

00387



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS
BIOLOGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGIA

HELMINTOS PARASITOS DE *Girardinichthys multiradiatus*
(PISCES: GOODEIDAE) EN LA SUBCUENCA ALTA DEL LERMA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

DOCTORA EN CIENCIAS

PRESENTA

PETRA SANCHEZ NAVA

DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO SALGADO MALDONADO

MEXICO, D. F.

NOVIEMBRE, 2004.



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS COORDINACIÓN

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Director General de Administración Escolar, UNAM
Presente

Por medio de la presente me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 23 de agosto del 2004, se acordó poner a su consideración el siguiente jurado para el examen de DOCTORA EN CIENCIAS de la alumna PETRA SÁNCHEZ NAVA con número de cuenta 500083749, con la tesis titulada: "HELMINTOS PARÁSITOS DE GIRARDINICHTHYS MULTIRADIATUS (PISCES: GOODEIDAE) EN LA SUBCUENCA ALTA DEL LERMA", bajo la dirección del Dr. Guillermo Salgado Maldonado .

Presidente:	Dra. Tila María Pérez Ortiz
Vocal:	Dr. Raúl Pineda López
Vocal:	Dr. Edmundo Díaz Pardo
Vocal:	Dr. Luis Zambrano González
Secretario:	Dr. Guillermo Salgado Maldonado
Suplente:	Dr. Fernando Álvarez Noguera
Suplente:	Dr. Constantino de Jesús Macías García

Sin otro particular, quedo de usted.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 21 de octubre del 2004.

Dr. Juan José Morrone Lupi
Coordinador del Programa

c.c.p. Expediente del interesado

Para el desarrollo de este trabajo gocé del beneficio de una beca-crédito (158186) durante cuatro años (2000-2 a 2004-2), otorgada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACY**), y una beca complementaria que la Dirección General de Estudios de Posgrado (**DGEP**) me otorgó durante cuatro años para mis estudios de doctorado.

De la misma forma conté con apoyo económico de las dos instituciones para realizar estancias y tomar cursos nacionales e internacionales:

- a) Estancia en la Reserva de Konnevesi, Universidad de Jyväskylä Finlandia en agosto- septiembre 2001.
- b) Visita y consulta a la colección de parásitos del Museo de Historia Natural de Londres, Inglaterra, en Septiembre del 2001.
- c) Asistencia y participación al XVII Congreso Nacional de Zoología, en Puebla de los Ángeles, Puebla. Octubre 2003.
- d) Asistencia al curso-taller teórico práctico Ciclo de vida de trematodos parásitos de vertebrados. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Morelos. Mayo del 2004.

AGRADECIMIENTOS

DIRECTOR DE TESIS

A Memo por darme la oportunidad de integrarme a su equipo de investigación y de esta manera motivarme para seguirme preparando día a día. Por la paciencia, enseñanza, sugerencias, consejos, apoyo y amistad con los cuales logramos cumplir nuestros objetivos.

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL

A la Dra. Tila Ma. Pérez Ortiz, Dr. Constantino Macias García y Memo Salgado Maldonado, integrantes de mi comité tutorial quienes semestre a semestre me guiaron acertadamente, gracias por sus consejos, amistad, comentarios y excelente dirección.

JURADO DE EXAMEN DE CANDIDATURA

Al Dr. Fernando Álvarez-Noguera, Dr. Edmundo Díaz Pardo, Dr. Luis Zambrano González, Dr. Julio Lemos Espinal y Dra. Tila Ma. Pérez Ortiz, miembros del jurado de examen de candidatura, por su apoyo, sugerencias y tiempo dedicado al mismo.

JURADO DE EXAMEN DE GRADO

A la Dra. Tila Ma. Pérez Ortiz, Dr. Guillermo Salgado-Maldonado, Dr. Raúl Pineda López, Dr. Edmundo Díaz-Pardo, Dr. Luis Zambrano González, Dr. Fernando Álvarez Noguera y Dr. Constantino Macias-García, por sus acertadas correcciones y valiosos comentarios los cuales permitieron mejorar la presentación final del documento de tesis.

LABORATORIOS

Al M. en C. Eduardo Soto Galera jefe del laboratorio de Limnología e ictiología de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional, por su invaluable ayuda en las salidas de campo.

A mis compañeros del laboratorio de Helminología, Rafa, Memo, Balbina, Nadihelli, Rogelio, Anita, Andres, Miriam, Mirza, Carlos y Lupita por su amistad y compañerismo. En especial a Guille amiga y compañera, por tu invaluable ayuda en el

trabajo de campo y laboratorio, pero sobre todo por ser mi amiga y darme ánimo en los momentos difíciles de mi vida.

BIBLIOTECAS

Al personal que labora en la bibliotecas del Instituto de Biología (Gina, Andrés Miguel, Miguel y a la Sra. Alicia), Instituto de ecología, Instituto de Ciencias de la tierra por su gran ayuda en el préstamo de bibliografía, copias, credenciales, etc.

OTRAS INSTANCIAS

A Cesar, Lucy, Felipe y Celina, por su invaluable ayuda en programas de computo, copias, material de papelería , elaboración de mapas y diapositivas, etc., muchas gracias.

FAMILIARES Y AMIGOS

A mis padres quienes han sido siempre un gran apoyo en mi vida, por su cariño, comprensión, consejos y el ánimo que siempre me han dado para salir adelante.

A mis hermanos, Domí, Mary, Abel, Lolis, Isai y Susi, por su gran cariño, por apoyarme siempre incondicionalmente y por todos los momentos que hemos compartido juntos, los quiero mucho.

A Juan, gracias por tu comprensión, paciencia, cariño, ternura y amor que me has brindado siempre y por darme la oportunidad de ser madre, quiero decirte que soy muy feliz a tu lado, te amo.

A mi princesita Alai quien es mi razón de ser, eres mi niña hermosa, inteligente, cariñosa, traviesa, gracias por estar conmigo y compartir momentos inolvidables.

A la familia Sánchez-Tapia, por su hospitalidad, durante mis estudios del posgrado, quiero decirles que nunca podré pagar el apoyo, cariño, amistad que ustedes me brindaron.

Al Sr. Lucio Sánchez por su amable colaboración y gran ayuda en la recolecta de los peces mensuales.

Y a todas aquellas personas que de una u otra manera, intervinieron en la realización de este trabajo....MIL .GRACIAS.

RESUMEN

Esta investigación tuvo como objetivo principal establecer un inventario completo de los helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el área total de su distribución geográfica actual en el alto Lerma; reconocer y examinar los factores bióticos y abióticos que contribuyen a explicar la abundancia y diversidad de parásitos, y la composición de las comunidades de helmintos.

El proyecto se desarrolló mediante el muestreo de hospederos *Girardinichthys multiradiatus*, en 20 localidades de la Subcuenca Alta del Río Lerma México en que se reconocieron poblaciones establecidas, susceptibles de muestrearse. Estos muestreos constituyen el registro total de la distribución geográfica actual del pez. Los exámenes helmintológicos practicados incluyeron el reconocimiento externo e interno de todos y cada uno de los órganos y tejidos de cada pez. En total se examinaron 754 hospederos entre junio de 1999 y noviembre 2001.

El registro helmintológico de este pez incluye 13 especies de parásitos, cinco de éstas constituyeron nuevos registros. Las especies recolectadas incluyeron un tremátodo adulto (especialista de Goodeinae), tres metacercarias, un monogéneo (especie introducida), un céstodo adulto (introducido), tres metacéstodos, tres larvas de nemátodos y un cistacanto. Los datos demuestran una comunidad helmintológica pobre y poco diversa en comparación a la de otros peces dulceacuícolas estudiados en México. Esta comunidad se ve sujeta a la invasión por especies generalistas, principalmente transportadas por aves. El tercer componente de la comunidad lo constituyen las especies de helmintos introducidas.

El estudio de la composición de la comunidad de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* en esas 20 localidades demostró que la comunidad componente así como las infracomunidades son pobres, que hay una especie dominante en la mayoría de las localidades (*Tylodelphys* sp), sin importar el tipo de localidad: embalse, bordo, lago o arroyo. Estas metacercarias también dominan a casi todas las infracomunidades en la mayoría de las localidades. La mayoría de las especies registradas son alogénicas. Una

de las especies autógenas es el céstodo introducido *Bothriocephalus acheilognathi* (que tiene una presencia muy visible en los bordos). La única especie especialista es *Margotrema bravoae*, cuya distribución es puntual. Las especies raras son eventuales, al parecer asociadas con la presencia de otras especies de peces en el Lerma.

Se exploró el intercambio de parásitos de *G. multiradiatus* con las especies de peces que cohabitan en una misma localidad, valorando empíricamente la influencia de este intercambio en la composición de las comunidades de helmintos. Se estudió la variación en la composición taxonómica de la comunidad de helmintos en dos localidades durante 12 meses continuos. Se demuestra que la comunidad es persistente durante periodos cortos de tiempo y predecible, en el sentido de que la especie dominante está presente en todos los meses en ambas localidades. La variabilidad observada se atribuye a factores locales, como la presencia/ausencia de hospederos intermediarios y a la dinámica de la transmisión.

El estudio de la variación de los parámetros de infección de ocho especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en dos cuerpos de agua del Alto Lerma demostró la infección persistente a lo largo del año de la especies dominantes, manifestando que la transmisión se da continuamente. Sin embargo, los valores bajos de prevalencia e intensidad de las poblaciones de helmintos sugieren poca efectividad en esta transmisión. Los datos demuestran también la independencia de las variaciones en las poblaciones entre los dos cuerpos de agua estudiados, lo que sugiere que los factores locales son muy importantes para el desarrollo de las parasitosis de *Girardinichthys multiradiatus* en la región.

La conclusión principal de este estudio es que las comunidades de parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* se constituyen con especies generalistas, y en este sentido, son un reflejo de los parásitos disponibles en la región. La mayoría de las especies presentes son autógenas, el tremátodo *Margotrema bravoae* es la única especie especialista; las especies raras son eventuales y al parecer la comunidad tiene cierto grado de predictibilidad y consistencia.

ABSTRACT

The objective of present research is to provide basis survey information on the helminth parasites on the *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma river subbasin, covering the entire geographical range of this species, and examine the principal biotic and abiotic factors that contribute to the abundance and diversity of parasites.

