



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA**

**COMUNIDADES DE HELMINTOS PARÁSITOS  
DE PECES DE AGUA DULCE DE BAJA  
CALIFORNIA SUR, MÉXICO**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**DOCTOR EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

**P R E S E N T A**

**M. en C. OSCAR MÉNDEZ**

**DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO SALGADO MALDONADO**

**COMITÉ TUTORAL**

**DRA. GABRIELA VAZQUEZ HURTADO**

**DR. MARIO ENRIQUE FAVILA CASTILLO**

**MÉXICO, D.F.**

**Marzo, 2012**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



**Dr. Isidro Ávila Martínez**  
**Director General de Administración Escolar, UNAM**

**Presente**

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 16 de enero de 2012, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **DOCTOR EN CIENCIAS** del alumno **OSCAR MÉNDEZ** con número de cuenta **507011099** con la tesis titulada: "**Comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce de Baja California Sur, México**", realizada bajo la dirección del **DR. GUILLERMO SALGADO MALDONADO**:

Presidente:	DR. GERARDO PÉREZ PONCE DE LEÓN
Vocal:	DR. JOSÉ MARTÍN GARCÍA VARELA
Secretario:	DR. ROGELIO AGUILAR AGUILAR
Suplente:	DR. MARIO ENRIQUE FAVILA CASTILLO
Suplente	DRA. GABRIELA VÁZQUEZ HURTADO

De acuerdo con lo anterior, el alumno se acogió a la nueva normatividad, para la integración de su jurado con cinco sinodales, con base en el artículo **QUINTO TRANSITORIO**, en apego a lo establecido en el Artículo 31 del Reglamento General de Estudios de Posgrado.

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitaria, D.F. a 29 de febrero de 2012.

**DRA. MARÍA DEL CORO ARIZMENDI ARRIAGA**  
**COORDINADORA DEL PROGRAMA**

## **AGRADECIMIENTOS INSTITUCIONALES**

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, Instituto de Biología y a la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) por el apoyo proporcionado a la realización de este trabajo de tesis y por el apoyo económico otorgado para la impresión del mismo.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca No. 202555 otorgada durante el periodo 2006-2010.

Al Comité Tutorial por todo su apoyo, paciencia y sugerencias, conformado por:

Dr. Guillermo Salgado Maldonado (Tutor principal)

Dra. Gabriela Vázquez Hurtado

Dr. Mario Enrique Favila Castillo

## **AGRADECIMIENTOS PERSONALES**

En general, agradezco a todas aquellas personas que formaron parte importante en mi vida y que realizaron importantes aportaciones al desarrollo de mi tesis.

Dr. José Martín García Varela

Dr. Rogelio Aguilar Aguilar

Dr. Gerardo Pérez Ponce de León

M. en C. Guillermina Cabañas Carranza

Ángel Gabriel Cabañas Carranza

Dr. Juan Manuel Caspeta Mandujano

Lic. en Turismo Carlos Eduardo O'brian Valcornett

Fam. Mendoza Agúndez

A mis compañeros y amigos que dedicaron parte de su valioso tiempo y entusiasmo durante mi estancia en el Posgrado del Instituto de Biología: Alibert, Sonia, Miriam, Mirza, Andrés, Carlos Daniel, Dan Martín, Ana y Lázaro, gracias por su apoyo, cariño y amistad.

Agradezco en especial a Rocío Acosta por toda su paciencia y ayuda en los trámites durante todo este tiempo que duraron mis estudios.

## DEDICATORIA

A mi familia por nunca dejarme caer y hacerme ver que puedo salir adelante...

A mi ornitorrinco: eres lo mejor que me ha pasado en mi vida, mi pilar, mi sostén, mi apoyo, mi todo, gracias por darme ánimos, ayudarme a levantar, por sostenerme y por estar a mi lado; sabes lo importante que eres para mi...

*“Hay grandeza en esta visión de la vida,  
que con sus diferentes fuerzas,  
habiéndose originado de una o pocas formas;  
y que, mientras este planeta ha ido girando  
de acuerdo a la ley de la gravedad,  
desde un origen tan sencillo, hayan evolucionado,  
y sigan haciéndolo, una infinidad  
de las formas más bellas y más maravillosas”*

Charles Darwin

<b>ÍNDICE</b>	
<b>Jurado</b>	..... I
<b>Agradecimientos institucionales</b>	..... II
<b>Agradecimientos personales</b>	..... III
<b>Dedicatoria</b>	..... IV
<b>ÍNDICE</b>	..... V
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	..... VII
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	..... IX
<b>RESUMEN</b>	..... X
<b>ABSTRACT</b>	..... XII
<b>INTRODUCCIÓN</b>	..... 1
Ecología de parásitos	..... 4
Ictiofauna de los oasis de B.C.S.	..... 6
Antecedentes	..... 8
Justificación	..... 9
Objetivos	..... 11
Área de estudio	..... 12
<b>MATERIALES Y MÉTODO</b>	..... 14
Colecta de peces	..... 14
Examen de peces	..... 14
Fijación de helmintos	..... 15
Procesamiento de helmintos	..... 16
Determinación taxonómica de los helmintos	..... 16
Caracterización de la helmintiasis	..... 16
Comunidades de helmintos	..... 17
Distribución de abundancias	..... 17
Análisis de dominancia-rareza	..... 17
Especies generalistas y especialistas	..... 18
Especies autogénicas y alogénicas	..... 18
Riqueza específica	..... 18
Diversidad	..... 21
Similitud	..... 23
Análisis de componentes principales	..... 23

<b>RESULTADOS</b>	.....	<b>24</b>
Composición taxonómica de helmintos	.....	24
Caracterización de la helmintiasis	.....	24
Especies generalistas, especialistas, autogénicas y alogénicas	.....	29
<b>Comunidad componente</b>	.....	<b>30</b>
Especies dominantes y raras	.....	30
Representatividad de los muestreos	.....	32
Riqueza específica	.....	33
Distribución de abundancias	.....	36
Diversidad	.....	37
Similitud	.....	40
<b>Infracomunidades</b>	.....	<b>44</b>
Riqueza y distribución de abundancias	.....	44
Diversidad	.....	44
Similitud	.....	45
Análisis de componentes principales (ACP)	.....	47
Correlación de especies	.....	49
<b>DISCUSIÓN</b>	.....	<b>51</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	.....	<b>59</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	.....	<b>61</b>
<b>ANEXO I</b>	.....	<b>73</b>
<b>ANEXO II</b>	.....	<b>83</b>
<b>ANEXO III</b>	.....	<b>91</b>
<b>ANEXO IV</b>	.....	<b>95</b>
<b>APÉNDICE</b>	.....	<b>97</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización de los sitios de colecta de peces en Baja California Sur, México.	.....	15
Figura 2. Diagrama de Olmstead-Tukey de las especies de helmintos dominantes (A) y raras (B) para las 8 especies de hospederos analizados en los oasis de B.C.S.	.....	31
Figura 3. Gráfica de diversidad-dominancia de las especies de helmintos en cada una de las especies de hospederos analizados para cada sitio de colecta.	.....	37
Figura 4. Dendograma de similitud cualitativa de Jaccard (presencia-ausencia) para componentes de comunidad de especies de peces en B.C.S.	.....	41
Figura 5. Dendograma de porcentaje de similitud de Bray Curtis para componentes de comunidad de especies de peces en B.C.S.	.....	42
Figura 6. Diagrama de ordenación de las localidades de estudio en B.C.S. con base a las abundancias de las especies de helmintos y sus hospederos.	.....	48
Figura 7. Oasis de san José del Cabo. a) Ojo de agua y cuenca del arroyo San José, (b) Vista panorámica de la laguna-estero y arroyo San José.	.....	73
Figura 8. Arroyo el Aguajito, oasis Miraflores.	.....	74
Figura 9. Oasis Santiago, arroyo Boca de la Sierra. a) dique, b) arroyo.	.....	75
Figura 10. Oasis Las Pocitas: Pozas del vado.	.....	76
Figura 11. Oasis San Pedro de la Sierra: Presa San Pedro.	.....	76
Figura 12. Oasis San Luís Gonzaga.	.....	77
Figura 13 Oasis y arroyo La Purísima.	.....	78
Figura 14. Arroyo San José de Magdalena.	.....	79
Figura 15. Oasis San Ignacio (ojo de agua).	.....	80
Figura 16. Oasis San Joaquín: ojo de agua.	.....	80
Figura 17. Localidad Poza Larga (San Ignacio).	.....	81
Figura 18. Oasis Los Corralitos.	.....	82
Figura 19. Oasis Los Pinos.	.....	82
Figura 20. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (Cuadrante I) y raras (Cuadrante IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) <i>D. latifrons</i> y b) <i>E. picta</i> .	.....	83
Figura 21. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) <i>G. affinis</i> y b) <i>P. reticulata</i> .	.....	84
Figura 22. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones	.....	85

de a) *X. helleri* y b) *F. lima*.

Figura 23. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) <i>T. cf. zilli</i> y b) <i>C. carpio</i> .	.....	86
Figura 24. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en los oasis de a) San José del Cabo y b) San Pedro (Presa).	.....	87
Figura 25. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en los oasis de a) San Luis Gonzaga y b) San Ignacio.	.....	88
Figura 26. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en los oasis de a) Poza Larga y b) Corralitos.	.....	89
Figura 27. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en el oasis de Los Pinos.	.....	90
Figura 28. Curvas acumulativas de especies para a) <i>D. latifrons</i> y b) <i>E. picta</i> .	.....	91
Figura 29. Curvas acumulativas de especies para a) <i>G. affinis</i> y b) <i>P. reticulata</i> .	.....	92
Figura 30. Curvas acumulativas de especies para a) <i>X. helleri</i> y b) <i>F. lima</i> .	.....	93
Figura 31. Curvas acumulativas de especies para a) <i>T. cf. zilli</i> y b) <i>C. carpio</i> .	.....	94
Figura 32. Composición de especies de helmintos en cuatro componentes de comunidad: <i>D. latifrons</i> , <i>E. picta</i> , <i>G. affinis</i> y <i>P. reticulata</i>	.....	95
Figura 33. Composición de especies de helmintos en cuatro componentes de comunidad: <i>X. helleri</i> , <i>F. lima</i> , <i>T. cf. zilli</i> y <i>C. carpio</i> .	.....	96

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Especies de peces de Baja California Sur, México que fueron examinados.	.....	25
Cuadro 2. Parámetros poblacionales de las infecciones registradas en peces de agua dulce de B.C.S.	.....	26
Cuadro 3. Parámetros de la riqueza de especies de helmintos derivadas del ajuste al modelo de Clench.	.....	35
Cuadro 4. Parámetros que describen las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de Baja California Sur, México.	.....	39
Cuadro 5. Similitud en la composición de especies de helmintos calculada mediante el índice de Jaccard (bajo diagonal) y porcentaje de similitud (sobre diagonal) en trece oasis de B.C.S.	.....	43
Cuadro 6. Parámetros que describen las infracomunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de B.C.S., México.	.....	46
Cuadro 7. Correlaciones entre el número de especies de helmintos por localidad y las características de cada localidad.	.....	49
Cuadro 8. Correlaciones entre las especies de helmintos registradas en <i>P. reticulata</i> y las características de cada localidad.	.....	50

## RESUMEN

La ictiofauna nativa de los cuerpos de agua dulce (oasis) de Baja California Sur (B.C.S.) está representada por 25 especies, con dos casos de endemismo y seis introducidas. En este proyecto nos propusimos estudiar la diversidad de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas del desierto de B.C.S., y generar un inventario helmintológico. Estos datos nos permitirán explorar hipótesis ecológicas y biogeográficas sobre el origen de los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en México. Contamos con datos de helmintos parásitos de peces de agua dulce de la región neotropical de México, sin embargo el conocimiento de la helmintofauna de peces dulceacuícolas de la región neártica es pobre.

Este estudio representa el primer inventario helmintológico de los peces de agua dulce de B.C.S. Entre Octubre de 2006 y Julio de 2007 examinamos 472 individuos de 9 especies de peces (tres nativas, una endémica y 5 introducidas) de trece localidades. A cada hospedero se les aplicó un examen helmintológico. Cada ejemplar de helminto recolectado fue fijado y procesado mediante las técnicas helmintológicas utilizadas para cada grupo.

Registramos 24 especies de helmintos en 273 peces (58%); de los peces infectados, 176 (64%) estuvieron infectados con una sola especie de helminto, mientras 97 (36%) resultaron infectados con dos o más especies de helmintos. Todas las especies de peces que examinamos estuvieron parasitadas excepto el góbido *Awaous tajasica* del cual se examinaron 13 ejemplares. Recolectamos diez especies de tremátodos, cinco monogéneos, cuatro céstodos, tres nemátodos y dos acantocéfalos. Los tremátodos constituyen el 75% de los helmintos recolectados, los monogéneos el 18%, en tanto que los acantocéfalos, los céstodos y los nemátodos aportaron el resto. No se registraron tremátodos adultos. Todos son registros nuevos para B.C.S.

Las especies de helmintos *Salsuginus* sp., *Dactylogyrus anchoratus*, *Neoechinorhynchus* cf *golvani*, *Ascocotyle* (Phagicola) *nana* y Diplostomidae sp. presentaron las mayores prevalencias de infección (>50%) en tres especies

de hospederos. La metacercaria *Ascocotyle* sp. registró el mayor número promedio de parásitos por hospedero infectado (190 individuos) seguido por *Salsuginus* sp. con 19.

La riqueza varió de 2 a 8 especies de helmintos por especie de hospedero. El pez endémico *Fundulus lima* y el introducido *Poecilia reticulata* registraron la mayor riqueza de especies de helmintos (S= 8). Considerando el total de especies hospederas examinadas por localidad, los oasis Corralitos (S= 10), San Ignacio (S= 8) y San José del Cabo (S= 8) registraron la mayor riqueza de especies de helmintos.

Las comunidades de helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas de B.C.S. son pobres y fuertemente dominadas por una especie de helminto diferente para cada especie de hospedero y localidad. Los tremátodos son el grupo dominante. La helmintofauna compartida es baja y la máxima similitud se presentó entre especies de hospederos pertenecientes a una misma familia.

La baja riqueza de especies de helmintos en peces dulceacuícolas de B.C.S. está asociada a la baja riqueza de hospederos, al tamaño de los oasis, a la edad geológica y aislamiento de la península, que resultaron ser determinantes importantes de la riqueza de especies de helmintos. Nuestros datos confirman que las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas del neártico mexicano son comunidades aislacionistas, estructuradas por tremátodos y monogéneos mientras que acantocéfalos, céstodos y nemátodos son poco abundantes. Esto discrepa con lo registrado para el neotrópico mexicano donde las comunidades de helmintos se encuentran estructuradas por nemátodos y tremátodos, sugiriendo que diferentes procesos actúan en las áreas neártica y neotropical de México.

## ABSTRACT

The native fish fauna of freshwater bodies (oasis) of Baja California Sur (B.C.S.) is represented by 25 species, with two cases of endemism and six introduced. In this project we studied the diversity of helminthes parasites of freshwater fishes in the desert of Baja California Sur, and create an inventory helminthological. These data allow us to explore ecological and biogeographical hypothesis on the origin of the helminthes parasites of freshwater fishes in Mexico. Despite having data on helminthes parasites of freshwater fish of the Neotropical region of Mexico, knowledge of the helminthes fauna of freshwater fishes in the Nearctic region is poorly known.

This study represents the first inventory helminthological of freshwater fish B.C.S. Between October 2006 and July 2007 we examined 472 individuals from nine species of fish (three native, one endemic and five introduced) of thirteen locations. Each host was applied helminthological examination. Each specimen was fixed worm collected and processed by helminthes techniques used for each group.

We recorded 24 species of helminths in 273 fish (58%), and infected fish, 176 (64%) were infected with only one species of worm, while 97 (36%) were infected with two or more species of helminths. All fish species examined were parasitized except the goby *Awaous tajasica* which examined 13 specimens. We collected ten species of trematodes, five monogeneans, four cestode, three nematodes and two acanthocephalans. Flukes constitute 75% of the parasites collected, monogeneans 18%, while the acanthocephalans, cestodes and nematodes contributed the rest. There were no adult flukes. All are new records for B.C.S.

Helminths species *Salsuginus* sp.; *Dactylogyrus anchoratus*, *Neoechinorhynchus cf golvani*, *Ascocotyle (Phagicola) nana* and Diplostomidae sp. had the highest parasitic infection (> 50%) on three host species. The *Ascocotyle* sp. metacercaria recorded the highest average number of parasites per infected host (190 individuals) followed by *Salsuginus* sp. with 19.

Species richness ranged from 2 to 8 species by host. The endemic *Fundulus lima* and the introduced *Poecilia reticulata* had the highest species richness (S= 8). Considering the total number of host species examined by locality, the oasis Corralitos (S= 10), San Ignacio (S= 8) and San Jose del Cabo (S= 8) recorded the highest number of species of helminthes.

Communities of helminths parasites of freshwater fishes B.C.S. are poor and heavily dominated by a different helminths species for each species of host and locality. The trematodes are the dominant group. The shared helminths fauna is low and the highest similarity was between host species within the same family.

The low species richness of helminths in freshwater fishes from B.C.S. is associated with low diversity of hosts, the size of the oasis, to the geologic age and isolation of the peninsula, important determinants of helminths species richness. Our data confirm that the helminths communities of freshwater fish are mexican nearctic isolationist communities, structured by trematodes and monogeneans while acanthocephalans, cestodes and nematodes are scarce. This disagrees with results reported for the mexican neotropics where helminths communities are structured by nematodes and trematodes, suggesting that different processes act in the nearctic and neotropical areas of Mexico.

## INTRODUCCIÓN

La ecología de parásitos enfoca su interés en identificar los patrones y procesos que ayuden a comprender la estructura de las comunidades de helmintos en los distintos niveles jerárquicos de varios grupos invertebrados y vertebrados. Este interés existe debido a que los parásitos presentan relaciones simbióticas complejas. Por ejemplo, algunos parásitos exhiben ciclos de vida complejos requiriendo al menos un hospedero, pudiendo afectar el desarrollo del hospedero. Las comunidades de helmintos parásitos pueden analizarse utilizando variables, descriptores, especies de hospederos y escalas de estudio, sin embargo, considerar todos estos factores requiere un gran esfuerzo de muestreo e investigación.

En general, comprender la estructura de las comunidades requiere el conocimiento de los patrones que ocurren en diferentes hábitats y organismos en lugar de los que ocurren en casos específicos (una localidad y una especie de hospedero). La estructura de las comunidades se define por el número de las especies que la integran, la distribución de sus abundancias y los parámetros de su diversidad (Southwood, 1978). Estas características pueden estar afectadas por tres aspectos fundamentales: 1) las variables ambientales, cuyo efecto puede determinar que una especie, al no contar con las características adecuadas para ciertas condiciones físicas del ambiente, vea restringida su distribución, 2) la capacidad de dispersión, que limita la distribución de la especie tras enfrentarla a barreras físicas o biológicas difíciles o imposibles de superar, y 3) la interacción entre las especies, sobre todo de competencia y depredación sugeridas como causas de restricción a ciertos ambientes (Roughgarden & Diamond, 1986). Estudiar las comunidades de helmintos parásitos, permite abordar preguntas de investigación sobre estas comunidades, cuya solución usando a estas como modelo permite aportar o examinar generalizaciones importantes en el campo. Sin embargo, cabe señalar que las comunidades de helmintos parásitos son sustancialmente diferentes a las de vida libre.



Las comunidades de helmintos parásitos son muy útiles, al permitir establecer modelos adecuados para examinar los patrones y procesos que determinan su estructura, dado que dichas comunidades presentan las características que permiten contribuir sustancialmente con mayor objetividad en estudios cuantitativos:

- Las comunidades de helmintos representan unidades discretas que permiten la replicabilidad, adecuada para el análisis estadístico de los patrones. En estas comunidades se puede distinguir entre especies raras y especies dominantes, aspecto que permite analizar la estructura de un grupo más reducido de especies y no la totalidad de la comunidad (Aho & Bush, 1993). La mayoría de los taxa parásitos contienen especies que son relativamente especializadas en comparación a la mayor representatividad de especies generalistas en organismos de vida libre (Aho & Bush, 1993).
- Considerando que los hospederos proveen recursos para los parásitos, existe una jerarquía en los niveles de organización de las comunidades de parásitos, reconociendo que la infrapoblación de un parásito será la población encontrada en un hospedero individual así, de la misma manera todas las poblaciones de parásitos dentro de un hospedero individual constituirán una infracomunidad de parásitos (Esch *et al.*, 1975), y el arreglo de especies asociado a un microambiente o a las infracomunidades de parásitos en una población de hospederos constituirán entonces lo que Root (1973), definió como una comunidad componente.
- La depredación no es considerada como un factor determinante en la estructura y composición de estas comunidades, ya que en la mayoría de los casos, esta no existe (Bush & Aho, 1990).

Se ha planteado que tres factores pueden ser identificados como determinantes de la distribución y abundancia de helmintos: la geografía o el hábitat, la época del año y la demografía del hospedero (Esch *et al.*, 1979; Price & Buttner, 1982; Aho, 1990). Así mismo, los patrones de riqueza de las comunidades de helmintos parásitos está en función de la disponibilidad de

estas especies, jugando así, el papel más importante en la determinación de la riqueza y enfatizando la influencia de los factores abióticos sobre la variación temporal de las infecciones por helmintos (Kennedy *et al.*, 1986). El progreso en el entendimiento de las comunidades de helmintos requiere de gran cantidad de datos que permitan probar hipótesis alternativas simultáneamente.

Con respecto a las comunidades de helmintos en vertebrados, se han propuesto las siguientes generalizaciones: los hospederos asociados a ambientes acuáticos tendrán más parásitos (riqueza de especies y abundancia de individuos), ya que la mayoría de los helmintos requieren de un ambiente acuático para su transmisión (Kennedy, 1990). Se espera que los organismos ectotermos presenten menos parásitos que los endotermos, debido a que los primeros se alimentan menos intensivamente y con una menor frecuencia (Holmes & Price, 1986; Kennedy, 1990). La mayoría de los parásitos llegan a sus hospederos explotando las redes alimenticias para su transmisión; por lo tanto, se espera que los hospederos migratorios o aquellos que son más vágiles tengan más especies de parásitos, por el hecho de estar expuestos a una mayor diversidad de hábitats y por lo tanto están expuestos a una elevada diversidad de parásitos potenciales (Kennedy, 1990).

De manera particular, los peces como hospederos resultan interesantes para el estudio de sus comunidades de helmintos por presentar un grupo de características importantes para los análisis desde esta perspectiva: primero, por la facilidad para la colecta de los hospederos y por la posibilidad de obtener un número grande de réplicas, los parásitos de peces son los más estudiados en relación a cualquier otro grupo de vertebrados (Luque, 2008) permitiendo hacer comparaciones entre las distintas especies de hospederos; segundo, exhiben una variedad en sus ciclos de vida; tercero, presentan mucha plasticidad en sus tipos de reproducción y relaciones tróficas, además de que su tamaño corporal y hábitos alimentarios también son muy diversos.

## Ecología de parásitos

Las comunidades de helmintos parásitos son un excelente modelo para el estudio de diferentes patrones de organización a diferentes niveles, dependiendo de la escala física elegida para el estudio (Holmes & Price, 1986; Bush *et al.*, 1997; Poulin, 2005). Los hospederos representan para las comunidades de parásitos una réplica jerárquicamente estructurada de un hábitat fragmentado. Esto ofrece una oportunidad extraordinaria para un análisis comparado de la variabilidad de los patrones de organización de las comunidades a varios niveles jerárquicos (Guégan *et al.*, 2005).

La escala más pequeña está representada por las infracomunidades, formadas por las poblaciones de todas las especies parásitas en un único hospedero. El estudio de diferentes individuos de una misma población de hospedero nos proporciona réplicas de infracomunidades. A su vez, cada hospedero ofrece a los parásitos diferentes microhábitats para explotar. El siguiente nivel estaría formado por el componente de comunidad que comprende todas las infracomunidades de parásitos en una muestra de hospederos de un determinado lugar y tiempo (Bush *et al.*, 1997). Cada componente de comunidad es considerado como la fauna parásita de dicho hospedero. Descriptores generales, tales como la riqueza de especies, abundancia y diversidad de parásitos pueden calcularse tanto para niveles de infra y componente de comunidad (Margolis *et al.*, 1982, Bush *et al.*, 1997). El nivel jerárquico de los parásitos está en relación a la magnitud del estudio; infracomunidades puede ser equivalente a una escala local, mientras que los componentes de comunidad pueden ser equivalentes a una escala regional (véase Cone & Marcogliese, 2004). La importancia de reconocer estas dos escalas de estudio (local y regional), permite identificar los factores y procesos que influyen sobre la diversidad de especies para cada escala.

Los factores locales son en su mayoría ecológicos, tales como competencia, depredación, cambios climáticos estacionales, condiciones abióticas, mientras que los factores regionales están relacionados con acontecimientos a largo plazo, tales como especiación, dispersión de especies,

historia de los cambios climáticos y las características geográficas (Begon *et al.*, 1996; Hillebrand & Blanckner, 2002). Los factores ecológicos actúan como filtros para los parásitos, y cada factor puede afectar a cada especie de parásito de manera diferente, modificando sus infracomunidades y comunidades componente (Holmes, 1987). Los patrones encontrados en la composición parásita, la abundancia, riqueza y distribución pueden ser producto de distintos factores y procesos que deben ser reconocidos en la interpretación de estos patrones.

En la estructura de las comunidades de parásitos en peces se puede estudiar la distribución de especies dentro de las infracomunidades o se pueden realizar estudios sobre los patrones macroecológicos. Se han detectado ciertos patrones tales como la co-ocurrencia de especies (Poulin & Valtonen, 2001; Vidal-Martínez & Poulin, 2003), el anidamiento de las infracomunidades (Worthen & Rohde, 1996; Morand *et al.*, 2002), organizaciones núcleo-satélite de las especies (Hanski, 1982; Morand *et al.*, 2002) y presencia de comunidades de parásitos interactivas y aisladas (Holmes & Price, 1986; Esch *et al.*, 1990). El número de estudios de los patrones macroecológicos ha aumentado con el creciente interés en la teoría de metapoblaciones. Unos de los patrones macroecológicos más extendidos es la relación entre las especies y el área (Kuris *et al.*, 1980; Kennedy, 1990) y entre la riqueza y el aislamiento (Whittaker, 1998) (ambos muy relacionados con la teoría de biogeografía de islas de MacArthur & Wilson, 1967) o los patrones de relación entre riqueza local y regional (Price, 1980; Kennedy & Guégan, 1994; Barker *et al.*, 1996). Sin embargo, tan importante como identificar los patrones de la estructura de las comunidades de parásitos es encontrar los procesos que los crean. Morand *et al.* (2002) mencionan que la diferente capacidad de colonización/extinción de las especies parásitas ha sido sugerida como causante de la estructura de ciertas comunidades de parásitos. Otros estudios indican que las características de los hospederos son las que más influyen en la estructura de las comunidades de parásitos (Bagge, *et al.*, 2004; Pérez-del Olmo *et al.*, 2008; Luque & Poulin, 2008).

Las comunidades de parásitos pueden ser afectadas por características ecológicas o relaciones filogenéticas de los hospederos dependiendo de la naturaleza de los parásitos, es decir, si son ecto o endoparásitos, que se diferencian biológicamente. Los ectoparásitos por lo general tienen ciclos de vida directos, y sus transmisiones son a menudo influenciadas por factores externos (Rohde & Heap, 1998). En contraste, los endoparásitos en general, tienen ciclos de vida indirectos (Roberts & Janovy, 2000), y la transmisión no está directamente influenciada por los factores del ambiente. Por ejemplo, la temperatura puede afectar las comunidades de ectoparásitos, pero tiene menos efectos sobre los endoparásitos (Rohde & Heap, 1998). Los endoparásitos se pueden transmitir activamente (reclutamiento de larvas) o pasivamente (a través de la ingestión) lo que produce que la dinámica de transmisión sea variable. Por tanto, la colonización y reclutamiento puede variar entre los dos grupos de parásitos, lo cual puede afectar la estructura y patrones de las comunidades de parásitos.

Las características ecológicas de los hospederos representan las características ecológicas del hábitat de los parásitos (Bush *et al.*, 2001). Así, el sexo, el hábitat, la movilidad, la distribución, y la dieta de los hospederos han sido utilizados como las características ecológicas de los parásitos (Rohde, 1993). La combinación de los atributos ecológicos de los hábitats de un hospedero (es decir, su medio ambiente) y los hábitats del parásito (es decir, el cuerpo del hospedero), los eventos ecológicos, la respuesta fisiológica de los hospederos contra los parásitos y la distribución de los hospederos, pueden afectar a las poblaciones y comunidades de parásitos.

### **Ictiofauna de los oasis de B.C.S.**

La ictiofauna de aguas continentales a nivel mundial está compuesta principalmente por peces dulceacuícolas de origen primario y el remanente tiene un origen secundario (Myers, 1951). Los peces de origen secundario vicario tienen la capacidad de cruzar pequeñas barreras de salinidad (Myers, 1951). Asimismo, los peces secundarios son de valor biogeográfico por ser indicadores de antiguas conexiones hidrológicas (Lagler *et al.*, 1990).

En los oasis de la península de Baja California encontramos peces con diferente historia evolutiva y biogeográfica. En particular en los oasis de Baja California Sur se han registrado 25 especies de peces: 19 nativas eurihalinas de origen marino que colonizan los oasis a través de conexiones estuarinas y 6 introducidas (Ruiz-Campos *et al.*, 2002). De las 19 nativas sólo dos son endémicas para la región, *Fundulus lima* Follet, 1960 y *Gobiesox juniperoserrai* Espinosa-Pérez & Castro-Aguirre, 1996 (Castro-Aguirre *et al.*, 1999).

Ecogeográficamente no existen especies de peces dulceacuícolas primarias (dulceacuícolas obligados, no toleran el agua salada) o secundarias (de origen marino que invadieron el medio dulceacuícola y que han persistido hasta nuestros días) en B.C.S. (Follet, 1960), siendo todas especies eurihalinas de origen marino (tolerantes a los cambios de salinidades). La discontinuidad hidrológica entre las corrientes del sur de California y la península de Baja California durante la reducción del nivel del mar en el Pleistoceno formaron cuerpos de agua costeros que por efecto del levantamiento peninsular perdieron contacto con el mar dando lugar a cuerpos de agua dulce (Díaz & Troyo, 1997). La aridez permanente ha impedido la dispersión de los peces a través de los estuarios; los abruptos acantilados de gran parte de la costa oriental limitan la formación de lagunas y complica la dispersión, y el Golfo de California sirve como una barrera a la entrada de peces dulceacuícolas de Mesoamérica (Ruiz-Campos *et al.*, 2002).

Esta composición ictiofaunística y su distribución espacial ofrecen la posibilidad de explorar algunas hipótesis sobre la composición y origen de las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce de México, aportando datos que permitan verificar si las generalizaciones logradas sobre el tema en la región neotropical (Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997; Martínez-Aquino *et al.*, 2004; Salgado-Maldonado, 2008), también pueden ser aplicadas a las áreas neárticas del país.

En áreas neotropicales de México, se han estudiado a la mayoría de las especies de peces de agua dulce que habitan también en los oasis de Baja California Sur. Existen registros de helmintos parásitos para *Awaous tajasica*,

*Agonostomus monticola*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus helleri*, *Dormitator latifrons*, *Gobiomorus maculatus*, *Eleotris picta*, *Tilapia cf. zilli* y *Cyprinus carpio* (Salgado-Maldonado, 2006 y literatura referida en este trabajo).

## **Antecedentes**

La ecología de helmintos parásitos es un área que ha mostrado un fuerte desarrollo desde la década de 1980s (Holmes & Price, 1986; Holmes, 1987; Esch *et al.*, 1990b; Rohde, 1993; Poulin, 1998; Bush *et al.*, 2001; Poulin & Morand, 2004), aunque Dogiel (1964) había formulado anteriormente una contribución importante en relación con la ecología de parásitos, enfermedades y zoogeografía de los peces. Debido a la relación natural entre hospederos y parásitos, muchos estudios realizados hace más de un siglo se han enfocado a aspectos ecológicos de la relación huésped-parásito (Bush *et al.*, 2001).

En México, la investigación sobre los helmintos parásitos de peces de agua dulce ha incrementado en los últimos años (Luque & Poulin, 2007; Garrido-Olvera *et al.*, 2006; Pérez-Ponce de León *et al.*, 2009). El conocimiento de la helminto fauna parásita de peces de agua dulce en México incluye 258 especies en total, incluyendo 37 adultos y 43 larvas (metacercarias) de digéneos, 62 Monogéneos, 15 adultos y 18 larvas (metacestodos) de cestodos, 6 adultos y 4 larvas (cistacantos) de acantocéfalos y 54 adultos y 15 larvas (L3) de nemátodos (Salgado-Maldonado, 2006; Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2010). Hasta el momento se ha examinado el 77% de la ictiofauna nativa de México, obteniendo un inventario de helmintos casi completo, excepto monogéneos. Este inventario se analizó con curvas acumulativas de especies indicando que faltan pocas especies de helmintos por determinar, por tanto, se sigue realizando un mayor esfuerzo de trabajo en las zonas centro y norte de México. Esta riqueza de helmintos no se distribuye de forma homogénea en todo el país. El sureste es rico en especies de helmintos (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2003), mientras que la zona central de México no lo es tanto. Se han descrito comunidades de helmintos muy ricas en algunos sistemas hidrológicos, como el Papaloapan, Grijalva-Usumacinta, y la Península de Yucatán, (Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997; Vidal-Martínez & Kennedy, 2000), mientras que

los sistemas del Balsas, Lerma y Pánuco son pobres (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001a, b, 2004, 2005a, b).

