <b>0.133**</b>  |
| <b>Parásitos</b>                      |                 |                 |
| <i>Sprostoniella lamothei</i>         | <b>0.173**</b>  | -0.010          |
| <i>Paracylodosoides chaetodipteri</i> | <b>0.308**</b>  | <b>-0.138**</b> |
| <i>Multitestis inconstans</i>         | 0.008           | <b>0.221**</b>  |
| <i>Neomegasolena chaetodipteri</i>    | -0.051          | 0.073           |
| <i>Aponurus laguncula</i>             | <b>0.330**</b>  | <b>-0.174**</b> |
| <i>Prosorchiopsis legendrei</i>       | <b>0.219**</b>  | <b>-0.151**</b> |
| Tetraphyllidea                        | <b>0.103*</b>   | <b>0.095*</b>   |
| <i>Raphidascaris</i> sp.              | -0.059          | 0.037           |
| <i>Anisakis</i> sp.                   | <b>-0.258**</b> | <b>0.304**</b>  |
| <i>Caligus mutabilis</i>              | <b>0.221**</b>  | <b>-0.181**</b> |
| <i>Parapetalus</i> sp.                | <b>-0.150**</b> | 0.035           |
| <i>Lernanthropus giganteus</i>        | <b>-0.241**</b> | <b>0.161**</b>  |
| <i>Cymothoa exígua</i>                | -0.017          | <b>0.102*</b>   |
| <i>Gnathia</i> sp.                    | <b>0.174**</b>  | 0.022           |

El factor de condición de los peces (Kn) por su parte, fue relacionado positivamente con 3 de los parámetros: la riqueza, la carga parasitaria y el número total de parásitos especialistas (Tabla 8). A diferencia de la longitud total, el Kn presentó un mayor número de correlaciones negativas con la abundancia de hasta 4 especies de parásitos: *P. chaetodipteri*, *A. laguncula*, *Pr. legendrei* y *C. mutabilis*. De manera general, se observaron resultados opuestos en cuanto al tipo de correlación (positiva o negativa) entre la longitud y los valores del Kn, con la abundancia de algunas especies de parásitos (Tabla 8).

## 6.14. Análisis multivariados.

En el análisis de componentes principales (ACP) empleado para determinar la posible influencia de factores bióticos o abióticos sobre la estructura de las infracomunidades de parásitos, las dos primeras variables componentes explicaron el 59.4% de la varianza total, contribuyendo con el 37.1% (auto valor = 2.97) y 22.3% (auto valor = 1.80), respectivamente. El modelo resultante sugiere que las infracomunidades más ricas y más diversas en todas las localidades examinadas, se caracterizaron por presentar un número muy significativo de parásitos especialistas; sin embargo, la riqueza y la diversidad de estas infracomunidades variaron a lo largo de los años de muestreo (Fig. 23).

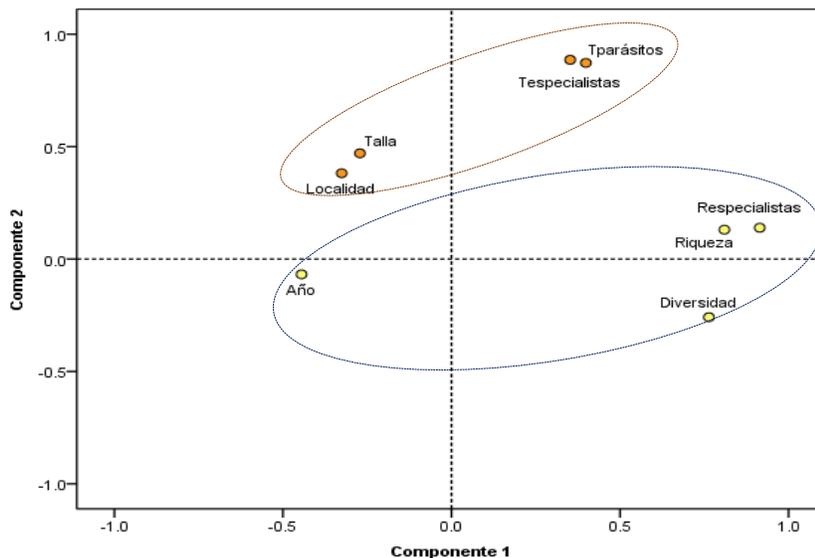


Figura 23. Diagrama de dispersión del Análisis de componentes principales (ACP) sobre factores bióticos y abióticos que influyen en la diversidad y riqueza de especies de las infracomunidades de *Parapsettus panamensis*, en la costa del Pacífico mexicano. Variables predictoras: Talla = longitud total del hospedero, Tspecialista = número total de parásitos especialistas, Respecialista = riqueza de especies de parásitos especialistas, Año = año de muestreo, Localidad = sitios de muestreo. Variables dependientes (parámetros infracomunitarios): Diversidad = Valores del índice de diversidad de Brillouin, Riqueza = Número de especies de parásitos por infracomunidad, Tparásitos = número total de parásitos por infracomunidad. Las elipses de líneas discontinuas agrupan variables que se presentaron una mayor asociación en el ACP.

La segunda variable componente se relacionó con la localidad, el número total de parásitos, el número de parásitos especialistas y el tamaño del cuerpo del hospedero. De acuerdo con esta segunda variable, los hospederos más grandes de algunas localidades, presentaron una carga parasitaria más alta en comparación con los más pequeños (Fig. 23).

Por otra parte, el modelo resultante del análisis discriminante empleado para identificar posibles diferencias en la composición de especies de parásitos entre las diferentes localidades muestreadas, generó tres variables discriminantes. Las primeras dos variables explicaron el 97.5% de la varianza total, contribuyendo con un 72.1.1% (auto valor = 1.71) y 25.4% (auto valor = 0.605), respectivamente. En el gráfico resultante, se observó un efecto de agrupamiento significativo de los datos (lambda de Wilks = 0.216,  $F_{151}$ ,  $P < 0.001$ ). Los puntos que representaron a cada uno de los peces incluidos en el análisis, se distribuyeron principalmente a lo largo del primer eje (Fig. 24). Las pruebas de dimensionalidad indicaron que las 4 comunidades componentes (localidades muestreadas) se encontraron separadas significativamente en ambas dimensiones ( $\chi^2 = 228.2$ ,  $d.f. = 18$ ,  $P < 0.001$ ) (Figura 26).

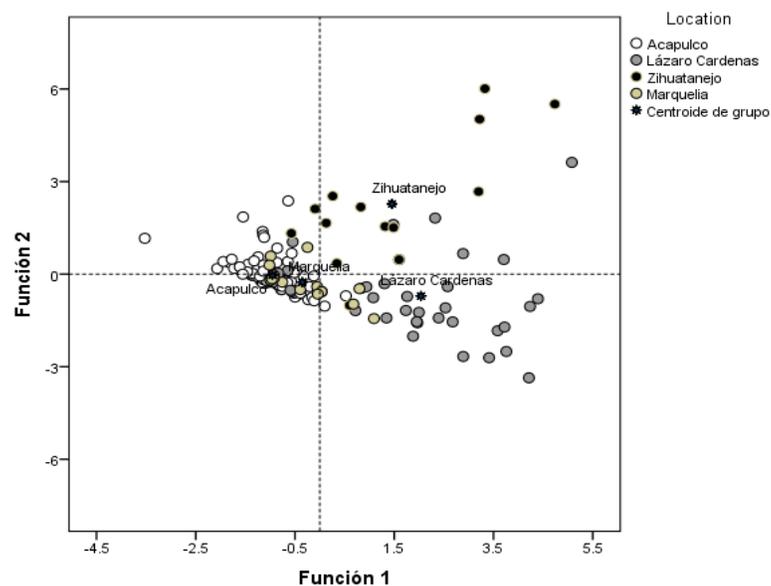


Figura 24. Gráfico del análisis discriminante para diferenciación de stocks de *Parapsettus panamensis* en base a sus parásitos, en localidades de las costas del Pacífico mexicano. Localidades: 1 = Bahía de Acapulco, 2 = Lázaro Cárdenas, 3 = Marquelia, 4 = Zihuatanejo. Los círculos representan cada uno de los peces examinados en cada localidad de muestreo. Centroides = grupo medio. Solo la muestra de Acapulco de abril del 2016, fue incluida en este análisis.