Samples of *Girardinichthys multiradiatus* were collected from 20 sites in the upper Lerma river sub-basin, Mexico. The samples were taken at every sites where an established fish population existed, this samples represent the totality of the current geographical distribution of this specie. A complete examination of each specimen for helminth parasites was conducted, including the external surface and internal organs and tissues. A total of 754 fishes to examined between june 1999 and november 2001.

The checklist helminth parasites in this fish including 13 species; five of this species constituent new records. The species collected included; one adult trematode, (specialist of the Goodeinae), three metacercariae one monogenean one adult cestode, three metacestodes three larvas and one cystacanth.

The data generated in this study indicate a poor helminth community when compared with other helminth communities of freshwaters fishes from other parts of Mexico. This community is subject to colonization or invasion by generalist helminth species mostly transported by birds. The third component of this communities are the antropogenically introduced species.

Data of community composition of other sympatric species of fishes were analysed to explore the influence of these species on the helminth community composition of *Girardinichthys multiradiatus*. In this section it is shown that being most of the species generalist, they are widely interchanged between fish species inhabiting the same locality. Only a single helminth species, *Margotrema bravoae* specific of Goodeids, is not comparted between *G. multiradiatus* and sympatric fish species.

We also examined the variation of the taxonomic composition of the community of helminths in two localities during 12 continuous months. The data showed the consistence and permanence of the assemblages in space and time.

The variation of the infection parameters of eight helminth parasite species of *G. multiradiatus* in two bodies of waters from highland Lerma subasin was also analysed. Data shown a continuous transmission during all months. The main conclusion of this study indicate that parasite communities of the *G. multiradiatus* include mainly generalist species as a reflection of the available parasites in the region. The community of helminthes is both consistent in space and permanent in time.

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

Comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas
La familia Goodeidae, origen, evolución, distribución y helmintofauna
Girardinichthys multiradiatus
Objetivos

1

MATERIALES Y MÉTODOS

8

BIBLIOGRAFÍA GENERAL

11

RESULTADOS

Capítulo I. **Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River subbasin, México**

24

Capítulo II. **Relación de la helmintofauna de *Girardinichthys multiradiatus* con los parásitos de las especies simpátricas de peces de la Subcuenca Alta del Lerma, México.**

33

Capítulo III. **Comunidades de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus***

47

Capítulo IV. **Variación de la prevalencia y abundancia de los helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* y su relación con la talla y sexo del hospedero**

96

DISCUSIÓN GENERAL

133

INTRODUCCIÓN

En esta investigación se estudiaron los helmintos parásitos del pez dulceacuícola *Girardinichthys multiradiatus* (Goodeidae) en la Subcuenca del alto Lerma con un enfoque ecológico. Se aporta un inventario de especies de parásitos de este pez, se describe la composición de las comunidades, se explora la variación espacio-temporal en composición y la variación de los parámetros de infección de las especies de helmintos y se analizan los efectos de éstos parásitos sobre sus hospederos. De esta forma, este proyecto de investigación aporta datos importantes, ya que las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas de las regiones templadas han sido muy poco estudiadas.

Esta investigación se desarrolló para explorar la hipótesis de que las comunidades de parásitos de los peces dulceacuícolas de regiones neárticas de México son sustancialmente distintas de los ambientes Neotropicales, en cuanto a su composición, riqueza y diversidad. Esto sugiere que los procesos que operan en estas regiones biogeográficas del país son distintas. Los datos generales en esta investigación respecto de los helmintos de *G. multiradiatus* conforman una base sólida útil para explorar de esta hipótesis.

Comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas

Las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en ambientes templados se consideran pobres y poco diversas en comparación con las de peces marinos; son aislacionistas, no interactivas y con arreglos estocásticos (Kennedy, 1990). Los factores históricos y zoogeográficos, como la introducción de especies, disturbios naturales, factores ambientales y antropogénicos, determinan la estructura de la comunidad compuesta, es decir la fauna helmintológica total de los hospederos que existen en un área geográfica determinada. En el nivel regional y local los factores como hábitos alimentarios, comportamiento del hospedero, la interacción con otras especies y la especificidad hospedatoria, estructuran a cada comunidad componente (los parásitos de una sola especie de hospedero) (Aho y Bush, 1993; Kennedy, 1995). Aún no se tiene

la certeza de que estas generalizaciones derivadas de datos generados en latitudes templadas del norte, puedan aplicarse también a peces de latitudes tropicales.

La idea de que la riqueza y diversidad de especies es mayor hacia los trópicos se asocia con muchos grupos de organismos de vida libre; también se ha documentado en comunidades de monogéneos parásitos de peces marinos. Es probable entonces que las características de las comunidades de helmintos de peces de México difieran de las estudiadas hasta ahora en localidades templadas del norte principalmente, en Canadá, Estados Unidos de Norteamérica y Europa.

En ambientes tropicales, las comunidades de helmintos parásitos de peces de agua dulce incluyen en su composición como grupo más abundante por el número de especies a los tremátodos (digéneos) la mayor parte en estadio larvario; los nemátodos son también un grupo abundante. Los grupos menos representados son los monogéneos (sin embargo, las técnicas de muestreo para este grupo no ha sido aplicadas correctamente); los céstodos cuya presencia es importante sobre todo en el Altiplano Mexicano son menos abundantes, como los acantocéfalos que son el grupo menos frecuente en peces neotropicales de México. Las especies de helmintos registradas son especies de amplia distribución (cosmopolitas o neárticas). Se han registrado especies de helmintos específicas para las familias de peces de México y también algunas especies introducidas (Salgado-Maldonado et al. 1997, 2001a, b; 2003; 2004a, b). La fauna parasitológica de una localidad se ve fuertemente influenciada por su composición ictiológica, ya que las familias de peces poseen parásitos específicos a ellas (Chubb, 1970; Wooten, 1973; Salgado-Maldonado et al. 2004a, b; Pineda-López et al. 2003). En tanto que los helmintos de los peces dominantes del área se distribuirán ampliamente entre los peces de cada localidad (Salgado-Maldonado et al. 2004a).

En el Altiplano Mexicano las comunidades de helmintos parásitos de peces son pobres y con baja diversidad (Pérez-Ponce, 2000; Salgado-Maldonado et al. 2001a) en comparación a comunidades de parásitos estudiadas en ambientes del sureste de México (Vidal-Martínez y Kennedy, 2000; Salgado-Maldonado et al. 1997; Sánchez-Ramírez et al. 2002; Vidal-Martínez y Poulin, 2003). Esto sugiere que distintos factores deben operar como condicionantes de la riqueza en las áreas neotropicales y neárticas del país.

Las comunidades de helmintos de peces dulceacuícolas de México estudiadas hasta ahora resultan fuertemente dominadas por una especie y por tanto son poco diversas (Salgado-Maldonado y Kennedy, 1997; Pérez-Ponce de León, et al. 2000; Salgado-Maldonado et al. 2004a, b. Vidal-Martínez y Kennedy, 2000; Martínez-Aquino et al. 2004). Al parecer son factores importantes para la determinación de este patrón la disponibilidad de especies de helmintos en la localidad, la presencia de aves y la naturaleza alogénica/autogénica, especialista/generalista de las especies.

En este contexto, la fauna helmintológica que parasita al goodeido endémico del Altiplano Mexicano *Girardinichthys multiradiatus* ofrece un excelente modelo de estudio de las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas de esta área. Estudiar esta fauna permitirá comparar su composición helmintológica con la de peces neotropicales de México; examinar la procedencia de las especies que las constituyen y abordar aspectos zoogeográficos. Así mismo, permitirá explorar aspectos sobre la riqueza de las comunidades de peces en el Altiplano Mexicano, su dinámica espacio-temporal y otros aspectos ecológicos aún no estudiados.

Familia Goodeidae: origen, evolución y helmintofauna

La familia Goodeidae (*sensu* Parenti, 1981), está integrada por dos subfamilias Empethryinae y Goodeinae. Los Goodeinae incluyen 17 géneros y 36 especies vivíparas que se restringen al Altiplano Mexicano (Barragán y Magallón, 1994; Webb, 1998), su origen y distribución están estrechamente relacionadas con la historia geológica del Altiplano Mexicano (Bean, 1989; Meek 1902, 1904; Hubbs y Turner, 1939; De Buen, 1941; Turner, 1946; Alvarez y Cortes, 1962; Kingston, 1978; Radda, 1984; Lyons et al. 1995; Webb y Miller 1998). Los Goodeinae habitan los cauces de los ríos Lerma y Santiago, las cuencas cerradas de los lagos de Pátzcuaro, Zirahuen y Cuitzeo. Un número menor de especies habitan el río Pánuco, dos el sistema hidráulico del Balsas y otra más la cuenca de México (De Buen, 1946; Miller y Fitzsimons, 1971; Álvarez, 1972; Díaz-Pardo et al. 1987).

Parece bastante probable que los Goodeinae se hayan originado de los ciprinodontidos, con los que guardan relaciones muy peculiares. Los ciprinodontidos son característicos de esteros, de las ciénegas costeras y en numerosas localidades han

quedado aislados en manantiales o pequeñas acumulaciones de agua, como reliquias de faunas preexistentes (Miller y Fitzimons, 1971; Miller y Smith, 1986). No existe una teoría totalmente aceptada sobre el origen de los Goodeinae. Una de las hipótesis más factibles es la expresada por Álvarez del Villar (1972, 1978) quien propone que a fines del Mesozoico o principios del Terciario la región donde actualmente se encuentra la cuenca de México estuvo bañada por aguas del Atlántico. Es lógico suponer que con la elevación continental se hayan generado lagunas habitadas como muchas otras del Golfo de México, por ciprinodontidos y aterinidos entre otros peces. Al continuar la elevación y posiblemente como consecuencia del vulcanismo, lo que ahora es la cuenca de México quedó aislada del mar, conservando una fauna peculiar. Con el paso del tiempo esas aguas perdieron salinidad, conservándose en ellas sólo aquellos peces que pudieron soportar la transformación ecológica, es decir algún goodeido ancestral como producto evolutivo de los ciprinodontidos, y los aterinidos representados por *Chirostoma*.

Existen evidencias geológicas de que la cuenca de México estuvo ocupada por una laguna de aguas templadas o frías, que en algún momento del Plioceno o Pleistoceno rompió sus barreras y descargó sus aguas hacia el occidente; contribuyendo así a la dispersión de los primitivos goodeidos, que al invadir nuevos hábitats se diversificaron (Soto-Galera et al. 1990; De Cserna y Álvarez, 1995).