A partir de la publicación de estos datos se puede generalizar que las comunidades de helmintos en peces de agua dulce de México se estructuran principalmente por nemátodos (adultos y larvas) y por tremátodos adultos y metacercarias (larvas de tremátodos). Monogéneos, céstodos y acantocéfalos se presentan en menores proporciones. Cada familia de peces tiene un conjunto de especies de helmintos que la parasitan, y estos helmintos se distribuyen junto con esa familia de peces en particular (Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2005; Salgado-Maldonado *et al.*, 2005, Salgado-Maldonado, 2006), lo que permite predecir que parásitos podemos encontrar en un cuerpo de agua determinado, en un tipo de hospedero dado.

Estos datos demuestran que gran parte de la región neotropical de México constituye una región de diversificación y endemismo de helmintos parásitos de peces de agua dulce con América Central (Aguilar-Aguilar *et al.*, 2003, 2008; Salgado-Maldonado, 2008), mientras que los helmintos de cuerpos de agua dulce de la región neártica de México han sido poco estudiados (Martínez-Aquino *et al.*, 2007; Martínez-Aquino & Aguilar-Aguilar, 2008; Pérez-Ponce de León *et al.*, 2009, 2010).

## **Justificación**

Existen numerosas razones que justifican la selección de las comunidades de parásitos en peces de los oasis de B.C.S., para tratar los aspectos mencionados anteriormente. Primero, los estudios ecológicos sobre helmintos parásitos en México son escasos, aunque existen numerosos estudios taxonómicos. Segundo, la mayoría de los estudios se han realizado en zonas tropicales de México, en las zonas desérticas estudios helmintológicos pocos han sido realizados. Tercero, la parasitofauna de los peces dulceacuícolas de B.C.S. no ha sido estudiada, por tanto, la carencia de datos no nos permite señalar si las comunidades de helmintos de peces de agua dulce se estructuran de igual manera tanto para la región neotropical como la



neártica de México. Este estudio representa un avance en el conocimiento sobre el origen de los helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en nuestro país.

El adecuado uso y manejo de las especies de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas como herramienta ambiental requiere como mínimo listados faunísticos confiables y el desarrollo de bases de datos que contengan información de los taxa. Documentar la biodiversidad determinando la presencia de especies (riqueza), su abundancia relativa y la mezcla de estos dos componentes de las comunidades de parásitos en sus hospederos, permitirá hacer propuestas de conservación y establecer programas de monitoreo de los oasis de B. C. S. Con el fin de complementar y enriquecer el diagnóstico integral de los oasis de B. C. S., se hace necesario realizar el primer estudio formal sobre los helmintos parásitos de los peces de estos ambientes.

Las preguntas que se plantean en este estudio son:

1. ¿Cuál es la composición taxonómica de la fauna de parásitos de los peces de agua dulce en B.C.S.?
2. ¿Cómo se estructuran las comunidades de helmintos parásitos, son predecibles o son producto de infecciones independientes y al azar?
3. ¿Hay patrones reconocibles en las comunidades de parásitos asociadas? ¿Pueden asociarse a factores o procesos típicos de zonas desérticas?
4. ¿Existen variaciones en la estructura de las comunidades de parásitos en los oasis?

Este estudio presenta un análisis y una descripción comprehensiva de las comunidades de helmintos parásitos de peces en los oasis de Baja California Sur, considerando dos niveles jerárquicos de parásitos: infracomunidad y componente de comunidad, diferentes descriptores parasitológicos y algunas características de los hospederos y parásitos. Desde una revisión de muchos estudios parasitológicos conocemos el tipo de hospedero y los atributos del

parásito comúnmente considerados, los efectos que producen sobre las comunidades de parásitos y los patrones encontrados en los estudios de dichas comunidades.

## **Objetivos**

La presente investigación tiene como propósito general aportar datos para el conocimiento de la diversidad, composición y estructura de las comunidades de helmintos parásitos de los peces dulceacuícolas en los oasis de B.C.S., México.

Los objetivos específicos que se plantean son:

1. Elaborar un inventario helmintológico de la ictiofauna de agua dulce de Baja California Sur.
2. Caracterizar las poblaciones de helmintos con base en su prevalencia, abundancia e intensidad promedio.
3. Describir las comunidades de helmintos con base en la riqueza de especies y distribución de abundancias.
4. Comparar las comunidades de helmintos entre especies de peces y entre oasis muestreados.

## ÁREA DE ESTUDIO

La península de Baja California está ubicada en el noroeste de México, forma parte de la región Neártica en el norte (paralelo 32° 46') y se extiende hacia la región Neotropical en el sur (paralelo 22° 53'), con una extensión aproximada de 1333 Km de largo y de 45-250 km de ancho. Se formó durante el Terciario (5-10 Ma) (Murphy, 1983), separándose de la parte continental de México por fuerzas tectónicas, dando origen al Golfo de California (Mar de Cortés).

Presenta 20 tipos distintos de climas, que van del árido al templado (García, 1988). La mayor parte de la península presenta temperaturas medias anuales por arriba de los 18° C y una precipitación media anual de menos de 200 mm. Las condiciones climáticas más extremas ocurren a lo largo de la costa del Mar de Cortés, al noreste, donde en verano se presentan las temperaturas más altas y las precipitaciones más bajas.

Los oasis de Baja California Sur (B.C.S.), se sitúan dentro de tres regiones climáticas aunque predomina el clima muy seco (92%); también se hallan climas seco y semiseco (7%) en la región del Cabo, y templado subhúmedo (1%) exclusivamente en la región de la Sierra de La Laguna. Esto condiciona el régimen hidrológico en función de la distribución estacional de las precipitaciones características de este clima, *i. e.*, una temporada de lluvias y una de sequía. La precipitación pluvial anual es baja (100 – 300 mm).

La permeabilidad baja de los tipos de suelo que constituyen la península permite la formación de manantiales, originando ambientes fragmentados y aislados (Díaz & Troyo, 1997), dando lugar a procesos de especiación alopátrica (Camarena-Rosales, 1999). Estos ambientes representan reliquias biogeográficas de ecosistemas mesofílicos subtropicales (Axelrod, 1948; 1979; Grismer & McGuire, 1993), albergan flora y fauna distintiva y muy diversa. La biota en la península es notable debido al número considerable de especies endémicas (Wiggins, 1980; Case & Cody, 1983).

Los afloramientos de agua, denominados oasis, pueden ser permanentes o semipermanentes, albergan especies de fauna, incluyendo endémicas terrestres y acuáticas; la vegetación asociada a estos oasis es peculiar, incluye principalmente palmas, carrizo y tule. Estos cuerpos de agua de zonas áridas funcionan como áreas de refugio, descanso y reabastecimiento para muchas especies con restricciones en su capacidad de dispersión (Grismer & McGuire, 1993). Son sumamente frágiles y fácilmente modificables por su tamaño pequeño, son vulnerables ante cambios y disturbios continuos. Las especies que los habitan por lo general tienen alta dependencia a este tipo de hábitats.

En B.C.S. la vegetación asociada a estos cuerpos de agua se conforma principalmente por palmas (*Washingtonia robusta* y *Phoenix dactylifera*), carrizo (*Phragmites communis*), tule (*Typha domingensis*) y chamizo (*Baccharis salicifolia*). En la periferia de esta vegetación existen formas arbóreas como tártago (*Jatropha cinerea*), palo fierro (*Olneya tesota*), acacia (*Acacia brandegeana*), palo verde (*Cercidium floridum*) y palo Eba (*Pithecellobium undulatum*) (Arriaga *et al.*, 1997).

En la península existen 184 oasis de diferentes tipos (Maya *et al.*, 1997), de los cuales 171 (93%) se encuentran en B.C.S., constituyendo una de las regiones del mundo con mayor cantidad de oasis. Se consideran oasis típicos aquellos que presentan aguas superficiales visibles, como La Purísima, San Ignacio y Mulegé (ver Anexo I); 48% son de este tipo. Los oasis atípicos reciben arroyos de temporal con mezquital (vegetación del género *Prosopis*), son considerados oasis por tener agua subterránea y constituyen el 52% (Maya *et al.* 1997).

Aunque representan menos del 1% de la superficie de B.C.S. los oasis contienen una proporción relevante de la diversidad biológica del Estado. Son sistemas únicos y representativos, con un grado de complejidad elevado, por lo que constituyen un patrimonio natural invaluable.

## **MATERIALES Y MÉTODO**

### **Colecta de peces**

Entre octubre de 2006 y julio de 2007, se colectaron y examinaron peces de agua dulce en trece oasis de Baja California Sur (Fig. 1, Anexo I). Los peces fueron capturados usando una red agallera de 2 x 2 m con una luz de malla de 5 mm para ambientes con profundidades de hasta 1.5 m. Para profundidades mayores se utilizó una red agallera con diferentes luces de malla y trampas de malla metálica de doble embudo tipo "minnow". Se realizó el mayor esfuerzo por detectar y recolectar todas y cada una de las especies de peces que se albergan en cada oasis, para lo cual se muestreo en todos los hábitats posibles que ofrece cada localidad. Intentamos examinar al menos 30 peces de cada especie por oasis, valorando la eficiencia del tamaño de cada muestra mediante curvas acumulativas de especies y estimadores de riqueza (ver más adelante).

### **Examen de peces**

Los peces capturados se mantuvieron vivos y aireados en recipientes con agua del medio y se transportaron al laboratorio para su examen helmintológico. Cada pez fue sacrificado y se le tomó el peso, longitud total, longitud patrón y altura. El examen helmintológico consistió en revisar bajo microscopio estereoscópico todos los tejidos y órganos: piel, aletas, boca y branquias, ojos, cerebro, corazón, mesenterios, esófago, estómago, intestino y músculos. Todos los helmintos fueron contados y preservados. Se obtuvieron dos tipos de datos: las especies de helmintos que hay en cada pez y el número de individuo (helmintos) por especie.

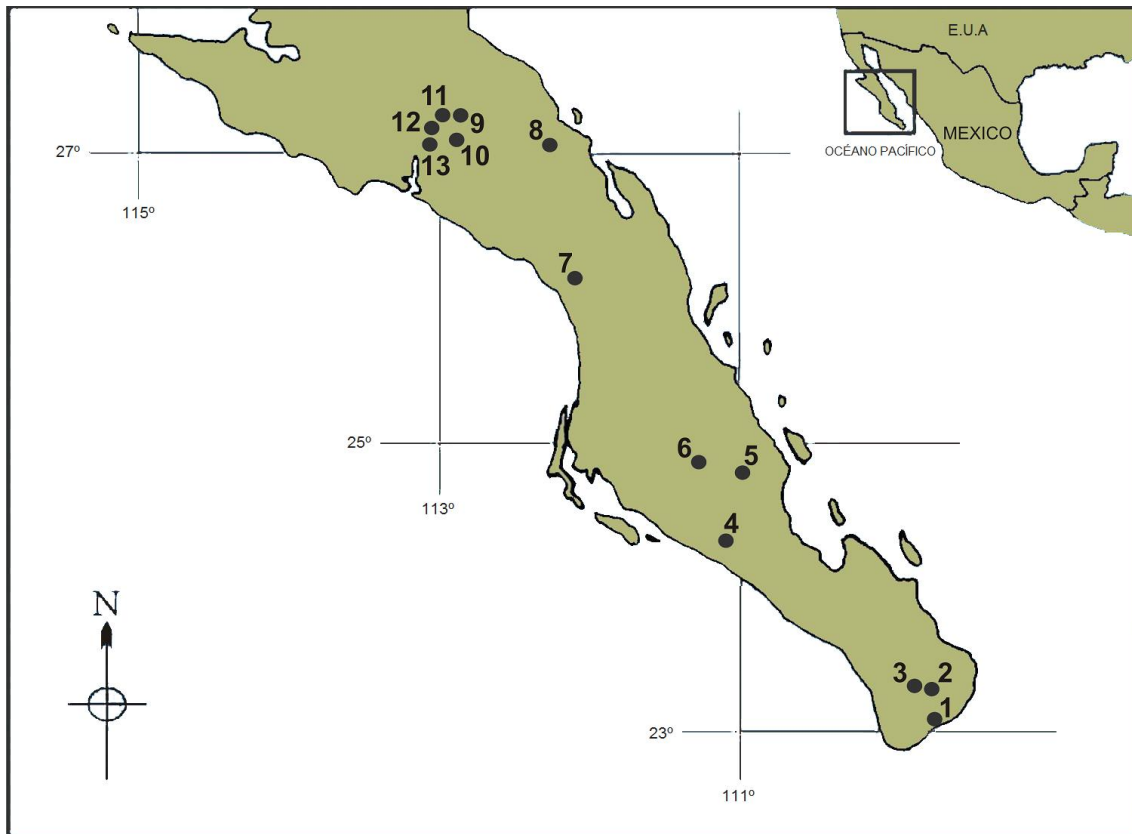


Figura 1. Localización de los sitios de colecta de peces en Baja California Sur, México: 1. Oasis San José del Cabo (SJC) (23° 03' 32" N, 109° 41' 28.8" O); 2. Arroyo La Tinaja-Miraflores (MIR) (23° 21' 59.4" N, 109° 45' 19.2" O); 3. Arroyo Santiago (Boca de la Sierra) (SGO) (23° 26' 24" N, 109° 48' 27.9" O); 4. Pozas Las Pocitas (LPO) (24° 24' 08.1" N, 111° 06' 10.8" O); 5. Presa San Pedro (SPD) (24° 50' 21.3" N, 111° 04' 54.8" O); 6. Arroyo en la Misión San Luis Gonzaga (SLG) (24° 54' 34.2" N, 111° 17' 27.0" O); 7. Oasis La Purísima (LPU) (26° 09' 30.2" N, 112° 7' 43.6" O); 8. Arroyo San José de Magdalena (SJM) (27° 03' 57.3" N, 112° 12' 41.3" O); 9. Oasis San Ignacio (SIG) (27° 10' 30.2" N, 112° 52' 2.8" O); 10. Arroyo San Joaquín- El Sauzal (SJO) (27° 31' 29.4" N, 112° 56' 54.4" O); 11. Poza Poza Larga (PZL) (27° 16' 28" N, 112° 54' 49.5" O); 12. Poza Corralitos (COR) (27° 13' 02.7" N, 112° 59' 17.4" O); 13. Poza Los Pinos (LPI) (27° 12' 38.6" N, 112° 59' 53.7" O).

#### Fijación de helmintos

Los platelmintos (monogéneos, digéneos y céstodos) se fijaron con formol caliente al 4% y se preservaron en alcohol al 70% (Lamothe-Argumedo, 1997;

Vidal-Martínez *et al.*, 2001; Caspeta-Mandujano *et al.*, 2009). Los acantocéfalos se colocaron en agua fría para evertir la probóscis y posteriormente se fijaron y preservaron en alcohol al 70%. Los nemátodos se fijaron en formol salino al 4% y preservaron en alcohol al 70% (Moravec, 1998; Caspeta-Mandujano, 2005).

#### Procesamiento de helmintos

Para su estudio morfológico y determinación taxonómica los platelmintos y acantocéfalos se tiñeron con paracarmín de Mayer o Tricrómica de Gomori y se montaron en preparaciones permanentes en bálsamo de Canadá (Lamothe-Argumedo, 1997; Vidal-Martínez *et al.*, 2001). Los nemátodos se estudiaron por transparentación en preparaciones temporales aclarados en glicerina (Moravec, 1998; Caspeta-Mandujano, 2005).

#### Determinación taxonómica de los helmintos

La determinación taxonómica de los helmintos se hizo con base a la bibliografía primaria y con los clasificadores más actualizados (Ver sección de literatura citada). Los ejemplares de helmintos de referencia se depositaron en la Colección Nacional de Helmintos (CNHE) que se resguarda en el Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

#### Caracterización de la helmintiasis

Para caracterizar las infecciones de cada especie helminto se usaron los parámetros propuestos por Bush *et al.* (1997): prevalencia (porcentaje de hospederos que se encuentran parasitados con una especie particular de helminto) [Prevalencia =  $(hi / n) \times 100$  donde  $hi$  = número de hospederos infectados,  $n$  = número de hospederos revisados], abundancia (promedio de individuos de una especie de helminto por hospedero examinado) [Abundancia =  $pt / n$  donde  $pt$  = número total de parásitos] e intensidad promedio (número promedio de helmintos de una especie por hospedero infectado por esa especie de helminto) [Intensidad promedio =  $pt / hi$ ].

## Comunidades de helmintos

Las comunidades de parásitos son un excelente modelo para el estudio de diferentes patrones de organización a diferentes niveles, dependiendo de la escala física elegida para el estudio (Holmes & Price, 1986; Bush *et al.*, 1997; Poulin, 2005). La escala más pequeña está representada por las infracomunidades, formadas por las infrapoblaciones de todas las especies parásitas en un único hospedero. El estudio de diferentes individuos de una misma población de hospedero nos proporciona réplicas de infracomunidades. A su vez, cada hospedero ofrece a los parásitos diferentes microhábitats para explotar. El siguiente nivel estaría formado por las comunidades componentes que comprenden todas las infracomunidades en una población hospedera. Cada comunidad componente es, a su vez, considerada como la fauna parásita de dicho hospedero (Poulin, 1998; Guégan *et al.*, 2005). Todos los análisis se realizaron en ambos niveles de organización (infracomunidad y componente de comunidad) para cada especie de hospedero.

## Distribución de abundancias

Examinamos la distribución de las abundancias de las especies en cada componente de comunidad trazando curvas de rango-abundancia (Krebs, 1989; Magurran, 2004) graficando la proporción de helmintos de una sola especie respecto del total de helmintos contados en el componente de comunidad. Esto también nos permitió identificar a las especies dominantes en el cuadrante.

## Análisis de dominancia-rareza

Para facilitar el análisis de los datos, se clasificaron las especies de helmintos en abundantes y raras, en función de sus valores de abundancia y prevalencia, construyendo el diagrama de Olmstead-Tukey (Sokal & Rohlf, 1995), que permite establecer categorías específicas de una forma gráfica. Con este análisis bidimensional se logra una clasificación conveniente graficando la prevalencia (ordenada) contra el logaritmo de la abundancia (abscisa  $\log x + 1$ ). Trazando la mediana de cada variable en la gráfica se perfilan cuatro cuadrantes: cuadrante I: especies dominantes (prevalencia y abundancia altas, ambas mayor que la mediana); cuadrante II: especies constantes (abundancia



menor a la mediana y frecuencia mayor a la mediana); cuadrante III: especies ocasionales (abundancia mayor a la mediana y frecuencia menor a la mediana); cuadrante IV: especies raras (abundancia y frecuencia bajas, ambas menor que la mediana). Este mismo análisis se aplicó en general, sumando todos los datos de todas las especies de peces y por oasis, para determinar las categorías de abundancia y prevalencia que alcanzaron las especies de helmintos en el área de la península muestreada. Los oasis en que se registró una sola especie de helminto fueron excluidos del análisis de especies dominantes y raras por oasis.

#### Especies generalistas y especialistas

Se considera especialistas en un hospedero determinado a aquellas especies de helmintos que se restringen en distribución, desarrollo y reproducción a un grupo de hospederos, especie, género o familia; las especies generalistas se encuentran y desarrollan en diferentes familias de hospederos (Kennedy & Bush, 1994).

#### Especies autogénicas y alogénicas

Se distinguieron a las especies autogénicas de helmintos de aquellas que son alogénicas por su capacidad de colonización. Las especies autogénicas se caracterizan por completar sus ciclos de vida dentro de los límites del ambiente acuático, por poseer un potencial de colonización limitado y por presentar distribución en parches (Esch *et al.*, 1990). Las especies alogénicas se caracterizan por completar sus ciclos de vida fuera de los límites del ambiente acuático, por utilizar organismos acuáticos como hospedadores intermediarios o paraténicos, por alcanzar la madurez sexual en aves y mamíferos y por poseer un potencial de colonización elevado, dado que pueden ser transferidos fácilmente de una localidad a otra por sus hospedadores definitivos (Esch *et al.*, 1990).

#### Riqueza específica

Se determinó la riqueza de especies de helmintos tanto para el componente (total de especies de helmintos en una muestra) como para la

infracomunidad (promedio de especies de helmintos por pez de una especie en una muestra).

Para valorar la cobertura de nuestros muestreos y verificar si recolectamos todos o una parte de las especies que constituyen la comunidad de helmintos de cada especie de pez construimos curvas acumulativas de especies (Soberón & Llorente, 1993) ajustándolas al Modelo de Clench para valorar su comportamiento asintótico y para obtener una estimación de riqueza derivada de este modelo (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003).

Para cada especie de pez en cada una de las localidades de muestreo, trazamos una curva acumulativa de especies que se construyó representando el incremento en el número de especies añadidas al inventario según aumenta el esfuerzo de muestreo realizado, es decir, con cada pez examinado. La forma de la curva varía en función del orden en el que se introduzcan los datos por ello se aleatorizó el orden de entrada de las unidades de muestreo (los peces examinados) 100 veces mediante el programa EstimateS Version 7.5 (Colwell, 2000) y lo expresamos en una curva promedio cuyos valores y gráficos proporciona este programa.

Determinamos si cada curva acumulativa había alcanzado la asíntota ajustándola a la función de Clench (Jiménez-Valverde & Hortal, 2003):  $S_n = a.n/(1+b.n)$ , donde  $S_n$  es el número de especies esperadas,  $a$  es la tasa de incremento de nuevas especies al comienzo del inventario,  $b$  es un parámetro relacionado con la forma de la curva y  $n$  es la variable de la función que representa el esfuerzo de muestreo. Del análisis con el programa EstimateS tomamos el número de muestras y el número de especies promedio acumuladas y los ingresamos al programa *Statistica 7* (StatSoft, 2001) con el cual despejamos la función de Clench mediante el algoritmo Simplex and Quasi Newton. El ajuste de los datos empíricos al modelo de Clench se valoró por medio del coeficiente de correlación ( $R^2$ ).

La función de Clench nos permitió valorar el grado de certeza del inventario de especies, verificando si la curva en efecto alcanzó la asíntota mediante el cálculo de la pendiente:

$$\text{Pendiente de Clench } (m) = a/(1+b.n)^2$$

Cuando la pendiente de la curva tiende a cero se alcanza la asíntota. De acuerdo con Jiménez-Valverde & Hortal (2003), las pendientes  $\leq 0.1$  se alcanzan cuando se ha descubierto arriba del 70% de las especies que conforman las comunidades de muestreo; con esta base asumimos como regla de decisión que si la pendiente de la curva es 0 el modelo de Clench es  $\leq 0.1$  nuestras curvas acumulativas habían alcanzado la asíntota. Estimamos el porcentaje de especies recuperadas en los muestreos como una proporción entre el número de especies observadas respecto de la riqueza estimada mediante el modelo de Clench. El estimado de la riqueza de especies mediante el modelo de Clench se obtiene cuando la curva de acumulación de especies alcanza la asíntota, calculada como la relación  $a/b$ .

Adicionalmente calculamos tres estimadores no paramétricos de riqueza para estimar el número de especies de helmintos que aún quedan por detectar en cada especie de hospedero y localidad (Poulin, 1998; Walther & Morand, 1998; Zelmer & Esch, 1999; Magurran, 2004).

Seleccionamos los estimadores no paramétricos Chao 2 y Jackknife de primer y segundo orden puesto que han sido los usados en el análisis de comunidades de helmintos (Walther & Morand, 1998; Zelmer & Esch, 1999).

$$\text{Chao 2} = \text{Sobs} + (L^2/2M)$$

$$\text{Jackknife}_1 = \text{Sobs} + L(m-1/m)$$

$$\text{Jackknife}_2 = \text{Sobs} + L(2m-3)/m - M(m-2)^2/m(m-1)$$

Donde:  $L$  es el número de especies que ocurren sólo en una muestra (especies “únicas”), y  $M$  es el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (especies “dobles” o “duplicadas”) (Colwell & Coddington, 1994;

Escalante-Espinoza, 2003; Dove & Cribb, 2006), mientras que los estimadores Jackknife de primer y segundo orden se basan tanto en el número de especies que ocurren solamente en una muestra ( $L$ ) (basado en incidencias) como en el número de especies que ocurren en exactamente dos muestras (Palmer, 1990; Dove & Cribb, 2006), siendo  $m$  el número de muestras.

Para valorar el comportamiento de los estimadores no paramétricos Chao2, Jackknife 1 y 2, y de la estimación de riqueza mediante la función de Clench calculamos los parámetros de sesgo y exactitud (Walther & Moore, 2005). El sesgo (sobreestimación o subestimación de la riqueza) y la exactitud (cercanía de la riqueza estimada a la riqueza verdadera) (Brose *et al.*, 2003; Walther & Moore, 2005) se calcularon mediante la relación de la riqueza estimada y la riqueza verdadera. Estimamos la riqueza real o verdadera como el total de especies de helmintos que pudieran infectar a la especie de hospedero en una localidad; se estimó como la riqueza observada ( $S_{obs}$ ) de cada hospedero más el número de especies de helmintos generalistas que pudieran compartir con el resto de los hospederos de una localidad determinada.

A partir del listado de especies de helmintos registrados en este trabajo determinamos las especies generalistas que pudieran registrarse lógicamente en la especie de hospedero y localidad muestreada. De acuerdo con Brose *et al.*, 2003 y Chiarucci *et al.*, 2003 se calculó:

$$\text{Sesgo} = (S_{estimada} - S_{verdadera}) / S_{verdadera}$$
$$\text{Exactitud} = ((S_{estimada} - S_{verdadera}) / S_{verdadera})^2$$

Ambas formulas generan valores entre -1 a 1, los valores cercanos a cero indican menor sesgo o mayor exactitud (Brose *et al.*, 2003).

## Diversidad

Se utilizaron los índices de Simpson en ambos niveles jerárquicos (componentes de comunidad e infracomunidad) y Shannon-Wiener para los componentes de comunidad. El índice de Simpson (expresa la dominancia o

concentración de abundancia de las especies frecuentes, es decir, es más sensible a los cambios en la abundancia y menos sensible a la riqueza de especies) y Shannon-Wiener (sensible a los cambios de abundancias de las especies raras) (Krebs, 1989). Los índices de diversidad de Simpson y Shannon-Wiener se calcularon mediante el programa Estimates (Colwell, 2000).

Índice de Simpson:

$$D_s = \Sigma (n_i (n_i - 1)) / (N (N - 1))$$

Donde:

$n_i$  = Número de individuos de la  $i$ -ésima especie.

$N$  = Número total de individuos.

Índice de Shannon-Wiener:

$$H' = -\Sigma P_i (\ln P_i)$$

Donde:

$p_i$  = abundancia proporcional de la especie  $i$ , es decir, el número de individuos de la especie  $i$  dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Para describir la diversidad de la infracomunidad se utilizó el índice de diversidad de Brillouin, que se usa para comunidades completamente censadas (donde se conoce el número total de individuos de esa comunidad) y es sensible a la presencia de especies raras. Al aplicar Brillouin no se calcula la diversidad en una población muestreada sino la diversidad de la propia muestra y por tanto está libre de error (Pielou, 1975). Los cálculos se realizaron con el programa MVSP (Multivariate Statistical Package) versión 3.11.

Índice de Brillouin:

$$H_B = \ln N! - \Sigma \ln n_i! / N$$

Donde:

$N$  = número total de individuos.

## Similitud

Expresamos el grado de semejanza del componente de comunidad y las infracomunidades entre sí a través de métodos cuantitativos y cualitativos, empleando el porcentaje de similitud y el coeficiente de Jaccard (Krebs, 1989). Con las matrices de similitud resultantes se construyeron dendogramas empleando técnicas de agrupamientos, los grupos se formaron empleando el algoritmo de ligamiento promedio con la media aritmética no ponderada (UPGMA). Consideramos los valores de abundancia y la presencia/ausencia de todas las especies, tanto de helmintos como de sus hospederos por localidades de muestreo para determinar el grado de similitud de la parasitofauna entre los componentes de comunidad.

## Análisis de componentes principales

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con datos transformados por logaritmo natural para explorar si existen tendencias en la distribución de abundancias de las especies de hospederas y sus helmintos en los oasis muestreados. En el análisis de componentes principales (ACP) se excluyeron los datos para San José del Cabo (SJC) debido a que este “oasis” es influenciado por el ambiente marino al encontrarse sobre la línea de costa.

Se efectuaron correlaciones utilizando la prueba de rangos de Spearman para determinar si las características generales de los oasis y las especies de hospederos influyen sobre las comunidades de helmintos parásitos de los peces de agua dulce de B.C.S.

## RESULTADOS

### Composición taxonómica de helmintos

De un total de 472 individuos examinados pertenecientes a nueve especies de peces y seis familias (Cuadro 1) en 13 oasis (Fig. 1, Anexo I), doscientos setenta y tres (58%) estuvieron parasitados, y de los peces infectados, 176 (64%) estuvieron infectados con solo una especie de helminto, mientras 97 (36%) resultaron infectados con dos o más especies de helmintos. El número de ejemplares por especie de hospedero por oasis varió de seis a 61 peces.

Del examen de estos hospederos recolectamos un total de 4608 helmintos individuales, determinando 13 familias, 19 géneros y 24 especies de helmintos parásitos: 10 especies de metacercarias (larvas de tremátodos), cinco monogéneos (adultos), tres metacéstodos (larvas de céstodos), tres larvas de nemátodos, dos acantocéfalos adultos y un céstodo adulto (Cuadro 2). Los tremátodos constituyen el 75% de las especies de helmintos recolectados, los monogéneos el 18%, en tanto que, acantocéfalos, céstodos y nemátodos aportaron el resto. Las 24 especies de helmintos encontradas son registros nuevos para la península de Baja California, México.

Se registraron cinco especies de helmintos que son introducidas junto con sus hospederos: la metacercaria de *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) en *Poecilia reticulata*, el céstodo Asiático *Bothriocephalus acheilognathi* (Yamaguti, 1934) en *Gambusia affinis* y tres monogéneos: *Dacylogyryrus anchoratus* (Dujardin, 1845) y *D. extensus* (Muller y Van Cleave, 1932) en *Cyprinus carpio* y *Cichlidogyryrus sclerosus* (Paperna y Thurston, 1969) en *Tilapia cf. zilli* (Cuadro 2).

### Caracterización de las helmintiasis

La composición de especies, prevalencia e intensidad de infección de cada especie de helminto en cada componente de comunidad examinado así

**Cuadro 1.** Especies de peces de Baja California Sur, México que fueron examinados.

<b>Especies de peces</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Long (Prom)</b>	<b>N</b>	<b>Localidades</b>
<b>Familia Eleotridae</b>				
<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	Dormilón gordo del Pacifico	37-338 (206)	30	1
<i>Eleotris picta</i> Kner and Steindachner, 1863	Guavina	43-473 (191)	25	1, 4
<b>Familia Poeciliidae</b>				
* <i>Gambusia affinis</i> (Bair and Girard, 1853)	Guayacón mosquito	24-58 (37)	46	2, 3
* <i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	Guppy	17-59 (33)	230	1, 4, 5, 6, 8, 9, 10
* <i>Xiphophorus helleri</i> Heckel, 1848	Cola de espada	33-140 (48)	36	9, 10
<b>Familia Fundulidae</b>				
+ <i>Fundulus lima</i> Vaillant, 1894	Sardinilla de la península	54-79 (65)	35	12, 13
<b>Familia Cichlidae</b>				
* <i>Tilapia cf. zilli</i>	Tilapia común	33-140 (79)	43	1, 7, 9
<b>Familia Gobiidae</b>				
<i>Awaous tajasica</i> (Lichtenstein, 1822)	Góbido de río	74-123 (103)	13	1
<b>Familia Cyprinidae</b>				
* <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Carpa común	54-290 (108)	14	11, 12

+ Especie endémica, \* Especies introducidas, Long (Prom)= longitud promedio, N= número de hospederos examinados



**Cuadro 2.** Parámetros poblacionales de las infecciones registradas en peces de agua dulce de B.C.S. Loc.= Localidad (Ver Fig. 1), (N)= número de hospederos examinados, P= Prevalencia (%), IM= Intensidad promedio ( $\pm$ SD). Sitios de infección: Al= Aletas; Br= Branquias; Cc= Cavidad del cuerpo; Es= Estómago; Go= Gónadas; Hi= Hígado; In= Intestino; Me= Mesenterio; Mu= Músculo; Pi= Piel; Vb= Vesícula biliar.