Todos los ejemplares de *P. panamensis* fueron clasificados correctamente a una de las cuatro comunidades componentes comparadas con una exactitud del 69%. Treinta y dos peces de la muestra correspondiente a la Bahía de Acapulco fueron asignados de manera incorrecta a la localidad de Zihuatanejo (Tabla 9). En tanto que 9 peces de Lázaro Cárdenas fueron asignados incorrectamente a alguna de las otras 3 localidades, principalmente a Zihuatanejo y Marquelia. Mientras que solo dos peces de Zihuatanejo fueron asignados incorrectamente a otras 2 localidades (Tabla 9).

Tabla 9. Resultados del análisis discriminante que muestra los números y porcentajes de peces *Parapsettus panamensis* asignados de manera correcta o incorrecta en cada localidad (las filas corresponden a miembros de una misma localidad).

| Localidad       | Acapulco | L. Cárdenas | Marquelia | Zihuatanejo | %    |
|-----------------|----------|-------------|-----------|-------------|------|
| Acapulco Bay    | 57       | 0           | 1         | 32          | 63.3 |
| Lázaro Cárdenas | 1        | 26          | 3         | 5           | 74.3 |
| Marquelia       | 1        | 1           | 10        | 2           | 71.4 |
| Zihuatanejo     | 1        | 1           | 0         | 14          | 87.5 |

\* Porcentaje de peces clasificados correctamente por localidad.

De las catorce especies componentes (es decir, aquellas con prevalencia  $\geq 10\%$ ) consideradas en el análisis discriminante, solo 8 fueron aceptadas en el modelo resultante, en base en sus menores valores de lambda de Wilks. Una de estas, el nematodo *Anisakis* sp. permitió separar a la mayoría de los peces de la Bahía de Acapulco. Mientras que los monogéneos *S. lamothei* y *P. chaetodipteri*, así como el digéneo *N. chaetodipteri* y el copépodo *Parapetalus* sp. fueron las especies de parásitos más importantes en la diferenciación de peces de Lázaro Cárdenas (Fig. 25). Los digéneos *M. inconstans* y *A. laguncula*, por su parte, permitieron la separación de un mayor número de peces de Marquelia (71,4%). Finalmente, la alta ocurrencia del copépodo *C. mutabilis* fue la característica que permitió la diferenciación de peces de Zihuatanejo.

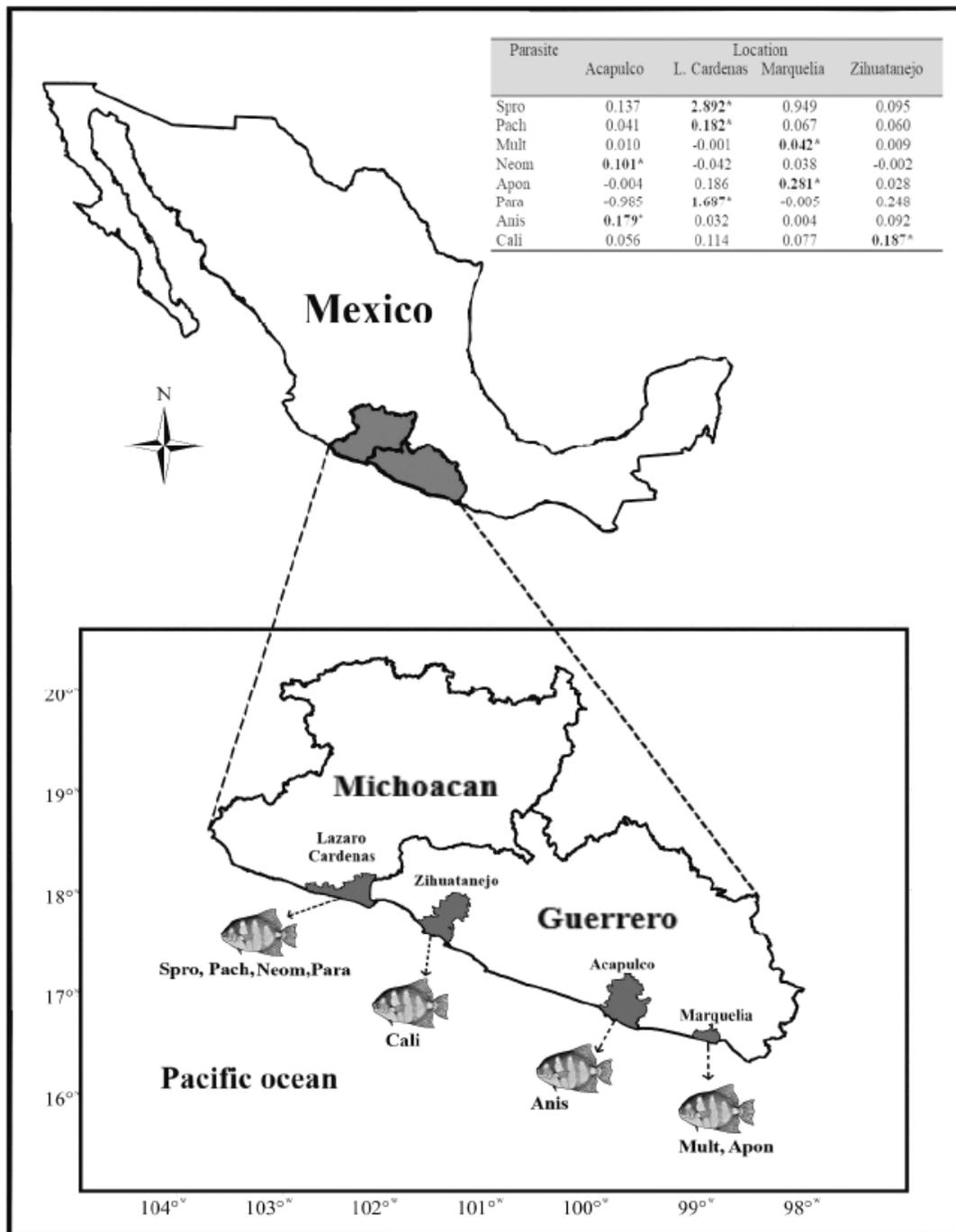


Figura 25. Diferenciación de stocks (poblaciones) de *Parapsettus panamensis* en costas del Pacífico mexicano, mediante el empleo de parásitos como biomarcadores. (Inserción: Correlaciones canónicas registradas entre las funciones discriminantes y la abundancia de los parásitos de *P. panamensis* que permiten diferenciar stocks de este hospedero. Anis, *Anisakis* sp. determinó la posición de la localidad de Acapulco. Apro, *Sprostoniella lamothei*, Pach, *Parancylodiscoides chaetodipteri*, Neom, *Neomegasolena chaetodipteri* y Para, *Parapetalus* sp. fueron las especies de parásitos más importantes en la determinación de la localidad de Lázaro Cárdenas. Mult, *Multitestis inconstans* y Apon, *Aponurus laguncula* permitieron la separación de un mayor número de peces de Marquelia. Cali, *Caligus mutabilis* fue la especie de parásito más importante para la asignación de peces a la localidad de Zihuatanejo.

### 6.15. Asociaciones entre pares de especies de parásitos

Se realizó un análisis de asociación entre las especies más frecuentes y abundantes de cada localidad y año de muestreo. En total se compararon 215 parejas de parásitos (Bahía 2012,  $n = 38$ ; 2013,  $n = 42$ ; 2016,  $n = 45$ ; 2017,  $n = 45$ ; Lázaro Cárdenas,  $n = 31$ , Zihuatanejo,  $n = 16$  y Marquelia,  $n = 18$ ). Ciento treinta y ocho parejas fueron de endoparásitos y 77 de ectoparásitos. Del total de parejas conformadas solo 31 presentaron asociación: 8 fueron negativas y 21 positivas (Tabla 10).