Así también, el hecho de que encontremos a la subfamilia goodeinae distribuida a lo largo del Lerma, en Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén, hace pensar que alguna vez éstos lagos estuvieron comunicados o unidos; esto se manifiesta en el descenso gradual en el número de las especies a medida que desciende o se llega al nivel del mar. En la parte alta de la cuenca del Lerma existen nueve o 10 especies, en Cuitzeo seis, en Pátzcuaro cinco, en Zirahuén cuatro y Chapala con una. Además existen relaciones ictiofaunísticas entre el río Lerma y Cuitzeo, así como entre Pátzcuaro y Zirahuén (Salazar, 1981).

El 75% de las 36 especies de Goodeinae habitan las cuencas del Lerma Santiago, Balsas y Pánuco, reportadas como las más contaminadas del país (Vázquez Gutiérrez, 1993), y en donde ocurren además descensos progresivos del nivel freático por la gran cantidad de pozos perforados, la desviación de los mantos acuíferos y otros factores que han contribuido a la desaparición de la mayoría de los cuerpos de agua y a la disminución progresiva de la fauna ictiológica. En la actualidad, algunas especies son

muy escasas y su distribución restringida, otras están en vías de extinción (ocho especies) y otras ya se han extinguido de la naturaleza (Álvarez del Villar y Navarro, 1957; Castro-Aguirre y Balart, 1993; Díaz-Pardo et al. 1993; Webb, 1998; De la Vega-Salazar, 2003).

Las especies de esta subfamilia, tienen un marcado dimorfismo sexual, el desarrollo desde la fertilización hasta el nacimiento ocurre en la luz del ovario y los juveniles emergen como formas libres nadadoras (Díaz-Pardo et al. 1998). Los machos son más pequeños que las hembras; son más coloridos y son más depredados (Macías-García et al. 1994).

En la Tabla 1 (ver pág. 19) se enlistan las especies de Goodeinae que han sido objeto de examen helmintológico, hasta la fecha se han registrado un total de 31 especies de helmintos: Nueve de éstas especies son metacercarias y cuatro son tremátodos adultos; cinco especies son larvas y seis son nemátodos adultos; los céstodos están representados por 2 adultos y 4 metacéstodos, en tanto que los acantocéfalos y los monogéneos son los grupos menos numerosos.

Las especies de Goodeinae presentan entre 2 a 13 especies de helmintos que las parasitan. Las especies más parasitadas son *Allophorus robustus* y *Goodea atripinnis* ambas con 13 especies de helmintos, en tanto que nueve especies de helmintos parasitan a *Girardinichthys multiradiatus*. De las especies de helmintos referidas como parásitos de Goodeinae, 19 son autogénicas y 14 alogénicas. Estas últimas transportadas y dispersadas por aves. Distinguimos 25 especies generalistas, en tanto que cuatro especies son especialistas de la subfamilia (Tabla 1 (pág. 19).

***Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904)**

Comúnmente se le conoce como “barrigon”, “doradilla o “pez amarillo” (Macías-García, 1991, 1994; Macías-García et al.1994), habita en las partes altas de la cuenca del río Lerma; también existe una población en las Lagunas de Zempoala y en las partes altas del Balsas (Webb, 1998). La especie habita en jagüeyes, bordos, zanjas, presas, lagos, canales de riego, arroyos y depósitos o corrientes naturales aun muy pequeñas (Romero, 1965). Vive en aguas claras y transparentes, pero también soporta vivir en

aguas muy turbias; con temperaturas que oscilan entre 13-28 °C y pH entre 6.3-9.4. Díaz-Pardo et al (1993) señalan que es una especie representativa del Alto Lerma. Es una especie tolerante a la degradación ambiental (De la Vega-Salazar, 2003). No obstante su distribución geográfica ha disminuido como resultado de la reducción de hábitats y la contaminación del agua (Díaz-Pardo et al. 1987, 1993).

Diversas investigaciones sobre peces de la familia Goodeidae se ocupan de aspectos morfológicos, conductuales, genéticos, ecológicos, filogenéticos y sobre el estado de conservación de las poblaciones. Sin embargo, los trabajos sobre *Girardinichthys multiradiatus* en particular son escasos y aún falta por conocer muchos aspectos de su biología, en especial de sus aspectos parasitológicos. Se cuenta con los registros de nueve especies de helmintos que parasitan a *G. multiradiatus* en poblaciones naturales (Tabla 1 (pág. 20) (Lamothe-Argumedo, 1970; Lamothe-Argumedo y Cruz-Reyes, 1972; García-Prieto et al. 1987; León-Regagnon, 1992; Astudillo-Ramos y Soto-Galera, 1997; Salgado-Maldonado et al. 2001b; 2004a; Sholz y Salgado-Maldonado, 2001; Pineda-López et al. 2003).

En este contexto, es oportuno estudiar la fauna helmintológica que afecta de manera natural a *G. multiradiatus*. Desde un enfoque amplio, el reconocimiento de los parásitos de este hospedero permite abordar un modelo de trabajo con grandes ventajas y que plantea interesantes cuestiones como las siguientes: ¿cuáles son las características de esta fauna parasitológica?, ¿cómo se componen las comunidades de helmintos de los peces que han evolucionado en el Altiplano Mexicano?, ¿cómo se relacionan las comunidades de helmintos parásitos de *G. multiradiatus* con las comunidades de helmintos de otras especies de peces con los que habitan en simpatria?, estas comunidades de parásitos ¿son persistentes en el tiempo y consistentes en el espacio?, ¿cómo varían espacio-temporalmente?, ¿qué características ambientales han influido en la evolución de las comunidades de estos parásitos?, ¿influyen a su vez estos parásitos en la dinámica poblacional de los hospederos?

Si bien la distribución natural de *G. multiradiatus* es restringida y el impacto ambiental humano en la cuenca del Alto Lerma directamente la afecta; sus poblaciones aún son estables, y su resistencia permite contar con núcleos poblacionales nutridos, en los que puede muestrearse. Este pez ofrece entonces excelentes posibilidades para

estudiar su helmintofauna y establecer un inventario completo de los helmintos que lo afectan, considerando todas las áreas de su distribución geográfica dentro del alto Lerma.

OBJETIVO GENERAL

Estudiar los helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en el área total de su distribución geográfica en el alto Lerma.

OBJETIVOS PARTICULARES

1. Establecer el registro helmintológico de *G. multiradiatus*.
2. Valorar el intercambio de especies de helmintos entre *G. multiradiatus* y las especies de peces con los que viven en simpatría.
3. Estudiar la variación de la composición taxonómica local de las comunidades de helmintos parásitos de *G. multiradiatus*.
4. Estudiar la variación en la composición de las comunidades de helmintos de *G. multiradiatus* durante un ciclo anual, en dos localidades representativas de su distribución actual: el Lago Chignahuapan y embalse San Juanico, Estado de México.
5. Estudiar la variación de los parámetros de infección (prevalencia, intensidad promedio y abundancia) y su relación con la talla y el sexo del hospedero.

MATERIALES Y MÉTODOS

En esta sección describiré de manera general el área de estudio y los métodos seguidos en todo el proyecto. Cada capítulo de los resultados incluye un apartado que detalla los materiales y métodos empleados específicamente en esa sección.

Área de estudio: el sistema hídrico Lerma-Santiago

El sistema Lerma-Santiago comprende dos grandes cuencas la del Lerma-Chapala y la del Santiago. A su vez, el Lerma-Chapala puede subdividirse en varias subcuencas (SRH, 1968, 1978; Barbour, 1973). La división aceptada es la que propone la SRH en 1968 donde se consideran cinco subcuencas: 1) alto Lerma, 2) medio Lerma (incluye la cuenca endorréica del río grande de Morelia y el lago de Cuitzeo, 3) el río Turbio-Silao-Guanajuato, 4) el río de la Laja y 5) bajo Lerma. Éstas subcuencas presentan diferencias en características hidrográficas. El alto y bajo Lerma funcionan como entidades individuales desde el punto de vista ictiogeográfico. Los datos y el análisis de Díaz-Pardo et al. (1993), muestran afinidades ictiológicas fuertes entre las subcuencas medio Lerma, río La Laja y río Turbio-Silao-Guanajuato, por lo que estos autores propusieron la subdivisión únicamente en tres subcuencas: alto, medio y bajo Lerma.

La subcuenca alto Lerma va desde el nacimiento del río Lerma en el Estado de México hasta la presa Solís en Guanajuato. Queda comprendida entre las coordenadas 19° 00' y los 99° 00'- 100° 30'. Tiene una superficie aproximada de 8,483 km², que representa el 16.15% del total de la cuenca Lerma-Chapala y el 6.9% del sistema río Lerma-Santiago. La altitud varía desde los 3000 msnm hasta los 1858 m.

En la subcuenca alto Lerma, habitaban un total de 16 especies de peces de 4 familias: Cyprinidae, Atherinidae, Goodeidae y Poeciliidae (Tabla 2 (Pág. 21)). De éstas, 14 especies son nativas y representan el 28.57% del total de peces en la cuenca; cifra que es elevada si tomamos en cuenta que el alto Lerma representa el 16.15% de la superficie total de la cuenca Lerma-Chapala. Las dos especies restantes *Carassius auratus* y *Cyprinus carpio* son introducidas (Romero-Rodríguez, 1965; Díaz-Pardo et al. 1987; Miller y Smith, 1986; Espinosa et al. 1998) (Tabla 2).

En la subcuenca alto Lerma se presenta un clima templado subhúmedo con tendencias al frío $C(W_2)(w)$, con temperaturas máximas de 17°C y mínimas de -10°C y una precipitación anual de 600-1000 mm, las lluvias se presentan desde mediados de mayo hasta finales de septiembre. Las heladas se presentan desde mediados de octubre hasta parte de marzo (Gobierno del Estado de México, 1994) (Fig. 1 (pág. 22)).

Muestreos de peces

Entre junio de 1999 y diciembre del 2001, se localizaron cada una de las poblaciones existentes de *G. multiradiatus* (en el capítulo 1 se presenta un mapa con la localización de estos sitios de colecta) y se realizaron recolectas de individuos para su examen parasitológico. Junto con las recolectas de *G. multiradiatus*, también se recolectaron otras especies de peces que existían en los cuerpos de agua.