Parásito	Hospedero/sitio de infección	Loc.	N	Fecha	P (%)	IM ( $\pm$ SD)	E. D.	Estatus
<b>Tremátodos (metacercarias)</b>								
Familia Heterophyidae Odhner, 1914								
<i>Ascocotyle</i> sp.	<i>Eleotris picta</i> /Br	1	18	Feb-06	55.5	189.6 $\pm$ 23.6	L	G, Al, N
<i>Ascocotyle (Phagicola) nana</i> Ramson, 1920	<i>Fundulus lima</i> /Br	12	13	Jul-07	92.30	5.91 $\pm$ 5.4	L	G, Al, N
		13	22	Jul-07	36.36	2.12 $\pm$ 0.9		
<i>Ascocotyle (Ascocotyle) tenuicolis</i> Price, 1935	<i>Tilapia</i> cf. <i>zilli</i> /Mu	9	10	Abr-07	10	1	L	G, Al, N
<i>Centrocestus formosanus</i> (Nishigori, 1924)	<i>Poecilia reticulata</i> /Br, Cc, Mu	1	21	Oct-06	14.2	19.3 $\pm$ 14	L	G, Al, I
		5	58	Abr-07	6.8	0.7 $\pm$ 1.3		
		6	30	Abr-07	6.6	2.5 $\pm$ 1.5		
		9	61	Abr-07	9.8	1.6 $\pm$ 0.5		
<i>Pygidiopsis</i> sp.	<i>Xiphophorus helleri</i> /Br, Me, Go, In	10	6	Abr-07	16.6	0.16	L	G, Al, N
		9	30	Abr-07	46.6	7.5 $\pm$ 9.1		
Familia Clinostomidae Lühe, 1901								
<i>Clinostomum complanatum</i> (Rudolphi, 1814)	<i>Poecilia reticulata</i> /Me, Mu	9	61	Abr-07	1.63	54	L	G, Al, N
		6	30	Abr-07	96.66	11.20 $\pm$ 9.2		
		5	58	Abr-07	58.62	4.35 $\pm$ 2.9		
		3	16	Abr-07	18.75	1.66 $\pm$ 0.4		
Familia Cyathocotylidae Poche, 1926								
<i>Mesostephanus</i> sp.	<i>Fundulus lima</i> /Br	12	13	Jul-07	23.07	1	L	X, Al, N
Familia Diplostomidae Poirier, 1886								
Diplostomidae sp.	<i>Fundulus lima</i> /Me, Hi, Go	12	13	Jul-07	61.53	4.25 $\pm$ 1.5	L	X, Al, N
		13	22	Jul-07	9.09	28.5 $\pm$ 0.7		

Cuadro 2. Continúa...

Parásito	Hospedero/sitio de infección	Loc.	N	Fecha	P (%)	IM ( $\pm$ SD)	E. D.	Status
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (MacCallum, 1921)	<i>Poecilia reticulata</i> /Me, Mu	8	30	Abr-07	3.33	1	L	G, AI, N
		9	61	Abr-07	16.3	25 $\pm$ 13.1		
	<i>Xiphophorus helleri</i> /Mu	9	30	Abr-07	3.33	1		
<i>Tylodelphys</i> sp.	<i>Poecilia reticulata</i> /Cc	5	58	Abr-07	62	10.4 $\pm$ 9.2	L	G, AI, N
<b>Monogéneos</b>								
Familia Ancyrocephalidae Bychowsky, 1937								
<i>Cichlidogyrus sclerosus</i> Paperna y Thurston, 1969	<i>Tilapia</i> cf. <i>zilli</i> /Br	7	21	Abr-07	61.90	4.92 $\pm$ 5.2	A	E, Au, I
		1	12	Oct-07	58.33	2.71 $\pm$ 1.6		
<i>Salsuginus</i> sp.	<i>Poecilia reticulata</i> /AI, Br, pi	9	61	Abr-07	18.03	3.72 $\pm$ 2.3	A	X, Au, N
		1	21	Oct-07	57.14	3.16 $\pm$ 2.8		
	<i>Fundulus lima</i> /Br	12	13	Jul-07	76.92	3.9		
		13	22	Jul-07	100	26.68 $\pm$ 16.6		
Familia Dactylogyridae Bychowsky, 1933								
<i>Dactylogyrus anchoratus</i> (Dujardin, 1845)	<i>Cyprinus carpio</i> /Br	12	8	Jul-07	50	1	A	E, Au, I
		11	6	Jul-07	83.33	3 $\pm$ 0.6		
<i>Dactylogyrus extensus</i> (Muller y Van Cleave, 1932)	<i>Cyprinus carpio</i> /Br	12	8	Jul-07	12.5	1	A	E, Au, I
Familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864								
<i>Gyrodactylus</i> sp. Von Nordmann, 1832	<i>Poecilia reticulata</i> /AI	1	21	Oct-07	14.28	2.33 $\pm$ 1.4	A	X, Au, N
<b>Céstodos (adultos)</b>								
Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849								
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	<i>Gambusia affinis</i> /An	2	30	Abr-07	23.33	1.28 $\pm$ 0.4	A	G, Au, I
<b>Metacéstodos</b>								
Familia Gryporhynchidae (Spassky y Spasskaya, 1973)								
Gryporhynchidae gen. sp.	<i>Poecilia reticulata</i> /Nb	5	58	Abr-07	1.72	1	L	G, AI, N
		6	30	Abr-07	13.33	1.75 $\pm$ 0.8		

Cuadro 2. Continúa...

Parásito	Hospedero/sitio de infección	Loc.	N	Fecha	P (%)	IM ( $\pm$ SD)	E. D.	Status
	<i>Xiphophorus helleri</i> /Vb	9	30	Abr-07	3.33	3		
<i>Paradilepis</i> sp.	<i>Cyprinus carpio</i> Me	12	8	Jul-07	25	1.5 $\pm$ 0.7	L	G, AI, N
		11	6	Jul-07	50	3.33 $\pm$ 1.8		
<i>Valipora</i> sp.	<i>Poecilia reticulata</i> /Vb	9	61	Abr-07	22.95	1.71 $\pm$ 0.9	L	G, AI, N
	<i>Eleotris picta</i> /Hi	1	18	Feb-07	11.1	1		
	<i>Dormitator latifrons</i> /Hi	1	30	Feb-07	3.3	1		
	<i>Fundulus lima</i> Me, Hi	12	13	Jul-07	23.07	2.33 $\pm$ 0.5		
<b>Nemátodos (larvas)</b>								
Familia Anisakidae Railliet y Henry, 1912								
<i>Contraecum</i> sp.	<i>Fundulus lima</i> /Cc, Mu,	13	22	Jul-07	9.09	1.5 $\pm$ 0.6	L	G, AI, N
<i>Porrocaecum</i> sp.	<i>Fundulus lima</i> /An	12	13	Jul-07	7.69	1	L	E, AI, N
Familia Gnathostomatidae Railliet, 1895								
<i>Spiroxys</i> sp.	<i>Eleotris picta</i> /An	1	18	Dic-06	5.5	2	L	G, AI/Au, N
	<i>Cyprinus carpio</i> Me, In	12	8	Jul-07	50	6.25 $\pm$ 5.6		
		11	6	Jul-07	16.66	1		
	<i>Fundulus lima</i> Me, In	12	13	Jul-07	30.76	1		
		13	22	Jul-07	27.27	1.16 $\pm$ 0.3		
<b>Acantocéfalos</b>								
Familia Neoechinorhynchidae Ward, 1953								
<i>Neoechinorhynchus</i> cf. <i>golvani</i> Salgado-Maldonado, 1978	<i>Eleotris picta</i> /An	1	18	Dic-06	5.5	1	A	E, Au, N
	<i>Dormitator latifrons</i> /An, Es	1	30	Feb-07	66.6	10.72 $\pm$ 2.8		
Familia Pomphorhynchidae Yamaguti, 1939								
<i>Pomphorhynchus</i> sp.	<i>Eleotris picta</i> /An	4	7	Jul 07	14.28	1	A	G, Au, N

E.D. (Estadio de desarrollo): L= Larva; A= Adulto. Status: I= Introducida, N= Nativa G= Generalista, E= Especialista; X= Sin determinar; Au= Autogénico; AI= Alogénico.

como el sitio de infección donde se encontró el helminto se muestran en el Cuadro 2. Detectamos cinco especies de helmintos (*Salsuginus* sp., *D. anchoratus*, *N. cf. golvani*, *A. (P.) nana* y Diplostomidae sp.) que son frecuentes en la región y se distinguen por presentar prevalencias mayores al 50% en tres especies de hospederos. En particular, *F. lima* presentó tres de estas cinco prevalencias de infección elevadas (Ver Anexo IV). Dos de las 24 especies de helmintos registradas (*Valipora* sp. y *Spiroxys* sp.) se distribuyen respectivamente en cuatro y tres, de los ocho componentes de comunidad analizados, es decir, estas dos especies se encuentran con frecuencia en los peces de la región. El resto de las especies de helmintos son poco frecuentes y de distribución restringida, presentes en uno o dos componentes de comunidad y en bajas prevalencias (Cuadro 2).

La especie de helminto que se presentó con mayor número de individuos fue la metacercaria *Ascocotyle* sp. con una intensidad de infección de 190 individuos por pez parasitado seguido por *Salsuginus* sp. con 19 individuos por pez parasitado (Cuadro 2). Todas las especies de peces que examinamos estuvieron parasitadas excepto el góbido *Awaous tajasica* del cual se examinaron 13 ejemplares de la localidad San José del Cabo.

#### Especies especialistas, generalistas, autogénicas y alogénicas

Catorce de las 24 especies de helmintos fueron generalistas, 5 especialistas en tanto que 5 no se pudieron determinar. Por tanto, podemos mencionar que los componentes de comunidad de helmintos de peces de B.C.S. están dominados por generalistas. Dieciseis de las 24 especies (el 67%) son formas larvarias alogénicas que ocupan a los peces de agua dulce como hospederos intermediarios o paraténicos y que se dispersan geográficamente por medio de sus hospederos definitivos: quince de éstas maduran en aves, en tanto que *Spiroxys* sp. madura en tortugas completando su ciclo de vida en ambientes acuáticos como especie autogénica (Cuadro 2). Las especies autogénicas comprenden cinco monogéneos, un céstodo y dos acantocéfalos que desarrollan su ciclo de vida en ambientes acuáticos. Los monogéneos, al ser ectoparásitos, presentan una capacidad relativamente limitada para su

dispersión con excepción de los hábitats que están sujetos a eventos de inundaciones repetidas, permitiendo una mayor colonización o hábitats.

### Comunidad componente

De acuerdo a los datos presentados, el grupo taxonómico predominante por el número de especies registradas para los ocho componentes de comunidad examinados, fueron los tremátodos en estadio larval (metacercarias), al representar el 75% de las 24 especies de helmintos registradas. No se registraron tremátodos adultos. Los monogéneos son el segundo grupo más abundante y se encontraron parasitando al 50% de las especies hospederas examinadas. Del total de componentes de comunidad examinados *T. cf zilli* fue el único en registrar una especie de helminto (*C. sclerosus*). El céstodo introducido *B. acheilognathi* se registró únicamente en *G. affinis* y en la localidad de Miraflores (Ver mapa Fig. 1).

### Especies dominantes y raras

El diagrama de asociación de Olmstead-Tukey muestra que para los 13 oasis de B.C.S. distinguimos 12 especies de helmintos dominantes (Fig. 2 A) por su alta frecuencia y abundancia superiores a la mediana de la distribución de estos parámetros. De éstas seis son tremátodos (metacercarias): *A. (P.) nana*, Diplostomidae sp., *Ascocotyle* sp., *Pygidiopsis* sp., *C. complanatum* y *Tylodelphys* sp.; tres monogéneos: *D. anchoratus*, *Salsuginus* sp. y *C. sclerosus*; un metacestodo: *Paradilepis* sp.; un nemátodo: *Spiroxys* sp. y un acantocéfalo: *N. cf. golvani*. Las especies raras fueron 12 (Fig. 2 B), siendo cuatro de ellas metacercarias: *C. formosanus*, *A. (P.) tenuicollis*, *P. minimum*, *Mesostephanus* sp.; tres céstodos: *B. acheilognathi*, *Valipora* sp., Gryporhynchidae sp.; dos monogéneos: *Gyrodactylus* sp., *D. extensus*; dos nemátodos: *Porrocaecum* sp., *Contraecum* sp. y un acantocéfalo: *Pomphorhynchus* sp.

El diagrama de Olmstead-Tukey para cada especie de hospedero reveló de una a cuatro especies de helmintos dominantes, constituyendo entre el 8% y

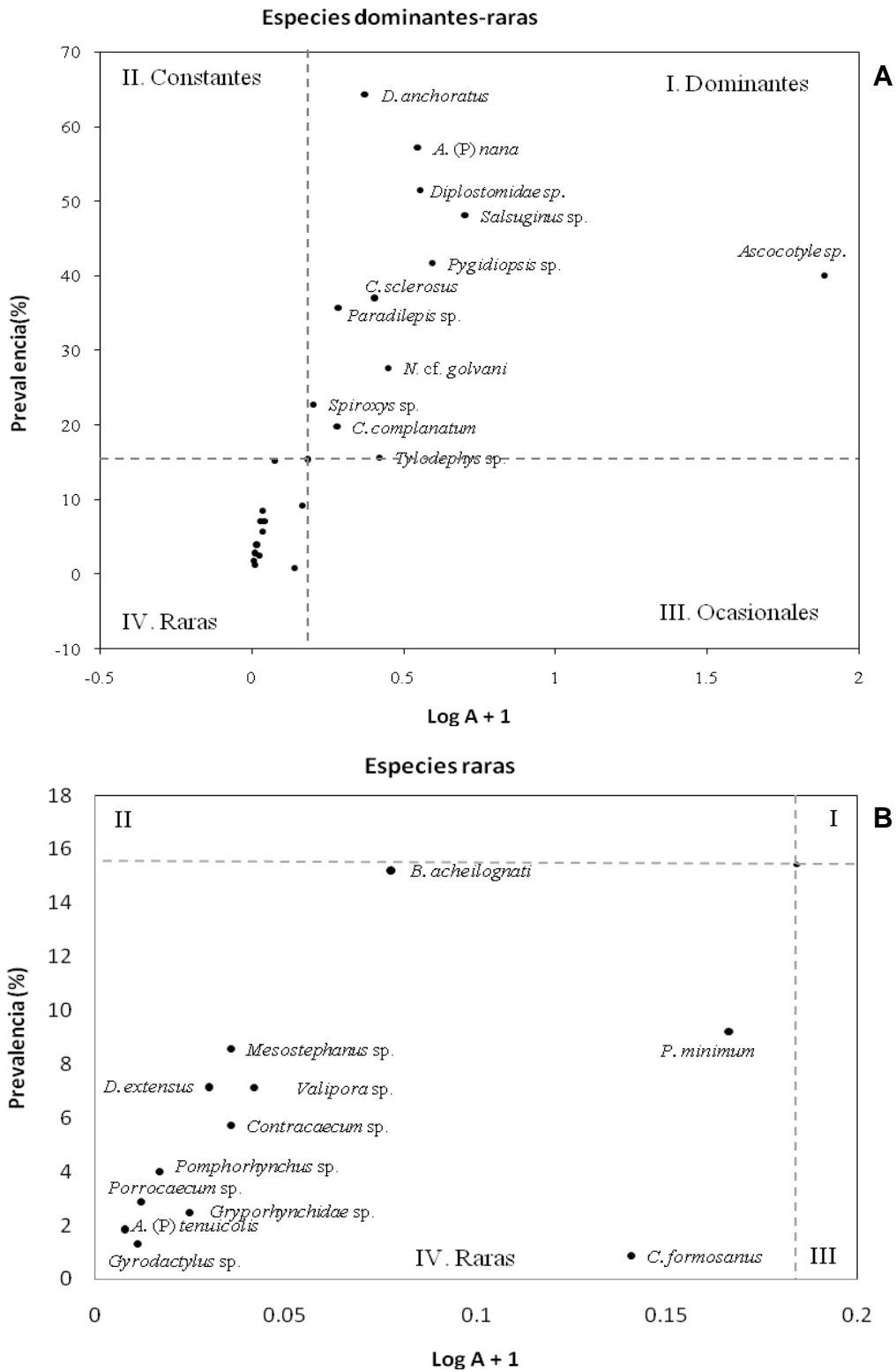


Figura 2. Diagrama de Olmstead-Tukey de las especies de helmintos dominantes (A) y raras (B) para las 8 especies de hospederos analizados en los oasis de B.C.S.

91% del total de individuos de helmintos. Así mismo se reconoce un número variable de especies raras, constantes y ocasionales (ANEXO II, Figs. 20 - 27). Varias especies de metacercarias de tremátodos fueron dominantes en la mayoría de las especies hospederas. Registramos prevalencias altas de metacercarias en cuatro especies de hospederos: *E. picta*, *P. reticulata*, *X. helleri* y *F. lima* (ANEXO II, Figs. 20b, 21b, 22 a y b).

En cuanto a las especies dominantes por oasis, se utilizó el diagrama de Olmstead-Tukey para aquellas localidades donde se registraron más de dos especies de helmintos, mostrando de una a cuatro especies dominantes, con prevalencias de 9 al 100%. El oasis Corralitos presentó el mayor número de especies dominantes (ANEXO II, Fig. 26b). Las metacercarias de tremátodos y los monogéneos fueron los grupos de helmintos dominantes por sus altas prevalencias en seis de los siete oasis analizados (ANEXO II).

#### Representatividad de los muestreos

El análisis de nuestros datos por curvas acumulativas de especies ajustadas al modelo de Clench indica que los muestreos fueron apropiados para generar un inventario de especies de helmintos relativamente completo. En todos los componentes de comunidad las curvas trazadas se ajustaron al modelo de Clench ( $r^2 > 0.87$ , Cuadro 3). La mayoría de las curvas alcanzaron la asíntota con una pendiente baja ( $m \leq 0.1$ ) sugiriendo que el número de hospederos examinados en cada localidad y fecha fue suficiente para registrar el mayor número de especies de helmintos de cada componente de comunidad (Anexo III, Figs. 38 - 31). Dos componentes de comunidad presentaron pendientes  $m > 0.1$ , (Cuadro 3: *C. carpio* del oasis Corralitos  $m= 0.131$  y *X. helleri* del oasis San Joaquín  $m= 0.159$ ). Los valores altos de la pendiente en ambos casos, indican que las curvas acumulativas de especies no alcanzaron la asíntota, siendo necesario examinar un mayor número de estos hospederos en cada caso, para completar el inventario de sus helmintos. De forma que el inventario actual para ambas especies se considera provisional, y que probablemente incluye más especies que las que aquí registramos.

El número estimado de especies de helmintos por el modelo de Clench para cada especie de hospedero resultó muy similar al número de especies observadas en todos los casos, sugiriendo para la mayoría de los hospederos por oasis, que únicamente nos faltó por detectar una especie de helminto. Tan solo en el caso de *E. picta*, en las dos localidades en que se muestreo, los datos sugieren que aún hay 2 ó 3 especies de helmintos que no detectamos.

Evaluamos la eficacia de los estimadores con respecto a la riqueza verdadera obteniendo que nuestro mejor estimador fue *Chao 2* ya que se aproximó más a la estabilidad, mostrando el menor sesgo y mayor exactitud en 7 de las muestras analizadas, seguido por Clench al presentar valores de sesgo y exactitud muy similares a *Chao2* (Cuadro 3). Los estimadores Jackknife 1 y Jackknife 2 difirieron de los dos primeros estimadores, por calcular el mayor número de especies para cada una de las muestras examinadas.

Los estimadores usados en este estudio predicen cuantas especies existen y cuantas especies raras faltan aún por descubrir en la muestra, y que a pesar de existir la ausencia de especies raras en algunas muestras de peces analizadas también nos revela que el esfuerzo de muestreo es óptimo para cada una de las localidades censadas.

#### Riqueza específica

La mayor riqueza de especies de helmintos por especie de hospedero se registró en *Fundulus lima* ( $S= 8$ ) y *Poecilia reticulata* ( $S= 8$ ), en tanto que *Dormitator latifrons* ( $S= 2$ ), *Gambusia affinis* ( $S= 2$ ) y *Tilapia cf. zilli* ( $S= 2$ ) presentaron el menor número de especies (Cuadro 3, fig. 3). El número de especies registradas de cada comunidad varió entre 1 y 7, siendo el endémico *F. lima* ( $S= 7$ ) la especie de hospedero con el mayor número de helmintos en una sola localidad.

En total, considerando las 8 especies de peces examinadas, el número de helmintos individuales en cada comunidad componente varió entre 14 y 1902 gusanos, siendo la comunidad de *E. picta* la que presentó el número más elevado de parásitos (Cuadro 4).



Considerando el total de especies de helmintos, el porcentaje de hospederos no infectados fue alto en la mayoría de los componentes de comunidad variando entre 14 y 78%, con excepción de *F. lima* donde el 100% de los hospederos examinados estuvo parasitado.

La composición de especies de helmintos, considerando los datos totales de cada comunidad componente, difirió entre las especies de hospederos (Figs. 3). Las metacercarias constituyen para tres hospederos (*E. picta*, *P. reticulata* y *X. helleri*) el grupo taxonómico con mayor número de individuos entre sus parásitos. En tanto que los monogéneos son importantes por su presencia en *F. lima*, *T. cf. zilli* y *C. carpio*. En particular, los peces introducidos *T. cf. zilli* y *C. carpio* llegan a los oasis con sus monogéneos parásitos, constituyendo una vía de introducción de parásitos extraños a estos sistemas acuáticos.

Los oasis que registraron la mayor riqueza de especies de helmintos considerando el total de especies hospederas examinadas para cada localidad fueron Corralitos (S= 10), San Ignacio (S= 8) y San José del Cabo (S= 8), mientras que en las localidades restantes se obtuvieron de una a cinco especies.

Cuadro 3. Parámetros de la riqueza de especies de helmintos derivadas del ajuste al modelo de Clench. Loc.= localidad de muestreo (ver Fig. 1), n= número de hospederos revisados, So= Riqueza observada, Se= Riqueza estimada (Se= a/b modelo de Clench), % Spp= Porcentaje de especies (Clench), Pendiente de Clench ( $m$ )=  $a/(1+b.n)^2$ , Ex= Exactitud.

Hospedero	Loc./Fecha	n	So	Se	Modelo asintótico					Estimadores no paramétricos								
					% Spp.	$m$	Sesgo	Ex	R <sup>2</sup>	Chao2	Sesgo	Ex	Jack1	Sesgo	Ex	Jack2	Sesgo	Ex
<i>Cyprinus carpio</i>	12 / Jul-07	8	3	5.5	72	0.131	0.25	0.11	0.99	3	<b>0</b>	<b>0</b>	4	0.33	0.11	-	-	-
	11 / Jul-07	6	4	3.7	80	0.098	-0.16	0.02	0.99	5	-0.28	0.08	5	-0.28	0.08	5	-0.28	0.08
<i>Dormitator latifrons</i>	1 / Abr-07	30	2	2	100	0.006	-1	0.25	0.84	2	-0.5	0.25	3	-0.25	0.062	-	-	-
<i>Eleotris picta</i>	4 / Jul-07	7	4	2.7	36	0.085	0.16	0.04	0.96	6	0.2	0.04	6	0.2	0.04	7	0.4	0.16
	1 / Feb-07	18	1	6.3	63	0.080	0.5	1	0.98	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fundulus lima</i>	12 / Jul-07	13	7	7.9	87	0.063	0.12	0.02	0.99	7	<b>0</b>	<b>0</b>	8	0.14	0.02	-	-	-
	13 / Jul-07	22	5	5.4	91	0.015	0.16	0.04	0.99	5	<b>0</b>	<b>0</b>	-	-	-	-	-	-
<i>Gambusia affinis</i>	3 / Abr-07	16	1	1.4	57	0.015	<b>0</b>	<b>0</b>	0.99	1	<b>0</b>	<b>0</b>	-	-	-	-	-	-
	2 / Abr-07	30	2	1.1	88	0.002	0.5	1	0.95	2	<b>0</b>	<b>0</b>	3	0.5	0.25	-	-	-
<i>Poecilia reticulata</i>	1 / Oct-06	21	4	5	79	0.035	-0.2	0.02	0.99	4	-0.33	0.11	5	-0.16	0.02	-	-	-
	6 / Abr-07	30	6	3.4	88	0.011	-0.14	0.01	0.96	6	-0.25	0.06	7	-0.12	0.01	7	-0.12	0.01
	9 / Abr-07	61	3	6.7	89	0.010	<b>0</b>	<b>0</b>	0.98	3	<b>0</b>	<b>0</b>	4	0.33	0.11	-	-	-
	5 / Abr-07	58	4	4	99	0.004	<b>0</b>	<b>0</b>	0.90	4	<b>0</b>	<b>0</b>	5	0.25	0.06	-	-	-
<i>Tilapia cf. zilli</i>	8 / Abr-07	30	1	-	-	0.030	<b>0</b>	<b>0</b>	0.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	1 / Nov-06	13	1	1	91	0.004	-1	0.25	0.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	7 / Abr-07	21	1	1	95	0.001	<b>0</b>	<b>0</b>	0.85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Xiphophorus helleri</i>	9 / Abr-07	10	1	-	-	0.099	-1	0.25	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9 / Abr-07	30	5	6.0	82	0.034	-0.33	0.06	0.98	7	-0.12	0.01	6	-0.25	0.06	8	0	0
	10 / Abr-07	6	1	-	-	0.159	<b>0</b>	<b>0</b>	0.99	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Distribución de abundancias

Las curvas de distribución de abundancias de las especies, mostraron que los componentes de comunidad de helmintos parásitos de peces de agua dulce de B.C.S. son pobres y en su mayoría dominados por una sola especie de helminto (Fig. 3). Con base en los patrones de distribución de abundancias de las especies de helmintos, las curvas de abundancia-dominancia mostraron a *F. lima* como el más diverso, ya que representa una mayor equitatividad en su abundancia por especie en el oasis Corralitos (12) (Fig. 3). *P. reticulata* fue el hospedero con mayor rango de distribución entre las localidades de muestreo, sin embargo, sus comunidades de helmintos son poco diversas y dominadas por una especie de helminto, variando entre las localidades de muestreo. El componente de comunidad de *D. latifrons* fue el menos diverso.

Los gráficos de abundancia-dominancia mostraron la presencia de diez especies de helmintos dominantes para cada componente de comunidad: *D. anchoratus*, *Spiroxys* sp., *Salsuginus* sp., *A. (P.) nana*, *P. mínimum*, *C. formosanus*, *Ascocotyle* sp., *Tylodelphys* sp, *Pygidiopsis* sp. y *N. cf golvani* por sus abundancias altas. La metacercaria de *A. (P.) nana* domina en dos componentes. Doce especies de helmintos se consideraron raras por presentar abundancias bajas (Fig. 3).

Algunas especies de helmintos como *Spiroxys* sp., *A. (P.) nana* y *Ascocotyle* sp., fueron dominantes en ciertas especies de hospederos mientras que en otras fueron registradas como especies raras debido a sus bajas abundancias. Por ejemplo, el nemátodo *Spiroxys* sp. se comporta como especie dominante en *C. carpio* para la localidad Corralitos; sin embargo, fue una especie rara en *F. lima* dentro de la misma localidad y Los Pinos, así como en *E. picta* en San José del Cabo.

Los hospederos *T. cf zilli* y *G. affinis* sólo registraron una especie de helminto en cada una de las localidades donde fueron muestreadas por tal motivo no se tomaron en cuenta para este análisis.

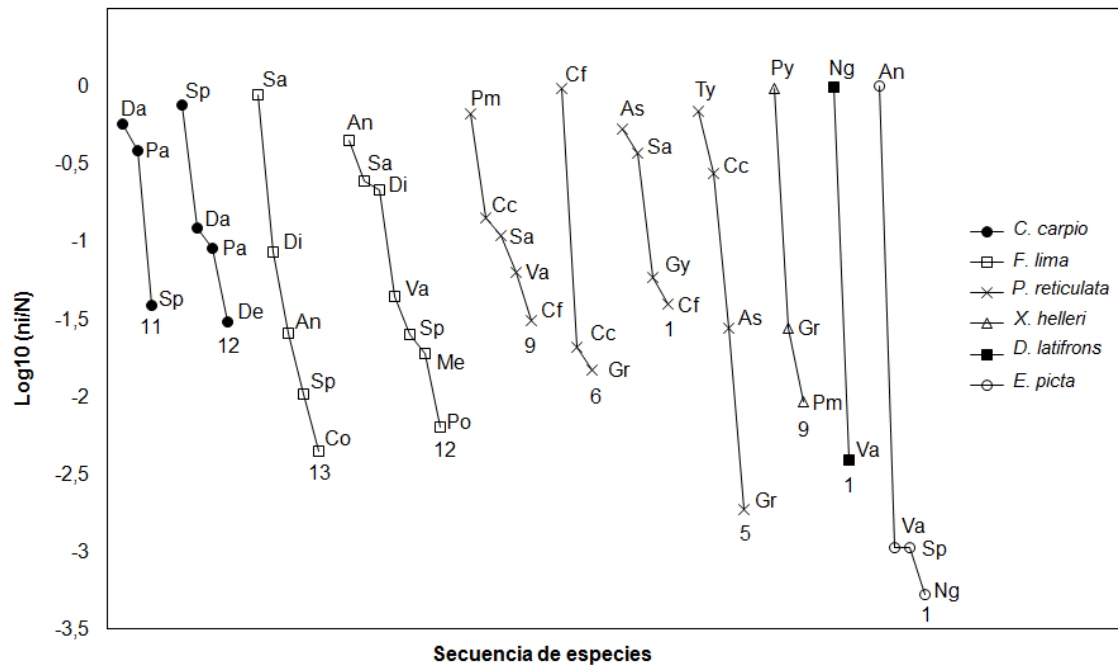


Figura 3. Gráfica de diversidad-dominancia de las especies de helmintos en cada una de las especies de hospederos analizadas para cada sitio de colecta. **An:** *Ascocotyle (P) nana*; **As:** *Ascocotyle* sp., **Cf:** *Centrocestus formosanus*, **Cc:** *Clinostomum complanatum*, **Co:** *Contracaecum* sp., **Da:** *Dactylogyrus anchoratus*, **De:** *Dactylogyrus extensus*, **Di:** *Diplostomidae* sp., **Gr:** *Gyrodactylidae* sp., **Gy:** *Gyrodactylus* sp., **Me:** *Mesostephanus* sp., **Ng:** *Neoechinorhynchus cf golvani*, **Pa:** *Paradilepis* sp., **Po:** *Porrocaecum* sp., **Pm:** *Posthodiplostomum minimum*, **Py:** *Pygidiopsis* sp., **Sa:** *Salsuginus* sp., **Sp:** *Spiroxys* sp., **Ty:** *Tylodelphys* sp., **Va:** *Valipora* sp., **1:** San José del Cabo, **5:** San Pedro de la Presa, **6:** San Luis Gonzaga, **9:** San Ignacio, **11:** Poza Larga, **12:** Corralitos, **13:** Los Pinos.

### Diversidad

En el cuadro 4 se describen los componentes de comunidad para seis especies de peces de B.C.S. La riqueza de especies varió desde una especie de helminto para *G. affinis* y *T. cf zilli* hasta siete especies para *F. lima*. Las abundancias fluctuaron desde 26 helmintos para *C. carpio* en el oasis de Poza Larga hasta 1901 helmintos en *E. picta* en el oasis de San José del Cabo. La mayor diversidad ( $H'$ ) de helmintos se registró en *F. lima* para la localidad de Corralitos ( $H' = 1.37$ ), seguida por *P. reticulata* para las localidades de San Ignacio y San José del Cabo ( $H' = 1.08$  y  $H' = 0.99$ , respectivamente).

Los eleotridos *D. latifrons* y *E. picta* registraron la diversidad más baja ( $H' = 0.02$ ). Las especies hospederas *T. cf. zilli* y *G. affinis* no se tomaron en cuenta en este análisis debido a que su riqueza fue de una especie de helminto. En general, los componentes de comunidad de las especies de hospederos examinados se encuentran dominados fuertemente por una especie de helminto, con altos valores, mayores a 0.50. Esta especie dominante puede llegar a repetir el mismo patrón de dominancia ya sea para la misma o diferente especie de hospedero (Cuadro 4).

Los valores de dominancia relativa fueron altos en siete componentes de comunidad, sin embargo, cuatro componentes de comunidad no presentaron dominancia debido a que presentaron la mayor diversidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros que describen las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de Baja California Sur, México.