En los muestreos de la localidad de Acapulco, las asociaciones de mayor intensidad entre las especies de ectoparásitos se registraron en los casos de las parejas *Ergasilus* sp.-*Caligus mutabilis* ( $v = 0.70$ ), *Lernanthropus giganteus*-*Gnatia* sp. ( $v = 0.63$ ) y *Caligus mutabilis*-*Gnatia* sp. ( $v = 1.64$ ) (Tabla 10). En tanto que entre los endoparásitos las parejas *Prosorchiopsis legendrei*-*Bucephalus* sp., *P. legendrei*-*Stephanostomum baccatum* y *Tetraphyllidea*-*Multitestis inconstans*, fueron las que presentaron las asociaciones de mayor intensidad ( $v = 0.68$ , en todos los casos).

Por otra parte, la pareja de digeneos *Neomegasolena chaetodipteri*-*Multitestis inconstans* fue la única que registró una asociación positiva y con similar intensidad, hasta en 3 los muestreos efectuados en la Bahía de Acapulco (Tabla 10).

Tabla 10. Asociaciones registradas entre parejas de ecto y endoparásitos, en comunidades del pámpano *Parapsettus panamensis* de la Bahía de Acapulco, Gro.

|                   |                  | 2012    |                  | 2013    |                  | 2016    |                  | 2017    |  |
|-------------------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|---------|--|
| Parásitos         | Chi <sup>2</sup> | Coef. v |  |
| Ectoparásitos     |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Pach- Lern</b> | <b>10.09</b>     | -0.31   |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Pach-Para</b>  | <b>4.41</b>      | -0.20   |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Erga-Cali</b>  | <b>34.49</b>     | 0.70    |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Lern-Gnat</b>  |                  |         |                  |         | <b>12.1</b>      | -0.29   |                  |         |  |
| <b>Lern-Para</b>  |                  |         |                  |         | <b>57.18</b>     | 0.63    |                  |         |  |
| Endoparásitos     |                  |         |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Neom-Step</b>  | <b>10.6</b>      | -0.32   |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Neom-Teph</b>  | <b>9.36</b>      | 0.30    |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Neom-Mult</b>  | <b>3.93</b>      | 0.19    | <b>10.74</b>     | 0.39    |                  |         | <b>6.51</b>      | 0.33    |  |
| <b>Apon-Teph</b>  | <b>4.48</b>      | 0.21    |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Apon-Step</b>  | <b>6.93</b>      | -0.26   |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Neom-Raph</b>  | <b>3.86</b>      | 0.19    |                  |         |                  |         |                  |         |  |
| <b>Raph-Mult</b>  |                  |         |                  |         | <b>6.5</b>       | 0.21    |                  |         |  |
| <b>Mult-Apon</b>  |                  |         |                  |         | <b>4.15</b>      | 0.17    |                  |         |  |
| <b>Hemi-Step</b>  |                  |         |                  |         | <b>7.57</b>      | 0.23    |                  |         |  |
| <b>Tetr-Teph</b>  |                  |         |                  |         | <b>6.34</b>      | 0.21    |                  |         |  |
| <b>Tetr-Raph</b>  |                  |         |                  |         | <b>4.24</b>      | 0.17    |                  |         |  |
| <b>Apon-Pros</b>  |                  |         |                  |         | <b>4.87</b>      | -0.18   |                  |         |  |
| <b>Teph-Mult</b>  |                  |         |                  |         | <b>4.05</b>      | 0.17    |                  |         |  |
| <b>Cory-Raph</b>  |                  |         | <b>5.7</b>       | 0.29    |                  |         |                  |         |  |

En el caso de las 3 localidades restantes, al igual que en Acapulco, el número de asociaciones positivas fue mayor al de las negativas (Tabla 11). Para cada localidad, las parejas de parásitos que presentaron algún tipo de asociación, fueron distintas. La asociación de mayor intensidad, se registró entre la pareja del céstodo *Tetraphyllidea* y el digéneo *Multitestis inconstans* ( $v = 0.70$ , Tabla 11).

Tabla 11. Asociaciones registradas entre parejas de ecto y endoparásitos, en comunidades del pámpano *Parapsettus panamensis* de 3 localidades del Pacífico mexicano.

|               |                  | Lázaro  |                  | Zihuat. |                  | Marquel. |
|---------------|------------------|---------|------------------|---------|------------------|----------|
| Parásitos     | Chi <sup>2</sup> | Coef. v | Chi <sup>2</sup> | Coef. v | Chi <sup>2</sup> | Coef.V   |
| Ectoparasitos |                  |         |                  |         |                  |          |
| Pach-Cali     | 6.18             | -0.42   |                  |         |                  |          |
| Cali-Gnat     |                  |         |                  |         | 42.92            | 1.64     |
| Endoparásitos |                  |         |                  |         |                  |          |
| Pros-Teph     | 4.47             | 0.36    |                  |         |                  |          |
| Raph-Mult     |                  |         | 14.00            | -1.00   |                  |          |
| Pros-Buce     |                  |         | 6.46             | 0.68    |                  |          |
| Pros-Step     |                  |         | 6.46             | 0.68    |                  |          |
| Neom-Apon     |                  |         |                  |         | 4.04             | 0.5      |
| Apon-Pros     |                  |         |                  |         | 4.85             | 0.55     |
| Apon-Hemi     |                  |         |                  |         | 4.85             | 0.55     |
| Teph-Mult     |                  |         |                  |         | 7.38             | 0.68     |

## VII. DISCUSIÓN

### 7.1 Aspectos poblacionales de los hospederos

Las longitudes promedio de *P. panamensis* variaron de manera significativa entre las 4 localidades examinadas (Tabla 1). Los ejemplares de menor tamaño ( $12.37 \pm 1.68$  cm) fueron colectados en uno de los muestreos efectuados en la Bahía de Acapulco (2013), en tanto que los más grandes se obtuvieron del muestreo de Zihuatanejo (2016). Espino *et al.* (2003) señalan que esta especie alcanza una talla máxima de 30 cm, en tanto que otros estudios indican que puede alcanzar los 40 cm (Allen & Robertson 1998). De acuerdo a la máxima talla registrada (35.65 cm), es posible que esta especie alcance una talla mayor a la aquí registrada, en base a los reportes de otras localidades. Por otra parte, la presencia de organismos inmaduros de menor talla en la mayoría de los muestreos efectuados en Bahía de Acapulco (Tabla 1), refuerza la hipótesis de que esta Bahía actúa como una gran guardería para muchas especies de peces, cuyos juveniles penetran en busca de refugio y alimento y son muchas veces capturados, antes de que puedan reproducirse al menos por una vez en su vida.

Los resultados de la relación longitud-peso considerando los datos agrupados de las 4 localidades sin considerar por sexo, indicaron que el crecimiento de los peces no fue uniforme ( $b > 3$ ). Es señalado que un valor de  $b$  diferente a 3, indica un crecimiento de tipo alométrico negativo  $< 3$  o positivo  $> 3$ , es decir; no todas las partes del cuerpo crecen en la misma proporción. Por lo que el valor de la pendiente ( $b = 2.72$  y  $2.55$ , Figs. 2, 3) de las ecuaciones obtenidas para *P. panamensis* sugieren que los peces presentan un mayor crecimiento en talla que en peso. Chero *et al.* (2017) reportan también para *P. panamensis* de Tumbes, Perú un crecimiento alométrico negativo, aunque el valor de la pendiente  $b$  reportado por estos autores es muy pequeño ( $b = 0.474$ ). Las relaciones longitud-peso generalmente no son constantes a lo largo del año, dado que pueden variar de acuerdo a ciertos factores tales como la disponibilidad de alimento, tasas de alimentación, desarrolló gonádico y el periodo de desove (Bagenal y Tesch 1978, Al-Rasady *et al.* 2012).