Se seleccionaron dos localidades con mayor disponibilidad para el muestreo, el Lago Chicahuapan y el embalse San Juanico, ambas en el Estado de México. En éstas se realizaron muestreos mensuales de peces durante 12 meses continuos, de enero a diciembre del 2001. En cada muestreo se intentó obtener 60 individuos (30 hembras y 30 machos), aunque no siempre fue posible.

Examen de hospederos y fijación de helmintos

El examen helmintológico consistió en la revisión externa e interna, de la superficie corporal del pez y de todos los órganos excepto huesos y sangre bajo microscopio estereoscópico. Todos y cada uno de los helmintos encontrados fueron contados *in situ* y fijados con las técnicas de uso común en helmintología apropiadas para cada grupo. Algunos monogéneos y metacéstodos, se fijaron por aplanamiento, usando picrato-amonio para resaltar las estructuras esclerotizadas (ganchos).

Análisis de datos

Los parámetros de prevalencia, intensidad promedio y abundancia promedio se calcularon de acuerdo con Margolis et al (1982). El estudio de comunidades se realizó en 2 niveles: comunidad componente (que es el conjunto de helmintos parásitos en todos los hospederos de la misma especie) e infracomunidad, que incluye a cada una de las

comunidades de helmintos en hospederos individuales (Bush et al. 1986; Holmes et al. 1986).

Para establecer la bondad del muestreo y precisar su cobertura en cuanto al número de especies de helmintos recolectadas en cada localidad y fecha se construyeron curvas de acumulación de especies, y para determinar la tendencia asintótica en la acumulación de especies, estas curvas se ajustaron al modelo de Clench, (1979). Para estimar el número de especies faltantes por muestrear en la comunidad, se calculó el estimador de riqueza Bootstrap (SB) (Poulin, 1998).

Las especies de helmintos encontradas se dividieron en dominantes, comunes y raras aplicando el método de asociación no paramétrica de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1981). Así mismo, se clasificaron como alogénicas y autógenicas. Las especies alogénicas son aquellas que emplean peces u otros vertebrados acuáticos como hospederos intermediarios y maduran sexualmente en aves (hospederos definitivos). Las especies autógenicas llevan a cabo todo su ciclo de vida dentro de sistemas acuáticos (Esch et al. 1988).

La denominación de una especie de helminto como generalista o especialista se siguió tomando los criterios de Kennedy et al. (1994). Las especies especialistas son aquellos parásitos que restringen su distribución, desarrollo y/o reproducción a una única especie, género o familia de hospederos, mientras que una especie generalista regularmente se encuentra y desarrolla en diferentes familias de hospederos, aún cuando puedan mostrar preferencia por una familia en particular.

Para comparar la diversidad observada con otros estudios ya publicados se utilizó el índice de diversidad Brillouin (H) (Magurran, 1988; Krebs, 1989) que es adecuado porque los datos provienen de una comunidad completamente censada (Pielou, 1975). Así mismo, se compararon las comunidades de helmintos de cada localidad entre sí con métodos cualitativos empleando el coeficiente de Jaccard (Krebs, 1989).

La variabilidad en riqueza y diversidad de las comunidades de helmintos entre localidades y meses se analizaron utilizando pruebas estadísticas no paramétricas U de Mann Whitney y Kruskal Wallis (Sokal y Rolf, 1981).

BIBLIOGRAFÍA

- Aho, J. M., y A. O. Bush. 1993. Community richness in parasites of some freshwater fishes from North America. *In* Species diversity in ecological communities. R. E. Ricklefs y D. Schluter (eds.). University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 185-193.
- Álvarez del Villar, J. 1972. Ictiología Michoacana V. Origen y distribución de la ictiofauna dulceacuícola de Michoacán. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional* 19: 155-161.
- Álvarez del Villar, J., y M. T. Cortés. 1962. Ictiología Michoacana I.- Claves y catálogos de las especies conocidas. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológica México* XI: 79-142.
- Álvarez del Villar, J. y G. L. Navarro. 1957. Los Peces del Valle de México. Secretaría de Marina. Comisión para el fomento de la Piscicultura Rural. 62pp.
- Astudillo-Ramos, L. y E. Soto Galera 1997. Estudio Helmintológico de *Chirostoma humboldtianum* y *Girardinichthys multiradiatus* capturados en el Lerma. *Zoología Informa* 35: 53-59.
- Barragán, J., y Magallon-Barajas S. 1994. Peces dulceacuícolas Mexicanos X. *Goodea atripinnis* (Cyprinodontiformes:Goodeidae). *Zoología Informa* 28: 27-36.
- Barbour, C. D. 1973. A Biogeographical History of *Chirostoma* (Pisces: Atherinidae): A species Flock the Mexican Plateau. *Copeia* 3: 533-556.
- Bean, B. A. 1899. Notes on a collection of fishes from Mexico, with description of a new species of *Platypoecilus*. *Proceedings. U. S. National. Museum.* XXI (159): 539-542.
- Bush, A. O., y J. C. Holmes. 1986. Intestinal helminths of lesser scaup ducks: patterns of association. *Canadian Journal Zoology* 64: 132-141.

- Castro-Aguirre, J. L. y E. F. Balart. 1993. La ictiofauna en México pasado, presente y futuro. *Revista de la Sociedad Mexicana* 39: 103-127.
- Chubb, J. C. 1970. The parasite fauna of British freshwaters fish. *In* Aspects of fishes Parasitology Taylor, A. E. R. (eds.). Oxford Blackwell Scientific Publications. 119-144.
- Clench, H. 1979. How to make regional list of butterflies: Some thoughts. *Journal Lepidoterists Society* 33: 216-231.
- De Cserna, Z., y R. Álvarez. 1995. Quaternary Drainage development in Central Mexico y the Threat of an Environmental disaster: A geological appraisal. *Environmental & Engineering Geoscience* 1(1): 29-34.
- De Buen, F. 1941. Un nuevo género de la familia Goodeidae perteneciente a la fauna ictiológica Mexicana. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas México* 2: 133-140.
- De Buen, F. 1946. Ictiogeografía continental mexicana. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* VII: 87-138.
- De la Vega-Salazar, M. 2003. Factores Limnológicos y ecológicos asociados a la extinción de las especies de peces *Skiffia francesae* y *Zoogoneticus tequila*. Tesis de Doctorado. Instituto de Ecología UNAM.
- Díaz-Pardo, E. y Chávez-Toledo C. 1987. Resultados del estado ictiológico de la Cuenca Lerma Chapala, México. *Proceedings of the desert fishes. Council XVI-XVIII*: 126-140.
- Díaz-Pardo, E., M.a. Gódinez-Rodríguez., E. López-López y E. Soto-Galera. 1993. Ecología de los peces de la Cuenca del Río Lerma, México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 39: 103-127.
- Díaz-Pardo, E., M. A. Godínez-Rodríguez y C. Guerra-Magaña. 1989. Los peces de agua dulce en México. *Zologia Informa* 14: 33-45.

- Esch, G. W., C. R. Kennedy, A. O. Bush, y J. M. Aho. 1988. Patterns in helminth communities in freshwater fish: Alternative strategies for colonizations. *Parasitology* 96: 519-532.
- Espinosa -Pérez, H. M. T. Gáspar-Dillanes y V. Arenas. 1998. Notas acerca de la ictiofauna mexicana in: Ramamorthy T.P. , Bye R., Lot, A. y Fa, J. (eds). *Diversidad biológica de México*. 1998. 792 pp.
- García-Prieto, L., H. Mejía - Madrid y G. Pérez. 1988. Hallazgo de la larva plerocercarioide de *Ligula intestinalis*. (Cestoda) en algunos peces dulceacuícolas de México. *Anales del Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 58(2): 887-888.
- Gobierno del Estado de México. 1993. Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del Río Lerma. Tomo I. 414 pp.
- Holmes, J. C., y P. W. Price. 1986. Communities of parasite. *In: Parasite communities: patterns y processes*. (Eds. Yerson, D. J. y Kikawa). Blackwell Scientific Publications. Oxford. 187-213 pp.
- Hubbs, C. L., y C. L. Turner. 1939. Studies of the fishes of the order Cyprinodontes. XVI. A revision of the Goodeidae. *Miscellaneous Publications of the Museum of Zoology, University of Michigan* 42: 80.
- Huidobro-Campos, L. 2000. Peces. In: De la Lanza-Espino G. S. Hernández-Pulido y J. L. Carbajal-Pérez (com). *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores)*. SEMARNAP, CNA, Instituto de Biología y P y V 633 pp.
- Kennedy, C. R. 1990. Helminth communities in Freshwater fishes: Structured communities or stochastic assemblages? *In Parasites communities: Patterns y processes*, G. W. Esch, A. O. Bush, y J. M. Aho (eds). Chapman y Hall, London, U. K., 131-156.

- Kennedy, C. R., y O. Bush. 1994. The relations between pattern and scale in parasite communities: A stranger in a strangery. *Parasitology* 109: 175-185.
- Kennedy, C. R. 1995. Richness y diversity of macroparasites communities in tropical eels *Anguila reinhardtii* in Queensly, Australia. *Parasitology* 107: 71-78.
- Kingston, D. Y. 1978. *Skiffia francesae*, a new species of goodeid fish from Western Mexico. *Copeia* 3: 503-508.
- Krebs, C. J. 1989. Ecological methodology. Harper Collins Publishers, New York, New York, 654 p.
- Lamothe-Argumedo, R. 1970. Trematodos de peces VI. *Margotrema bravoae* Gen. Nov. Sp. Nov. (Trematoda: Allocridiidae), parásito de *Lermichthys multiradiatus* Meek. *Anales Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. Serie Zoología* 41(1): 87-92.
- Lamothe-Argumedo, R. y A. Cruz-Reyes. 1972. Hallazgo de *Ligula intestinalis* (Goeze, 1772) Gmelin. 1790, en *Lermichthys multiradiatus* Meek. (Pisces: Goodeidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 33: 99-106 pp.
- León- Regagnón, V. 1992. Fauna helmintológica de algunos vertebrados acuáticos de la ciénaga de Lerma, México. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 63: 151-153.
- Lyons, J., S. Navarro-Pérez, P. A. Cochran, E. Santana C y M. Guzmán – Arroyo. 1995. Index of biotic integrity based on fish assemblages for the conservation of streams y rivers in west-central Mexico. *Conservation Biology* 9: 569-584.
- Macias-García, C. 1991. Sexual behaviour y trade-offs in the viviparous fish *Girardinichthys multiradiatus* Ph. D. thesis, University of East Anglia, U.K.