Componente de comunidad	<i>D. latifrons</i>	<i>E. picta</i>	<i>P. reticulata</i>			<i>X. helleri</i>	<i>C. carpio</i>		<i>F. lima</i>		
Núm. localidad	1	1	1	5	6	9	9	11	12	12	13
Hospederos examinados	30	18	21	58	30	61	30	6	8	13	22
% de hospederos no infectados	33.3	39	43	12	3.3	11.4	53.3	16.6	12.5	0	0
Núm. ind. (N)	216	1901	102	541	339	379	98	26	33	159	671
Riqueza (S)	2	4	4	4	3	6	5	3	4	7	5
Especies generalistas	1	3	2	4	3	6	5	2	2	4	3
Especies especialistas	1	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0
Simpson (D <sub>Sp</sub> )	0.99	0.99	0.41	0.56	0.93	0.47	0.52	0.46	0.58	0.3	0.77
Shannon (H')	0.02	0.02	0.99	0.71	0.17	1.08	0.85	0.81	0.79	1.37	0.49
Especie dominante	Ng	An	As	Ty	Cf	Pm	Py	Da	Sp	An	Sa

An (*A. (P.) nana*), As (*Ascocotyle* sp.), Cf (*C. formosanus*), Da (*D. anchoratus*), Ng (*N. cf golvani*), Pm (*P. minimum*), Py (*Pygidiopsis* sp.), Sa (*Salsuginus* sp.), Sp (*Spiroxys* sp.), Ty (*Tylodelphys* sp.). **1:** San José del Cabo, **5:** San Pedro de la Presa, **6:** San Luis Gonzaga, **9:** San Ignacio, **11:** Poza Larga, **12:** Corralitos, **13:** Los Pinos.

## Similitud

El análisis de las componentes de comunidades de helmintos empleando el índice de similitud de Jaccard mostró que la fauna helmíntica compartida entre las especies de hospederos es baja, asociado con la proporción de peces parasitados con una sola especie de helminto y a la riqueza de hospederos por oasis.

El dendograma generado a partir del índice de Jaccard (Fig. 4) mostró dos grupos, el primero agrupa a representantes de la familia Poecilidae (*P. reticulata*, *X. helleri* y *G. affinis*) ampliamente distribuidos entre los oasis de B.C.S., donde la similitud de especies de helmintos fue baja, excepto para *P. reticulata*. Este hospedero aporta la mayor similitud de especies en oasis cercanos (SLG y SPD) y conforme los oasis se alejan, la disimilitud es mayor (SJC y SIG). Esta disimilitud de especies puede ser explicada por la ocurrencia errática de especies raras como Gryporhynchidae sp. y *C. formosanus*. El segundo grupo está compuesto por representantes de tres familias pero la similitud entre estas fue baja debido al bajo número de especies de helmintos compartidas. El introducido *C. carpio* presenta la mayor similitud de especies de helmintos debido a la cercanía de los oasis donde se registra (PZL y COR) y que en época de lluvias llegan a estar conectados. La proximidad geográfica entre los oasis favorece que los componentes de comunidad de las especies de hospederos que los habitan exhiban mayores grados de similitud.

El índice de Jaccard indica que entre más cercano a 1 mayor será la similitud entre las comunidades, por tanto, podemos decir que las comunidades de helmintos parásitos con mayor similitud se presentan en *P. reticulata* en los oasis de San Pedro (Presa) (SPD) y San Luis Gonzaga (SLG), seguido por *C. carpio* para los oasis de Corralitos (COR) y Poza Larga (PZL). Por lo general, valores entre cero y 0.25 indican que no hay grupos distinguibles; entre 0.25 y 0.50 indican grupos distinguibles con un gran traslape en su composición de especies; y  $>0.50$  indican la existencia de grupos claramente definidos (Fig. 4, Cuadro 5).

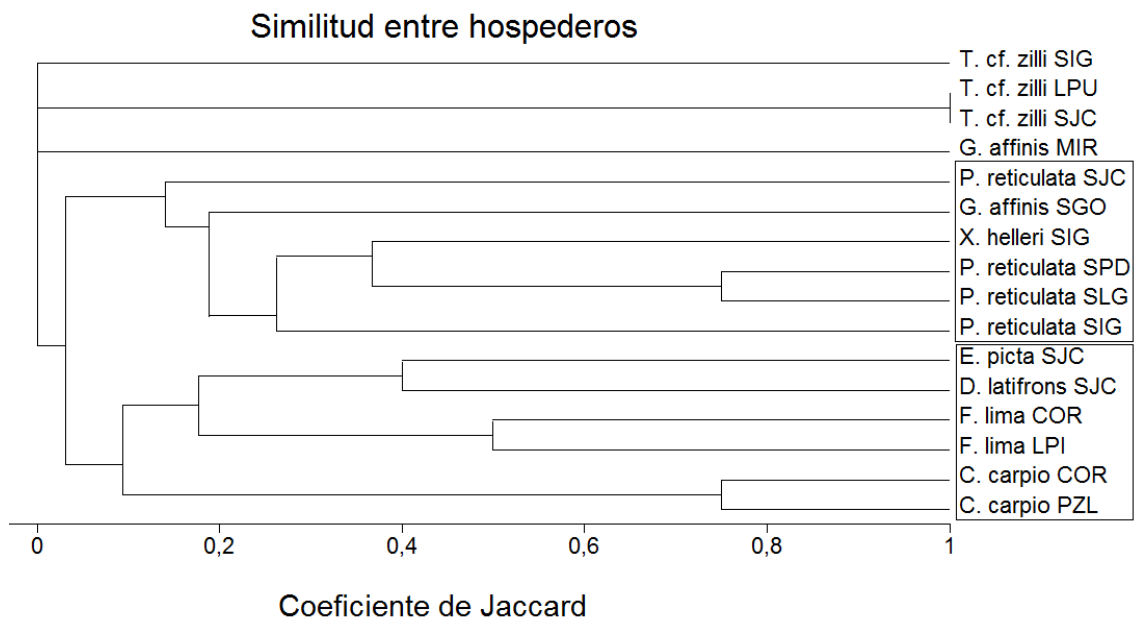


Figura 4. Dendrograma de similitud cualitativa de Jaccard (presencia-ausencia) para componentes de comunidad de especies de peces en B.C.S.

Resultados similares podemos observar en el análisis de porcentajes de similitud por Bray-Curtis donde las comunidades de helmintos parásitos en los peces de B.C.S. es típica y poco compartida entre si (Figs. 5). En el cuadro 5, podemos observar que las comunidades helmínticas de *C. carpio* de las localidades Corralitos (COR) y Poza Larga (PZL), así como *P. reticulata* de las localidades San Luis Gonzaga (SLG) y San Pedro (Presa) (SPD) presentan los más altos porcentajes de similitud (85.7%). El resto de las infracomunidades presentan porcentajes de similitud por abajo del 70%. Las comunidades de *T. cf. zilli* presentan una similitud del 100% (Cuadro 5) debido a que solo se registro una especie de helminto en los hospederos examinados.



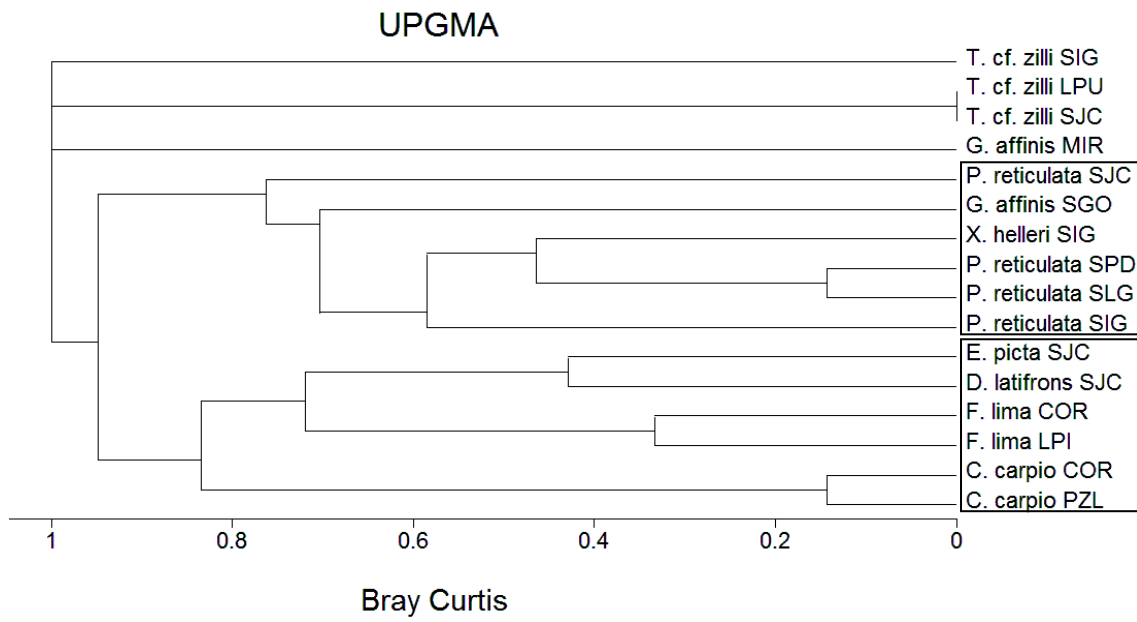


Figura 5. Dendrograma de porcentaje de similitud de Bray Curtis para componentes de comunidad de especies de peces en B.C.S.

Cuadro 5. Similitud en la composición de especies de helmintos calculada mediante el índice de Jaccard (bajo diagonal) y porcentaje de similitud (sobre diagonal) en trece oasis de B.C.S.

% similitud	<i>C. carpio</i> PZL	<i>C. carpio</i> COR	<i>F. lima</i> LPI	<i>F. lima</i> COR	<i>P. reticulata</i> SIG	<i>P. reticulata</i> SLG	<i>P. reticulata</i> SJC	<i>P. reticulata</i> SPD	<i>G. affinis</i> SGO	<i>G. affinis</i> MIR	<i>X. helleri</i> SIG	<i>D. latifrons</i> SJC	<i>E. picta</i> SJC	<i>T. cf. zilli</i> SJC	<i>T. cf. zilli</i> LPU	<i>T. cf. zilli</i> SIG
Jaccard																
<i>C. carpio</i> PZL		<b>85.7</b>	25	20	0	0	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0
<i>C. carpio</i> COR	<b>0.75</b>		22.22	18.18	0	0	0	0	0	0	0	0	22.22	0	0	0
<i>F. lima</i> LPI	0.14	0.12		<b>66.66</b>	36.36	0	22.22	0	0	0	0	0	40	0	0	0
<i>F. lima</i> COR	0.11	0.1	<b>0.5</b>		46.15	0	18.18	0	0	0	0	22.22	<b>50</b>	0	0	0
<i>P. reticulata</i> SIG	0	0	0.22	0.3		44.44	40	40	28.57	0	40	25	36.36	0	0	0
<i>P. reticulata</i> SLG	0	0	0	0	0.28		28.57	<b>85.7</b>	50	0	<b>57.14</b>	0	0	0	0	0
<i>P. reticulata</i> SJC	0	0	0.12	0.1	0.25	0.16		25	0	0	25	0	0	0	0	0
<i>P. reticulata</i> SPD	0	0	0	0	0.25	<b>0.75</b>	0.14		40	0	<b>50</b>	0	0	0	0	0
<i>G. affinis</i> SGO	0	0	0	0	0.16	0.33	0	0.25		0	0	0	0	0	0	0
<i>G. affinis</i> MIR	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0
<i>X. helleri</i> SIG	0	0	0	0	0.25	0.4	0.14	0.33	0	0		0	0	0	0	0
<i>D. latifrons</i> SJC	0	0	0	0.12	0.14	0	0	0	0	0	0		<b>57.14</b>	0	0	0
<i>E. picta</i> SJC	0.14	0.12	0.25	0.33	0.22	0	0	0	0	0	0	0.4		0	0	0
<i>T. cf. zilli</i> SJC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		<b>100</b>	0
<i>T. cf. zilli</i> LPU	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	<b>1</b>		0
<i>T. cf. zilli</i> SIG	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

## **Infracomunidades**

### Riqueza y distribución de abundancias

En el Cuadro 6 se describen las infracomunidades de seis especies de peces de agua dulce de los oasis de B.C.S. La riqueza promedio varió desde 0.53 para *X. helleri* en el oasis San Ignacio hasta 3.23 para *F. lima* en el oasis Corralitos. Esta última especie de hospedero registró la mayor riqueza promedio entre las infracomunidades estudiadas. El 100% de los individuos de *F. lima* examinados estuvieron parasitados por al menos una especie de helminto.

El mayor promedio de helmintos individuales se registró en *E. picta* (105.61) en la localidad de San José del Cabo seguido por *F. lima* (30.5) en el oasis de los Pinos debido a las altas abundancias de *A. (P.) nana* y *Salsuginus* sp., respectivamente. El promedio de helmintos individuales por infracomunidad más bajo se registró en *X. helleri* (3.63 individuos) (Cuadro 6).

El cuadro 6 muestra que en la mayoría de los hospederos examinados, el porcentaje de infracomunidades con al menos una especie de helminto parásito fue por arriba del 50%, es decir, más de la mitad de la muestra poblacional de hospederos resultó parasitada, excepto *X. helleri* donde sólo el 46.6% resultó con helmintos parásitos.

### Diversidad

Los bajos valores de diversidad obtenidos por el índice de Brillouin (HB) (Cuadro 6) muestran, en términos generales, los efectos de las especies de helmintos dominantes en la mayoría de las infracomunidades, excepto *F. lima* del oasis Corralitos (HB= 1.30) seguido por *P. reticulata* en los oasis San Ignacio y San José del Cabo (HB= 1.03 y 0.94, respectivamente) que revelan altos valores de diversidad.

Las infracomunidades de *D. latifrons* y *E. picta* resultaron ser las menos diversas. *E. picta* presenta una riqueza de cuatro especies de helmintos, sin embargo, se encuentra fuertemente dominada por *A. (P.) nana* (Cuadro 6).

## Similitud

Siete poblaciones hospederas examinadas presentaron porcentajes de infección por arriba del 80%, al registrarse al menos una especie de helminto por ejemplar hospedero (Cuadro 6). *X. helleri* registró el menor número de ejemplares hospederos parasitados (57%). Todos los ejemplares de *F. lima* estuvieron parasitados con al menos una especie de helminto. Las infracomunidades con mayor diversidad promedio de especies se registró en *F. lima* (HB= 1.30) para la localidad de Corralitos, seguido por *P. reticulata* (HB= 1.03) para el oasis de San Ignacio. La mayor similitud promedio de especies de helmintos entre los ejemplares de hospederos se observó en *P. reticulata* (J= 0.93 y J= 0.82) para dos localidades, seguida por *F. lima* (J= 0.82) para una sola localidad. En los tres casos esta similitud se asocia con el alto porcentaje de hospederos individuales parasitados con al menos una especie de helmintos.

En términos generales, las infracomunidades de helmintos en los hospederos examinados muestran las mismas características que los componentes de comunidad.

Cuadro 6. Parámetros que describen las infracomunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de B.C.S., México.

Infracomunidad	<i>C. carpio</i>		<i>F. lima</i>		<i>P. reticulata</i>				<i>X. helleri</i>	<i>D. latifrons</i>	<i>E. picta</i>
	PZL	COR	LPI	COR	SIG	SLG	SPD	SJC	SIG	SJC	SJC
Hospederos examinados	6	8	22	13	61	30	58	21	30	30	18
% hospederos parasitados con al menos una especie de helminto	83.3	87.5	100	100	88.5	96.6	87.9	57.1	46.6	66.6	61
No. Hospederos no parasitados	1	1	0	0	7	1	7	9	16	10	7
No. Hospederos parasitados con una especie	1	4	0	0	41	25	28	8	12	29	8
Prom. de helmintos individuales por infracomunidad	4.33	4.12	30.5	12.23	6.21	11.26	9.32	4.85	3.63	8.6	105.61
(Intervalo mínimo - máximo)	1-6	1-15	1-73	1-17	1-54	1-33	1-43	1-33	1-26	1-97	1-431
Prom. de especies por infracomunidad	1.5	1.3	2.18	3.23	1.11	1.16	1.29	0.85	0.53	1.03	0.77
(Intervalo mínimo - máximo)	1-2	1-3	1-3	1-5	1-3	1-3	1-3	1-3	1-2	1-2	1-2
Índice de HB	0.70	0.66	0.47	1.30	1.03	0.16	0.70	0.94	0.15	0.02	0.01
Prom. Índice de Jaccard	0.58	0.43	0.82	0.65	0.78	0.93	0.82	0.48	0.41	0.63	0.5

### Análisis de Componentes Principales (ACP)

Los dos primeros componentes (eje 1 y 2) explican el 61.33% de la varianza explicada (Fig. 6). Se formaron 3 grupos de sitios que geográficamente muestran un gradiente de aislamiento y que están caracterizados por diferentes hospederos y parásitos. En relación al eje 1, en el cuadrante superior derecho se encuentran los oasis San Ignacio (SIG), San Luis Gonzaga (SLG) y San Pedro (Presa) (SPD) en donde se encontraron los hospederos *P. reticulata* y *X. helleri*. Para el hospedero *P. reticulata* sobresale la metacercaria de *C. complanatum* que se registró con altas abundancias en las localidades de San Luis Gonzaga y San Pedro (Presa) principalmente; este helminto también fue registrado en el oasis San Ignacio (SIG), aunque su abundancia fue menor que en los otros dos oasis. La metacercaria de *P. minimum* sólo se registró en *P. reticulata* en el oasis de San Ignacio, mostrando valores altos de infección. Mientras que la metacercaria de *C. formosanus* y el metacéstodo de *Valipora* sp. se registraron para el mismo hospedero en los tres oasis pero con bajas abundancias. *Tylodelphys* sp. solo se registró en el oasis de San Pedro (Presa) para *P. reticulata*.

El hospedero *X. helleri* sólo se registró en el oasis San Ignacio parasitado con *P. minimum*, *Pygidiopsis* sp. y *Valipora* sp. mostrando bajos valores de infección.

En el extremo izquierdo se encuentran los oasis Los Pinos (LPI) y Corralitos (COR) caracterizados por ser oasis grandes y permanentes, y en época de lluvias se encuentran comunicados. En estos oasis se registraron *F. lima* y *C. carpio*.

El endémico *F. lima* registró altos valores de infección del monogéneo *Salsuginus* sp. para ambos oasis. Este monogéneo es registrado también en *P. reticulata* en el oasis San Ignacio pero con bajas abundancias. Las metacercarias *A. (Ph.) nana* y Diplostomidae sp. junto con el nemátodo *Spiroxys* sp. se registran en ambos oasis para *F. lima* pero con bajas abundancias.

En el introducido *C. carpio* se registró a *Spiroxys* sp. en los oasis Poza Larga (PZL) y Corralitos (COR), sin embargo, debido a la presencia de un individuo en PZL la asociación entre ambos es mínima. El oasis Poza Larga se encuentra asociado al eje 2 junto con los oasis aislados y con abundancias bajas de especies tanto de hospederos como parásitos (Fig. 6).

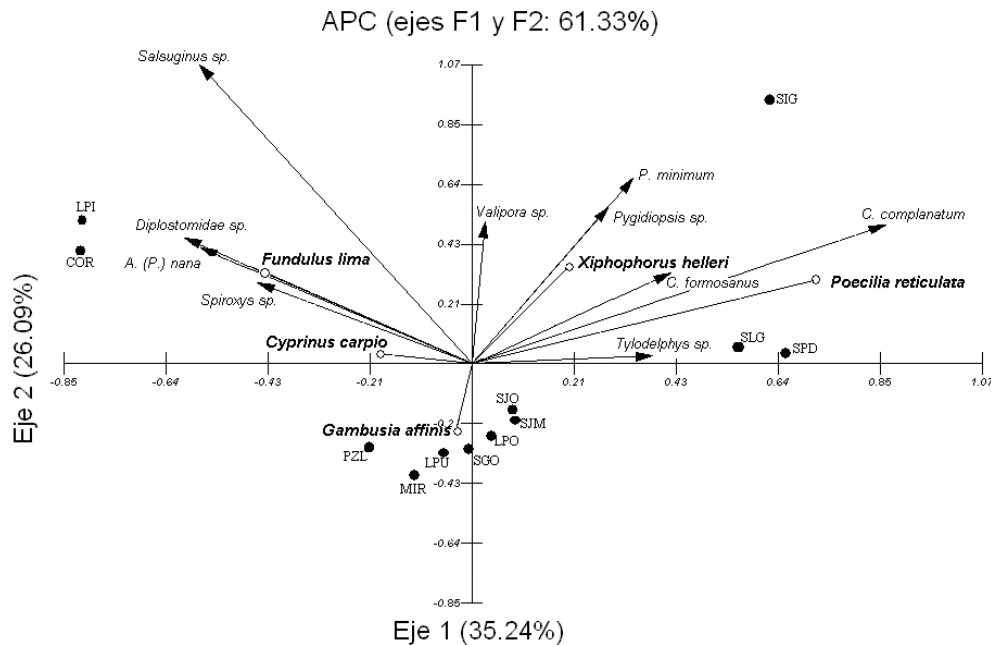


Figura 6. Diagrama de ordenación de las localidades de estudio en B.C.S. con base a las abundancias de las especies de helmintos y sus hospederos.

El resto de los oasis (SJO, SJM, LPO, SGO, MIR, LPU y PZL) se encuentran asociados debido al aislamiento y a la presencia mínima de especies hospederas y parásitas registradas en cada uno, es decir, en este grupo de oasis solo se registró una especie hospedera. *i. e.* *G. affinis* en Miraflores (MIR) y Santiago (SGO), *E. picta* en Las Pocitas (LPO), *T. cf zilli* en el oasis La Purísima (LPU), *X. helleri* en el oasis San Joaquín (SJO) y *P. reticulata* en San José Magdalena (SJM). El número de hospederos colectados en cada oasis varío de 6 a 30 individuos, siendo *G. affinis* y *P. reticulata* los que se registraron con mayor abundancia. En cada uno de los oasis aislados junto con la especie hospedera muestreada se registra una especie de helminto que no se repite en otro hospedero ni oasis.

## Correlación de especies

La riqueza de especies de helmintos se correlacionó positivamente con la riqueza de hospederos ( $r_s = 0.735$ ), y con el número de familias de peces que habitan en cada oasis ( $r_s = 0.744$ ), y negativamente con la distancia entre los oasis ( $r_s = -0.582$ ) (Cuadros 7 y 8), es decir, a mayor riqueza menor semejanza en la riqueza de especies. El poecílido *P. reticulata* fue la especie de hospedero más ampliamente distribuido en los oasis estudiados. La riqueza de helmintos observada entre las distintas poblaciones muestreadas se correlaciona positivamente con el número de especies de poecílicos que habitan en cada localidad (Cuadro 8).

Cuadro 7. Correlaciones entre el número de especies de helmintos por localidad y las características de cada localidad.

Variables	$r_s$	significancia
Especies de helmintos vs Especies de hospederos	<b>0.735</b>	$P = < 0.05$
Especies de helmintos vs Familias de peces	<b>0.744</b>	$P = < 0.05$
Especies de helmintos vs Especies de peces en la familia más abundante	0.529	NS
Especies de helmintos vs Área (Km)	0.354	NS
Especies de helmintos vs Distancia al mar	0.189	NS
Especies de helmintos vs Altitud (msnm)	-0.388	NS
Especies de helmintos vs Presencia de aves	0.282	NS
Especies de helmintos vs Distancia al oasis más cercano	<b>-0.582</b>	$P = < 0.05$
Especies de helmintos vs Salinidad (ppm)	-0.380	NS
Especies de helmintos vs pH	0.001	NS
Especies de helmintos vs Latitud N	0.159	NS
Especies de helmintos vs Longitud O	0.126	NS



Cuadro 8. Correlaciones entre las especies de helmintos registradas en *P. reticulata* y las características de cada localidad.

Variables	r <sub>s</sub>	significancia
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Spp Hospederos	0.501	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Familias de peces	0.466	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Spp de peces en la fam + abundante	<b>0.683</b>	<i>P</i> = < 0.05
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Área (Km <sup>2</sup> )	0.455	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Distancia al mar	0.069	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Altitud (msnm)	0.058	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Presencia de aves	0.466	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Distancia al oasis más cercano	0.205	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Salinidad (ppm)	-0.076	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs pH	-0.053	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Latitud N	-0.097	NS
Spp helmintos en <i>P. reticulata</i> vs Longitud O	-0.184	NS

## DISCUSIÓN

Una de las dificultades para el uso de la información obtenida de estudios basados en helmintos parásitos es la falta de información acerca de la composición y distribución de las especies en una determinada región geográfica de interés. El caso de los oasis de Baja California Sur no es la excepción, ya que no se cuenta con un trabajo previo que permita hacer comparaciones en términos cualitativos.

Los estudios sobre comunidades de helmintos parásitos en peces de agua dulce han demostrado que éstas son más ricas en los trópicos que en latitudes templadas (Kennedy, 1995; Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997). La helmintofauna de peces en los oasis de B.C.S., está compuesta por 24 especies en nueve especies de hospederos. Veintitrés de las 24 especies registradas ya han sido reportadas en las cuencas del sureste mexicano, excepto *Pomphorhynchus* sp. que es marino. Esta similitud se debe a que las especies de hospederos examinados en los oasis se distribuyen en el sureste mexicano y de las cuales se conoce su helmintofauna. Ocho de las 24 especies de helmintos han sido registradas en el estado de Durango (Pérez-Ponce de León et al., 2010).

Los datos indican que las comunidades de helmintos en los oasis son comunidades aisladas, pobres, con baja riqueza de especies, prevalencia y abundancia. Estas comunidades no están saturadas, por lo que la competencia interespecífica es baja o inexistente y hay muchos nichos no ocupados. Ambos procesos están asociados a la baja riqueza hospederos, al tamaño de los oasis, a la edad geológica y aislamiento de la península, determinantes importantes de la riqueza de especies de helmintos.

La riqueza de especies de la fauna helmíntica de peces en los oasis de B.C.S. no es muy diferente a la registrada en otras cuencas hidrológicas de México (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001, 2004). Sin embargo, estas comunidades de helmintos se encuentran estructuradas por nemátodos y tremátodos con abundancias y prevalencias altas (Salgado-Maldonado *et al.*,

2005). Mientras las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas de B.C.S. están estructuradas por tremátodos y monogéneos, siendo los acantocéfalos, céstodos y nemátodos poco abundantes. Choudhury & Dick (2000) recabaron datos que muestran que la naturaleza de las comunidades de helmintos parásitos de peces tropicales es muy variable. Si bien se han descrito para México comunidades de helmintos muy ricas (Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997; Vidal-Martínez *et al.*, 1998; Vidal-Martínez & Kennedy, 2000) otras comunidades, sin embargo, son pobres (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001a, b; Aguilar-Aguilar *et al.*, 2002).

Los datos generados permiten generalizar que cada familia de peces tiene un conjunto de especies de helmintos que la parasitan, y que estos helmintos se distribuyen junto con esa familia de peces en particular (Pérez-Ponce de León & Choudhury, 2005; Salgado-Maldonado *et al.*, 2005, Salgado-Maldonado, 2006), propiciando entonces una cierta capacidad de predicción de los parásitos que podemos encontrar en un cuerpo de agua determinado, en un tipo de hospedero dado. Esta similitud entre los helmintos de peces de los oasis de B.C.S. con lo registrado en el sureste mexicano se debe primordialmente a la predominancia de los registros de helmintos parásitos de peces nativos e introducidos en ambas áreas geográficas.

El alto número de larvas de helmintos (10 especies de digéneos, tres metacéstodos y tres nemátodos) en comparación con el bajo número de adultos (cinco monogéneos, dos acantocéfalos y un céstodo) sugiere una relación entre las poblaciones de peces y el transporte de los helmintos por especies piscívoras en los oasis. Por lo general, la posición de estas especies de peces en la cadena trófica les permite consumir hospederos intermediarios de helmintos o servir como hospederos paraténicos o de transporte, para helmintos que maduran en aves. Estos cuerpos de agua forman parte de la ruta migratoria de las especies de aves neárticas (Rodríguez-Estrella *et al.*, 1997), en donde se alimentan de peces, lo que favorece la infección con formas larvianas de helmintos. Por tanto, aunque el desarrollo de las comunidades parásitas en peces de los oasis se encuentre restringido debido al aislamiento por barreras ecológicas, estas pueden ser superadas por las especies

parásitas alogénicas al alcanzar la madurez sexual en aves o mamíferos y ser transferidos fácilmente de una localidad a otra por sus hospederos definitivos (Esch & Fernández, 1993; Kennedy *et al.*, 1991). Esto sugiere una colonización oportunista de hábitats disponibles por especies de helmintos generalistas con un amplio rango de distribución. Este patrón ha sido registrado para las comunidades de helmintos de especies de peces dulceacuícolas del neotrópico mexicano (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001a, b, 2004a, b; Martínez-Aquino *et al.*, 2004; Sánchez-Nava *et al.*, 2004).

Pérez-Ponce de León *et al.* (2010) mencionan que de las 41 especies registradas 10 son larvas, presentando una baja proporción (25%) en comparación con los adultos en el Río Nasas. En otros estudios, el porcentaje de estadios larvales llega a ser más alto, con 33%, 42%, 43% o 44% para los ríos Papaloapan, Pánuco, Ayuquila y Mezquital, respectivamente (Salgado-Maldonado *et al.*, 2004a, b, 2005; Pérez-Ponce de León *et al.*, 2009). En nuestro estudio la proporción de larvas de helmintos con respecto a los adultos es de 65%.

La fauna helmíntica de los peces dulceacuícolas de los oasis de B.C.S. incluye también un conjunto de especies de amplia distribución. Algunas de las metacercarias, metacéstodos y larvas de nemátodos han sido registradas en la Península de Yucatán, en la cuenca del Balsas y en la del Lerma-Santiago, el Papaloapan y en el Pánuco (Salgado-Maldonado, 2006), así como en el río Nazas (Pérez-Ponce de León *et al.*, 2010) y localidades del estado de Durango (Martínez-Aquino *et al.*, 2007; Martínez-Aquino & Aguilar-Aguilar, 2008). El que sean especies alogénicas (que maduran en aves y su dispersión se ve facilitada por el movimiento de estos hospederos) explica la amplitud de su distribución. Las especies alogénicas generalistas de amplia distribución enriquecen entonces estas comunidades pasando a formar un componente nutrido e importante. Entre los factores que favorecen el establecimiento de estas especies alogénicas de helmintos como parásitos de los peces dulceacuícolas de los oasis de B.C.S., se cuenta la presencia de aves ictiófagas enriquecida periódicamente con especies migratorias procedentes del Neártico. Sin embargo, en el desarrollo de estas predicciones los estudios

comparativos de los parásitos en peces dulceacuícolas y aves han figurado preponderantemente, por lo cual se hace necesaria una mayor cobertura de hospederos para desentrañar todos los mecanismos que afectan la estructura de estas comunidades.

Uno de los patrones asociados a la baja diversidad de especies de helmintos en los peces de agua dulce de B.C.S. es que los cuerpos de agua dulce de la península se encuentran aislados dificultando la dispersión de los hospederos (peces), haciendo más difícil el establecimiento de los helmintos en los oasis. Los resultados de este trabajo sugieren que la helmintofauna parásita de los peces de B.C.S. se ha desarrollado alopátricamente en la zona. Las poblaciones de peces en los oasis están compuestas de peces nativos y exóticos que colonizan los oasis a través de conexiones estuarinas formadas en la época de lluvias. Durante este proceso las especies de helmintos se ven afectadas por las propiedades fisicoquímicas del agua alterando su estructura poblacional hasta su establecimiento. Los ectoparásitos (monogéneos) con ciclo de vida directo son los principales afectados por estas condiciones ecológicas, ya que se encuentran expuestos directamente a las condiciones fisicoquímicas del cuerpo de agua (Santos & Carbonel, 2000; Rogowski y Stockwell, 2006; Thieltges *et al.*, 2008). Las especies nativas de origen marino no presentaron monogéneos, excepto *F. lima*. En contraste, los endoparásitos en general, tienen ciclos de vida indirectos (Roberts & Janovy, 2000), y la transmisión no está directamente influenciada por factores medioambientales. Por ejemplo, la temperatura puede afectar a las comunidades de ectoparásitos, pero tiene menos efectos sobre los endoparásitos (Rohde & Heap, 1998), los cuales se pueden transmitir activamente (reclutamiento de larvas) o pasivamente (a través de la ingestión) lo que produce una dinámica de transmisión variable.

Los helmintos con ciclo de vida indirectos han tenido que enfrentar el reto de encontrar hospederos intermediarios adecuados en los oasis como son crustáceos, moluscos o larvas de insectos acuáticos. El hecho de registrar una alta abundancia de estadios larvales de helmintos en los oasis, sugiere que los primeros hospederos intermediarios (crustáceos, moluscos o larvas de

insectos) adecuados para concluir su ciclo de vida, se encuentran ampliamente distribuidos en los oasis de B.C.S., aunque a la fecha no existe estudio alguno sobre la diversidad de este grupo de organismos en dichos oasis.

El aislamiento de cuerpos de agua, como los oasis, provee condiciones bióticas y abióticas peculiares que favorecen los procesos de especiación. El pez *F. lima* es una especie endémica como resultado de los procesos de vicarianza causada principalmente por la fragmentación de los cuerpos de agua (Espinosa *et al.*, 1998; Miller, 1986), estableciéndose en los oasis actuales junto con sus poblaciones de helmintos. Aunque Hobæk *et al.* (2002) mencionan que esta fragmentación causa una baja diversidad de especies consideramos que los oasis donde se distribuye *F. lima* funcionan como importantes centros de diversidad biológica regional (S= 8), vulnerables a especies invasoras.