## **7.2. Representatividad de los muestreos**

Se considera que en muchas ocasiones la detección de hospederos altamente infectados en una población natural es muy escasa, debido principalmente a inadecuados esfuerzos de muestreo. Esto es atribuido a que la estimación de la mayoría de los parámetros poblacionales de parásitos, es muy sensible al tamaño de la muestra dado la distribución agregada de los parásitos entre sus hospederos (Poulin 2000). Algunos autores como Vidal-Martínez *et al.* (2001) consideran como adecuado un tamaño de muestra de 30 organismos en el caso de estudios de comunidades de parásitos en peces, en cambio otros sugieren que es preferible examinar tantos organismos como sea posible, principalmente cuando se intenta cuantificar la relación entre el tamaño de los hospederos y la intensidad de infección de los parásitos (Poulin 2000).

Entre los métodos generalmente utilizados para determinar si el tamaño de muestra utilizado fue suficiente para recuperar la mayor parte de las especies presentes que infectan regularmente al hospedero examinado en un área o localidad, se encuentra el de la construcción de curvas de acumulación de especies. En este sentido, las curvas acumulativas construidas para cada localidad muestreada (Figs.7-8), indicaron que los tamaños de muestra utilizados en cada localidad, pueden ser considerados como adecuados y garantizan los resultados obtenidos.

## **7.3. Parasitofauna registrada**

Las 23 especies de parásitos metazoarios (16 helmintos y 7 crustáceos), que constituyeron la parasitofauna registrada en los 446 ejemplares de *P. panamensis* examinados de cuatro localidades (Tabla 1), constituyen nuevos registros geográficos para este hospedero en México. El grupo de los digéneos (ocho adultos) dominó numéricamente las comunidades de parásitos en todas las localidades, representando el 70% del total de parásitos recuperados. En las regiones tropicales, los digéneos representan el grupo más abundante y diverso de helmintos parásitos en peces de todos los ambientes (agua dulce, marina y salobre) (Takemoto *et al.* 1996; Pérez-Ponce de León *et al.* 1999, 2007; Luque y Poulin 2007; Violante-González *et al.* 2007; Iannaccone y Alvariño 2008, García-Prieto *et al.* 2014). Aparentemente, este es también

un patrón de composición de especies muy común en comunidades de parásitos marinos en peces de las costas del Pacífico mexicano (Violante-González *et al.* 2016). Los crustáceos (4 especies de copépodos y 3 isópodos) fueron el segundo grupo más diverso de parásitos. A pesar de que este es también un grupo muy diverso que parasita principalmente especies de peces marinos, los crustáceos parásitos han recibido muy poca atención en México (Morales-Serna *et al.* 2012). En el Neotrópico por ejemplo, los copépodos constituyen el segundo grupo más grande de parásitos de peces marinos, y el tercer grupo más grande en peces de agua dulce (Luque y Tavares, 2007). En el presente estudio, los crustáceos representaron el 30% del total de especies recuperadas, siendo los copépodos el grupo más diverso (Tabla 1).

#### **7.4. Variación en los niveles de infección parasitaria entre años de muestreo y localidades**

Algunas especies intestinales que registraron una amplia distribución, presentaron variaciones significativas en sus niveles de infección entre las localidades y años de muestreo (Tabla 1). Se ha sugerido que la variación en los parámetros de infección estándar (es decir, prevalencia, intensidad y abundancia) es un patrón común registrado en cualquier especie de parásito (Poulin 2006). Las variaciones registradas en los niveles de infección de varias especies intestinales como los digéneos *A. laguncula*, *M. inconstans*, *N. chaetodipteri* y *P. legendrei* las cuales se transmiten a partir de la ingestión de presas infectadas, pueden ser atribuidas a cambios en la dieta de los hospederos y en la disponibilidad de presas infectadas con estadios infectivos entre localidades y años de muestreo (García *et al.* 2001, Iannacone *et al.* 2010, Santana-Pineiros *et al.* 2012). Sin embargo, la abundancia poblacional y el comportamiento gregario (formación de cardumen) de *P. panamensis* (Allen y Robertson 1998) pueden ser una mejor explicación para la variación temporal y espacial (entre localidades) registradas por las dos especies de ectoparásitos, el monogéneo *P. Chaetodipteri* y el copépodo *C. mutabilis*. Los peces que forman grandes cardúmenes facilitan la transmisión de sus parásitos, particularmente de aquellos que tienen un ciclo de transmisión directa, como es el caso de los monogéneos y los copépodos (Sasal y Morand 1998, Luque *et al.* 2004).

### **7.5. Dispersión espacial de las especies de parásitos**

La agregación de parásitos entre los hospederos, es uno de los aspectos mejor documentados de las poblaciones de parásitos. Este patrón de agregación, origina que la mayoría de los hospederos no presente o albergue pocos individuos, en tanto que unos pocos presenten muchos parásitos (Poulin y Morand 2000).

Los valores de los índices de dispersión utilizados indicaron que casi el 50% de las especies de parásitos presentaron una dispersión agregada en uno o más años de muestreo o entre localidades (Tabla 4). La agregación es considerada también un patrón de dispersión común en parásitos de peces marinos (Iannacone 2004, Rohde 2005, Iannacone y Alvarino, 2008, Amarante *et al.* 2015). Cuatro de las especies de helmintos clasificadas como especialistas (es decir, *P. chaetodipteri*, *A. laguncula*, *M. inconstans* y *N. chaetodipteri*) exhibieron un alto grado de agregación (Tabla 4). Sin embargo, el nivel de agregación de estas especies de parásitos varió entre los años y sitios de muestreo, lo que sugiere la existencia de diferencias en las tasas de exposición a los parásitos, debido posiblemente al efecto de factores ambientales locales (Poulin 2013), o bien a diferencias en el comportamiento alimenticio de los peces, como lo sugiere el análisis de la alimentación de *P. panamensis*. La mayoría de estas especies de helmintos han sido reportadas recientemente en *P. panamensis* de Tumbes, Perú (Chero *et al.* 2017), con niveles de agregación muy similares a los reportados aquí.

### **7.6. Efecto de la dieta del hospedero sobre la estructura y la composición de especies de las comunidades de parásitos**

La dieta del hospedero es un factor importante en la estructuración de las comunidades de parásitos, principalmente en el caso de especies intestinales, las cuales son transmitidas a sus hospederos finales a través de relaciones predador-presa (Sasal *et al.* 1997). Debido a que *P. panamensis* es un pez demersal (Allen y Robertson 1998), su estrecha relación con el fondo marino lo puede exponer a una gran variedad de estadios infectivos de parásitos transmitidos por vía trófica (Alves y Luque 2001).

Doce especies de parásitos identificadas (52% del total de especies) en este hospedero fueron colectadas del intestino o el mesenterio (Tabla 1), indicando que la dieta fue un factor importante en la estructuración de sus comunidades de parásitos intestinales (Sasal *et al.* 1997; García *et al.* 2001, Luque *et al.* 2004; Tavares y Luque 2004; Mwita y Nkwengulila 2008; Iannacone *et al.* 2010; Santana-Pineiros, *et al.* 2012). En los ejemplares de *P. panamensis* examinados en Tumbes Perú, los endoparásitos adultos representaron el 86.53% de todos los parásitos colectados (Chero *et al.* 2017), lo cual confirma la importancia que tiene la dieta en la estructuración de la comunidad de parásitos de este pez.