- Macias-García, C. 1994. Social behaviour y operational sex rations in the viviparous fish *Girardinichthys multiradiatus*. *Copeia* 1994: 919-925.
- Macias-García, C., G. Jiménez y B. Contreras. 1994. Correlational evidence of sexually-selected hycap. *Behavioural Ecology y Sociobiology* 35: 253-259.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity y its measurement. Croom Helm, London, London. 179 p.
- Margolis, L.G., G.W. Esch., J. C. Holmes, A. M. Kuris y G.A. Shad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an ad Hoc Comunitte American Society of parasitologists). *Journal of Parasitology* 68(1): 131-133.
- Martínez-Aquino, A. G. Salgado-Maldonado, R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza, y M. P. Ortega-Olivarez. 2004. Helminth paarsites of *Chapalichthys encaustus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology* 90: 889-890.
- Meek, S. E. 1902. A contribution to the ichthyology of Mexico. Field Columbian Museum, Publication 65 Zoological Series, 3: 63-128.
- Meek, S. E. 1904. The fresh water fishes of Mexico north of the Isthmus of Tehuantepec. Field Columbian Museum, Publication Zoological Series, V.
- Miller, R. R. y Fitzsimons, J. M. 1971. *Ameca splendens*, a new genus y Species of Goodeid fish from Western México, with Remarks on the Classification of the Goodeidae. *Copeia* (1): 1-13.
- Miller, R. R. y M. L. Smith. 1986. Origin y geography of the fishes of central Mexico. In: Hocutt, C. H. y E. O. Wiley (eds). *The Zoogeography of Nort American Freshwater Fishes*. A Wiley-interscience publication John Wiley y sons. 866 pp.

- Parenti, L. 1981. A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes (Teleostei, Atherinomorpha). *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 168: 1-557.
- Pérez Ponce de León, G, L. García-Prieto, V. León-Regagnón y A. Choudhury. 2000. Helminth communities of native and introduced in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology* 57: 3003-325.
- Pineda-López R, Salgado-Maldonado G, Soto-Galera E, Hernández-Camacho N, Orozco-Zamorano A, Contreras-Robledo S, Cabañas-Carranza G, Aguilar-Aguilar R (2003) Helminth parasites of viviparous fishes in Mexico. In Grier H, Uribe MC (Eds) II International Symposium of Livebearing Fishes. *Memories, Mexico*.
- Pielou, E. C., John Wiley y Sons. 1975. *Ecological diversity*, New York, N.Y., 165 pp.
- Poulin, R. 1998. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology* 84: 485-490.
- Radda, A. C. 1984. *Synopsis der Goodeiden Mexikos. Killifische aus aller welt*. Verlag Otto Hofmann. Vienna, Austria.
- Romero, R. H. 1965. Catálogo Sistemático de los peces del Alto Lerma con descripción de una nueva especie. *Anales Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 14 (1-4): 47-77.
- Salgado-Maldonado, G. 1979. *Procedimientos y técnicas generales empleados en los estudios helmintológicos*. Departamento de pesca. México D. F. 53 pp.
- Salgado-Maldonado, G., S. Guillen-Hernández y D. Osorio-Sarabia. 1986. Presencia de *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934 (Cestoda: Bothriocephalidae) en peces de Pátzcuaro Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología . Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología* 57(1): 213- 218.

- Salgado-Maldonado, G., y C. R. Kennedy. 1997. Richness y similarity of helminth communities in the tropical ciclid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology* 114: 581-590.
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, G. Caspeta-Mandujano, E. Soto-Galera, E. Mayén-Peña, D. Brailovsky, y R. Báez-Valé. 2001a. Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas river drainage basin of southwestwern 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 y R. Aguilar-Aguilar. 2001b. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River Basin, Mexico. *Comparative Parasitology* 68: 204-218.
- Salgado-Maldonado, G y R. Pineda-López. 2003. The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguty, 1934 in Mexican freshwaters fishes. *Biological Invasions* 5: 261-268.
- Salgado-Maldonado, G., N. Mercado-Silva, G. Cabañas-Carranza, J. M. Caspeta-Myujano, R. Aguilar-Aguilar, y L. I. Iñiguez-Dávalos. 2004a. A Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila River, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, West Central México. *Comparative Parasitology* 71: 67-72..
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, R. Pineda-López, J. M. Caspeta-Mandujano, E. Aguilar-Castellanos, y N. Mercado-Silva. 2004b. Helminths parasites of freshwater fishes of Pánuco river basin, east-central Mexico. *Comparative parasitology* 71: 203-207.
- Sánchez-Ramírez, C., y V. M. Vidal-Martínez. 2002. Metazoan parasite infracommunities of Florida Pompano (*Trachinotus carolinus*) from the coast of the Yucatán peninsula, Mexico. *Journal of Parasitology* 88:1087-1094.

- Scholz, T., G. Salgado-Maldonado. 2001. Metacestodes of the family Dilepididae (Cestoda: Cyclophyllidae) parasitising fishes in Mexico. *Syst Parasitol* 49: 23-40.
- Secretaría de Recursos hidráulicos (S. R. H.). 1968. Información regional. Plan Lerma. Asistencia Técnica. Guadalajara, Jalisco., México. 91 pp.
- Secretaría de Recursos Hidráulicos (S. R. H.). 1974. Resumen de las condiciones actuales de la cuenca del Río Lerma. S. R. H. Subsecretaría de Construcción. Dirección General de Irrigación y Control de Ríos. pp 1-54.
- Sokal, R. R., y F. J. Rohlf. 1981. Biometry. The principles y practice of statistics in biological research. W. H. Freeman y Co. San Francisco, U.S.A. 859 pp.
- Soto-Galera, E., J. Poulo-Maya, E. López-López, j. a. Serna-Hernández, y J. Lyon et al 1999. Changes of fish fauna as indicator of aquatic ecosystem condition in Rio Grye Morelia-Lago de Cuitzeo basin, México. *Environ. Management*. 24: 133-140.
- Turner, C. L. 1946. A contribution to the taxonomy y zoogeography of the goodeid fishes. *Occasional Ppers of the Museum of Zoology, University of Michigan*. 495. 15pp.
- Vasquez-Gutierrez, F. 1993. Desarrollo industrial de las cuencas en México. Curso de Limnología Aplicada. Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. 34-39.
- Vidal-Martínez, V. M., y C. R. Kennedy. 2000. Potential interactions between the intestinal helminths of the ciclid *Cichlasoma synspilum* from southeastern Mexico. *Journal of Parasitology* 86: 691-685.
- Vidal-Martínez, V. M., y R. Poulin, 2003. Spatial y temporal repeatability in parasite community structure of tropical fish hosts. *Parasitology* 127: 387-398.

Webb, SA. 1998. Aphlogenetic analysis of the Goodeidae (Teleostei: Cyprinodontiformes). PhD Thesis, University of Michigan, Ann Arbor, Mich.

Webb, S. A., y R. R. Miller, 1998. *Zoogoneticus tequila* a new Goodeid fish (Cyprinodontiformes) from the Ameca Drainage of Mexico, y rediagnosis of the Genus. Occasional Papers of the Museum of Zoology, University of Michigan. 725: 1-23.

Tabla 1.- Helmintofauna de las especies de peces de la subfamilia Goodeinae que han sido estudiados hasta el 2004

Especie hospedero	Especie de helminto				Referencias
	Trematoda	Monogenea	Cestoda	Nematoda	
<i>Allodontichthys zoonistius</i>	<p><i>Ascoctyle tenuicollis</i> <i>Clinostomum complanatum</i> <i>Saccocoeloides sogandaresi</i> <i>Margotrema bravoae</i> <i>Posthodiplostomum minimum</i></p>			Acanthocephala	Lamothe-Argumedo et al. 1996 Saigado-Maldonado et al. 2004
<i>Alloophorus robustus</i>	<p><i>Clinostomum complanatum</i> <i>Posthodiplostomum minimum</i> <i>Margotrema bravoae</i> <i>Margotrema guillerminae</i></p>		<p><i>Bothriocephalus acheilognathi</i> <i>Proteocephalus</i> sp. <i>Proteocephalidae</i></p>	<p><i>Arhythmorhynchus brevis</i> <i>Polymorphus brevis</i> <i>Rhabdochona lichtenfelsi</i> <i>Spiroxys</i> sp.</p>	Saigado-Maldonado et al. 2001 Pérez, 2001
<i>Allotoca diazi</i>	<p><i>Clinostomum complanatum</i> <i>Posthodiplostomum minimum</i> <i>Ochetosoma</i> sp. <i>Margotrema bravoae</i></p>		<p><i>Bothriocephalus acheilognathi</i> <i>Proteocephalis</i> sp.</p>	<p><i>Rhabdochona milleri</i> <i>Spiroxys</i> sp.</p>	Gúzman-Cornejo y García-Prieto 1999 Lamothe-Argumedo et al. 1996
<i>Chapalichthys encaustus</i>	<p><i>Posthodiplostomum minimum</i></p>	<i>Salsuginus</i> sp.	<i>Cycluster</i> cf <i>ralli</i>	<i>Polymorphus brevis</i>	Martínez-Aquino et al. 2004
<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	<p><i>Margotrema bravoae</i> <i>Posthodiplostomum minimum</i> <i>Proterodiplostomum</i> <i>Diplostomum</i></p>	<i>Gyrodactylus</i> cf <i>elegans</i>	<p><i>Bothriocephalus acheilognathi</i> <i>Ligula intestinalis</i> <i>Cycluster</i> cf <i>ralli</i> <i>Valipora campylancistrota</i></p>		Lamothe-Argumedo, 1970 Léon-Regagñon 1992 Astudillo-Ramos y Solo-Galera, 1997 Saigado-Maldonado et al. 2001
<i>Goodea atripinnis</i>	<p><i>Clinostomum complanatum</i> <i>Posthodiplostomum minimum</i> <i>Proterodiplostomum</i> <i>Diplostomum</i> <i>Centrocestus formosanus</i></p>		<p><i>Ligula intestinalis</i> <i>Proteocephalus pusillus</i> <i>Proteocephalus</i> sp.</p>	<p><i>Capillaria patzcuarensis</i> <i>Eustrongylides</i> sp. <i>Rhabdochona milleri</i> <i>Spiroxys</i> sp.</p>	Gúzman-Cornejo y García-Prieto 1999 Saigado-Maldonado y Osorio-Sanabria, 1987 Saigado-Maldonado et al. 2001
<i>Ilyodon furcoides</i>	<p><i>Dendrorchis</i> sp. <i>Posthodiplostomum minimum</i> <i>Clinostomum complanatum</i> <i>Saccocoeloides sogandaresi</i> <i>Centrocestus formosanus</i> <i>Magnivitelinum simplex</i></p>		<i>Metacestodo</i> gen. sp.	<p><i>Rhabdochona lichtenfelsi</i> <i>Capillaria cyprinodonticola</i></p>	Saigado-Maldonado et al. 2004
<i>Ilyodon whitei</i>	<p><i>Centrocestus formosanus</i></p>			<p><i>Rhabdochona ahuehuellensis</i> <i>Eustrongylides</i> <i>Procamlanus</i> sp.</p>	Mejía-Madrid y Pérez, 2003
<i>Xenotoca variata</i>	<p><i>Posthodiplostomum minimum</i></p>			<p><i>Pseudocapillaria tomentosa</i> <i>Capillariidae</i></p>	Saigado-Maldonado et al. 2001

Tabla 2.-Lista de especies de peces de la subcuenca Alta del río Lerma.