Guégan & Kennedy (1993) mencionan que las especies de peces nativos presentan comunidades de helmintos predecibles por ser más ricas en composición de especies en comparación con las especies de peces introducidas. *E. picta* registró una mayor riqueza de helmintos en comparación con cuatro especies introducidas (*C. carpio*, *G. affinis*, *T. cf. zilli* y *X. helleri*) confirmando la predicción antes mencionada. Sin embargo, el exótico *P. reticulata* mostró una riqueza de ocho especies de helmintos muy por encima de las especies nativas (*E. picta* y *D. latifrons*). Esto puede ser atribuido a la alta presencia de especies de helmintos generalistas, al amplio rango de distribución de la especie hospedera (cinco oasis) y al número de ejemplares revisados (230 ind.). Mientras que *E. picta* y *D. latifrons* sólo se colectaron en un oasis con 25 y 30 ejemplares, respectivamente. Al parecer, la helmintofauna de B.C.S. se ha desarrollado principalmente por las migraciones de los hospederos en ambientes libres de competencia, diversificándose oportunamente para ocupar los nichos disponibles.

Los datos muestran la presencia de especies de helmintos introducidas antropogénicamente junto con especies alóctonas de peces. Los monogéneos de la tilapia *Cichlidogyrus sclerosus* y de la carpa *Dactylogyrus anchoratus* y *D.*

*extensus* constituyen un peligro potencial de trasfaunación para los peces de los oasis.

Es notable la baja presencia del céstodo introducido *Bothriocephalus acheilognathi* que es considerada como la especie de helminto parásito de peces de agua dulce más exitoso en el mundo. Comparativamente, en el Lerma-Santiago éste es el parásito que afecta al mayor número de especies de peces (Salgado-Maldonado *et al.*, 2001b; Salgado-Maldonado & Pineda-López, 2002), mientras que para los cuerpos de agua dulce de B.C.S. solo se registró en el oasis de Miraflores (MIR) en *Gambusia affinis*. La amplitud de su distribución puede asociarse con las prácticas de producción acuícola, que propician la introducción y dispersión indiscriminada de carpas asiáticas, que son los hospederos originales del parásito. La baja riqueza ictiológica del oasis Miraflores, reduce las facilidades propiciadas para la distribución del céstodo entre los oasis.

Las metacercarias de *Centrocestus formosanus* son otra especie introducida registrada en este inventario, que puede llegar a afectar a las poblaciones de *F. lima* (endémico). La dispersión de estas metacercarias entre los peces dulceacuícolas de México se ha favorecido por el establecimiento de su primer hospedero intermediario, el caracol *Melanooides tuberculata*, presente en los oasis de B.C.S., cuya biología favorece su dispersión y establecimiento en los cuerpos de agua. Este caracol es un excelente hospedero intermediario para múltiples especies de tremátodos, entre ellas *C. formosanus* cuya distribución y efectos en las poblaciones de peces de aguas continentales de la República Mexicana es de pronóstico grave (Scholz & Salgado-Maldonado, 2000a). Esta especie de helminto debe tomarse en cuenta para las políticas de conservación y repoblación de las especies de peces de agua dulce del país.

En el presente estudio, la máxima riqueza de especies de helmintos se obtuvo al combinar el total de datos registrados en todas las especies de hospedero, permitiendo el registro de un mayor número de especies por oasis y consecuentemente a nivel regional.

Teóricamente, la riqueza de especies en una comunidad es relativamente fácil de cuantificar debido a que es finita (Walther & Morand, 1998). Sin embargo, son varios los factores asociados con la detectabilidad de las especies que influyen para que este atributo no pueda medirse apropiadamente (Herzog *et al.*, 2002). La heterogeneidad del hábitat y la considerable movilidad de los hospederos dificultan la cuantificación de especies (Terborgh *et al.*, 1990; Remsen, 1994), por lo que un muestreo extensivo e intensivo se requiere para registrar la mayor cantidad de especies posible (Baltanás, 1992; Brose & Martínez, 2004). Los oasis de B.C.S. al ser ecosistemas simples es relativamente fácil hacer un buen estudio de su diversidad, pero al parecer el número de muestras obtenidas no fue el suficiente.

El desigual esfuerzo de muestreo permite sugerir que existen sesgos graves en el presente inventario. Sin embargo, aún cuando se puede argumentar que los muestreos realizados fueron insuficientes para registrar la mayoría de las especies que ocurren regularmente en los oasis, las curvas de acumulación de especies y los estimadores no paramétricos de riqueza indican que la riqueza es susceptible de incrementar, como consecuencia de la presencia de especies transitorias y/o especies que no se detectaron con los métodos utilizados, así como al movimiento de especies entre las áreas de estudio.

En este contexto, aunque las curvas acumulativas de especies derivadas de nuestros datos se ajustaron al modelo de Clench ( $r^2 > 0.84$ ) y alcanzaron la asíntota ( $m \leq 0.1$ ) sugieren que el número de especies de helmintos registradas en cada componente de comunidad es fiable. No obstante, el modelo de Clench y el estimador no paramétrico Chao2 sugieren que en cada componente de comunidad solo faltan de una a dos especies por coleccionar. Utilizando los criterios de sesgo y precisión, los estimadores Chao2 y Clench presentan el mejor rendimiento general, siendo el estimador Chao2 el más recomendable para comunidades de parásitos (Walther & Morand, 1998).

Determinar la exacta riqueza de especies puede incrementar la habilidad para responder preguntas de carácter ecológico y servir de guía en la toma de



decisiones para la conservación (May 1988; Walther & Martín, 2001). Su determinación requerirá de la estandarización de métodos que consideren el tamaño mínimo de muestras y esfuerzo de muestreo. La estimación de la riqueza de especies por medio de métodos cuantitativos deberá ser exacta para que estos puedan aplicarse como herramientas de estimación rápida no solo en comunidades de helmintos parásitos de peces sino también en comunidades con alta riqueza de especies (Walther & Martin, 2001).

En la mayoría de los casos, la riqueza específica de las infracomunidades de peces de aguas continentales es menor a la de la comunidad componente, es decir que los hospedadores individuales raramente alojan a todas las especies parásitas potenciales (Kennedy, 1990; Semenas, 1999). Esto coincide con los resultados del presente estudio, dado que en ninguno de los hospederos estudiados las infracomunidades alcanzaron los valores máximos. En los oasis Corralitos (COR) y los Pinos ((LPI), el número máximo de especies en una infracomunidad fue de 3.23 y 2.18, respectivamente, con un máximo posible de 8 para ambos casos.

Este estudio ha demostrado la complejidad que se presenta al momento de analizar las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en los oasis de Baja California Sur. Las diferencias en la composición y distribución de helmintos en los peces, son aparentemente respuestas a las diferencias ecológicas y no tanto a la filogenia de los hospederos. Las comunidades pobres de helmintos en los peces dulceacuícolas de B.C.S. reflejan la baja diversidad de especies en el ecosistema (oasis). La estructura de una comunidad parásita es el resultado de múltiples causas. No obstante, existen factores como la filogenia del hospedero, su ecología, la co-evolución hospedero-parásito, entre otros, que están estrechamente relacionadas con la riqueza y estructura de las comunidades parásitas y que deberán ser motivo de análisis de futuros estudios.

## CONCLUSIONES

Las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce en los oasis de Baja California Sur están compuestas por 24 especies, que incluye 10 especies de tremátodos (metacercarias), cinco monogéneos, tres larvas de céstodos (metacéstodos), un céstodo adulto, tres larvas de nemátodos, dos acantocéfalos adultos. Todos son nuevos registros para Baja California Sur. Se registraron cinco especies de helmintos introducidas.

Las comunidades de helmintos en B.C.S. se componen de especies generalistas-alogénicas.

La riqueza en los componentes de comunidad varió de una a ocho especies de helmintos. El endémico *F. lima* y un exótico *P. reticulata* registraron la mayor riqueza de especies de helmintos ( $S=8$ ). Las abundancias registradas estuvieron en un rango de uno hasta 190 individuos.

El número de muestras examinadas fue el adecuado para todas las poblaciones de hospederos. Registramos un inventario por arriba del 77% de las especies de helmintos que integran cada comunidad componente. El análisis de riqueza de especies por medio de estimadores paramétricos y no paramétricos indicó que solo faltan de una a tres especies de helmintos por registrar en algunas poblaciones de hospederos y oasis.

Los componentes de comunidad de helmintos de peces de agua dulce de B.C.S., son pobres y dominadas por una sola especie de helminto. Los patrones de distribución de abundancias de las especies de helmintos fueron diferentes en todas las especies de hospederos examinados. Algunas especies de helmintos se comportan como dominantes en ciertos componentes de comunidad; mientras que en otros son considerados como especies raras debido a sus bajas abundancias.

Distinguimos 12 especies de helmintos dominantes y 12 raras para el total de las poblaciones de hospederos examinadas para los trece oasis. El

número de especies de helmintos dominantes tanto por especie de hospedero como por oasis varío de una a cuatro, siendo las metacercarias y monogéneos, los grupos más dominantes.

El componente de comunidad con mayor diversidad ( $H'$ ) de helmintos se registró en *P. reticulata*, seguido por *C. carpio* y *F. lima*. La diversidad más baja se registró en los nativos eleotridos *D. latifrons* y *E. picta*, así como en el exótico *T. cf. zilli*. Los componentes de comunidad en los oasis de B.C.S. se encuentran fuertemente dominados por una especie de helminto, sin embargo, esta especie de helminto no se encontró dominando en más de una comunidad.

El análisis de similitud para los componentes de comunidad demostró que la fauna helmíntica es típica y poco compartida entre sí, asociado con la proporción de peces parasitados con una sola especie de helminto y al número de especies de hospederos pertenecientes a una misma familia.

La baja riqueza de especies de helmintos en peces dulceacuícolas de B.C.S. está asociada a la baja riqueza hospederos, al tamaño de los oasis, a la edad geológica y aislamiento de la península, determinantes importantes de la riqueza de especies de helmintos.

Nuestros datos confirman que las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas del Neártico Mexicano son comunidades aislacionistas, estructuradas por tremátodos y monogéneos mientras que acantocéfalos, céstodos y nemátodos son poco abundantes, sugiriendo que diferentes procesos actúan sobre las comunidades de helmintos en las áreas neártica y neotropical de México.

## LITERATURA CITADA

- Aguilar-Aguilar, R., G. Salgado-Maldonado, R. Contreras-Medina & A. Martínez-Aquino. 2008. Richness and endemism of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico. *Biological Journal of the Linnean Society*, 94: 435-444.
- Aguilar-Aguilar, R., R. Contreras-Medina & G. Salgado-Maldonado. 2003. Parsimony Analysis of Endemicity (PAE) of Mexican hydrological basins based on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography*, 30: 1861-1872.
- Aho, J. M. 1990. Helminth communities of amphibians and reptiles: comparative approaches to understanding patterns and processes. En: Esch, G. W.; A. O. Bush & J. M. Aho (Eds.). *Parasite communities: patterns and processes*. Chapman and Hall. London, pp. 157-195.
- Aho, J. M. & A. O. Bush. 1993. Community richness in parasites of some freshwater fishes from North America En: Ricklefs, R. E. & D. Schluter (Eds.). *Species diversity in ecological communities*. University Chicago Press, U.S.A. pp. 185-194.
- Arriaga, L., S. Díaz, R. Domínguez & J. L. León. 1997. Composición florística y vegetación. En: Arriaga, L. & R. Rodríguez-Estrella. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publicación No. 13. Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S, México, pp. 69-106.
- Axelrod, D. I. 1948. Climate and evolution in western North America during middle Pliocene time. *Evolution*, 2: 127-144.
- Axelrod, D. I. 1979. Age and origin of Sonoran Desert vegetation. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*, 132: 1-74.
- Bagge, A. M., R. Poulin. & E. T. Valtonen. 2004. Fish population size, and not density, as the determining factor of parasite infection: a case study. *Parasitology*, 128: 305-313
- Baltanás, A. 1992. On the use of some methods for the estimation of species richness. *Oikos*, 65: 484-492.

- Barker, D. E., D. J. Marcogliese & D. K. Cone. 1996. On the Distribution and Abundance of Eel Parasites in Nova Scotia: Local versus Regional Patterns. *The Journal of Parasitology*, 82 (5): 697-701
- Begon, M., J. L. Harper & C. R. Townsend. 1996. *Ecology: individuals, populations and communities*. Blackwell Science, Osney Mead. 1068 pp.
- Brose, U. & N. D. Martinez. 2004. Estimating the richness of species with variable mobility. *Oikos*, 105: 292-300.
- Brose, U., N. D. Martinez & R. J. Williams. 2003. Estimating species richness: sensitivity to sample coverage and insensitivity to spatial patterns. *Ecology*, 84: 2364-2377.
- Bush, A. O. & J. Aho. 1990. Concluding remarks. En: G. Esch, A. Bush, & J. Aho (Eds.). *Parasite communities patterns and processes*, Chapman and Hall, London, U.K., p. 321-325.
- Bush, A. O., J. Fernandez, G. W. Esch & J. R. Seed. 2001. *Parasitism- the diversity and ecology of animal's parasites*. Cambridge University Press, Cambridge. 566 pp.
- Bush, A. O., K. D. Lafferty, J. M. Lotz and A. W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* Revisited. *Journal of Parasitology*, 83: 575-583.
- Camarena-Rosales, F. 1999. Relaciones filogeográficas entre especies y subespecies de Fundulus (Pisces: Fundulidae) de la península de Baja California, México. *Tesis de doctorado*, UABC. México, 89 pp.
- Case, T. J. & M. L. Cody. 1983. *Island Biogeography in the Sea of Cortés*. University of California Press, Berkeley.
- Caspeta-Mandujano, J. M. 2005. *Nematode Parasites of Freshwater Fish in Mexico: Key to Species, Descriptions and Distribution*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.
- Caspeta-Mandujano, J. M., J. G. Granados-Ramírez & J. L. Peralta-Rodríguez. 2009. A new philometrid species (Nematoda) from the freshwater fish *Cichlasoma istlanum* (Jordan and Snyder, 1899) (Cichlidae) in Mexico. *Journal of Parasitology*, 95 (2): 403-406.
- Castro-Aguirre, J. L., H. S. Espinosa-Pérez & J. J. Schmitter-Soto. 1999 *Ictiofauna estuarino-lagunar y vicaria de México*. Noriega-Limusa, S.A., México, 711 pp.

- Chiarucci, A., N. J. Enright, G. L. W. Perry, B. P. Miller & B. B. Lamont. 2003. Performance of nonparametric species richness estimators in a high diversity plant community. *Diversity and Distribution*, 9: 283-295.
- Choudhury, A. & T. A. Dick. 2000. Richness and diversity of helminth communities in tropical freshwater fishes: empirical evidence. *Journal of Biogeography*, 27:935-956.
- Colwell, R. K. 2000. *EstimateS: Statistical Estimation of Species Richness and Shared Species from Samples* (Software and User's Guide), Versión 6.0. Disponible en <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 345: 101-118.
- Cone, D. & D. J. Marcogliese. 2004. The myxozoan fauna of spottail shiner in the Great Lakes basin: membership, richness, and geographical distribution. *Journal of Parasitology*, 90: 921-932.
- Díaz, S. & E. Troyo. 1997. Balance hidrológico. En: Arriaga, L. and R. Rodríguez-Estrella (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publicación No. 13, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, B.C.S., México, pp. 35-49.
- Dogiel, V. A. 1964. Ecology of Parasites of Freshwater Fish. En: Dogiel V. A., G. K. Petrushevski & Y. Polyanski. (Eds.). *Parasitology of Fishes*, (English Translation) Edinburgh Oliver & Boyd, pp. 1-47.
- Dove, A. D. M. & T. J. Cribb. 2006. Species accumulation curves and their applications in parasite ecology. *Trends in Parasitology*, 22: 568-574
- Escalante-Espinoza, T. 2003. ¿Cuántas especies hay? Los estimadores no paramétricos de Chao. *Elementos*, 52: 53-56
- Esch G. W. & J. C. Fernández. 1993. *A Functional Biology of Parasitism. Ecology and evolutionary implications*. Chapman y Hall. 337 pp.
- Esch, G. W., J. W. Gibbons & J. E. Bourque, 1975. An analysis of the relationship between stress and parasitism. *American Midland Naturalist*, 93: 339-353.

- Esch G. W., J. W. Gibbons & J. E. Bourque. 1979. Species diversity of helminth parasites in *Chrysemys s. scripta* from a variety of habitats in South Carolina. *Journal of Parasitology*, 65: 633-638
- Esch, G. W., A. O. Bush & J. M. Aho. 1990. *Parasite Communities: Patterns and Processes*. Chapman and Hall, London. 335 pp.
- Esch, G. W., A. W. Shostak, D. J. Marcogliese & T. M. Goater. 1990b. Patterns and processes in helminth parasite communities: an overview. En: Esch, G. W., A. O. Bush & J. M. Aho. (Eds.). Chapman and Hall, NY. USA. 1-20 p.
- Espinosa, P. H., P. Fuentes, M. T. Gaspar & V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot & J. Fa. (Eds.). *Diversidad Biológica de México*. México, D.F. Instituto de Biología, UNAM, 227-249.
- Follett, W. I. 1960. The freshwater fishes: Their origins and affinities. Symposium on biogeography of Baja California and adjacent seas. *Systematic Zoology*, 9: 212-232.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). *Offset Larios*, México D. F., 222 pp.
- Garrido-Olvera, L., L. García-Prieto & G. Pérez-Ponce de León. 2006. Checklist of the adult nematode parasites of fishes in freshwater localities from Mexico. *Zootaxa*, 1201: 1-45.
- Grismer, L. L. & J. A. McGuire. 1993. The oases of central Baja California, México. Part I. A preliminary account of the relictual mesophilic herpetofauna and the status of the oases. *Bulletin of the Southern California Academy of Sciences*, 92 (1): 2-24.
- Guégan, J. F. & C. R. Kennedy. 1993. Maximum local helminth parasite community richness in British freshwater fish: A test of the colonization time hypothesis. *Parasitology*, 106: 91-100.
- Guégan, J. F., S. Morand & R. Poulin. 2005. Are there general laws in parasite community ecology? The emergence of spatial parasitology and epidemiology. En: Thomas, F., F. Renaud & J. F. Guégan. (Eds.). *Parasitism and Ecosystems*. Oxford University Press, Oxford. pp. 22-42.

- Hanski, I. 1982. Dynamics of regional distribution: the core and satellite species hypothesis. *Oikos*, 38: 210-221.
- Herzog, S. K., M. Kessler & T. M. Cahill. 2002. Estimating species richness of tropical bird communities from rapid assessment data. *The Auk*, 119: 749-769.
- Hillebrand, H. & T. Blenckner. 2002. Regional and local impact on species diversity- from pattern to processes. *Oecologia*, 132: 479-491.
- Hobæk, A., Manca, M. & T. Andersen. 2002. Factors influencing species richness in lacustrine zooplankton. *Acta Oecologica*, 23: 155-163
- Holmes, J. C. 1987. The structure of helminth communities. *International Journal for parasitology*, 17: 203-208.
- Holmes, J. C. & P. W. Price. 1986. Communities of parasites. En: J. Kikkawa & D.J. Anderson. (Eds.). *Community Ecology: Patterns and Processes*. Blackwell Scientific Publications, Melbourne. pp. 187-213.
- Jiménez-Valverde, A. & J. Hortal. 2003. Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*, 8: 151-161.
- Kennedy C. R. 1990. Helminth communities in fresh water fish: structure communities or stochastic assamblages? En: Esch G. W., A. O. Bush & J. M. Aho. (Eds.). *Parasite communities: Patterns and Processes*. Chapman and Hall, London. U. K. pp. 131-156
- Kennedy, C. R. 1995. Richness and diversity of macroparasite communities in tropical eels *Anguilla reinhardtii* in Queensland, Australia. *Parasitology*, 110: 233-245.
- Kennedy, C. R., R. Hartvigsen & O. Halvosen. 1991. The importance of fish stocking in the dissemination of parasites throughout a group of reservoirs. *Journal of Fish Biology*, 38: 541-552.
- Kennedy, C. R. & A. O. Bush. 1994. The relationship between pattern and scale in parasite communities: a stranger in a stranger land. *Parasitology*, 109: 187-196.
- Kennedy, C. R. & J. F. Guégan. 1994. Regional versus local helminth parasite richness in British freshwater fish: saturated or unsaturated parasite communities? *Parasitology*, 109: 175-185



- Kennedy, C. R., A. O. Bush & J. M. Aho. 1986. Patterns in helminth communities: Why are birds and fish different? *Parasitology*, 93: 205-215.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper Collins, Nueva York. 473 pp.
- Kuris, A. M., A. R. Blaustein. & J. J. Alió. 1980. Hosts as islands. *American Naturalist*, 116: 570-586.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller & D. R. May-Passino. 1990. *Ictiología*. AGT Editor. S. A. México, D.F. 489 pp.
- Lamothe-Argumedo, R. 1997. *Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres*. RGT Editor, México, D.F. 80 p.
- Luque, J. L. 2008 *Parásitos: ¿Componentes ocultos de la Biodiversidad?. The Biologist*, 6: 5-7.
- Luque, J. L. and R. Poulin. 2007. Metazoan parasite species richness in Neotropical fishes: hotspots and the geography of biodiversity. *Parasitology* 134: 865-878.
- Luque, J. L., & R. Poulin. 2008. Linking ecology with parasite diversity in Neotropical fishes. *Journal of Fish Biology*, 72: 189-204
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring biological diversity*. Blackwell Publishing Company, Oxford, U. K. 256 pp.
- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris & G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology. *Journal of Parasitology*, 68: 131-133.
- Martínez-Aquino, A., G. Salgado-Maldonado, R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza & M. P. Ortega-Olivares. 2004. Helminth parasites of *Chapalichthys encaustus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology*, 90: 889-890.
- Martínez-Aquino A., Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G. & C. Mendoza-Palmero. 2007. Helminth parasite communities of *Characodon audax* and *C. lateralis* (Pisces: Goodeidae), endemic freshwater fishes from Durango, Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 52: 125-130.
- Martínez-Aquino, A. & R. Aguilar-Aguilar. 2008. Helminth parasites of the pupfish *Cyprinodon meeki* (Pisces: Cyprinodontiformes), an endemic freshwater fish from North-Central Mexico. *Helminthologia*, 45 (1): 48 – 51
- May, R. M. 1988. How many species on earth? *Science*, 241: 1441-1449.

- Maya, Y., R. Coria & R. Domínguez. 1997. Caracterización de los oasis. En: Arriaga, L. & R. Rodríguez-Estrella. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C. La Paz, B. C. S., México. Pp. 5-25.
- McArthur, R. H. & E. O. Wilson, 1967. *The theory of island biogeography*. Princeton University Press. 203 pp.
- Miller, R. R. 1986. Composition and derivation of the freshwater fish fauna of Mexico. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*. México. 30: 121–153.
- Morand, S., A. Simkova, I. Matejusova, L. Plaisance, O. Verneau & Y. Desdevises. 2002. Investigating patterns may reveal processes: evolutionary ecology of ectoparasitic monogeneans. *International Journal for Parasitology*, 32: 111-119.
- Moravec, F. 1998. Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical region. Academia, Prague, 464 pp.
- Murphy, R. W. 1983. Paleobiogeography and genetic differentiation of the Baja California herpetofauna. *Occasional Papers of the California Academy of Sciences*. 137: 1-48.
- MVSP v3.11 (Multivariate Statistical Package, Kovach Computing Services, 1985-2000, <http://www.kovcomp.com>).
- Myers, G. S. 1951. Fresh-water fishes and East Indian zoogeography. *Stanford Ichthyological Bulletin*, 4: 11-21.
- Palmer, M. W. 1990. The estimation of species richness by extrapolation. *Ecology*, 71(3): 1195-1198.
- Pérez del Olmo A., M. Fernández, J. A. Raga, A. Kostadinova & R. Poulin 2008. Halfway up the trophic chain: development of parasite communities in the sparid fish *Boops boops*. *Parasitology*, 135: 257-268.
- Pérez-Ponce de León, G. & A. Choudhury. 2005. Biogeography of helminth parasites of freshwater fishes in Mexico: the search for patterns and processes. *Journal of Biogeography*, 32: 645-659.
- Pérez-Ponce de León, G. & A. Choudhury. 2010. Parasite inventories and DNA-based taxonomy: Lessons from helminths of freshwater fishes in a megadiverse country. *Journal of Parasitology*, 96 (1): 236-244.

- Pérez-Ponce de León, G., R. Rosas-Valdez, B. Mendoza-Garfias, R. Aguilar-Aguilar, J. Falcón-Ordaz, L. Garrido-Olvera & R. Pérez-Rodríguez. 2009. Survey of the endohelminth parasites of freshwater fishes in the upper Mezquital River Basin, Durango State, Mexico. *Zootaxa*, 2164: 1-20.
- Pérez-Ponce de León, G.; Rosas-Valdez, R.; Aguilar-Aguilar, R.; Mendoza-Garfias, B.; Mendoza-Palmero, C.; García-Prieto, L.; Rojas-Sánchez, A.; Briosio-Aguilar, R.; Pérez-Rodríguez, R. & Domínguez-Domínguez, O. 2010. Helminth parasites of freshwater fishes, Nazas River basin, northern Mexico. *Checklist*, 6 (1): 26-35.
- Pielou, E. 1975. *Ecological diversity*. Wiley Interscience Publication, 165 pp.
- Poulin, R. 1998. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology*, 84: 485-490.
- Poulin, R. 2005. Structure of parasite communities. En: Rohde, K. (ed.). *Marine Parasitology*. CABI Publishing, Wallingford, U.K. pp. 309-315.
- Poulin, R. & E. T. Valtonen. 2001. Interspecific associations among larval helminths in fish. *International Journal for Parasitology*, 31: 1589-1596.
- Poulin, R. & S. Morand. 2004. *Parasite Biodiversity*. Smithsonian Books, Washington, D.C. 216 pp.
- Price, P. 1980. *Evolutionary biology of parasites*. Princeton University Press, New Jersey. 256 pp.
- Price, R. L. & J. K. Buttner. 1982. Gastrointestinal helminths of the central newt, *Notophthalmus viridescens louisianensis* Wolterstorff, from southern Illinois. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, 49: 285-288.
- Remsen, J. V. 1994. Use and misuse of bird lists in community ecology and conservation. *The Auk*, 111 (1): 225-227.
- Roberts, L. S. & J. J. Janovy. 2000. *Foundations of Parasitology*. McGraw-Hill Higher Education, USA. 670 pp.
- Rodríguez-Estrella, R., L. Rubio & E. Pineda. 1997. Los oasis como parches atractivos para las aves residentes e invernantes. En: Arriaga, L. & R. Rodríguez-Estrella. (Eds.). *Los oasis de la Península de Baja California*. Publ. 13, CIBNOR, S. C. La Paz, B. C. S., México. pp. 157-195
- Rogowski D. L. & C. A. Stockwell. 2006. Parasites and salinity: costly tradeoffs in a threatened species. *Oecologia*, 146: 615-622

- Rohde, K. 1993. *Ecology of Marine Parasites*. CAB International, Oxon. U.K. 298 pp.
- Rohde, K. & M. Heap. 1998. Latitudinal differences in species and community richness and in community structure of metazoan endo- and ectoparasites of marine teleost fish. *International Journal for Parasitology*, 28: 461-474.
- Root, R. B. 1973. Organization of a Plant-Arthropod Association in Simple and Diverse Habitats: The Fauna of Collards (*Brassica Oleracea*). *Ecological Monographs*, 43: 95-124
- Roughgarden, J. & J. Diamond. 1986. Overview: the role of species interaction in community ecology. En: Diamond, J. D. & T. J. Case. (Eds.). *Community Ecology*. Harper and Row, New York, USA. pp. 333-343.
- Ruiz-Campos, G., J. L. Castro-Aguirre, S. Contreras-Balderas, M. L. Lozano-Vilano, A. F. González-Acosta & S. Sánchez-González. 2002. An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12: 143-155.
- Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa*, 1324: 1-357.
- Salgado-Maldonado, G. 2008. Helminth parasites of freshwater fish from Central America. *Zootaxa*, 1915: 29-53.
- Salgado-Maldonado, G. & C. R. Kennedy. 1997. Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology*, 114: 581-590.
- Salgado-Maldonado, G. & R. Pineda-López. 2002. *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934. *Biological Invasions*, 5: 261-268.
- Salgado-Maldonado, G., R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera & C. Mendoza-Palmero. 2005. Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research*, 96: 69-89.
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, J. M. Caspeta-Mandujano, E. Soto-Galera, E. Mayén-Peña, D. Brailovsky & R. Baéz-Valé. 2001. Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas River drainage, Southwestern Mexico. *Comparative Parasitology*, 68: 196-203.

- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, J. M. Caspeta-Mandujano, R.G. Moreno-Navarrete, P. Sánchez-Nava & R. Aguilar-Aguilar. 2001a. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago river basin, Mexico. *Comparative Parasitology*, 68: 204-218.
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, R. Pineda-López, J. M. Caspeta-Mandujano, E. Aguilar-Castellanos & N. Mercado-Silva. 2004a. Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, East Central Mexico. *Comparative Parasitology*, 71: 190-202.
- Salgado-Maldonado, G., N. Mercado-Silva, G. Cabañas-Carranza, J. M. Caspeta-Mandujano, R. Aguilar-Aguilar & L. I. Íñiguez-Dávalos. 2004b. Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila river, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, west central Mexico. *Comparative Parasitology*, 71: 67-72.
- Sánchez-Nava, P., G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera & B. Jaimes-Cruz. 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River subbasin, Mexico. *Parasitology Research*, 93: 396-402.
- Santos, C. P. & C. A. A. Carbonel. 2000. The role of Physical factors in the distribution of the monogenean fauna in the midlewestern and southwestern Atlantic. En: Salgado-Maldonado, G., A. N. García-Aldrete & V. M. Vidal-Martínez. (Eds.): *Metazoan parasites in the neotropocs: a systematic and ecological perspective*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 310 pp.
- Scholz, T. & G. Salgado-Maldonado. 2000. The introduction and dispersion of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: a review. *American Midland Naturalist*, 143: 185–200.
- Semenas, L. 1999. Estructura comunitaria de parásitos en *Galaxias maculatus* (Pisces, Galaxiidae) y *Percichthys trucha* (Pisces: Percichthyidae) del lago Escondido (Río Negro, Argentina). *Tesis Doctoral*, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 263 pp.
- Soberón, J. y J. Llorente. 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conservation Biology*, 7: 480-488.

- Sokal, R. R. & F. J. Rohlf. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. 3rd edition. W. H. Freeman and Co. New York. 887 pp.
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods*. Halsted Press, Chapman and Hall. London. 524 pp.
- Statsoft 2001. *Statistica (data analysis software system and computer program manual)*. Versión 6. StatSoft, Inc., Tulsa, OK.
- Terborgh, J., S. K. Robinson, T. A. Parker III, C. A. Munn & N. Pierpont. 1990. Structure and organization of an Amazonian bird community. *Ecological Monographs*, 60(2): 213-238.
- Thieltges, D. W., K. T. Jensen & R. Poulin. 2008. The role of biotic factors in the transmission of free-living endohelminth stages. *Parasitology*, 135: 407-426.
- Vidal-Martínez, V. M., C. R. Kennedy & M. L. Aguirre-Macedo. 1998. The structuring process of the macroparasite community of an experimental population of *Cichlasoma urophthalmus* through time. *Journal of Helminthology*, 72: 199-207.
- Vidal-Martínez, V. M. & C. R. Kennedy. 2000. Zoogeographic determinants of the composition of the helminth fauna of neotropical cichlid fish, En: Salgado-Maldonado, G., A. N. García Aldrete & V. M. Vidal-Martínez. (Eds.). *Metazoan parasites in the Neotropics: a systematic and ecological perspective*. Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 227-290.
- Vidal-Martínez, V. M. & R. Poulin. 2003. Spatial and temporal repeatability in parasite community structure of tropical fish hosts. *Parasitology*, 127: 387-398.
- Vidal-Martínez, V. M., T. Scholz & M. L. Aguirre-Macedo. 2001. Dactylogyridae of cichlid fishes from Nicaragua, Central America, with descriptions of *Gussevia herotilapiae* sp. n. and three new species of *Sciadicleithrum* (Monogenea: Ancyrocephalinae). *Comparative Parasitology*, 68: 76-86.
- Walther, B. A. & J. L. Martin. 2001. Species richness estimation of bird communities: how to control for sampling effort? *Ibis*, 143: 413-419.
- Walther, B. A. & J. L. Moore. 2005. The concepts of bias, precision and accuracy, and their use in testing the performance of species richness

- estimators, with a literature review of estimator performance. *Ecography*, 28: 815-829.
- Walther, B. A. & S. Morand. 1998. Comparative performance of richness estimation methods. *Parasitology*, 116: 395-405.
- Whittaker, R. J. 1998. *Island biogeography: ecology, evolution, and conservation*. Oxford: Oxford University Press. 401 pp.
- Wiggins, I. L. 1980. *Flora of Baja California*. Stanford University Press, Stanford. California. 1025 pp.
- Worthen W. B. & K. Rohde. 1996. Nested subset analyses of colonization-dominated communities: Metazoan ectoparasites of marine fishes. *Oikos*, 75: 471-478.
- Zelmer, D. A. & G. W. Esch. 1999. Robust estimation of parasite component community richness. *Journal of Parasitology*, 85: 592-594.