### **7.7. Utilización de *Parapsettus panamensis* como hospedero intermediario**

La presencia de dos larvas de helmintos, el nemátodo *Anisakis* sp. el cual utiliza mamíferos marinos como hospederos finales (Moravec 1998) y el cestodo tetraphyllide que madura en peces elasmobranquios (Khalil *et al.* 1994), indican que *P. panamensis* puede servir como una especie presa, para estos hospederos finales. Por otra parte, no obstante que la longitud total máxima registrada para especímenes de *P. panamensis* en este estudio fue de 39.6 cm (Lázaro Cárdenas 2013), los peces  $\leq 20$  cm generalmente fueron los más parasitados por estas dos larvas de parásitos. Dado que las larvas de helmintos se transmiten a sus hospedadores definitivos mediante predación, los peces que son generalmente utilizados como hospederos intermediarios suelen ser de tamaño corporal pequeño (Luque y Poulin 2004). En este sentido, en un estudio reciente de Chero *et al.* (2017) también se reportaron larvas de *Anisakis* sp. En *P. panamensis* de una longitud menor a 16 cm en Tumbes, Perú.

### **7.8. Comunidades componente**

Las comunidades componente así como las infracomunidades de parásitos de *P. panamensis* exhibieron patrones estructurales muy similares, es decir, bajo número de especies, baja diversidad y la dominancia de una sola especie de parásito (principalmente el digéneo *M. inconstans*, y el monogéneo *P. chaetodipteri*, (Tabla 5). La riqueza de especies registrada a nivel de comunidad componente (10-17 especies, (Tabla 5) fue muy similar a la reportada para este mismo hospedero en las costas de

Perú (11 especies; Chero *et al.* 2017), así como para *Chaetodipterus faber* (10 especies; Cezar y Luque 1999). Los hospederos que presentan una amplia distribución geográfica como en el caso de *P. panamensis*, están expuestos a un mayor número de especies de parásitos, debido a interactúan con un mayor número de especies de hospederos intermediarios en las diferentes regiones de su distribución (Sasal *et al.* 1997). Los resultados obtenidos respaldan esta hipótesis ya que la fauna total de parásitos registrada para *P. panamensis* en las cuatro localidades fue de un total de 23 especies, a pesar de que la máxima riqueza de especies registrada a nivel componente fue de 17 especies de parásitos (Acapulco 2012).

La similitud cualitativa de las comunidades componentes disminuyó generalmente con la distancia entre las localidades; por ejemplo, aquellas como Marquelia y Lázaro Cárdenas que se encuentran a una mayor distancia (423.4 km), en comparación con las otras localidades solo compartieron el 67% de sus especies de parásitos. La disminución de la similitud en la composición de especies con el aumento de la distancia geográfica, es un patrón bien documentado en ecología de parásitos. Los hospederos localizados en hábitats cercanos entre sí, se encuentran expuestos a un pool de parásitos muy similar, a diferencia de aquellos localizados en hábitats muy distantes (Poulin y Morand 1999, Poulin y Valtonen 2002, Vidal-Martínez y Poulin 2003).

### **7.9. Infracomunidades**

Varios factores bióticos y abióticos son considerados como determinantes importantes de la riqueza y diversidad de especies en las comunidades de parásitos (Poulin 1995, Timi y Poulin 2003, Luque *et al.* 2004). Los resultados del ACP (Fig. 25) indicaron que la diversidad y riqueza de las infracomunidades de parásitos en *P. panamensis* dependieron en gran medida de la presencia en un conjunto bien definido de parásitos especialistas; sin embargo, la frecuencia de estas especies varió entre los años de muestreo. Varios estudios indican que las variaciones registradas en la composición de especies de parásitos a lo largo del tiempo, pueden ser debidas a variaciones en la prevalencia o abundancia de algunos taxones dominantes (Balboa y George-Nascimento 1998; García *et al.* 2001; Vidal-Martínez y Poulin 2003; Pérez-del-Olmo *et al.* 2009; Santana-Pineiros *et al.* 2012). En nuestro caso, las variaciones en los

niveles de infección de los parásitos especialistas pueden ser atribuidas a los cambios en el comportamiento alimenticio de *P. panamensis* a lo largo del tiempo, así como entre localidades, como fue sugerido anteriormente.

El tamaño corporal del hospedero es también considerado como un factor importante de estructuración de las infracomunidades de parásitos. En los peces marinos, esta característica del hospedero ha demostrado ser uno de los principales predictores de la abundancia total y la riqueza de especies de parásitos (Sasal *et al.* 1997; Vidal-Martínez y Poulin 2003; Iannacone 2004, Luque *et al.* 2004; Iannacone y Alvaríño 2008, Luque y Poulin 2008, Iannacone *et al.* 2010). Es señalado que un gran tamaño corporal puede facilitar la colonización de parásitos, debido a una mayor superficie física; además, los individuos más grandes generalmente consumen mayores cantidades de alimentos y debido a su mayor longevidad, han tenido más tiempo para acumular parásitos en comparación con los individuos de menor tamaño (Sasal *et al.* 1997, Tavares y Luque, 2008).

El empleo desde hace ya varios años, de los parásitos como marcadores biológicos para la identificación de stocks de peces marinos de la misma especie, ha ganado un amplio reconocimiento en los últimos años, debido a su gran utilidad en la administración de las pesquerías (MacKenzie 2002; MacKenzie y Abaunza 2005; Timi 2007). En este sentido, los resultados del análisis discriminante aplicado (Fig. 26), indicaron que al menos ocho especies de parásitos (*S. lamothei*, *P. chaetodipteri*, *N. chaetodipteri*, *M. inconstans*, *A. laguncula*, *Anisakis* sp., *C. mutabilis* y *Parapetalus* sp.) pueden ser propuestas como marcadores biológicos para diferenciar poblaciones de *P. panamensis* a lo largo de la costa sur del Pacífico mexicano, en base a sus altas variaciones en sus niveles de infección registrados entre las localidades.

#### **7.10. Asociación entre especies de parásitos**

El interés por el estudio de las asociaciones entre diferentes parejas de especies de helmintos, es por lo cual el aspecto de la estructura de la comunidad de parásitos, ha recibido una mayor atención hasta la fecha (Lotz y Font 1994, Pampoulie y Morand 2002). La determinación de la existencia de asociaciones positivas o negativas entre especies de helmintos, pueden proporcionar fuertes evidencias de que existe

interacción entre las especies y que por lo tanto, intervienen en la estructuración de la comunidad. Entre las parejas de ecto y endoparásitos comparadas en el presente estudio, se registraron un mayor número de asociaciones positivas (21) que de negativas (8), a partir de datos de presencia/ausencia (Tablas 11, 12). En este sentido, los resultados de varios estudios coinciden en que el número de asociaciones positivas registradas entre especies de parásitos excede muchas veces al de las negativas, sugiriendo que las interacciones positivas entre especies estructuran más frecuentemente las infracomunidades de parásitos de muchas poblaciones de hospederos (Bush y Holmes 1986, Lotz y Font 1994).

Sin embargo, algunos investigadores señalan que la presencia de asociaciones positivas registradas entre algunas especies de parásitos puede ser simplemente el resultado de una alta prevalencia, lo cual genera una gran co-ocurrencia de las mismas. Por ejemplo, Pampoulie y Morand (2002) indicaron también que la asociación positiva registrada entre el digéneo *Aphalloides celomicola* y el mixosporídeo *Kudoaca maguensis* en el pez *Pomatoschistus microps*, una de las especies más comunes en las lagunas costeras del Mediterráneo, fue debida a que ambos parásitos presentaron picos mensuales de prevalencia durante el mismo periodo, lo cual fue atribuido al ciclo de vida del hospedero. Por otra parte, Guidelli *et al.* (2003) establecieron que las asociaciones positivas observadas entre especies de céstodo en el pez *Hemisorubim platyrhynchos* en el Río Paraná, pudo ser atribuida a que los céstodos pueden emplear el mismo o bien hospederos intermediarios similares, los cuales pueden ser elementos (items) frecuentes en la dieta del pez. Esto último puede ser sugerido para el caso de los digéneos *Neomegasolena chaetodipteri*-*Multitestis inconstans*, los cuales presentaron una asociación positiva durante varios años de muestreo. Los digéneos emplean moluscos como primeros hospederos intermediarios, por lo que ambas especies pueden compartir la misma especie de molusco y ser por lo tanto transmitidos al mismo tiempo (Cesar y Luque 1999) cuando el pámpano se alimenta de caracoles, los cuales fueron un componente frecuente de su dieta (Figs. 4, 5).