Familia	Especies	Estatus actual	Características	
CYPRINIDAE	<i>Algansea barbata</i>	rara	Tamaño: la mayoría de tamaño pequeño	
	<i>Algansea tincella</i>	rara	Nombre comun: Juiles, Sardinitas.	
	<i>Carassius auratus</i>	introducida	Hábitat: ríos, lagos, estanques con aguas turbias y de fondo fangoso	
	<i>Cyprinus carpio</i>	introducida	Alimento: omnívoros, con preferencia al fitoplancton.	
	<i>Notropis calientis</i>	Especial preocupación	Especies tolerantes a ambientes contaminados	
	<i>Notropis sallei</i>	Especial preocupación	Fuente: Diaz-Pardo et al. 1993; Huidobro-Campos, 2000.	
	<i>Yuriria alta</i>	rara	Fuente: Diaz-Pardo et al. 1987	
	Fuente: Diaz-Pardo et al. 1987			
	GOODEIDAE	<i>Allophorus robustus</i>	rara	Tamaño: peces de talla pequeña
		<i>Allotoca dugesi</i>	rara	nombre comun: "Doradilla, amarillos o pintitos"
<i>Goodea atripinnis</i>		tolerante a cambios ambientales	Hábitat: ríos, riachuelos, bordos, zanjas y canales	
<i>Girardinichthys multiradiatus</i>		tolerante a cambios ambientales	Alimento: zooplantófitos y/u omnívoros	
<i>Xenotoca variata</i>		tolerante a cambios ambientales	Especies sensibles a la contaminación.	
Fuente: Diaz-Pardo et al. 1987			Fuente: Diaz-Pardo et al. 1993; Huidobro-Campos, 2000.	
ATHERINIDAE	<i>Chirostoma humboldtianum</i>	distribución restringida	Tamaño: presentan cuerpo pequeño y alargado	
	<i>Chirostoma jordani</i>	distribución restringida	Nombre comun: "Charales y pescado blanco"	
	<i>Chirostoma riojati</i>	distribución restringida	Hábitat: canales de ríos, lagos de fondo fangoso	
	Fuente: Diaz-Pardo et al. 1987		Alimento: omnívoros, prefieren el zooplancton	
	Fuente: Diaz-Pardo et al. 1987		Especies de importancia económica y muy sensibles a alteraciones ambientales. Fuente: Diaz-Pardo et al. 1993; Huidobro-Campos, 2000.	
POECILIDAE	<i>Poeciliopsis infans</i>	tolerante a cambios ambientales	Tamaño: peces de talla pequeña	
	Fuente: Diaz-Pardo et al. 1987		Nombre comun: guatopotes o gupis Hábitat: aguas lénticas y lólicas Alimento: herbívoros y/u omnívoros Especies tolerantes a nitratos y fosfatos Fuente: Diaz-Pardo et al. 1993; Huidobro-Campos, 2000	

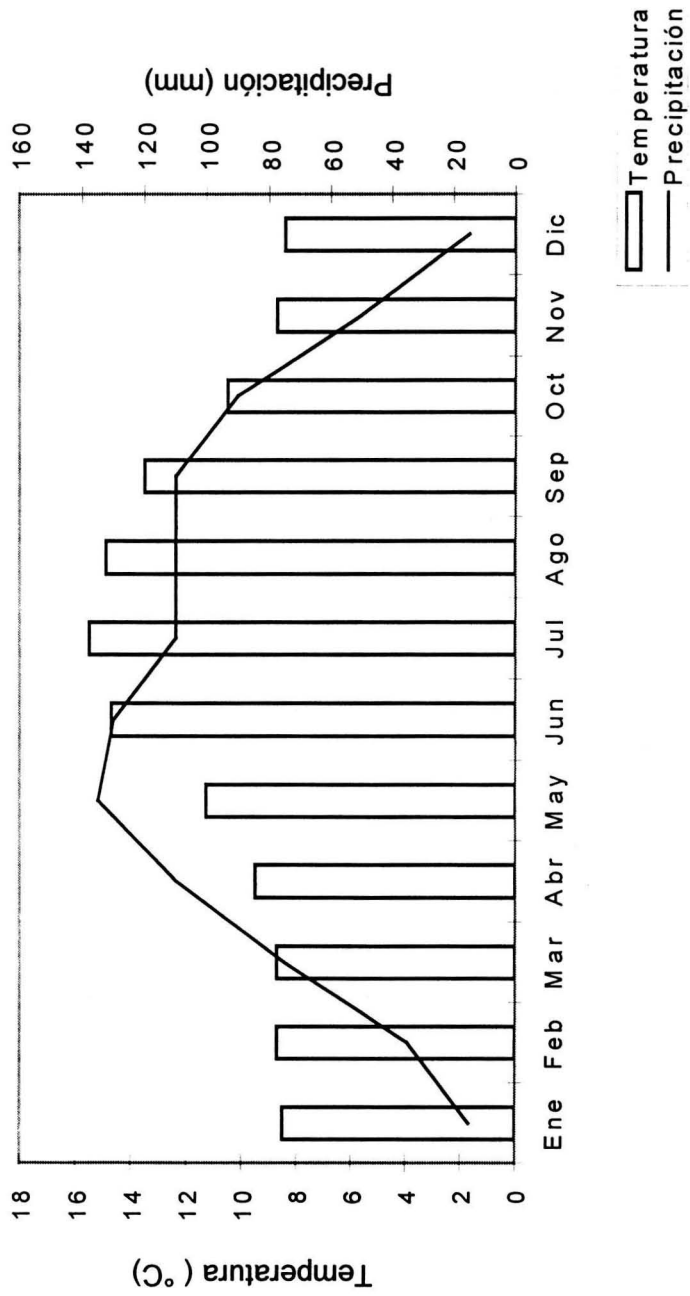


Figura 1.- Patrón climático de la Subcuenca Alta del río Lerma (promedio de nueve estaciones, 2000-2003).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos en esta investigación se presentan en los capítulos siguientes.

1.- Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River subbasin, Mexico. Parasitology Research 2004, 93: 396-402.

Petra Sánchez-Nava, Guillermo Salgado-Maldonado, Eduardo Soto-Galera and Blanca Jaimes Cruz.

En este capítulo se da a conocer el inventario helmintológico completo de *Girardinichthys multiradiatus* en su distribución geográfica actual (20 sitios de estudio).

2.- Relación de la helmintofauna *Girardinichthys multiradiatus* con los parásitos de las especies simpátricas de peces de la Subcuenca Alta del Lerma, México.

Se describe el efecto que tiene la helmintofauna de otras especies de peces que habitan los mismos cuerpos de agua, para con la composición y estructura de la comunidad de helmintos de *G. multiradiatus*.

3.- Comunidades de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus*

Se describe la composición taxonómica de la comunidad de helmintos en 20 localidades de estudio y se explora su variación en el espacio y en el tiempo

4.- Variación en la prevalencia y abundancia de las helmintiasis de *Girardinichthys multiradiatus* y su relación con la talla y sexo del hospedero.

En este artículo se analizan los datos de prevalencia, intensidad promedio y abundancia de los helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en dos localidades representativas de su distribución geográfica.

CAPÍTULO I

1.- Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River subbasin, Mexico. Parasitology Research 2004, 93: 396-402.

Petra Sánchez-Nava · Guillermo Salgado-Maldonado
Eduardo Soto-Galera · Blanca Jaimes Cruz

Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River sub-basin, Mexico

Received: 10 June 2003 / Accepted: 19 May 2004 / Published online: 18 June 2004
© Springer-Verlag 2004

Abstract Thirteen helminth species were recorded during a helminthological examination of 754 *Girardinichthys multiradiatus* (Meek) (Pisces: Goodeidae) collected from 20 localities in the upper Lerma River sub-basin on the highland plateau of Mexico. The study constitutes a complete and extensive inventory of the helminth parasites of this freshwater fish species across its entire current geographic distribution. The collected species included one adult trematode, three metacercariae, one monogenean, one adult cestode, three metacestodes, three nematode larvae and one cystacanth. The records of the metacercariae of *Tylodelphys* sp. and *Ochetosoma brevicaecum*, the larvae of the nematodes *Contracecum* sp. and *Falcaustra* sp. and the cystacanth of *Polymorphus brevis* are all new records for *G. multiradiatus*. The metacercariae of *Tylodelphys* sp. were the most widespread and prevalent species in the sample, being collected from 15 of the 20 sampling localities, with a prevalence of 3.2–72.2%. The data indicate the helminth parasite community of *G. multiradiatus* to be relatively poor when compared with the helminth communities of freshwater fish from other parts of Mexico. This community is subject to colonization by generalist helminth species, mostly transported by birds. A further component of this community consists of helminth species that have been introduced anthropogenically.

Introduction

Fishes of the family Goodeidae inhabit the shallow freshwater of the Mexican highland plateau (Goodeinae) and the western Great Basin of the United States (Empetrichthyinae; Webb 1998). It is thought this family of cyprinodontid, viviparous fish originated in the southern area of the Mexican highland plateau, the Mesa Central. Most species have a known distribution confined to the Mesa Central, with its center of abundance being the isolated basin of the Lerma River (Uyeno et al. 1983). The Goodeinae contain approximately 36 livebearing species in 17 genera, six of which are monotypic, distributed primarily across the Mesa Central, at elevations between 1000 m and 2300 m, although several species occupy Atlantic and Pacific systems which drain the margins of the southern highland plateau (Webb 1998).