## ANEXO I

Descripción de las localidades de muestreo. El número corresponde a su ubicación en la fig. 1.

### 1. San José del Cabo

El área de San José del Cabo se localiza en el extremo sur de la península. El arroyo San José ( $23^{\circ} 04' 0.5''$  N,  $109^{\circ} 41' 15.3''$  O) (a) se origina por varios ojos de agua en el cauce dando lugar a uno o dos brazos de agua en forma de U que alimentan al estero. Estos cauces desaparecen conforme pasa la época de lluvias y aumentan las temperaturas en la zona, quedando en su caso pequeñas pozas de agua. La laguna-estero San José ( $23^{\circ} 03' 32''$  N,  $109^{\circ} 41' 28.8''$  O) (b) es un área natural protegida (ANP) y se encuentra rodeada de palmeras así como vegetación acuática (juncos principalmente), se observa la presencia de aves acuáticas. Ruiz-Campos *et al.* (2002) registran la presencia de 12 especies de peces marinas y dulceacuícolas, sin embargo, en este trabajo nos enfocamos exclusivamente a las que se consideran de ambientes dulceacuícolas, de las cuales se registran en este oasis *Eleotris picta*, *Gobiomorus maculatus*, *Dormitator latifrons*, *Poecilia reticulata*, *Awaous tajasica* y *Tilapia cf. zilli*.

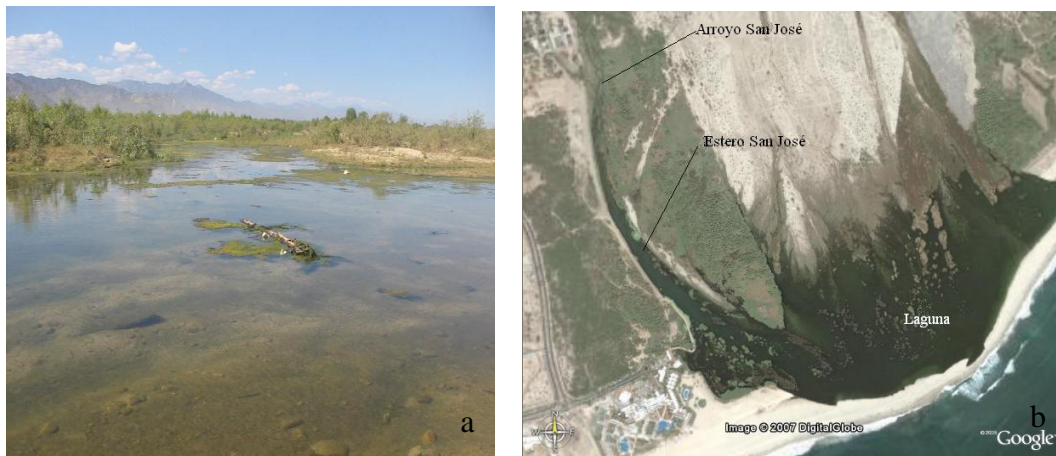


Figura 7. Oasis de san José del Cabo. a) Ojo de agua y cuenca del arroyo San José, (b) Vista panorámica de la laguna-estero y arroyo San José.



## 2. Miraflores

Miraflores (23° 21' 59.4" N, 109° 45' 19.2" O) se localiza a 45 km aproximadamente al norte de San José del Cabo por la vía larga a La Paz. Se accede por un camino asfaltado de 2 km. La zona de muestreo se ubica pasando el poblado y se llega a través de un camino de terracería hasta el arroyo El Aguajito. Presenta una cuenca de 100 m de ancho con sustrato rocoso-arenoso. El cauce del arroyo es de dos metros de ancho con profundidades entre 10 y 30 cm. Abundante vegetación acuática y pocas aves. En este oasis solo habita *Gambusia affinis* (Ruiz-Campos *et al.*, 2002).



Figura 8. Arroyo el Aguajito, oasis Miraflores.

## 3. Santiago-Boca de la sierra

Santiago es el punto de referencia para llegar a la Boca de la Sierra donde se localiza el cuerpo de agua (23° 26' 24" N, 109° 48' 27.9" O). Se accede por medio de un camino de terracería de 5 km aproximadamente pasando el poblado de Agua Caliente. El arroyo presenta un sustrato pedregoso y arenoso en la mayoría de pozas, escasa vegetación y pocos insectos. El agua es retenida por un dique de unos 10 m de largo por 4 m de alto que forma una poza de unos dos metros de profundidad (a). El resto del arroyo es de profundidades bajas ( $\pm 20$  cm) y se filtra hasta desaparecer por el subsuelo a unos 100 m de la barrera (b). La precipitación media anual de 5 a 10 mm. Clima templado subhúmedo con lluvias en verano e invierno, semiseco semicálido, seco semicálido, muy seco, muy cálido y seco muy cálido con lluvias en verano. Temperatura media anual de 14-26° C. La colecta se realizó en la zona del arroyo, capturando solo ejemplares de *Gambusia affinis*. En este

oasis, Ruiz-Campos *et al.* (2002) registran la presencia de *Awaous tajasica* pero esta no se capturó en el muestreo.



Figura 9. Oasis Santiago, arroyo Boca de la Sierra. a) dique, b) arroyo.

#### 4. Las Pocitas

Las Pocitas (24° 24' 08.1"N, 111° 06' 10.8" O) con una elevación de 70 msnm, conformada por una serie de pozas intermitentes llamadas Pozas del Vado con diámetros entre 2 a 6 metros, con profundidades de 20 a 50 cm sobre el cauce del arroyo El Pilar que desemboca en el Pacífico. El clima es extremo, llegando a ser uno de los más áridos de la península con una temperatura media anual de 20 a 24° C y con lluvias en verano e invierno. Durante la época de seca, las pozas quedan aisladas y en la época de lluvias se interconectan originando dos ríos. El fondo de los cuerpos de agua está compuesto de arena, grava y rocas. La vegetación acuática está representada por algas del género *Chara* y la monocotiledona *Potamogeton* sp. La fauna acuática se compone de insectos como odonatos y corixidos, algunos anfibios, probablemente *Bufo marinus*, así como algunos crustáceos (*Macrobrachium americanus*, *Palaemon* sp.), además de la presencia de peces marinos como *Mugil curema* y *Eleotris picta* (Espinosa-Pérez y Castro-Aguirre, 1996). La colecta se realizó en pozas aisladas en época de sequía.



Figura 10. Oasis Las Pocitas: Pozas del vado.

### 5. San Pedro de la Sierra (Presa)

El cauce del arroyo de San Pedro de la Sierra es retenido por un dique de cemento ( $24^{\circ} 50' 21.3''$  N,  $111^{\circ} 04' 59.8''$  O). La presa presenta varios kilómetros de extensión, sin embargo, sólo se muestreo en la presa del mismo nombre, con una extensión de aproximadamente 500 m de largo por 50 de ancho y con profundidades mayores a dos metros, el sustrato va de fangoso en las partes profundas a arenoso en las partes bajas con pocas piedras. La vegetación en las orillas es escasa (pasto y plantas con espinas). En algunas zonas se observa vegetación acuática en parches. No se observó la presencia de aves ictiófagas. En esta localidad se cuenta con el registro ictiológico de *Fundulus lima*, *Eleotris picta*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus helleri* y *Tilapia cf. zilli* (Ruiz-Campos *et al.*, 2002). Solo se colectaron ejemplares de *P. reticulata*.



Figura 11. Oasis San Pedro de la Sierra: Presa San Pedro.



## 6. San Luís Gonzaga

San Luís Gonzaga (24° 54' 34.2" N, 111° 17' 27.0" O) se localiza a 40 km de la carretera estatal La Paz-Cd. Constitución, cerca del poblado Villa Morelos. El arroyo corre a un costado del poblado formando pequeñas pozas sobre sustrato arenoso en su mayoría y muy poco rocoso. Parte del agua del cauce es retenida por una pared donde se observa acumulación de plantas y hojarasca. A las orillas del cauce se observan palmeras y árboles. No se observaron aves. El clima general es muy árido, semicálido, y con temperaturas que oscilan entre 18° C y 22° C. Lluvias de verano del 5 al 10.2 % anual. La precipitación total anual llega hasta 300 mm. Ruiz-Campos *et al.* (2002) registran la presencia de *Fundulus lima*, *Poecilia reticulata*, *Xiphophorus maculatus* y *Tilapia* cf. *zilli*. En el muestreo solo se obtuvieron ejemplares de *P. reticulata*.



Figura 12. Oasis San Luís Gonzaga.

## 7. La Purísima

El oasis de La Purísima se localiza en la porción media central de Baja California Sur (26° 11' 56" N, 112° 04' 47" O), dentro de la región hidrológica Baja California Suroeste (Magdalena), en la cuenca del Arroyo Mezquital-Comondú, donde domina la topografía de meseta basáltica, con cañadas y valles de tipo ramificado. Presenta una temperatura media anual de 22°C, con precipitación media de 110 mm y lluvias predominantes en invierno. El arroyo del mismo nombre se compone por pozas de diferentes tamaños (10 a 20 000 m<sup>2</sup> de espejo de agua), mismas que mantienen agua durante todo el año. La vegetación dominante son las palmeras (*Phoenix dactylifera* y *Washingtonia*

*robusta*), los mezquites (*Prosopis articulata*), carrizo (*Phragmites communis*) y el tule (*Typha domingensis*). La ictiofauna está compuesta por *Fundulus lima*, *Dormitator latifrons*, *Poecilia reticulata* y *Tilapia cf. zilli* (Ruiz-Campos *et al.*, 2002).



Figura 13. Oasis y arroyo La Purísima.

## 8. San José de Magdalena

El arroyo San José de Magdalena (27° 3' 57.3" N, 112° 12' 41.3" O, elevación de 220 msnm) se localiza entre los poblados de Santa Rosalía y Mulegé a la altura del Km 30 sobre la carretera transpeninsular, se accede a la localidad por un camino de terracería de 17 km. El arroyo presenta cuerpos de agua abundante, lecho del arroyo pedregoso y con profundidades menores a 1.5 m con transparencia total, abundantes algas así como caracoles e insectos (dípteros, odonatos, trichopteros) además de aves como *Egretta thula* y *Tachybaptus dominicus*, tiene una longitud aproximada de un km con abundante vegetación (juncos, palmeras y otros tipos de arbustos), carece de corriente. Ruiz-Campos *et al.* (2002) registran para este arroyo a *P. reticulata* y *Tilapia cf. zilli*.



Figura 14. Arroyo San José de Magdalena.

## 9. San Ignacio

El Oasis de San Ignacio ( $27^{\circ} 10' 30.2''$  N,  $112^{\circ} 52' 2.8''$  O, elevación de 125 msnm), se localiza al sur en la zona montañosa de la Sierra de San Francisco. En época de lluvias, el agua corre a través del cauce del río San Ignacio alimentando al oasis del mismo nombre y desemboca a unos 20 km en la laguna costera de San Ignacio en el océano Pacífico (Arriaga *et al.*, 1997). El cuerpo de agua del oasis se encuentra dividido en dos partes por la vía de acceso al poblado de San Ignacio, manteniendo comunicación entre ambas, con abundante vegetación de juncos (*Juncus acutus*) y palmeras (*Washingtonia robusta*) (Arriaga *et al.*, 1997); entre las aves se encuentran garzas blancas, grises y pequeños patos buceadores (*Egretta thula*, *Egretta tricolor* y *Tachybaptus dominicus*). Observamos algunos caracoles. Las profundidades son variables, desde unos centímetros en la parte del ojo de agua con un sustrato compuesto por canto rodado (pedregoso) y fango, hasta profundidades de varios metros en el centro y a lo largo del oasis donde el sustrato es fangoso (centro) y con barro en las orillas. El ojo de agua con dimensiones entre dos y seis metros de ancho y profundidades de 10 – 30 cm, sustrato pedregoso-fangoso. Clima extremo, muy seco semicálido con lluvias en invierno. Temperatura media anual de 18-24° C. Precipitación total anual menos de 100 mm. Las colectas se realizaron con una red de 2.5 m de largo x 1.5 m de ancho y con una abertura de luz de malla de 0.5 cm en varias zonas a lo largo del cuerpo de agua, efectuando de tres a cuatro lances en cada zona,

haciendo todo lo posible por capturar las especies de peces que habitan en el oasis. Se obtuvieron ejemplares de *P. reticulata*, *X. helleri* y *T. cf. zilli*.



Figura 15. Oasis San Ignacio (ojo de agua).

#### 10. San Joaquín

El acceso al arroyo San Joaquín es a través de un camino de terracería que inicia en el poblado de San Ignacio, siendo el mismo camino hacia la observación de ballenas. La localidad El Sauzal (27° 31' 29.4" N, 112° 56' 54.4" O) se localiza en la Sierra El Culebreado a 16 km aproximadamente de San Ignacio, es un pequeño poblado distribuido en las orillas del cauce del arroyo. El oasis es alimentado por un pequeño ojo de agua de pequeñas dimensiones (2 x 5 m<sup>2</sup>) y una profundidad de 20 cm, el agua es retenida en una pequeña presa de 10 m de largo por 10 m de ancho aproximadamente por un metro de alto, en la que se observaron pocos insectos, aves y abundante vegetación. Se colectaron especímenes de *P. reticulata*, *Xiphophorus helleri* y *Tilapia cf. zilli* mientras que Ruiz-Campos *et al.* (2002) únicamente registran a *P. reticulata*.



Figura 16. Oasis San Joaquín: ojo de agua.



## 11. Poza larga

La localidad Poza larga (27° 16' 26.1" N, 112° 54' 46.5" O; elevación 108 m) localizada a 4 km del oasis San Ignacio, forma parte del río San Ignacio, varía en tamaño a lo largo del año de 250 m de largo por 30 m de ancho y con una profundidad de 1.5 m (Septiembre 2003 antes de la temporada de lluvias) a más de 1 km por 60 por 2.5 m (Marzo 2004). Sustrato compuesto de canto rodado, arena en las orillas y fango en las zonas profundas. Ausente de vegetación acuática y rodeada por palmeras datileras. Esta localidad cuenta con el registro del endémico *Fundulus lima* y la introducida *Cyprinus carpio* (Ruiz-Campos *et al.*, 2002). Ejemplares de ambas especies fueron colectados.



Figura 17. Localidad Poza Larga (San Ignacio).

## 12. Los Corralitos

Se localiza en el Rancho Los Corralitos (27° 13' 01.9" N, 112° 59' 16.9" O; elevación 73 m) es una poza grandes dimensiones (300 m de largo x 50 m de ancho x 1.6 m de profundidad máxima), forma parte del río San Ignacio. El sustrato varía de arenoso en las orillas a fangoso conforme se hace profundo, con abundante vegetación acuática y terrestre. Escasas aves. Se registra la presencia de *F. lima* y *C. carpio* (Ruiz-Campos *et al.*, 2002). Se colectaron ejemplares de ambas especies.





Figura 18. Oasis Los Corralitos.

### 13. Los Pinos

Los Pinos se localizan cerca del rancho San Sabas ( $27^{\circ} 11' 51.8''$  N,  $113^{\circ} 00' 09.3''$  O; elevación 27 m) y es la última poza de agua del río San Ignacio antes de llegar a la zona salada de la laguna costera del mismo nombre. Estas pozas de agua dulce con fondos arenosos a fangosos, con vegetación acuática y escasos insectos, muestran fuertes fluctuaciones estacionales en el tamaño, profundidad y salinidad, debido a la influencia de las altas mareas de la laguna San Ignacio. En este oasis solo se registra *F. lima* (Ruiz-Campos *et al.*, 2002), del cual se obtuvieron algunos ejemplares.



Figura 19. Oasis Los Pinos.

## ANEXO II

Especies dominantes y raras de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey para las poblaciones de peces y oasis.

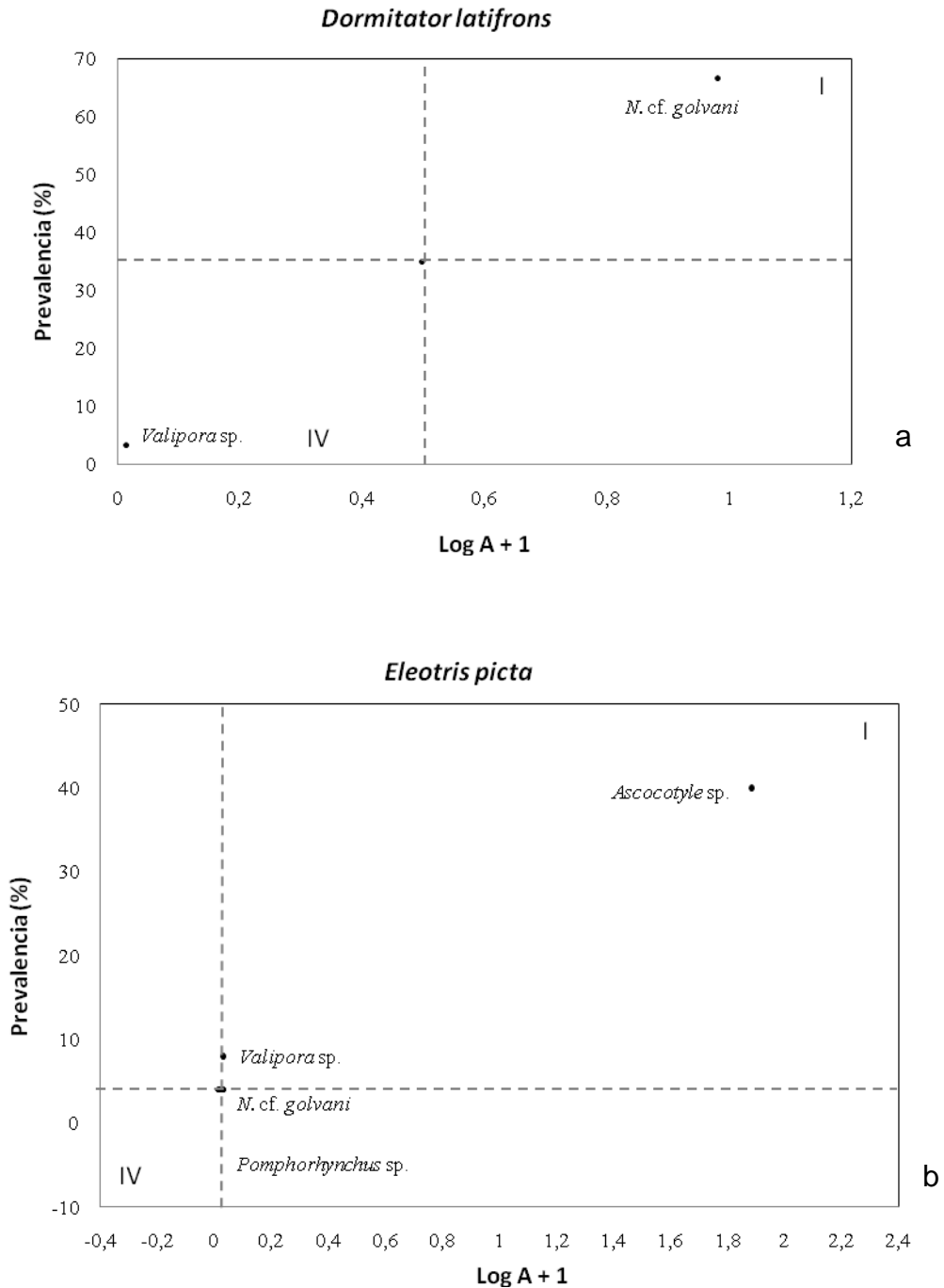


Figura 20. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (Cuadrante I) y raras (Cuadrante IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) *D. latifrons* y b) *E. picta*.

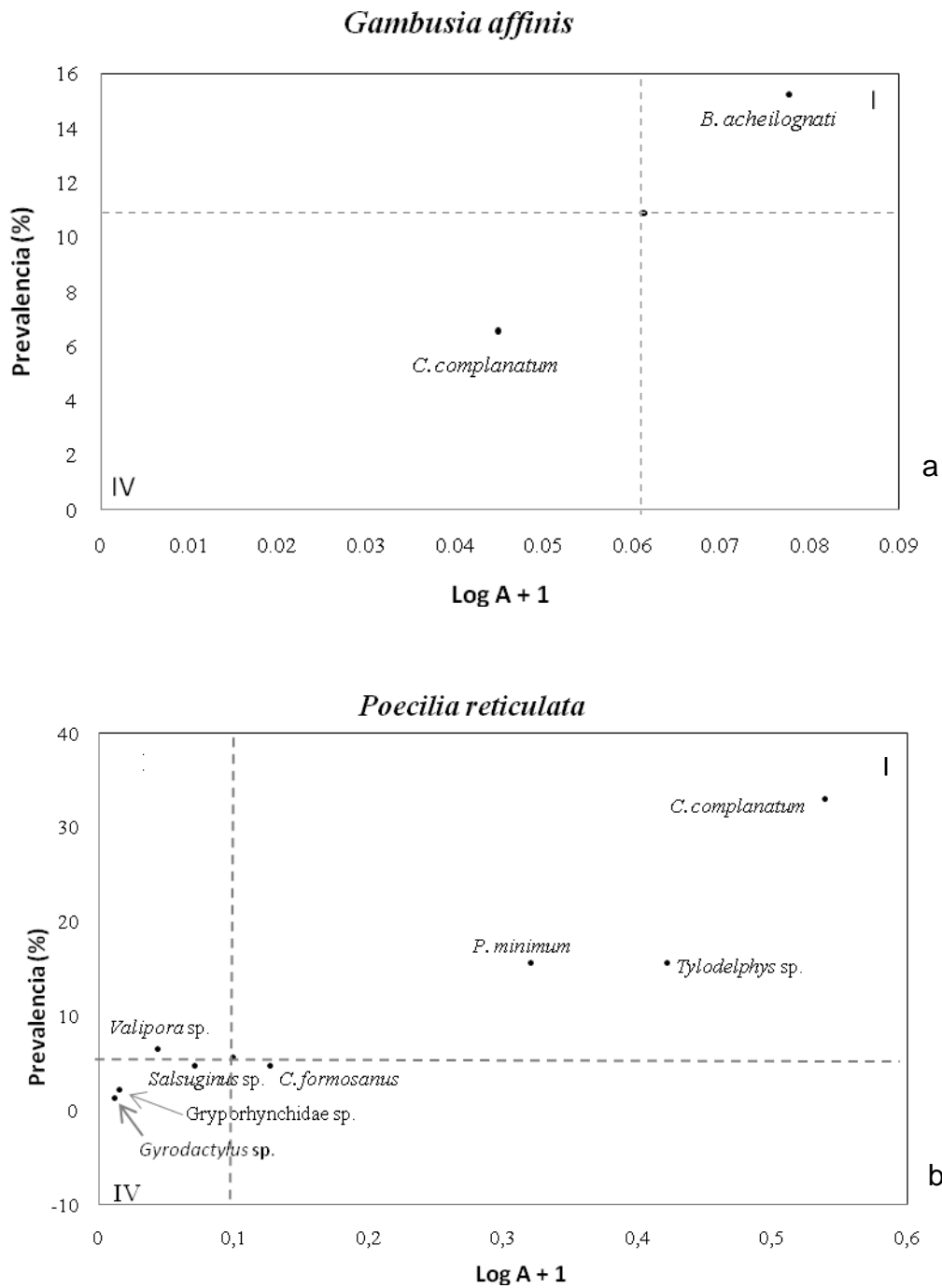


Figura 21. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) *G. affinis* y b) *P. reticulata*.

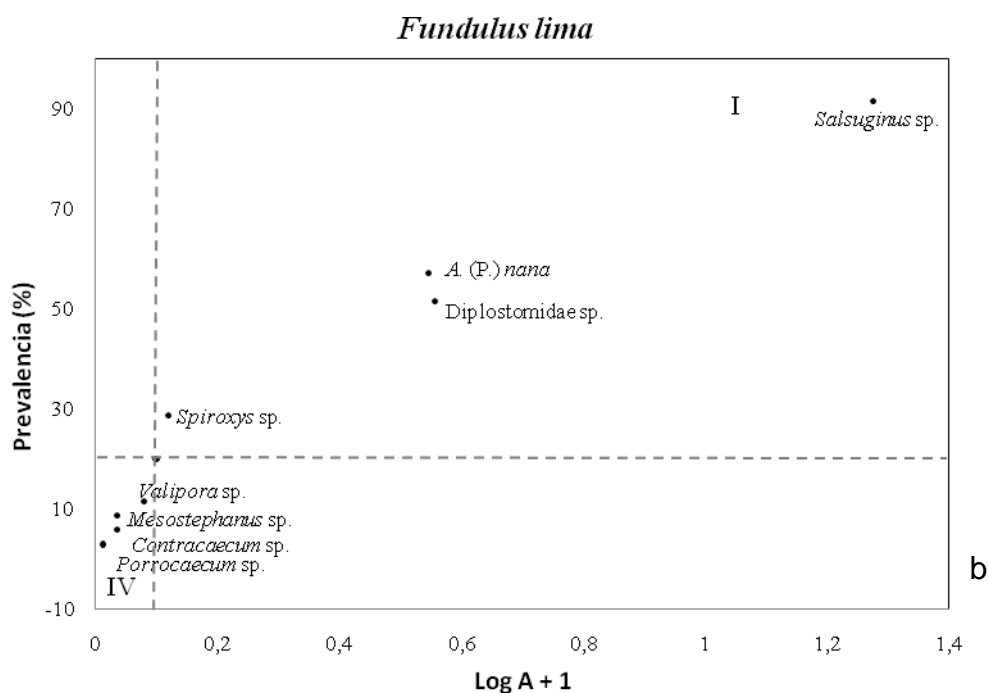
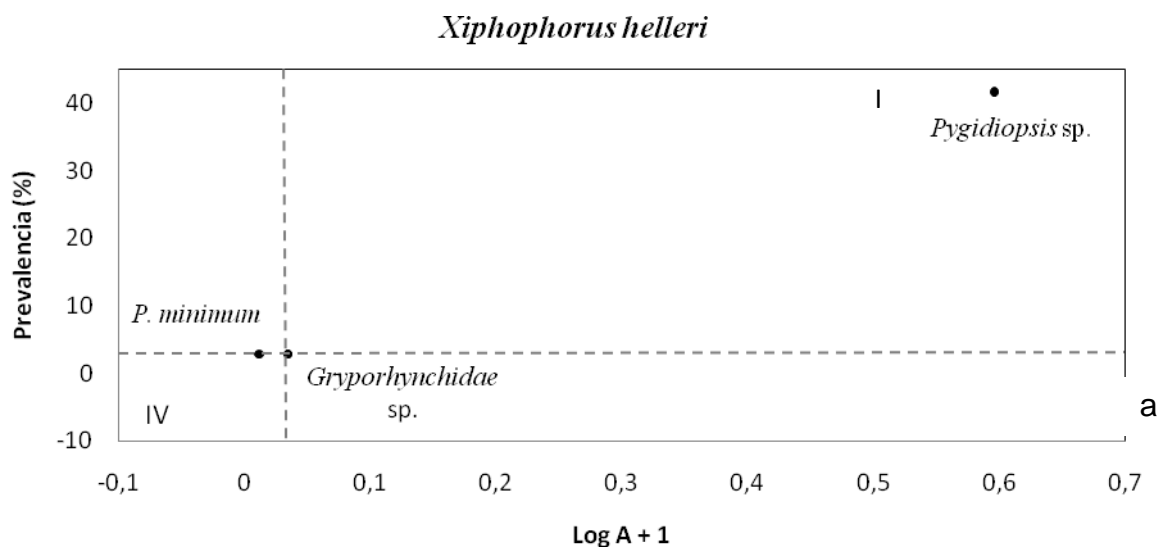


Figura 22. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) *X. helleri* y b) *F. lima*.

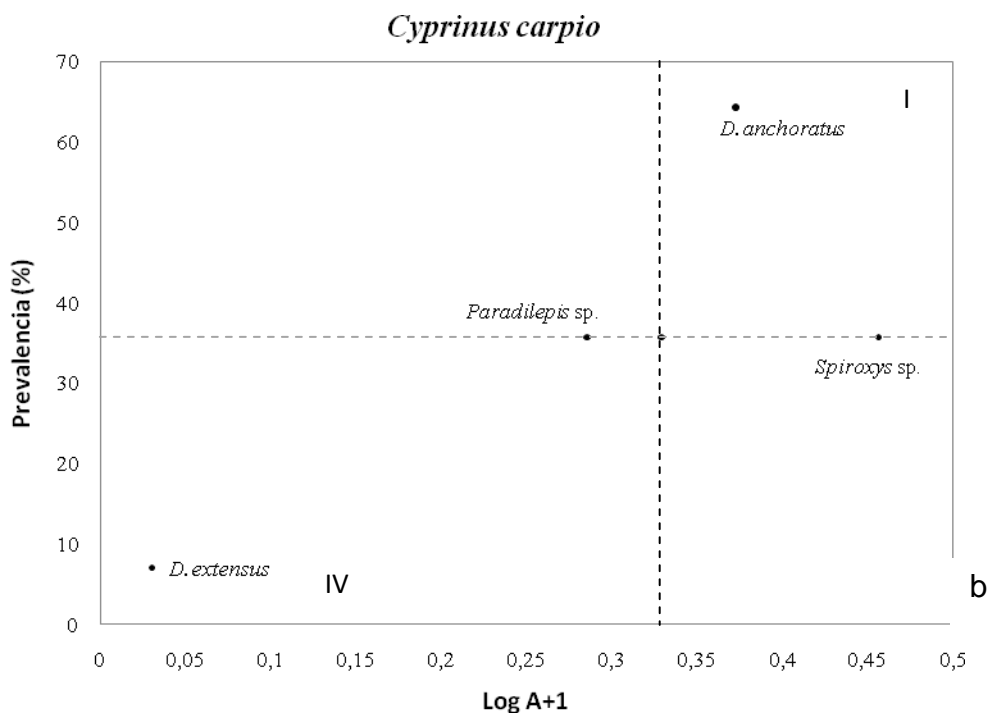
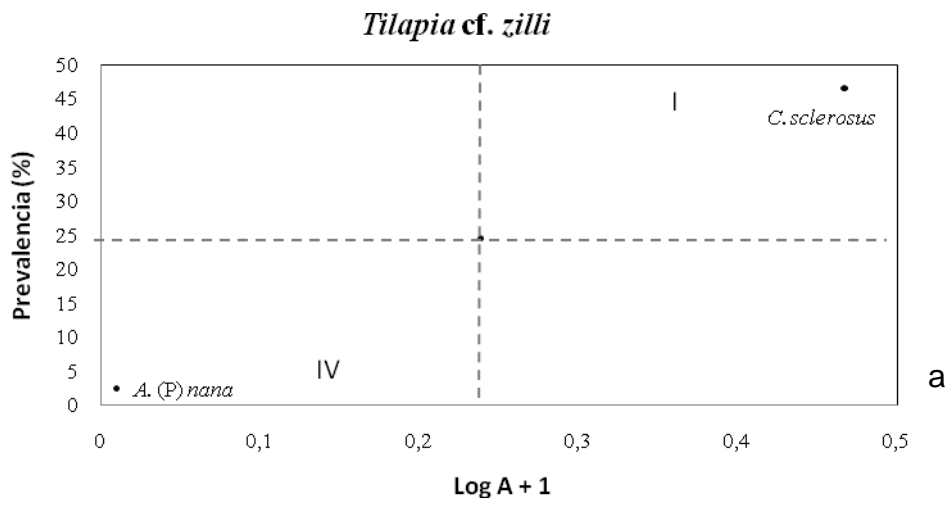


Figura 23. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en las poblaciones de a) *T. cf. zilli* y b) *C. carpio*.