## VIII. CONCLUSIONES

1. La longitud máxima de los ejemplares de *Parapsettus panamensis* fue de 35.6 cm en Zihuatanejo, mientras que en la Bahía de Acapulco de 12.37 cm, indicando que en ésta última se encuentran principalmente peces juveniles.

2. Los resultados de la relación longitud-peso para considerando tamaños de peces < 20 y > 20 cm de longitud de las 4 localidades sin considerar por sexo, sugieren que los peces presentan un mayor crecimiento en talla que en peso, dado que el valor de la pendiente fue menor a 3 ( $b = 2.726$  y  $2.554$ )

3. La alimentación varió tanto espacial (localidades), como temporalmente (entre años). El espectro alimenticio estuvo constituido por 16 ítems, destacando las algas, anfípodos, cangrejos y larvas de almejas.

4. El registro parasitológico de *P. panamensis* 4 localidades estudiadas, estuvo constituida por 23 especies de parásitos (16 helmintos y 7 crustáceos), las cuales constituyen nuevos registros para los estados de Guerrero y Michoacán.

5. El grupo de los digéneos fue el más numeroso y representó el 35% del total de especies recuperadas, mientras que los copépodos, se ubicaron en segundo lugar con un 18%.

6. El número de especies comunes varió entre 3 y 4 en las 4 localidades, siendo mayor el número de especies raras, por lo que estas comunidades pueden ser consideradas como poco predecibles en cuanto a su composición de especies.

7.-Seis especies de parásitos (*Parancylodiscoides chaetodipteri*, *Aponurus laguncula*, *Multitestis inconstans*, *Neomegasolena chaetodipteri*, *Prosorchiopsis legendrei*, y *Caligus mutabilis*) se registraron en todas las localidades.

8.-Es posible considerar a unas 8 especies ampliamente dispersas, las cuales presentaron una variación significativa en sus porcentajes de infección entre las localidades como posibles biomarcadores poblacionales para *P. panamensis*.

9. De acuerdo con nuestros resultados es posible sugerir que las poblaciones de estos hospederos de las 4 localidades estudiadas (Bahía de Acapulco y Lázaro Cárdenas Marquelia y Zihuatanejo), constituyen 4 stocks ecológicos distintos, los cuales son caracterizados por una parasitofauna similar pero con diferentes niveles de infección.

10. La riqueza de las comunidades de parásitos varió significativamente de 10 (Marquelia) a 17 (Bahía 2012).

11. Las comunidades de parásitos presentaron el mismo patrón tanto a nivel componente como infracomunidad, esto es, fueron poco diversas y estuvieron dominadas por una sola especie de parásito.

12. Tres especies de helmintos (dos digéneos y un monogéneo) dominaron numéricamente las comunidades de parásitos de *P. panamensis*. El digéneo *M. inconstans* fue el único que dominó hasta en tres localidades, aunque no con la misma intensidad

13. La riqueza promedio registrada a nivel infracomunidad (3.6 a 6.27 especies), mientras que el número promedio fue de 35 (Marquelia) a 126 (Zihuatanejo) parásitos por hospedero.

14. Se determinó la existencia de asociación positiva entre un total de 215 parejas de parásitos, 77 de ectoparásitos y 138 de endoparásitos.

## IX. LITERATURA CITADA

- Allen, G. R., & Robertson, D. R. (1998). *Peces del Pacífico oriental tropical* (No. Sirsi) i9789696397557).
- Al-Rasady, I., Govender, A., & Al-Jufaili, S. M. (2012). Reproductive biology of longnose trevally (*Carangoides chrysophrys*) in the Arabian Sea, Oman. *Environmental biology of fishes*, 93(2), 177-184
- Alves, D. R., & Luque, J. L. (2001). Community ecology of the metazoan parasites of white croaker, *Micropogonias furnieri* (Osteichthyes: Sciaenidae), from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Memorias del Instituto Oswaldo Cruz*, 96(2), 145-153.
- Amarante, C. F. D., Tassinari, W. D. S., Luque, J. L., & Pereira, M. J. S. (2015). Factors associated with parasite aggregation levels in fishes from Brazil. *Revista Brasileira de Parasitologia Veterinaria*, 24(2), 174-182.
- Bagenal, T., & Tesh, R. (1978). Age and Growth In: Bagenal. *Methods for assessment of*.
- Balboa, L., & George-Nascimento, M. (1998). Ontogenetic and between-year variations in the infracommunities of metazoan parasites of two marine fish host species from Chile. *REVISTA CHILENA DE HISTORIA NATURAL*, 71(1), 27-37.
- Bell, G., & Burt, A. (1991). The comparative biology of parasite species diversity: internal helminths of freshwater fish. *The Journal of Animal Ecology*, 1047-1064.
- Bush, A. O., & Holmes, J. C. (1986). Intestinal helminths of lesser scaup ducks: an interactive community. *Canadian Journal of Zoology*, 64(1), 142-152.
- Bush, A. O., Fernández, J. C., Esch, G. W., & Seed, J. R. (2001). *Parasitism: the diversity and ecology of animal parasites*. Cambridge University Press.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J. M., & Shostak, A. W. (1997). Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *The Journal of parasitology*, 575-583.
- Carlander, K. D. (1969). *Handbook of freshwater fishery biology: Volume 3*. Iowa State University Press.

- Castro-Aguirre, J. L. (1978). Catálogo sistemático de los peces marinos que penetran a las aguas continentales de México con aspectos zoogeográficos y ecológicos. *Departamento de Pesca, Dirección General del Instituto Nacional de Pesca, Mexico. Serie Científica No, 19*, 1-296.
- Cezar, A. D., & Luque, J. L. (1999). Metazoan parasites of the Atlantic spadefish *Chaetodipterus faber* (Teleostei: Ehippidae) from the coastal zone of the State of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Helminthological Society of Washington*, 66(1), 14-20.
- Chero, J. D., Cruces, C. L., Minaya, D., Iannacone, J., & Saez, G. (2017). Community structure of metazoan parasites of the Panama spadefish *Parapsettus panamensis* (Perciformes: Ehippidae) from the coastal zone of Tumbes, Peru. *Pan-American Journal of Aquatic Sciences*. 12:155–165.
- Daniel, W. W. (2002). Bioestadística. Limusa Wiley, 755 p.
- de Leon, G. P. P. (1999). *Biodiversidad de helmintos parásitos de peces marinos y estuarinos de la Bahía de Chamela, Jalisco* (Vol. 9). Unam.
- de León, G. P. P., Garcia-Prieto, L., & Mendoza-Garfias, B. (2007). Trematode parasites (Platyhelminthes) of wildlife vertebrates in Mexico. *Zootaxa*, 1534 (1), 1-247.
- Esch, G. W. & Fernandez, JC (1993) A functional biology of parasitism. *Ecological and evolutionary implications. Chapman and Hall, London*.
- Espino Barr, E., Cruz Romero, M., & Garcia Boa, A. (2003). *Peces marinos con valor comercial de la costa de Colima, México* (No. Sirsi) i9789709000238).
- Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight–length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, 22(4), 241-253.
- García-Prieto, L., Mendoza-Garfias, B., & de León, G. P. P. (2014). Biodiversidad de Platyhelminthes parásitos en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 164-170.
- Garcías, f., Mendoza, r., & George-Nascimento, M. A. R. I. O. (2001). Variación entre años de las infracomunidades de parásitos metazoos de la corvina *Cilus gilberti* (Pisces: Sciaenidae) en Chile. *Revista chilena de historia natural*, 74 (4), 833-840.