The species *Girardinichthys multiradiatus* (Meek 1904) is a typical representative of the endemic Goodeid fish species of the upper Lerma River sub-basin (Díaz-Pardo et al. 1993). Occupying the far southeastern part of the Mesa Central, *G. multiradiatus* occurs in the headwaters of the Balsas and Lerma drainage areas and in the lake Laguna de Zempoala basin (Webb 1998). It is a key component in the aquatic food web and constitutes a major food item for many migratory bird species and other predators, like garter snakes. *G. multiradiatus* constitutes a good study system of the composition and structure of helminth parasite communities in these species. This species is highly resistant to pollution, widely distributed and is a typical species of highlands habitats. Its parasite fauna, however, is little studied, with a total of only nine helminth taxa reported from small numbers of *G. multiradiatus* examined (Lamothe-Argumedo 1970; Lamothe-Argumedo and Cruz-Reyes 1972; García-Prieto et al. 1987; León-Regagnon 1992; Astudillo-Ramos and Soto-Galera 1997; Salgado-Maldonado et al. 2001b, 2004a; Scholz and Salgado-Maldonado 2001; Pineda-López et al. 2004).

P. Sánchez-Nava · G. Salgado-Maldonado (✉)
Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México,
Apartado Postal 70-153, CP 04510 México D.F., México
E-mail: gsalgado@mail.ibiologia.unam.mx

E. Soto-Galera
Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico
Nacional, México D.F., México

B. J. Cruz
Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de
México, Toluca, Estado de México, México

The objective of the present report is to provide basic survey information on the helminth parasites of *G. multiradiatus* from freshwater localities in the upper Lerma River sub-basin, covering the entire geographical range of this species. Data generated in this study are useful in exploring hypotheses on the origin and evolution of helminth communities in the fish of the Mexican highland plateau and in freshwater fish in general.

Materials and methods

Between June 1999 and November 2001, a total of 754 *Girardinichthys multiradiatus* (12–58 mm), collected from 20 sites in the upper Lerma River sub-basin in the states of Mexico, Morelos and Michoacán (Table 1, Fig. 1), were examined for helminth parasites. Samples were taken at every site where an established *G. multiradiatus* population existed, such that the species was sampled throughout its entire current geographical range. Collection sites included three lakes, seven reservoirs, three small channels and seven man-made ponds (locally called bordos) used to store water during dry seasons, which represent the totality of the current geographical distribution of this fish species. Fish were collected using an electrofishing device and nets or traps on the bottoms of different bodies of water. The numbers of fish examined at each locality and collection data are given in Table 1.

Once collected, the fish specimens were stored live and immediately transported to the laboratory for examination within the next 12 h. A complete

examination of each specimen for helminth parasites was conducted. External surfaces, including scales, skin and fins, were examined for ectoparasites, using a stereomicroscope. Gills were recovered and the arches examined individually. The buccal cavity, opercula and eyes were examined separately. The external surfaces of the internal organs (heart, liver, spleen, gall bladder, digestive tract, gonads, swim bladder, kidney, entire body cavity, mesentery) were inspected for free or encapsulated parasites and then separated and examined individually. The intestine was opened longitudinally. The liver, spleen, kidney and heart were compressed between glass plates and examined for parasites. The body musculature was removed from the vertebral column, the skin removed from the fillets and the fillets compressed between glass plates and inspected for helminths, using a stereomicroscope. All collected helminths were sorted by taxon, cleaned and counted by organ.

Trematodes (adults, metacercariae), monogeneans, cestodes (adults, metacestodes) and nematodes were fixed in hot 4% formalin. Acanthocephalan cystacanths were placed in distilled water, refrigerated overnight (6–12 h) to evert the proboscis and then fixed in hot 4% formalin. Trematodes, monogeneans, cestodes and acanthocephalans were stained with Mayer's paracarmine or Ehrlich's haematoxylin, dehydrated using a graded alcohol series, cleared in methyl salicylate and mounted whole. To study sclerotized parts, several specimens of each species of monogenean were fixed following Malmberg's semi-permanent mount method (see Ergens 1969; Vidal-Martínez et al. 2001). Nema-

Table 1 Codes and features of the localities at which hosts were collected. Aproximate location of localities without coordinates are shown in Fig. 1. *B* Bordo or man-made pond, *C* channel or small stream, *D* dammed lake, *L* natural lake

Code	Locality name	Habitat type	Coordinates	Sample size (<i>n</i>)	Collection date
Estado de México					
Chic	Chichahuapan, Almoloya del Río	L	19°11'20"N, 99°29'30"W	92	December 1999
				52	January 2001
Almo	Almoloya, Almolya del Río	C	19°11'20"N, 99°29'30"W	20	September 2000
Lagu	La Lagunilla, Tianguistenco	B	19°05'42"N, 99°24'0"W	50	June 1999
Cimm	El CIMMYT, Metepec	B	19°13'55"N, 99°33'05"W	7	September 2000
Sala	Salazar, Ocoyoacac	L	19°18'34"N, 99°23'45"W	12	September 2000
Igna	Ignacio Ramirez, Almoloya de Juarez	D	19°26'54"N, 99°54'39"W	75	July 1999
Vict	Villa Victoria, Villa Victoria	D	19°27'30"N, 99°59'39"W	5	July 1999
Trin	Trinidad Fabela, Atlacomulco	D	19°49'27"N, 99°47'12"W	31	July 1999
Atla	Atlacomulco, Atlacomulco	B	19°47'61"N, 99°51'74"W	15	January 2001
Pedr	San Pedro del Rosal, Atlacomulco	B	Not located	25	January 2001
Tepe	Tepetitlan, San Felipe del Progreso	D	19°37'50"N, 99°58'27"W	1	June 1999
Juan	San Juanico, Acambay	D	19°55'30"N, 99°46'94"W	53	June 2000
				58	January 2001
				50	July 2001
Vent	Rancho La venta, Acambay	B	Not located	40	January 2001
Huap	Huapango, Timilpan	D	Not located	1	June 2000
Tiac	Santiago Tiacaque, Ixtlahuaca	D	19°40'22"N, 99°42'28"W	11	October 2000
Asan	Santiago Tiacaque, Ixtlahuaca	C	19°40'22"N, 99°42'28"W	49	October 2000
Sier	Parque Sierra Morelos, Toluca	B	19°18'31"N, 99°41'18"W	30	November 2001
Mina	Mina, Toluca	B	Not located	21	October 2000
Morelos State and Estado de México					
Zemp	Zempoala	L	19°03'00"N, 99°18'42"W	20	March 2001
Michoacán State					
Porv	Canal El Porvenir, Ciudad Hidalgo	C	19°40'29"N, 100°38'25"W	36	February 2001

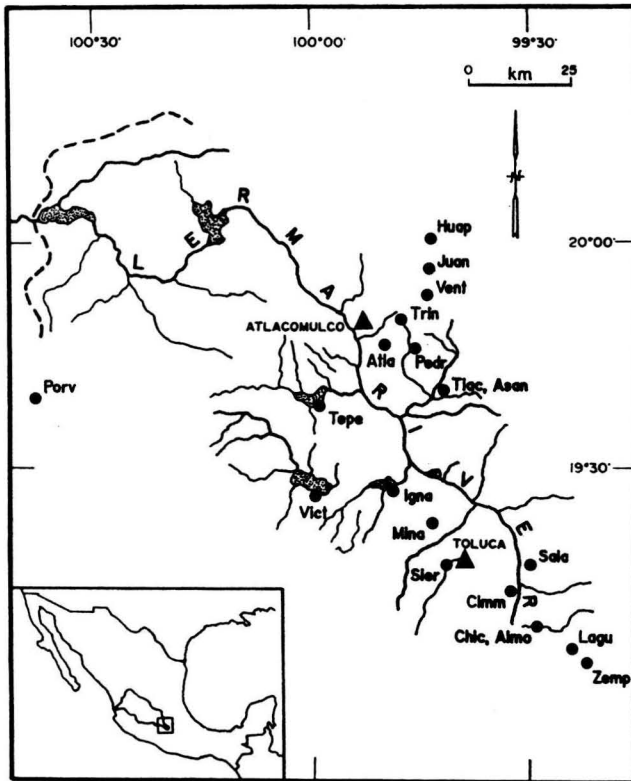


Fig. 1 Location of each locality at which hosts were collected

todes were cleared with glycerin for light microscopy and stored in 70% ethanol. Voucher specimens of all taxa have been deposited in the National Helminth Collection (Colección Nacional de Helmintos, Institute of Biology, National Autonomous University of Mexico, Mexico City).

The infection parameters utilized are those proposed by Bush et al. (1997), i.e. prevalence (% infected) and mean intensity of infection (number of parasites per infected fish).

Results

The parasites encountered, their collection locations, infection sites, prevalence and intensity of helminth species are summarized in Table 2.

A total of 13 helminth species were collected, including: one adult trematode, three metacercariae, one monogenean, one adult cestode, three metacestode, three nematode larvae and one cystacanth (Table 2). The records of the metacercariae of *Tylodelphys* sp. and *Ochetosoma brevicaecum*, the larvae of the nematodes *Contracaecum* sp. and *Falcaustra* sp. and the cystacanth of *Polymorphus brevis* are all new records for this host.

The most widely distributed and abundant helminth species recorded in this study was *Tylodelphys* sp. The metacercariae of this species were collected from 15 of the 20 sampling localities and its prevalence varied from 3.2% to 72.7% (Table 2). The metacestode of *Valipora*

campylancristota were the second most widely distributed, with specimens collected from 11 of the sampling localities. The adult cestode *Bothriocephalus acheilognathi* was third, with specimens collected from ten of the localities.

The number of helminth species collected at each locality varied between one and eight. The highest number of species was collected at Lago Chicahuapan, although the localities of San Juanico, Rancho La Venta and Parque Sierra Morelos were also rich in parasites.

Discussion

This study constitutes a complete and extensive inventory of the helminth parasites in a freshwater fish species across its entire current geographic distribution.

The data indicate a poor helminth community with few specialist species, plus a number of wide-distribution generalist species. A third component are two anthropogenically introduced species.