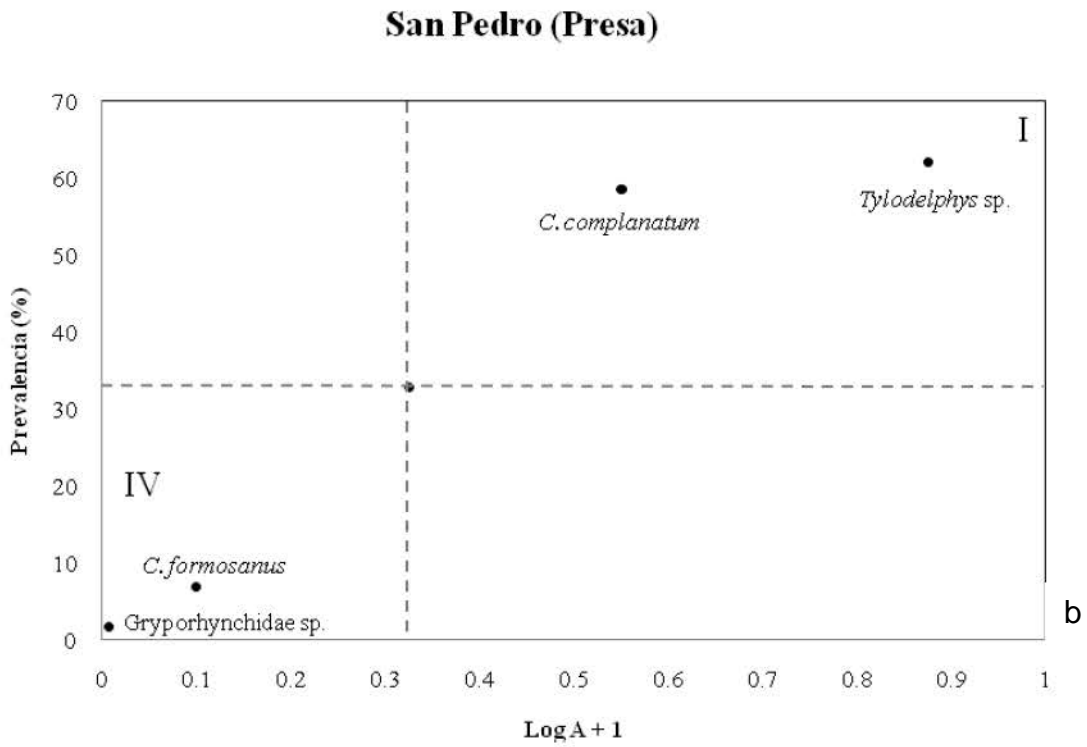
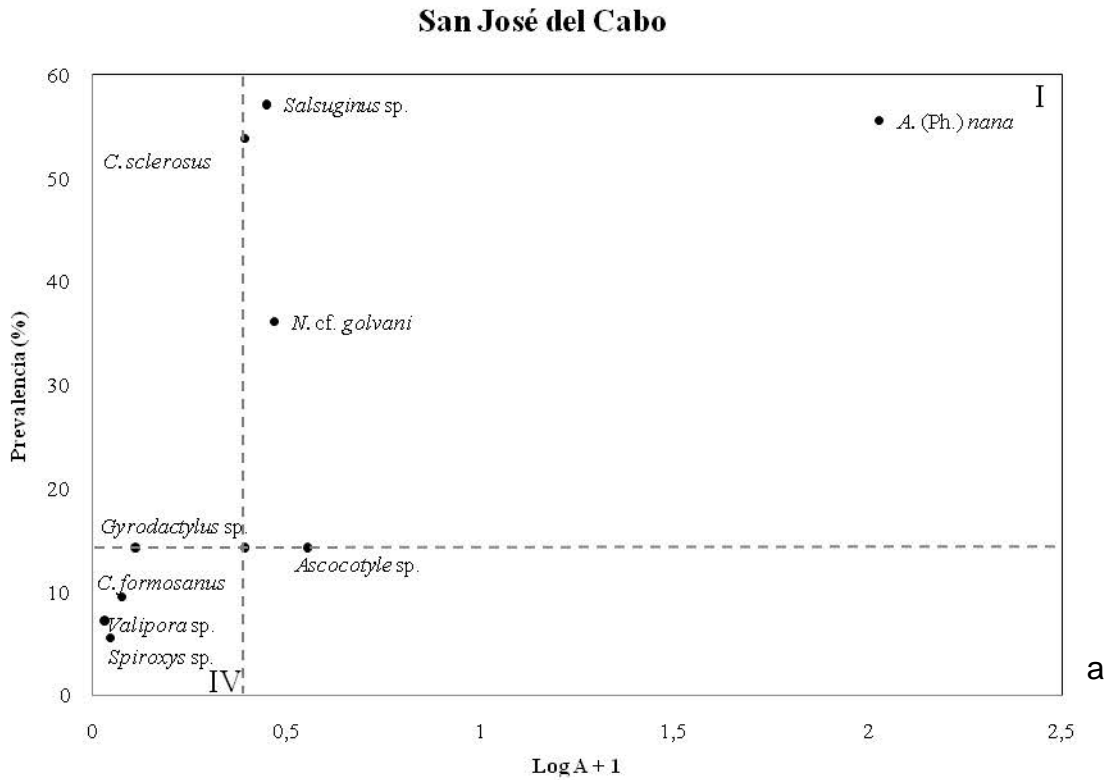
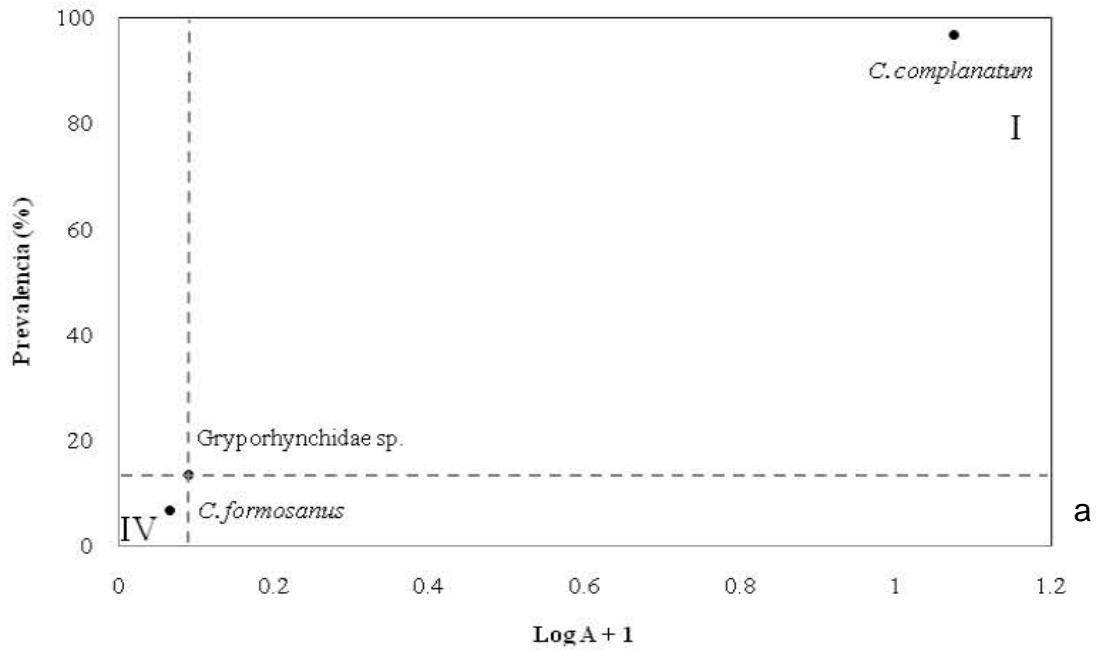


Figura 24. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en los oasis de a) San José del Cabo y b) San Pedro (Presa).

### San Luis Gonzaga



### San Ignacio

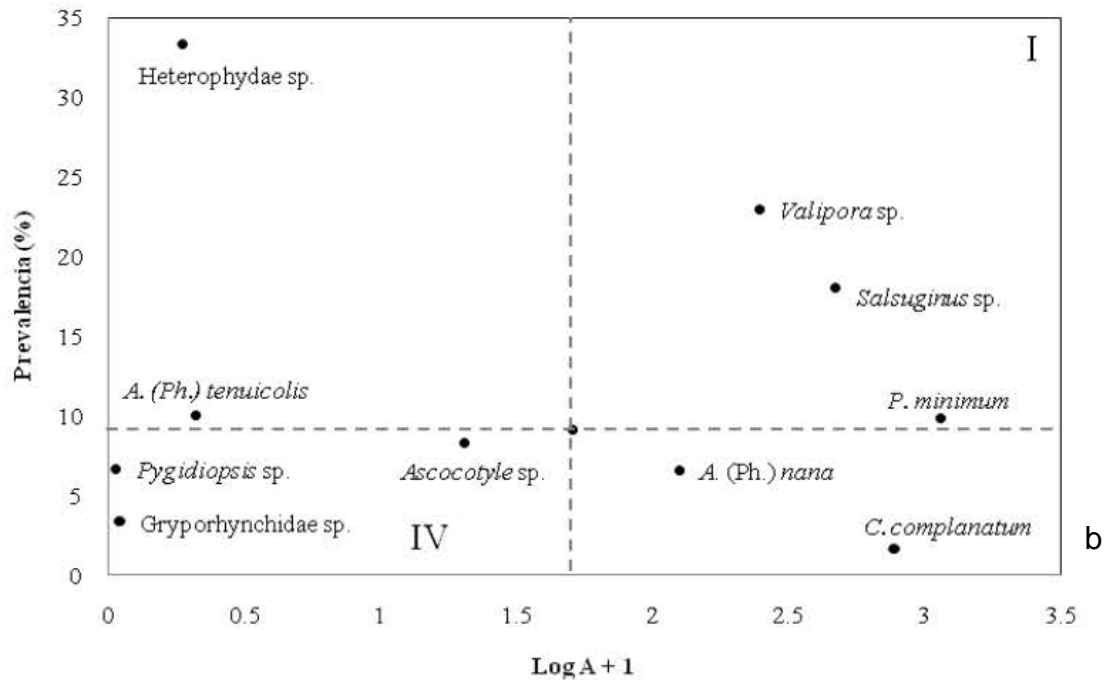


Figura 25. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en los oasis de a) San Luis Gonzaga y b) San Ignacio.

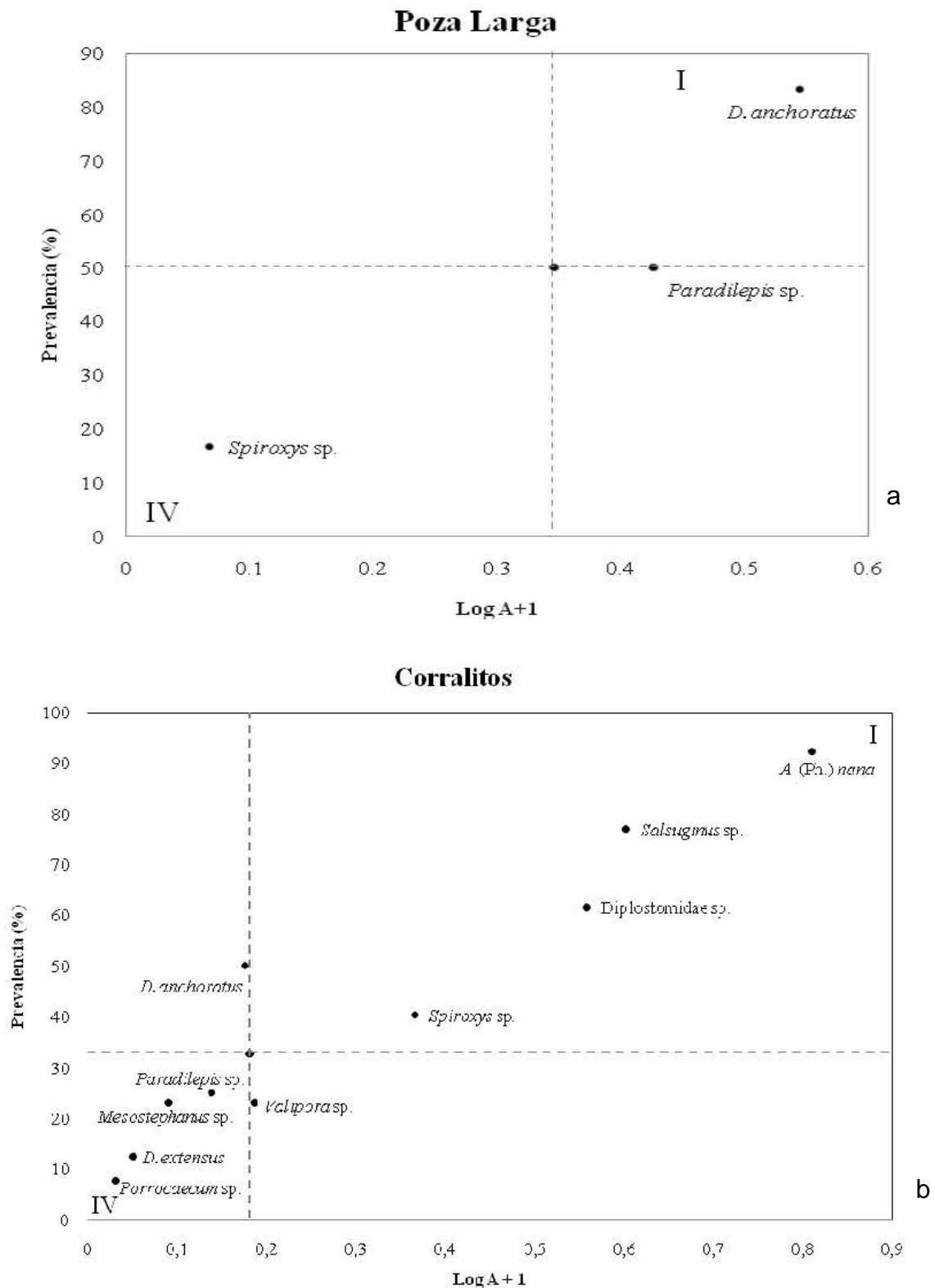


Figura 26. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en los oasis de a) Poza Larga y b) Corralitos.



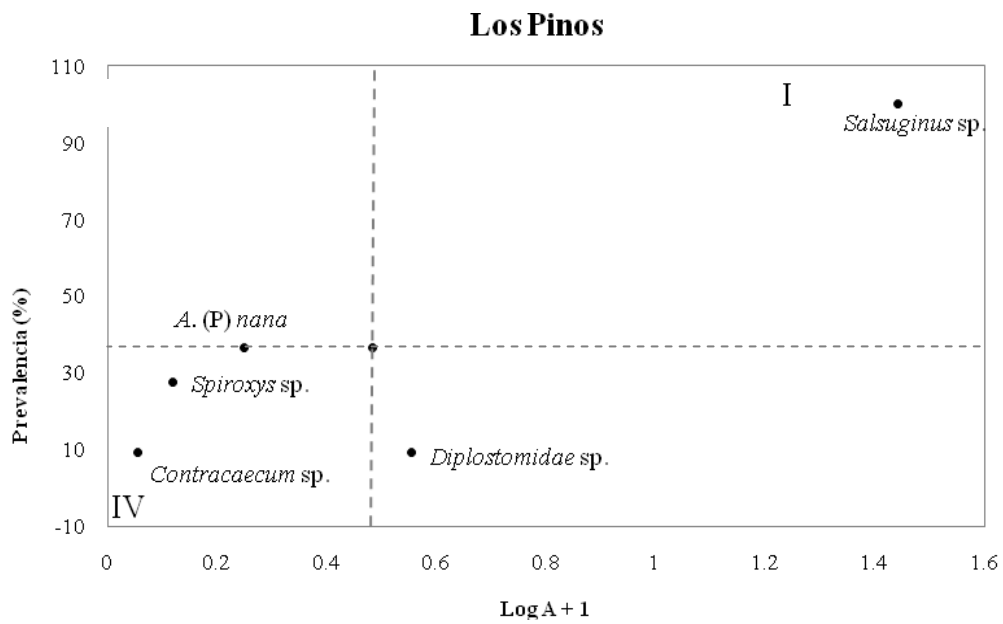


Figura 27. Caracterización de los helmintos: Especies dominantes (I) y raras (IV) de acuerdo al análisis de Olmstead-Tukey en el oasis de Los Pinos.

ANEXO III

Representatividad de los muestreos para cada componente de comunidad.

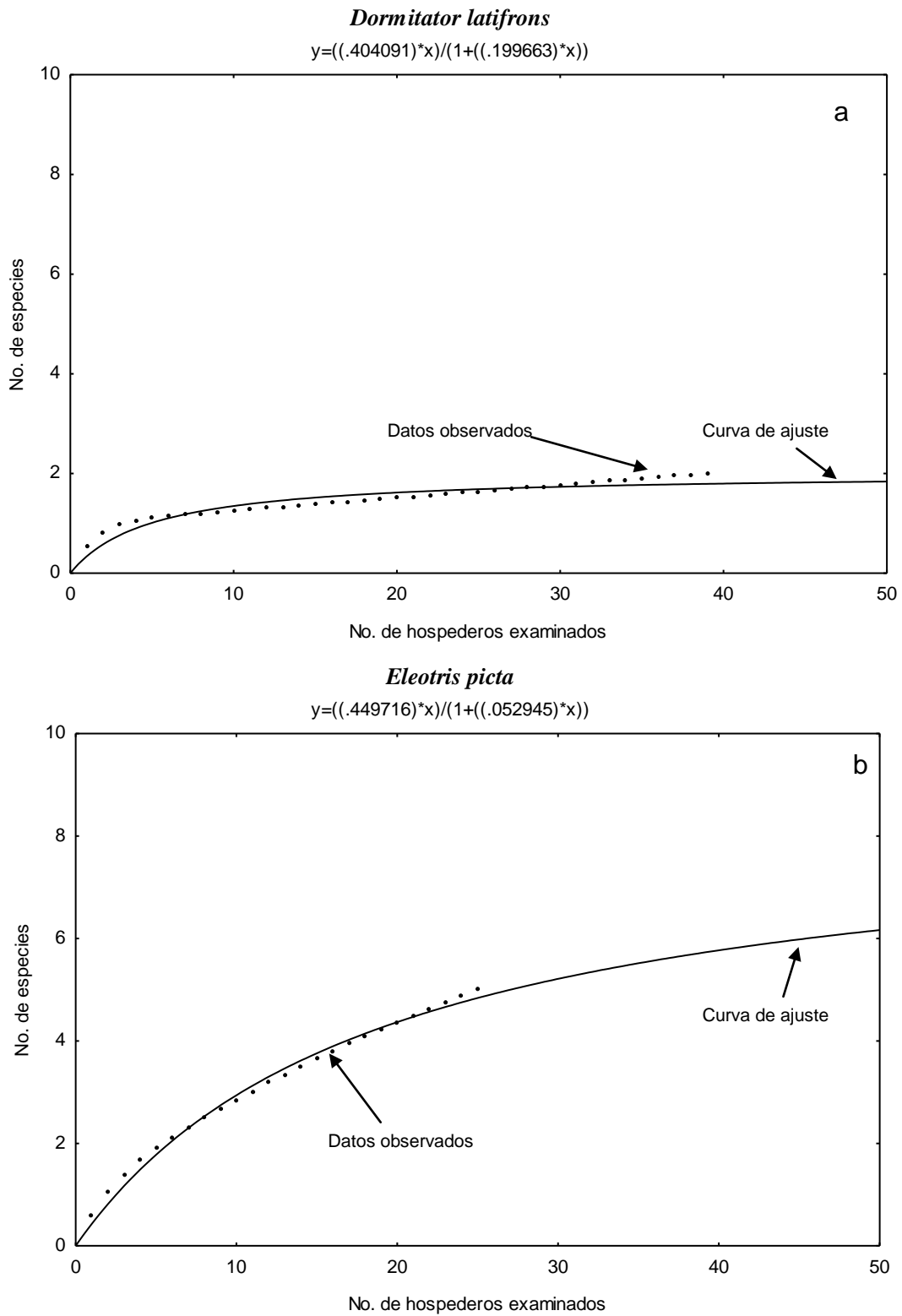


Figura 28. Curvas acumulativas de especies para a) *D. latifrons* y b) *E. picta*.

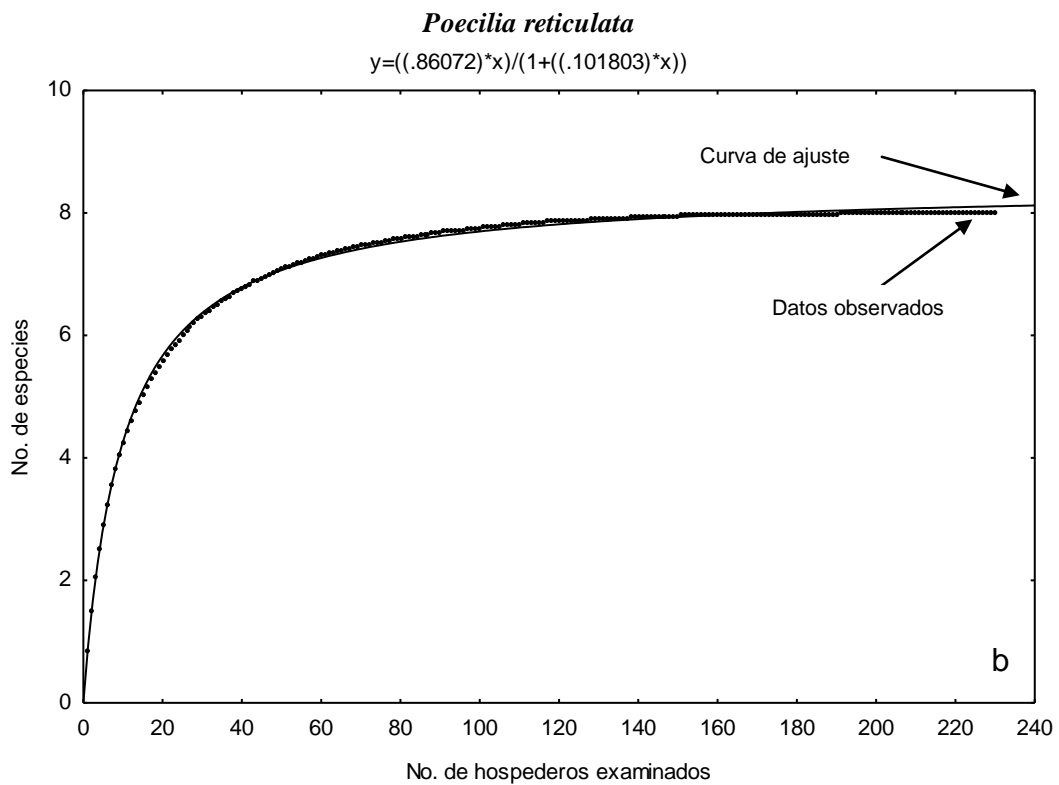
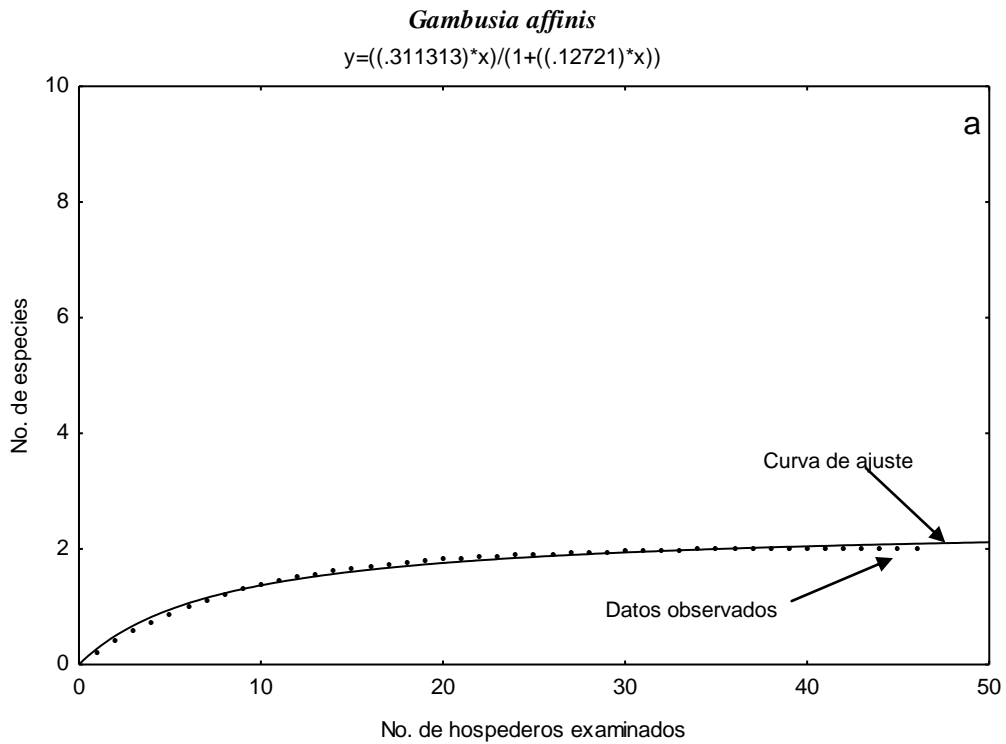


Figura 29. Curvas acumulativas de especies para a) *G. affinis* y b) *P. reticulata*.

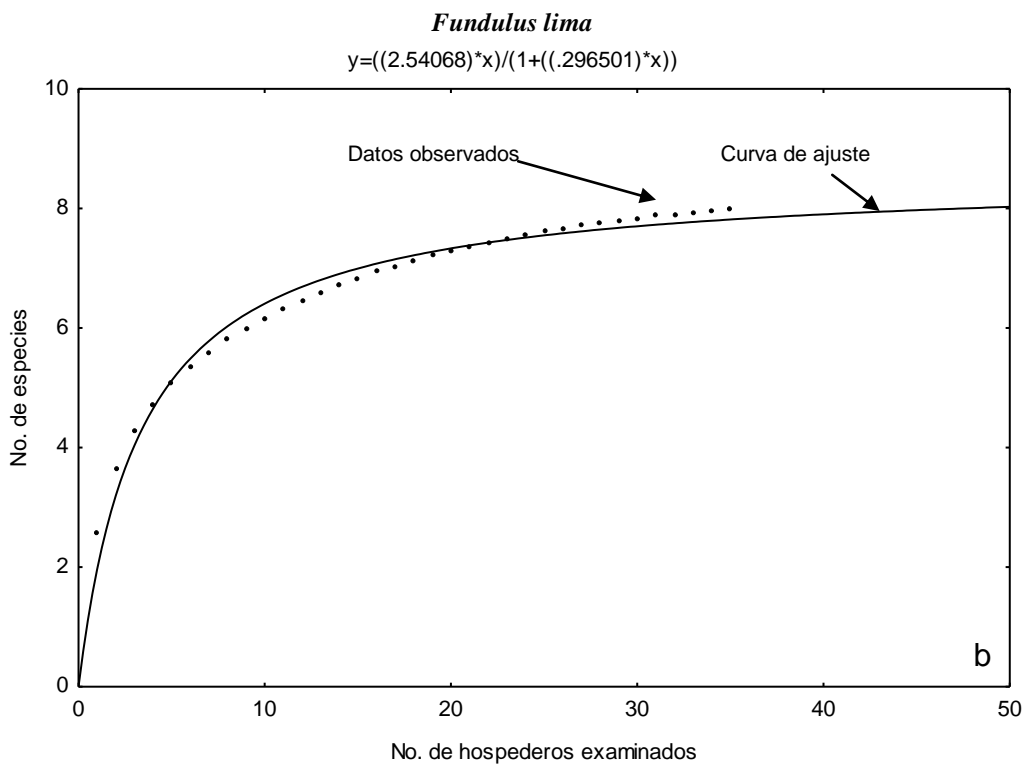
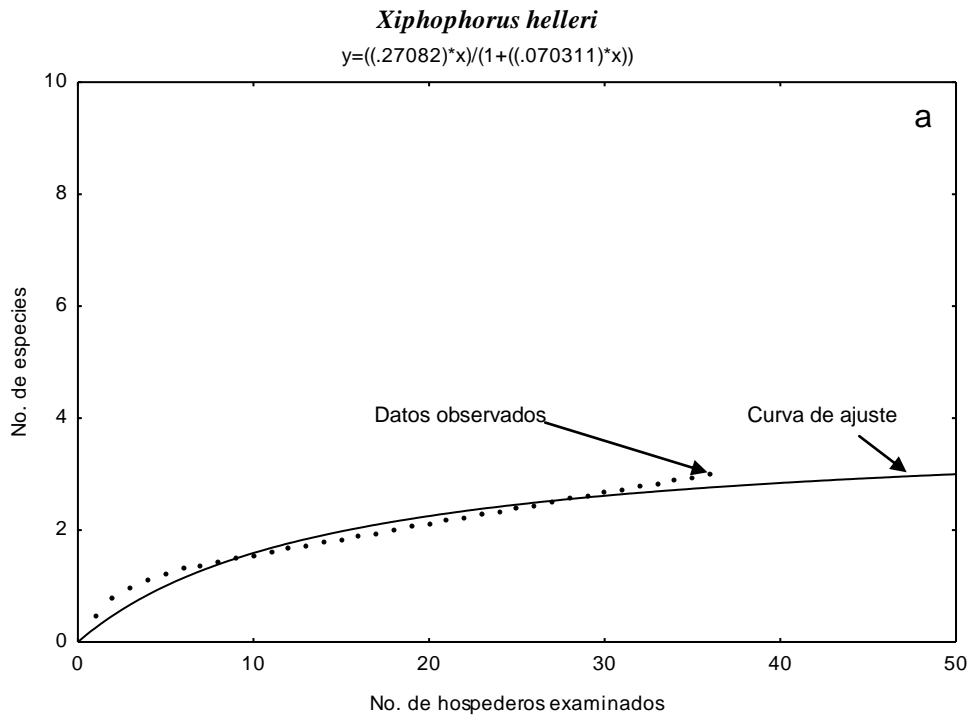


Figura 30. Curvas acumulativas de especies para a) *X. helleri* y b) *F. lima*.

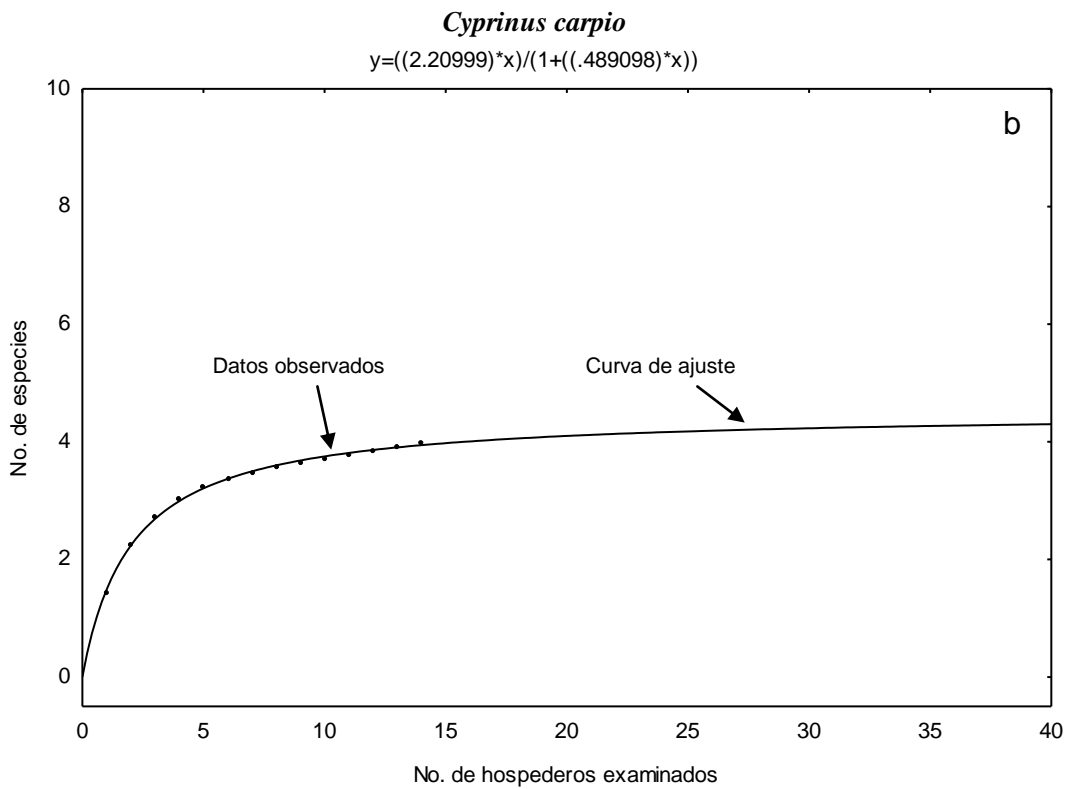
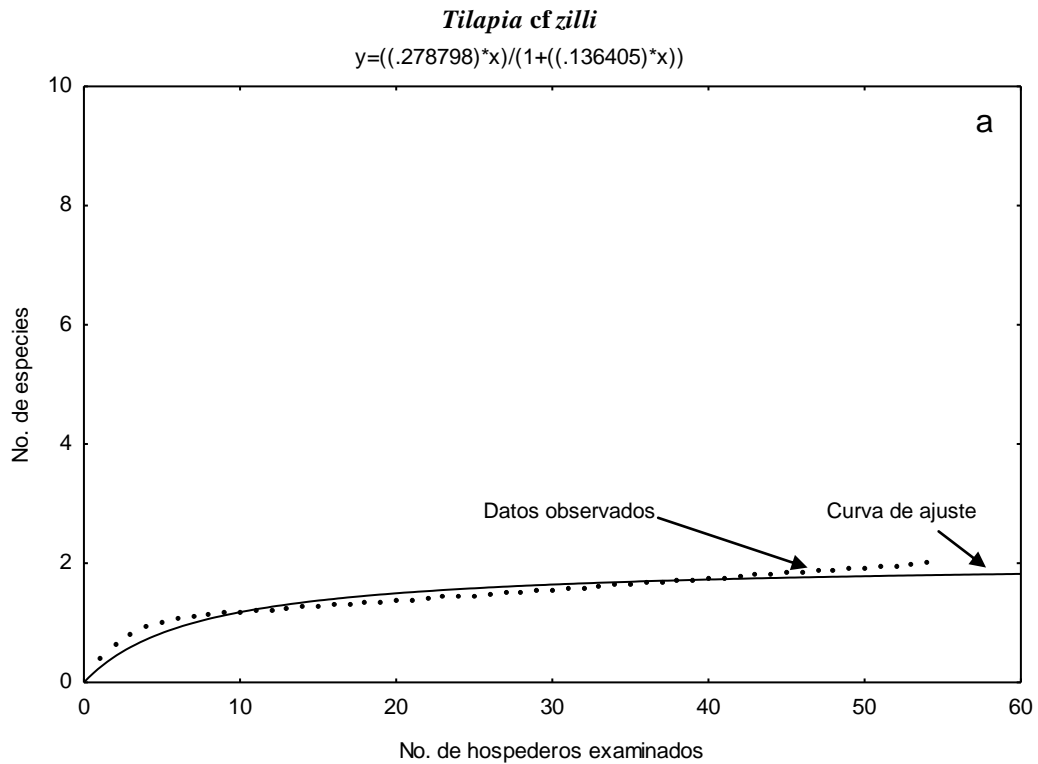


Figura 31. Curvas acumulativas de especies para a) *T. cf. zilli* y b) *C. carpio*.