- González, M. T., & Poulin, R. (2005). Spatial and temporal predictability of the parasite community structure of a benthic marine fish along its distributional range. *International Journal for Parasitology*, 35 (13), 1369-1377.
- Guidelli, G. M., Isaac, A., Takemoto, R. M., & Pavanelli, G. C. (2003). Endoparasite infracommunities of Hemisorubim platyrhynchos (Valenciennes, 1840)(Pisces: Pimelodidae) of the Baía River, upper Paraná River floodplain, Brazil: specific composition and ecological aspects. *Brazilian Journal of Biology*, 63 (2), 261-268.
- Herrmann, K. K., & Sorensen, R. E. (2009). Seasonal dynamics of two mortality-related trematodes using an introduced snail. *Journal of Parasitology*, 95(4), 823-828.
- Hewitt, J. E., Thrush, S. E., & Cummings, V. J. (2001). Assessing environmental impacts: effects of spatial and temporal variability at likely impact scales. *Ecological Applications*, 11(5), 1502-1516.
- Holmes, J. C., & Price, P. W. (1986). Communities of parasites. *Community ecology: pattern and process/edited by Jiro Kikkawa, Derek J. Anderson*.
- Iannacone, J. (2004). Metazoan parasites of the minor stardrum, Stellifer minor (Tschudi)(Osteichthyes, Sciaenidae), caught by artisanal fishery on Chorrillos, Lima, Peru. *Revista Brasileira de Zoologia*, 21 (4), 815-820.
- Iannacone, J., & Flores, L. A. (2008). Influencia del tamaño y sexo de *Peprilus medius* (Peters)(Stromateidae: Perciformes) capturados en Chorrillos, Lima, Perú, sobre su comunidad parasitaria. *Neotropical Helminthology*, 2(2), 62-71.
- Iannacone, J., Morón, L., & Guizado, S. (2010). Variación entre años de la fauna de parásitos metazoos de *Sciaena deliciosa* (Tschudi, 1846) (Perciformes: Sciaenidae) en Lima, Perú. *Latin american journal of aquatic research*, 38(2), 218-226.
- Janson, S., & Vegelius, J. (1981). Measures of ecological association. *Oecologia*, 49(3), 371-376.
- Jiménez-García, M. I., & Vidal-Martínez, V. M. (2005). Temporal variation in the infection dynamics and maturation cycle of *Oligogonotylus manteri* (Digenea) in the cichlid fish, *Cichlasoma urophthalmus*, from Yucatán, México. *Journal of Parasitology*, 91(5), 1008-1014.
- Kabata, Z. (1963). Parasites as biological tags. *Parasites as biological tags.*, (4).

- Kennedy, B. M., Thompson, B. W., & Luecke, C. (2006). Ecological differences between two closely related morphologically similar benthic whitefish (*Prosopium spilonotus* and *Prosopium abyssicola*) in an endemic whitefish complex. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 63(8), 1700-1709.
- Khalil, L. F., Jones, A., & Bray, R. A. (1994). *Keys to the cestode parasites of vertebrates*. CAB international.
- Kim, Y., & Powell, E. N. (2009). Effects of climate variability on interannual variation in parasites, pathologies, and physiological attributes of bivalves from the US East, Gulf, and West coasts. *Environmental Bioindicators*, 4(1), 67-96.
- Klimpel, S., Seehagen, A., & Palm, H. W. (2003). Metazoan parasites and feeding behaviour of four small-sized fish species from the central North Sea. *Parasitology Research*, 91(4), 290-297.
- Krebs, J. R., Wilson, J. D., Bradbury, R. B., & Siriwardena, G. M. (1999). The second silent spring?. *Nature*, 400(6745), 611.
- Lamothe-Argumedo, R., García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D., & DE LEÓN, G. P. P. (1997). Catálogo de la Colección Nacional de Helminos. Instituto de Biología. *Universidad Nacional Autónoma de México Mexico City*, 211.
- Lotz, J. M., & Font, W. F. (1994). Excess positive associations in communities of intestinal helminths of bats: a refined null hypothesis and a test of the facilitation hypothesis. *The Journal of parasitology*, 398-413.
- Luque, J. L., & Poulin, R. (2004). Use of fish as intermediate hosts by helminth parasites: a comparative analysis. *Acta Parasitologica*, 49 (4), 353-361.
- Luque, J. L., & Tavares, L. E. (2007). Checklist of Copepoda associated with fishes from Brazil. *Zootaxa*, 1579(1), 1-39.
- Luque, J. L., & Poulin, R. (2008). Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. *Journal of Fish Biology*, 72(1), 189-204.
- MacKenzie, K. (1983). Parasites as biological tags in fish population studies. *Advances in Applied Biology*.
- Mackenzie, K. (2002). Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitology*, 124(7), 153-163.

- MacKenzie, K., & Abaunza, P. (1998). Parasites as biological tags for stock discrimination of marine fish: a guide to procedures and methods. *Fisheries Research*, 38 (1), 45-56.
- MacKenzie, K., Abaunza, P., Cadrin, S. X., Friedland, K. D., & Waldman, J. R. (2005). Stock Identification Methods: Applications in Fisheries Science.
- Magurran, A. E. (2005). Species abundance distributions: pattern or process?. *Functional Ecology*, 19(1), 177-181.
- Marcogliese, J. (2001). Pursuing parasites up the food chain: implications of food web structure and function on parasite communities in aquatic systems. *Acta Parasitologica*, 46(2), 82-93.
- Marcogliese, J. (2002). Food webs and the transmission of parasites to marine fish. *Parasitology*, 124(7), 83-99.
- Míguez-Lozano, R., Pardo-Carranza, T. V., Blasco-Costa, I., & Balbuena, J. A. (2012). Spatial structure of helminth communities in the golden grey mullet, *Liza aurata* (actinopterygii: mugilidae), from the Western Mediterranean. *Journal of Parasitology*, 98(5), 904-912.
- Morales-Serna, F. N., Gomez, S., & Pérez-Ponce de León, G. (2012). Parasitic copepods reported from Mexico. *Zootaxa*, 3234(1), 43-68
- Morand, S., Cribb, T. H., Kulbicki, M., Rigby, M. C., Chauvet, C., Dufour, V., ... & Pichelin, S. (2000). Endoparasite species richness of New Caledonian butterfly fishes: host density and diet matter. *Parasitology*, 121 (1), 65-73.
- Moravec, F. (1998). *Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical Region*. Academia, Publishing House of the Academy of Sciences of the Czech Republic.
- Mwita, C., & Nkwengulila, G. (2008). Determinants of the parasite community of clariid fishes from Lake Victoria, Tanzania. *Journal of Helminthology*, 82(1), 7-16.
- Oliva, M., & Luque, J. L. (2010). Ictioparasitología marina en el sistema de afloramiento de la corriente de Humboldt: desafíos para la revista Neotropical Helminthology. *Neotropical Helminthology*, 4 (2), 99-103.
- Pampoulie, C., & Morand, S. (2002). Nonrandom association patterns in parasite infections caused by the host life cycle: empirical evidence from *Kudoa camarguensis*