ANEXO IV

Frecuencia de aparición de las especies de helmintos en los peces de B.C.S.

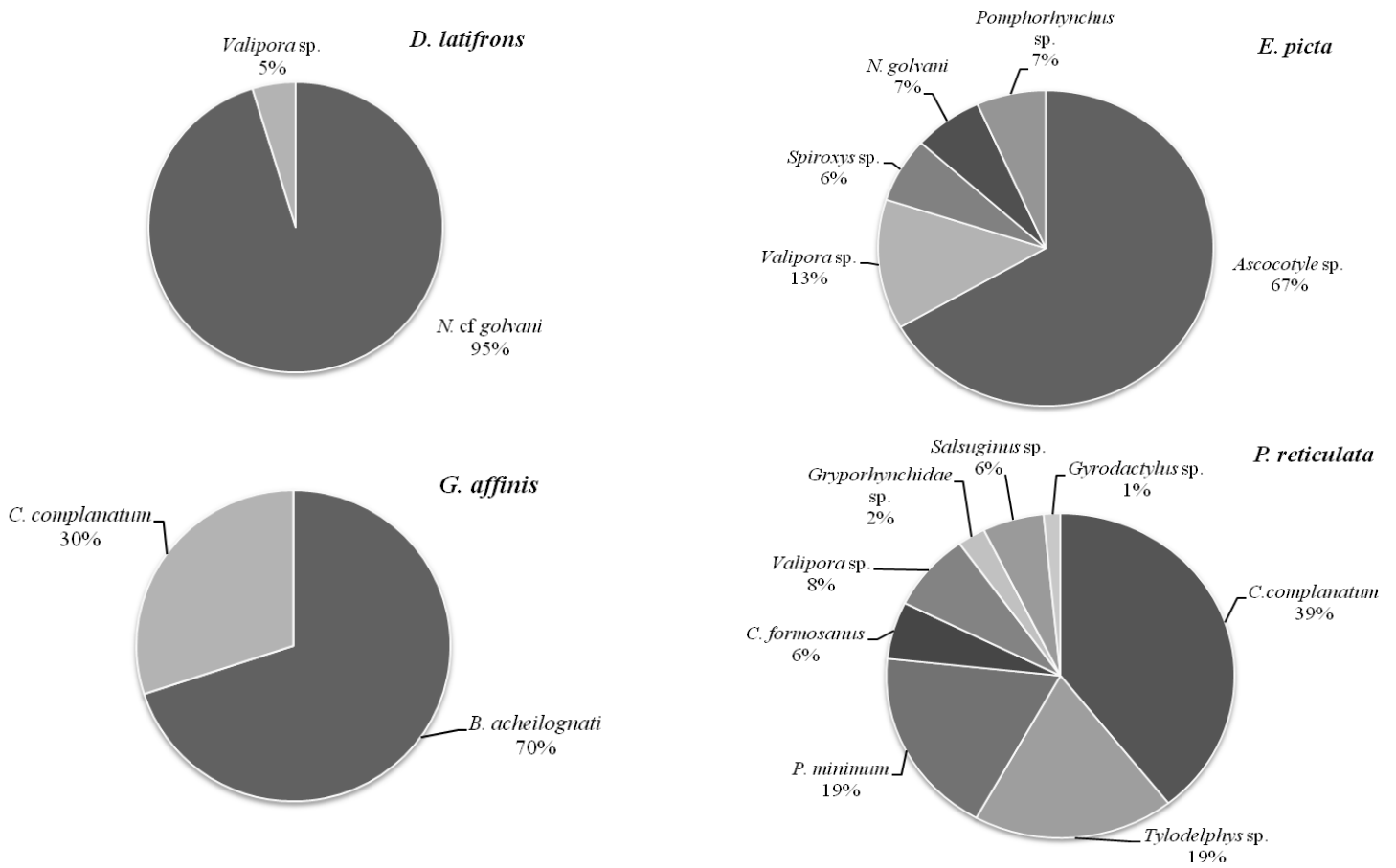


Figura 32. Composición de especies de helmintos en cuatro componentes de comunidad: *D. latifrons*, *E. picta*, *G. affinis* y *P. reticulata*.

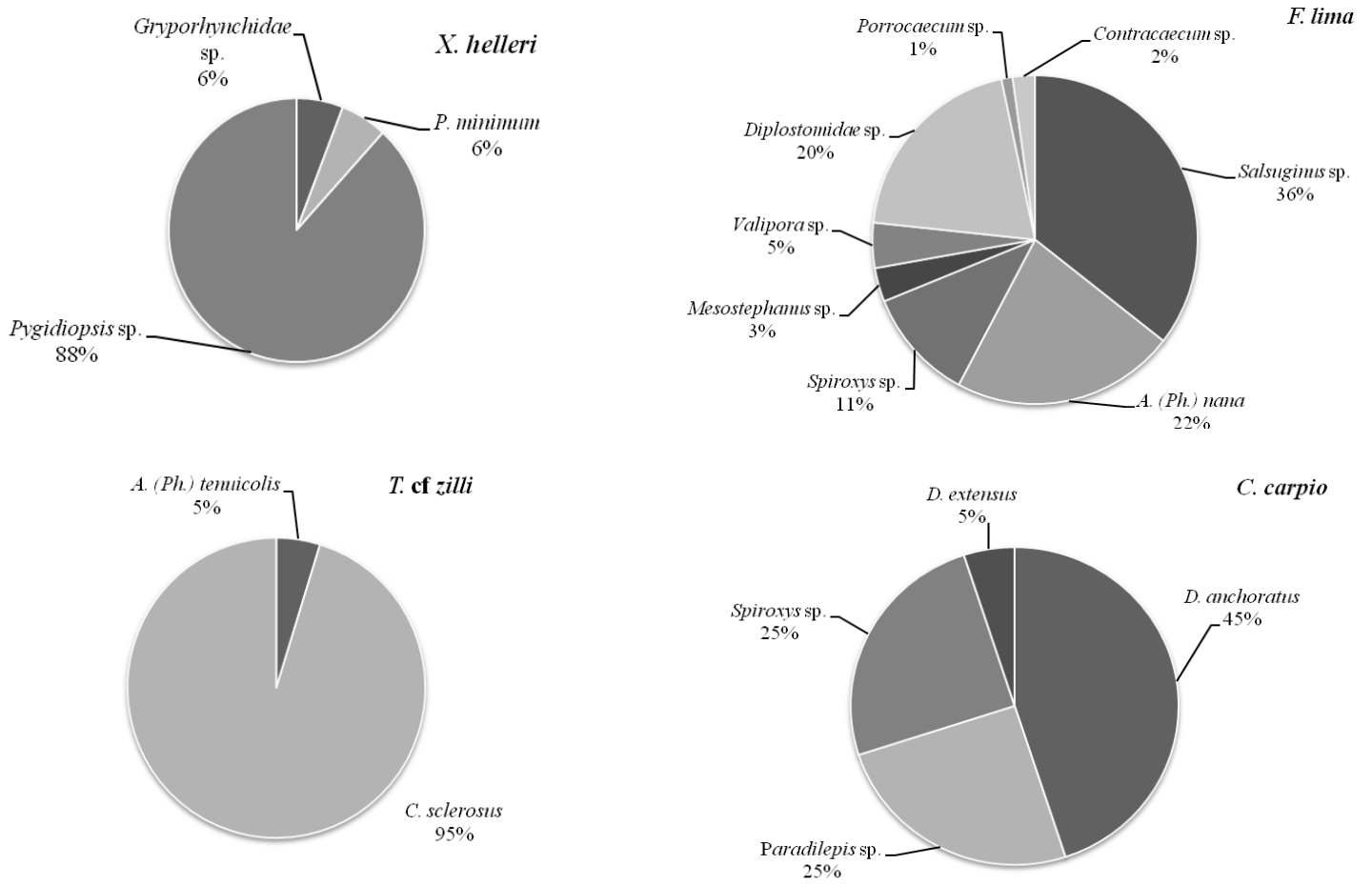


Figura 33. Composicion de especies de helmintos en cuatro componentes de comunidad: *X. helleri*, *F. lima*, *T. cf. zilli* y *C. carpio*.

## APÉNDICE

Trabajo científico derivado de esta investigación.

OSCAR MÉNDEZ, GUILLERMO SALGADO-MALDONADO, JUAN MANUEL CASPETA-MANDUJANO & GUILLERMINA CABAÑAS-CARRANZA. 2010. Helminth parasites of some freshwater fishes from Baja California Sur, Mexico. **Zootaxa** 2327: 44–50



## Helminth parasites of some freshwater fishes from Baja California Sur, Mexico

OSCAR MÉNDEZ<sup>1</sup>, GUILLERMO SALGADO-MALDONADO<sup>1</sup>,  
JUAN MANUEL CASPETA-MANDUJANO<sup>2</sup> & GUILLERMINA CABAÑAS-CARRANZA<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Laboratorio de Helmintología, Apartado Postal 70-153 CP 04510, México D. F., México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Facultad de Ciencias Biológicas y Centro de Investigaciones Biológicas, Laboratorio de Parasitología de Animales Silvestres, Avenida Universidad 1001, Colonia Chamiya, CP 62209, Cuernavaca, Morelos, México, gsalgado@ib.unam.mx

### Abstract

Nine freshwater fish species were sampled from 13 bodies of water in Baja California Sur state, on the Baja California peninsula, Mexico. Twenty-four helminth parasite species of 19 genera and from 13 families were recorded. All are new records for the region, but have been recorded previously in Mexico. No endemic helminth species were identified. Most helminths were larval forms of generalist Nearctic species transported by ichthyophagous birds, in addition to five anthropogenically introduced species. Poeciliid fish are the most widely distributed in the oases and other waters of Baja California Sur, and their helminths are the most common on the peninsula.

**Key words:** Trematoda, metacercariae, Monogenea, Cestoda, Acarothocephala, Nematoda, survey, inventory, freshwater fish, Poeciliidae, *Fundulus*, oases, Baja California Peninsula, Mexico

### Introduction

The Baja California peninsula in northwest Mexico is 70 km wide on average and extends approximately 1500 km south of the United States border to just south of the Tropic of Cancer. This region is divided into two states, Baja California (to the north) and Baja California Sur by the 28° latitude line. The Pacific Ocean runs along the peninsula's west coast and the Gulf of California (Sea of Cortez) along its east coast. Annual rainfall is low (100–300 mm). Very few epicontinental freshwater drainages exist on this arid peninsula, but there are 184 oases (171 of them in Baja California Sur) formed by perennial freshwater springs.

The freshwater ichthyofauna of these oases includes two endemic species: *Fundulus lina* Vaillant, 1894, and *Gobletta jurperoserrae* Espinosa Pérez & Castro-Aguirre, 1996. There are also 19 marine-origin euryhaline species. Overall, the peninsula is poor in primary and secondary freshwater fish species. *Poecilia reticulata* Peters, 1859, *Tilapia* cf. *zilli* Gervais, 1848, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, *Gambusia affinis* Bair & Girard, 1853, *Xiphophorus helleri* Heckel, 1848, and *Xiphophorus maculatus* Günther, 1866 have been introduced to the larger oases (Ruiz-Campos *et al.* 2002). Research has been done on the biota (mostly vertebrate) of some oases (Arriaga & Rodríguez-Estrella 1997), but there are currently only two records for helminth parasites from fishes in the oases of Baja California (Valle-Ríos & Ruiz-Campos 1997; Valle-Ríos *et al.* 2000). In response to this the objective of the present study was to inventory the helminthic parasites in fishes from the freshwater environments in the state of Baja California Sur.

## Materials and methods

A total of 471 fishes of 9 species, from 13 localities in Baja California Sur (Table 1, Fig. 1) was examined for the presence of helminthic parasites from October to December, 2006 and February, April and July, 2007.

At each locality, fish were captured using gill nets or minnow-seine haul. Live fish were brought to the laboratory and examined within 48 hr after capture using standard procedures. Briefly, all the external surfaces, viscera, and musculature of each fish host were examined under a stereomicroscope, and all the helminths encountered in each fish were counted. Cestodes, digenean larvae, monogeneans and nematodes were fixed in hot 4% neutral formalin. Some monogeneans were fixed with ammonium picrate (Ergens, 1969), and mounted unstained in Gray-Wess fixative (Vidal-Martinez *et al.* 2001) for study of sclerotized structures. Acanthocephalans were placed in distilled water, refrigerated overnight (6-12 hr) to evert the proboscis, and then fixed in hot 10% formalin. Digeneans monogeneans, cestodes and acanthocephalans used for morphological studies of whole mounts were stained with Mayer's paracarmin, dehydrated using a graded alcohol series, cleared in methyl salicylate, and mounted in Canada balsam. Nematodes were cleared with glycerine for light microscopy and stored in 70% ethanol.

Voucher specimens of each helminth species were deposited in the Colección Nacional de Helmintos (CNHE), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico. Prevalence (% infected) and mean intensity of infection (number of parasites per parasitized fish) were used as proposed by Bush *et al.* 1997.



FIGURE 1. Fish collection sites in Baja California Sur, Mexico: 1. Oasis San José del Cabo (23° 03' 32" N, 109° 41' 28.8" W); 2. Stream La Tinaja-Miraflores (23° 21' 59.4" N, 109° 45' 19.2" W); 3. Stream Santiago (Boca de la Sierra) (23° 26' 24" N, 109° 48' 27.9" W); 4. Pond Las Pocitas (24° 24' 08.1" N, 111° 06' 10.8" W); 5. Reservoir San Pedro (24° 50' 21.3" N, 111° 04' 54.8" W); 6. Stream at the Misión San Luis Gonzaga (24° 54' 34.2" N, 111° 17' 27.0" W); 7. Oasis La Purísima (26° 09' 30.2" N, 112° 7' 43.6" W); 8. Stream San José de Magdalena (27° 03' 57.3" N, 112° 12' 41.3" W); 9. Oasis San Ignacio (27° 10' 30.2" N, 112° 52' 2.8" W); 10. Stream San Joaquín El Sauzal (27° 31' 29.4" N, 112° 56' 54.4" W); 11. Pond Poza Larga (27° 16' 28" N, 112° 54' 49.5" W); 12. Pond Corralitos (27° 13' 02.7" N, 112° 59' 17.4" W); 13. Pond Los Pinos (27° 12' 38.6" N, 112° 59' 53.7" W).

TABLE 1. Fish species from Baja California Sur, Mexico that were examined for helminths.

Fish species	Common name	Length (Mean)	No. of fish examined	Localities
<b>Familia Eleotridae</b>				
<i>Dormitator latifrons</i> (Richardson, 1844)	Dormilón	37–338 (206)	39	1
<i>Eleotris picta</i> Kner & Steindachner, 1863	Curvina	43–473 (191)	25	1, 4
<b>Familia Poeciliidae</b>				
+ <i>Gambusia affinis</i> (Bair & Girard, 1859)	Guayacán mosquito	24–58 (37)	46	2, 3
+ <i>Poecilia reticulata</i> Peters, 1859	Cuppy	17–59 (33)	230	1, 4, 5, 6, 8, 9, 10
+ <i>Xiphophorus helleri</i> Heckel, 1848	Cota de espada	33–140 (48)	36	9, 10
<b>Familia Fundulidae</b>				
* <i>Fundulus itzae</i> Vaillant, 1894	Sardinilla de la península	54–79 (65)	35	12, 13
<b>Familia Cichlidae</b>				
+ <i>Titapia</i> cf. <i>Zilli</i>	Titapia	33–140 (79)	54	1, 7, 9
<b>Familia Cobitidae</b>				
<i>Awaous tajasca</i> (Lichtenstein, 1822)	Cóbido de río	74–123 (103)	13	1
<b>Familia Cyprinidae</b>				
+ <i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758	Carpa común	54–290 (108)	14	11, 12

\* Endemic species

+ Introduced species

## Results

A total of thirteen bodies of water were sampled (Fig. 1) from which 471 freshwater fish specimens from 9 species and 6 families were collected (Table 1). Examination of these specimens produced 24 helminth species from 19 genera and 13 families (Table 2). The most abundant group was the metacercariae (11 species), followed by the monogeneans (5), metacestodes (3), nematode larvae (3), adult acanthocephalans (2) and adult cestodes (1). Seventeen (70%) of these 24 species were larval forms of generalist species that use freshwater fish as intermediate or paratenic hosts; 16 of these mature in birds, and *Spetroxys* sp. matures in turtles. Five of the helminth species are introduced: the metacercariae of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924), the Asian fish tapeworm *Bothriocephalus achetlognath* Yamaguti, 1934, and 3 monogeneans, *Cichlidogyrus sclerosus* Paperna & Thurston, 1969, *Dactylogyrus anchoratus* (Dujardin, 1845), and *D. extensus* (Muller & Van Cleave, 1932). The highest prevalences and infection intensities were observed in the cercariae of *Citrostomum complanatum* (Rudolphi, 1814), *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) and *Tylodelphis* sp., the monogenean *Salsugitus* sp. and the acanthocephalan *Neoecthinorhynchus* cf. *golvanii* Salgado-Maldonado, 1978. A number of heterophids were found to be widely distributed in Baja California Sur, particularly *Ascocotyle (Phagocola) nama* Ramson, 1920; metacestodes of the family Gryporhynchidae (especially *Valtopora* sp.); larvae of *Spetroxys* genus nematodes; and *Salsugitus* sp. monogeneans.

All the examined fish species were parasitized except the gobiid *Awaous tajasca*, of which 13 specimens were examined from a single site. Fish species with the highest number of helminth species were *Poecilia reticulata* ( $S = 8$ ) and the endemic *Fundulus itzae*, parasitized by 7 larval species and the monogenean *Salsugitus* sp. (Table 2). All fish collected from the San Ignacio and San Luis Gonzaga oases, as well as the San José del Cabo coastal lagoon, were infected, while fish from San Joaquín, San José de Magdalena, Las Pocitas and Santiago had very low parasite counts.

TABLE 2. Host association, number of hosts examined (N), prevalence (P) and mean intensity (MI) of helminth parasites collected from 9 freshwater fishes of Baja California Sur, Mexico. †, introduced. (Infection sites: Bc, Body cavity; Bd, gall bladder; F1, fins; G1, gills; Go, Gonads; In, intestine; Li, liver; Ma, mesentery; Mu, muscle; Sk, skin; St, stomach)

Parasite	Fish/Host / infection site (s)	Locality	N	Date	P (%)	MI
<b>Larval Trematoda</b>						
<b>Family Heterophyidae Othner, 1914</b>						
<i>Asocotyle</i> sp. CNHE 7047, 7050, 7070	<i>Eleotris picta</i> /G1		1	18	Feb-06	55.5 189.6123.6
<i>Asocotyle (Phagicotyle) stans</i> Ramson, 1920	<i>Fundulus itzae</i> /G1		12	13	Jul-07	92.30 5.915.4
			13	22	Jul-07	36.36 2.120.9
<i>Asocotyle (Asocotyle) tenuicollis</i> Price, 1935	<i>Tilapia cf. affinis</i> /Mu		9	10	Apr-07	10 1
† <i>Centrocestus formosanus</i> (Nishigori, 1924) CNHE 7065, 7066, 7067	<i>Poecilia reticulata</i> /G1, Bc, Mu		1	21	Oct-06	14.2 19.314
			5	58	Apr-07	6.8 3.71.3
			6	30	Apr-07	6.6 2.51.5
			9	61	Apr-07	9.8 1.60.5
<i>Pygidiospis</i> sp. CNHE 7052, 7053, 7054, 7071	<i>Xiphophorus helleri</i> /G1, Ma, Co, In		10	6	Apr-07	16.6 1
			9	30	Apr-07	46.6 7.50.1
<b>Family Clinostomidae Lühe, 1901</b>						
<i>Clinostomus complanatus</i> (Rudolphi, 1814) CNHE 7068	<i>Poecilia reticulata</i> /Ma, Mu		9	61	Apr-07	1.63 540
			6	30	Apr-07	96.66 11.209.2
			5	58	Apr-07	58.62 4.352.9
		<i>Gambusia affinis</i> /Ma	3	16	Apr-07	18.75 1.660.4
<b>Family Cyathostylidae Pochs, 1926</b>						
<i>Mesostephanus</i> sp. CNHE 7043, 7048	<i>Fundulus itzae</i> /G1		12	13	Jul-07	23.07 1
<b>Family Diplostomidae Poirier, 1886</b>						
Diplostomidae sp. CNHE 7063, 7064, 7072	<i>Fundulus itzae</i> /Ma, Li, Co		12	13	Jul-07	61.53 4.251.5
			13	22	Jul-07	9.09 28.50.7
<i>Pocheilodiplostomus artemus</i> (MacCallum, 1921) CNHE 7049, 7050, 7051	<i>Poecilia reticulata</i> /Ma, Mu		8	30	Apr-07	3.33 1
			9	61	Apr-07	16.3 2513.1
			9	30	Apr-07	3.33 1
<i>Tylosiophrys</i> sp. CNHE 7046	<i>Poecilia reticulata</i> /Bc		5	58	Apr-07	62 10.49.2
<b>Monogenea</b>						
<b>Family Ancyrocephalidae Bychowsky, 1937</b>						
† <i>Cichlidogyrus sclerosus</i> Paperna & Thurston, 1969 CNHE 7059, 7060	<i>Tilapia cf. affinis</i> /G1		7	21	Apr-07	61.90 4.925.2
			1	12	Oct-07	58.33 2.711.6
<i>Sakagutius</i> sp. CNHE 7044, 7045	<i>Poecilia reticulata</i> /F1, G1, Sk		9	61	Apr-07	18.03 3.722.3
			1	21	Oct-07	57.14 3.162.8
	<i>Fundulus itzae</i> /G1		12	13	Jul-07	76.92 3.92
			13	22	Jul-07	100 26.6816.6
<b>Family Dactylogyridae Bychowsky, 1933</b>						
† <i>Dactylogyrus anchomus</i> (Dujardin, 1845)	<i>Cyprinus carpio</i> /G1		12	8	Jul-07	50 1

continued next page.

TABLE 2. (continued)

Parasite	Fish Host / infection site (s)	Locality	N	Date	P (%)	MI
CNHE 7057, 7058		11	6	Jul-07	83.33	30.6
<i>Dactylogyrus dentatus</i> (Müller & Van Cleave, 1932)	<i>Cyprinus carpio</i> /Gi	12	8	Jul-07	12.5	1
Family Gyrodactylidae Cobbold, 1894						
<i>Gyrodactylus</i> sp. Von Nordmann, 1832	<i>Psectia reticulata</i> /Fi	1	21	Oct-07	14.28	2.331.4
Adult Cestoda						
Family Bothriocephalidae Blanchard, 1849						
<i>Bothriocephalus arthrogaster</i> Yamaguti, 1934 CNHE 7061	<i>Gambusia affinis</i> /In	2	30	Apr-07	23.33	1.280.4
Metacestodes						
Family Cryptotrypanidae (Spassky & Spasskaya, 1973)						
Cryptotrypanidae gen. sp.	<i>Psectia reticulata</i> /Bd	5	98	Apr-07	1.72	1
		6	30	Apr-07	13.33	1.750.8
	<i>Xiphophorus helleri</i> /Bd	9	30	Apr-07	3.33	3
<i>Paradiplois</i> sp.	<i>Cyprinus carpio</i> /Ma	12	8	Jul-07	25	1.50.7
CNHE 7073		11	6	Jul-07	50	3.331.8
<i>Kaligona</i> sp.	<i>Psectia reticulata</i> /Bd	9	61	Apr-07	22.95	1.710.9
CNHE 7062, 7055, 7056	<i>Electris picta</i> /Li	1	18	Feb-07	11.1	1
	<i>Dormitator latirostris</i> /Li	1	30	Feb-07	3.3	1
	<i>Fundulus lima</i> /Ma, Li	12	13	Jul-07	23.07	2.330.5
Larval Nematodes						
Family Anisakidae Railliet & Henry, 1912						
<i>Contracaecum</i> sp.	<i>Fundulus lima</i> /Bc, Mu.	13	22	Jul-07	9.09	1.50.6
<i>Paracaecum</i> sp.	<i>Fundulus lima</i> /In	12	13	Jul-07	7.69	1
Family Gnathostomatidae Railliet, 1895						
<i>Spironyx</i> sp.	<i>Electris picta</i> /In	1	18	Dec-06	5.5	2
	<i>Cyprinus carpio</i> /Ma, In	12	8	Jul-07	50	6.255.6
		11	6	Jul-07	16.66	1
	<i>Fundulus lima</i> /Ma, In	12	13	Jul-07	30.76	1
		13	22	Jul-07	27.27	1.160.3
Adult Acanthocephala						
Family Neoschinorhynchidae Ward, 1953						
<i>Neoschinorhynchus cf. goiwan</i> Salgado-Maldonado, 1978	<i>Electris picta</i> /In	1	18	Dec-06	5.5	1
	<i>Dormitator latirostris</i> /In, St	1	30	Feb-07	66.6	10.722.8
Family Pomphorhynchidae Yamaguti, 1939						
<i>Pomphorhynchus</i> sp.	<i>Electris picta</i> /In	4	7	Jul-07	14.28	1

## Discussion

Nine of the 25 freshwater fish species recorded in Baja California Sur were examined as part of this study, including the only two endemic species remaining in the region. Twenty-three of the 24 recorded helminth species have been recorded elsewhere in Mexico (Salgado-Maldonado 2006), although all 24 are new records for Baja California Sur. No endemic helminth species were identified. Two species referred to here as

*Ascocotyle* sp. and Gryporhynchidae gen. sp. could not be definitively identified due to collection of an insufficient number of specimens and their bad state of preservation. These species may both actually be species already included in the inventory, meaning the number of species reported here is overestimated.

Very few adult helminth species were observed in the present sample. Four of the 8 recorded adult helminth species are introduced anthropogenically: 3 monogeneans and the Asian cestode *Bothriocephalus acheilognathi*. The remaining two monogeneans, *Salsugitrus* sp. and *Gyrodactylus* sp., are parasites in poeciliids. Distribution of direct life cycle parasites is determined by dispersion and vicariance events effecting host distribution (Bentz *et al.* 2006). A detailed taxonomic treatment of these two monogeneans is needed to state if they are new or known species. The adult acanthocephalan *Neoecthinorhynchus* cf. *golvani* is a new species distributed with Eleotrids in coastal lagoons along Mexico's Pacific coast, from Oaxaca state in the south to Jalisco state in the north (unpublished data), and the Baja California peninsula. The eighth recorded adult helminth, the acanthocephalan *Pamphorhynchus* sp., is a marine species.

The low diversity of adult helminth species in the freshwater fish of Baja California Sur is not surprising. Freshwater bodies in the region are isolated and largely seasonal, and therefore their ichthyofauna mostly consists of poeciliid fish, which tolerate salinity and can distribute themselves along coastal routes. Poeciliids are viviparous, meaning that a minimal number of individuals can start a new population when colonizing a body of water. This situation suggests that the differentiation of helminth species in the Baja California peninsula may be difficult. Helminth species are probably lost during the migration process due to changes in salinity. In addition, helminths with complex life cycles need to find appropriate intermediary hosts at a new site to establish themselves. Finally, the seasonality of the peninsula's bodies of freshwater would make establishment of helminth species more challenging.

The parasite communities of freshwater fish in Baja California Sur contain mostly larval forms of helminths transported by birds. The presence of fish populations in shallow waters along the migration routes of Nearctic bird species leads to infection with larval forms of widely distributed generalist parasite species. Introduction of mosquito fish, tilapia and carp to the oases has caused introduction of four adult helminth species: *Dactylogyrus anchoratus* and *D. extensus* (first records for Mexico); *Cotildogyrus sclerosus*, and the Asian cestode *B. acheilognathi*. Another introduced species is *Centrocestus formosanus* as metacercariae, which disperse together with their intermediary host the snail *Melanoides tuberculata* (see Scholz & Salgado-Maldonado 2001). Overall, 21% of the helminth species recorded in freshwater fish from Baja California Sur are introduced.

The helminth fauna parasitizing the endemic fish species *Fundulus itna* is similar to that of the poeciliids, particularly *Poecilia reticulata*. These species were the most parasitized of those studied and both are widely distributed in the oases of Baja California. The absence of endemic helminths and the taxonomic composition of the parasite community of *Fundulus itna* support that the parasite communities of freshwater fish in Baja California Sur are structured through opportunist colonization by larval forms of Nearctic generalist helminths transported by birds. Overall this survey shows that the helminth fauna of freshwater fish of Baja California is not exclusive to the region. Most of the sampled oases contained parasitized fish. Given that poeciliids are widely distributed on the peninsula, this fish family's helminth parasites are the most common in the region.

#### Acknowledgments

This investigation is part of the Ph D thesis work by OM who acknowledges to the Posgrado en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Autónoma de México, as well as a scholarship no. 202555 by CONACyT. The research was supported by projects UNAM - PAPIIME no. PE209106 and UNAM - PAPIIT IN229807 to GSM. We thank Dr. Gorgonio Ruiz Campos for valuable help during fish collections, thanks are also due to Carlos Mendoza for help with identification of monogeneans. Thanks are due to Felipe Villegas Márquez for preparing the illustration.



## References

- Arriaga, L. & Rodríguez-Estralla, R. (Eds). (1997) *Los castos de la península de Baja California*. Sociedad de Investigadores del Mar de Cortés y Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, La Paz, Baja California Sur, México. 137 pp.
- Bentz, S., Stappah-Kang, N. D., Lee-Hong, S. L., Boris, L., Combes, C. & Verneau, O. (2006) Historical biogeography of amphibian parasites, genus *Polystoma* (Monogenea: Polystomatidae). *Journal of Biogeography*, 33, 742–749.
- Bush, A. O., Lafferty, K. D., Lotz, J.M. & Shostak, A. W. (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis *et al.* revisited. *Journal of Parasitology*, 83, 575–583.
- Ergens, R. (1969) The suitability of ammonium picrate-glycerin in preparing slides of lower Monogeneoidea. *Folia Parasitologica*, 16, 320.
- Rutz-Campos, G., Castro-Aguirre, J. L., Contreras-Balderas, S., Lozano-Vilano, M. L., González-Acosta, A. F. & Sánchez-González, S. (2002) An annotated distributional checklist of the freshwater fish from Baja California Sur, Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12, 142–155.
- Salgado-Maldonado, G. (2006) Checklist of helminth parasites of freshwater fishes of Mexico. *Zootaxa*, 1324, 1–357.
- Scholz, T. & Salgado-Maldonado, G. (2000) The introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: a review. *American Midland Naturalist*, 143, 185–200.
- Valles-Ricos, M.E. & Rutz-Campos, G. (1997) Prevalencia e intensidad de helmintos parásitos del tracto digestivo de la trucha arcoiris *Oncorhynchus mykiss nelsoni* (Pisces: Salmonidae), de Baja California, México. *Revista Biología Tropical*, 44, 579–584.
- Valles-Ricos, M.E., Rutz-Campos, G. & Galaviz-Silva, L. (2000) Prevalencia e intensidad parasitaria en *Mugil cephalus* (Pisces: Mugilidae), del Río Colorado, Baja California, México. *Revista Biología Tropical*, 48, 495–501.
- Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Scholz, T., González-Solis, D. & Mendoza-Franco, E.F. (2001) *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academia, Praha 165 pp.