- (Myxosporea) and *Aphalloides coelomicola* (Trematoda). *Journal of Parasitology*, 88(4), 817-819.
- Pérez-del-Olmo, A., Fernández, M., Raga, J. A., Kostadinova, A., & Morand, S. (2009). Not everything is everywhere: the distance decay of similarity in a marine host–parasite system. *Journal of Biogeography*, 36(2), 200-209.
- Poulin, R., & Rohde, K. (1997). Comparing the richness of metazoan ectoparasite communities of marine fishes: controlling for host phylogeny. *Oecologia*, 110(2), 278-283.
- Poulin, R., & Morand, S. (1999). Geographical distances and the similarity among parasite communities of conspecific host populations. *Parasitology*, 119(4), 369-374.
- Poulin, R., & Valtonen, E. T. (2002). The predictability of helminth community structure in space: a comparison of fish populations from adjacent lakes. *International Journal for Parasitology*, 32(10), 1235-1243.
- Poulin R. & S. Morand. 2004. Parasite biodiversity. Smithsonian books, Washington, 216
- Poulin, R. (1995). Phylogeny, Ecology, and the Richness of Parasite Communities in Vertebrates: Ecological Archives M065-001. *Ecological Monographs*, 65 (3), 283-302.
- Poulin, R. (2000). Variation in the intraspecific relationship between fish length and intensity of parasitic infection: biological and statistical causes. *Journal of Fish Biology*, 56 (1), 123-137.
- Poulin, R. (2006). Global warming and temperature-mediated increases in cercarial emergence in trematode parasites. *Parasitology*, 132 (1), 143-151.
- Poulin, R. (2007). Are there general laws in parasite ecology?. *Parasitology*, 134 (6), 763-776.
- Poulin, R. (2011). *Evolutionary ecology of parasites*. Princeton university press.
- Poulin, R. (2013). Explaining variability in parasite aggregation levels among host samples. *Parasitology*, 140 (4), 541-546.
- Rohde, K. (Ed.). (2005). *Marine parasitology*. Csiro publishing.
- Rózsa, L., Reiczigel, J., & Majoros, G. (2000). Quantifying parasites in samples of hosts. *Journal of Parasitology* 86 (2), 228-232.

- Santana-Piñeros, A. M., Pech, D., & Vidal-Martinez, V. M. (2012). Spatial structure of the helminth parasite communities of the tonguefish, *Symphurus plagiusa*, from the Campeche coast, southern Mexico. *International journal for parasitology*, 42 (10), 911-920.
- Sasal, P., & Morand, S. (1998). Comparative analysis: a tool for studying monogenean ecology and evolution. *International Journal for Parasitology*, 28 (10), 1637-1644.
- Sasal, P., Morand, S., & Guégan, J. F. (1997). Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 149, 61-71.
- Sellers, A. J., Ruiz, G. M., Leung, B., & Torchin, M. E. (2015). Regional variation in parasite species richness and abundance in the introduced range of the invasive lionfish, *Pterois volitans*. *PLoS One*, 10 (6), e0131075.
- Sinkova A. (2005). Associations between fish reproductive cycle and the dynamics of metazoan parasite infection. *Parasitology Research*. 95:65–72.
- Steel, R., & Torrie, J. (1988). *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. Segunda edición en español. *Editorial McGraw-Hill, México*.
- Takemoto, R. M., Amato, J. F., & Luque, J. L. (1996). Comparative analysis of the metazoan parasite communities of leatherjackets, *Oligoplites palometa*, *O. saurus*, and *O. saliens* (Osteichthyes: Carangidae) from Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, 56 (4), 639-650.
- Tavares, L. E. R., & Luque, J. L. (2004). Community ecology of the metazoan parasites of white sea catfish, *Netuma barba* (Osteichthyes: Ariidae), from the coastal zone of the state of Rio de Janeiro, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 64 (1), 169-176.
- Tavares, L. E., & Luque, J. L. (2008). Similarity between metazoan parasite communities of two sympatric brackish fish species from Brazil. *Journal of Parasitology*, 94 (4), 985-989.
- Timi, J. T. (2007). Parasites as biological tags for stock discrimination in marine fish from South American Atlantic waters. *Journal of helminthology*, 81 (2), 107-111.
- Timi, J. T., & Poulin, R. (2003). Parasite community structure within and across host populations of a marine pelagic fish: how repeatable is it?. *International Journal for Parasitology*, 33 (12), 1353-1362.

- Vidal-Martínez, V. M., & Poulin, R. (2003). Spatial and temporal repeatability in parasite community structure of tropical fish hosts. *Parasitology*, 127 (4), 387-398.
- Vidal-Martínez, V. M., Aguirre-Macedo, M. L., Scholz, T., González-Solís, D., & Mendoza-Franco, E. F. (2001). *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academia, The Publisher of the Academy of Sciences of the Czech Republic.
- Violante-González, J., Aguirre-Macedo, M. L., & Mendoza-Franco, E. F. (2007). A checklist of metazoan parasites of fish from Tres Palos Lagoon, Guerrero, Mexico. *Parasitology Research*, 102 (1), 151-161.
- Violante-González, J., Gallegos-Navarro, Y., Monks, S., García-Ibáñez, S., Rojas-Herrera, A. A., Pulido-Flores, G.,... & Larumbe-Morán, E. (2016). Parasites of the green jack *Caranx caballus* (Pisces: Carangidae) in three locations from Pacific coasts of Mexico, and their utility as biological tags. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 87 (3), 1015-1022.
- Williams, H. H., MacKenzie, K., & McCarthy, A. M. (1992). Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet, and phylogenetics of fish. *Reviews in fish biology and fisheries*, 2 (2), 144-176.
- Zander, C. D. (2004). Four-year monitoring of parasite communities in gobiid fishes of the south-western Baltic. *Parasitology Research*, 93 (1), 17-29.

## XI. ANEXOS

### **Temporal and spatial variations in the metazoan parasite communities of the Panama spadefish *Parapsettus panamensis* (Pisces: Ehippidae) from Pacific coast of Mexico.**

Princessa J. Villalba-Vasquez<sup>1</sup>, Juan Violante-González<sup>1\*</sup>, Scott Monks<sup>2</sup>, Jaime U. Marino-Romero<sup>1</sup>, Sergio-García-Ibáñez<sup>1</sup>, Agustín A. Rojas-Herrera<sup>1</sup>, Rafael Flores-Garza<sup>1</sup>, Víctor M. Rosas-Guerrero<sup>3</sup>.

<sup>1</sup>Facultad de Ecología Marina, Universidad Autónoma de Guerrero, Gran Vía Tropical No. 20, Fracc. Las Playas. C.P. 39390, Acapulco, Guerrero, México.

<sup>2</sup>Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Apartado Postal 1-10, C.P. 42001, Pachuca, Hidalgo, México and Senior Fellow, Harold W. Manter of Parasitology, University of Nebraska-Lincoln, Lincoln, Nebraska.

<sup>3</sup>Unidad Académica en Desarrollo Sustentable, Universidad Autónoma de Guerrero.

\*Corresponding author: Email: [viojuang@yahoo.com.mx](mailto:viojuang@yahoo.com.mx)

Article ID: IVB12232

Article DOI: 10.1111/ivb.12232

Internal Article ID: 16141072

Journal: Invertebrate Biology

#### **Abstract**

Very few studies have examined variations in the structure and species composition of marine fish parasite communities over several years in tropical regions, where changes in water temperature are not as extreme as in temperate regions; therefore, the processes that can generate variations in these parasite communities are not yet clear. The parasite communities of *Parapsettus panamensis* of several locations from south central the Pacific coast of Mexico, were quantified and analyzed. Four hundred forty-six fish, were collected over a six years period (2012, 2013, 2016, and 2017) from four locations. Twenty-three species of metazoan parasites were recovered and identified: three species of Monogenea (adults), eight of Digenea (adult); one of Acanthocephala (juvenile), one of Cestoda (larvae), three of Nematoda (two adults and one larvae), four of Copepoda, and three species of Isopoda (two adults, and one larvae). At the component community level, parasite species richness varied significantly from 10 species (Marquelia 2016) to 17 (Acapulco Bay 2012). The component communities and infracommunities of *P. panamensis*, exhibited a similar pattern: low species numbers, low diversity, and dominance by a single parasite species. Structure and species composition of parasite communities varied between samplings years, and locations; some host traits such as feeding behavior, and body size; as well as occurrence of a set of distinctive parasite species, were considered as the main factors responsible for these variations.

*Additional keys word:* Marine fish, *Parapsettus panamensis*, Parasites, Pacific coast, México