The only helminth species that has developed a close relationship with *Girardinichthys multiradiatus* is *Margotrema bravoae*, a trematode only found parasitizing Goodeidae, endemic to but infrequent in the study area (Lamothe-Argumedo 1970; Pérez 2001; Salgado-Maldonado et al. 2001b, 2004a; Pineda-López et al. 2004).

The metacercariae of *Tylodelphys* sp. is the most frequent species in this host throughout its geographic distribution range. Widely distributed Nearctic generalist species, such as *Posthodiplostomum minimum*, *Ligula intestinalis*, *Cyclusera ralli*, *Valipora campylancristota*, *Contracaecum* sp. and *Polymorphus brevis* enrich the community. The presence of all these species can be related to predation of the Goodeidae, small fish that live in shallow waters, by migratory birds from Nearctic climes (Salgado-Maldonado et al. 2001b).

The larvae of *Ochetosoma brevicaecum* and *Spiroxys* sp. are two helminth species that mature in reptiles. The larvae of *Spiroxys* sp. are found frequently in freshwater fish of Neotropical Mexico (Moravec 1998; Salgado-Maldonado et al. 2001a, 2001b, 2004, 2004a, 2004b), suggesting that reptiles prey extensively on fish. The presence of *O. brevicaecum* in *G. multiradiatus* is thus probably an accidental infection. This helminth is common in the Mexican Mesa Central. The most common intermediate hosts of the metacercariae are amphibians (García-Altamirano et al. 1993; unpublished data), although metacercariae have also been collected from fish (Peresbarbosa et al. 1994). Adult stages parasitize several species of snakes of the genus *Thamnophis* (Caballero y Caballero 1941; Bravo-Hollis 1943; Pérez et al. 2001).

Larvae of the nematode *Falcaustra* sp. are found infrequently. Very little is known about the transmission of this nematode, except that they are intestinal parasites of reptiles, frogs and freshwater fishes (Moravec 1998).

Table 2 Parasite–host list of helminths collected from *Girardinichthys multiridatus* in the upper Lerma River sub-basin of Central Mexico

Parasite	Infection site(s)	Locality	Number of hosts examined	Number of hosts parasitized	Prevalence (%)	Intensity		
						Mean ± SD	Range	
Adult Trematoda: Family Allocreadiidae Stossich, 1903 <i>Margotrema bravoae</i> Lamothe-Argumedo, 1970	Intestine	Vict	5	2	40.0	22.5 ± 6.4	1–27	
Porv		36	2	5.6	1	1		
Larval Trematoda: Family Diplostomidae Poirier, 1886 <i>Posthodiplostomum minimum</i> (MacCallum, 1921)	Mesentery, liver	Chic	52	1	1.9	8	8	
Juan		53	3	5.7	1.3 ± 0.6	1–2		
Juan		58	3	5.2	1	1		
Juan		50	1	2.0	1	1		
Porv		36	1	2.8	3	3		
Vent		40	1	2.5	1	1		
Sier		30	2	6.7	1	1		
Tiac		11	1	9.1	1	1		
Chic		92	42	45.7	6.2 ± 9.2	1–44		
Igna		75	11	28.8	4.6 ± 4.1	1–12		
Lagu	50	10	14.7	3 ± 2.4	1–10			
Vict	5	1	20.0	2.6 ± 3.1	1–11			
Trin	31	1	3.2	1	1			
Sala	12	8	66.7	4.2 ± 3.6	1–11			
Almo	20	14	70.0	5.1 ± 4.5	1–15			
Juan	53	37	69.8	4.5 ± 5.2	1–31			
58	2	3.4	4.0 ± 4.2	1–7				
Huap	1	1	100.0	4	4			
Asan	49	35	71.4	8.9 ± 16.0	1–62			
Tiac	11	8	72.7	6.0 ± 3.9	1–12			
Mina	21	4	19.0	1	1			
Vent	40	3	7.5	1	1			
Atla	15	1	6.7	2	2			
Zemp	20	8	40.0	4.4 ± 2.4	2–9			
Larval Trematoda: Family Plagiorchiidae Lühe, 1901 <i>Ochetosoma brevicacum</i> (Caballero y Caballero, 1941)	Mesentery	Asan	49	1	2.0	1	1	
Porv		36	1	2.8	1	1		
Pedr		25	1	4.0	2	2		
Juan		58	1	1.7	2	2		
Chic		52	4	7.7	1.3 ± 0.5	1–2		
92		3	3.3	1.3 ± 0.6	1–2			
Monogenea: Family Gyrodactylidae Cobbold, 1864 <i>Gyrodactylus elegans</i> Nordmann, 1832	Fins	Chic	92	28	30.4	1.7 ± 1.5	1–8	
52		4	7.7	1.3 ± 0.5	1–2			
Sala		12	2	16.7	1.5 ± 0.7	1–2		
Juan		53	9	16.7	1.2 ± 0.4	1–2		
58		20	34.5	2.6 ± 1.0	1–9			
50		1	2.0	1	1			
Cimm		7	1	14.3	1	1		
Asan		49	4	8.2	2.3 ± 2.5	1–6		
Pedr		25	6	24.0	2.3 ± 1.9	1–6		
Sier		30	3	10.0	1.7 ± 1.1	1–3		
Adult cestoda: Family Bothriocephalidea Blanchard, 1849 <i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	Intestine	Chic	92	2	2.2	1	1	
52		1	1.9	1	1			
Igna		75	2	2.7	1	1		
Lagu		50	13	26.0	2.5 ± 1.8	1–7		
Sala		12	1	8.3	1	1		
Juan		53	13	24.5	1.7 ± 1.6	1–6		
58		4	6.9	1	1			
50		4	8.0	1	1			
Cimm		7	3	42.9	1.7 ± 0.6	1–2		
Vent		40	5	12.5	1.2 ± 0.4	1–2		
Atla		15	2	13.3	1	1		
Pedr		25	1	4.0	1	1		
Sier		30	3	10.0	1	1		
Metacestodes: Family Diphylobothriidae Lühe, 1910 <i>Ligula intestinalis</i> (Gmelin, 1970)		Body cavity	Lagu	50	2	4.0	1.5 ± 0.7	2
Juan			53	1	1.9	1	1	
Igna	75		1	1.3	1	1		
Zemp	20		11	55.0	2.7 ± 1.7	1–6		

Table 2 (Contd.)

Parasite	Infection site(s)	Locality	Number of hosts examined	Number of hosts parasitized	Prevalence (%)	Intensity			
						Mean \pm SD	Range		
Metacestodes: Family Dilepididae Railliet and Henry, 1909									
<i>Cyclustera ralli</i> Underwood and Dronen, 1986	Mesentery	Chic	92	5	5.4	1	1		
			52	3	5.8	1	1		
		Porv	36	13	36.1	1.6 \pm 0.6	1-3		
			Vent	40	2	5.0	3.0 \pm 2.8	1-5	
		Sier	30	1	3.3	2	2		
		Juan	50	6	28.0	2.8 \pm 1.7	1-5		
			Mina	21	1	4.8	1	1	
		<i>Valipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	Gall bladder	Chic	92	3	3.1	1.7 \pm 0.6	1-2
					52	1	1.9	1	1
				Igna	75	7	9.3	1.9 \pm 1.0	1-3
				Lagu	50	1	1.0	1	1
				Trin	31	1	3.2	1	1
				Juan	53	11	20.8	1.8 \pm 1.0	1-4
					58	7	12.1	1.1 \pm 0.4	1-2
				50	3	6.0	1.7 \pm 0.6	1-2	
				Almo	20	1	5.0	1	1
				Asan	49	3	6.1	1	1-5
				Tiac	11	1	9.1	1	1
				Mina	21	2	9.5	1.5 \pm 0.7	1-2
Vent	40			5	12.5	1	1		
Sier	30	1	3.3	2	2				
Larval nematodes: Family Anisakidae Railliet and Henry, 1912									
<i>Contraecaecum</i> sp.	Mesentery	Vict	5	1	20.0	1	1		
			Igna	75	1	1.3	1	1	
		Chic	52	1	1.9	1	1		
			Vent	40	2	5.0	2.5 \pm 2.1	1-4	
		Juan	58	1	1.7	2	2		
			50	2	4.0	1	1		
		Pedr	25	2	8.0	1	1		
		Sier	30	3	10.0	1	1		
		Almo	20	1	5.0	1	1		
		Larval nematodes: Family Kathlaniidae Lane, 1914							
		<i>Falcaustra</i> sp.	Mesentery, intestine	Lagu	50	6	12.0	10.0 \pm 13.8	1-36
				Tepe	1	1	100.0	4	4
Larval nematodes: Family Gnathostomidae Railliet, 1895									
<i>Spiroxys</i> sp.	Mesentery	Porv	36	1	2.8	1	1		
Acanthocephala larvae: Family Polymorphidae Meyer, 1931									
<i>Polymorphus brevis</i> (Van Cleave, 1916)	Mesentery	Sala	12	1	8.3	1	1		
		Tiac	11	2	18.2	1	1		

The recorded helminth parasites also include two anthropogenically introduced species, *Bothriocephalus acheilognathi* and *Gyrodactylus elegans*. The Asian fish tapeworm, *B. acheilognathi* is widely dispersed among the freshwater fish of Mexico, being recorded to date in 49 fish species from 26 genera, seven families and five orders (see Salgado-Maldonado and Pineda-López 2003). The monogenean *G. elegans* is a common species in Europe, although its occurrence in North America needs more study. Several unidentified species of *Gyrodactylus* have been reported from Mexican freshwater fishes (Salgado-Maldonado et al. 1997, 2001a, 2001b; Vidal-Martínez et al. 2001). The genus *Gyrodactylus* includes more than 150 species and its taxonomy is very complicated (Vidal-Martínez et al. 2001).

The taxonomic composition of the helminth communities of the Goodeidae suggests a depauperate helminth community open to invasion, which developed in association with evolutionarily young and isolated fish communities. These characteristics have also been

observed in other fish helminth communities in the Mexican Mesa Central, especially in the Lerma River basin (Salgado-Maldonado et al. 2001b). The helminth communities of these fish are poor, with the richest documented community components reaching no more than ten species (Salgado-Maldonado and Osorio-Sarabia 1987; Choudhry and Dick 2000; Pérez et al. 2000). Each of these communities includes very few helminth specialists: the monogenean *Octomacrum mexicanum* Lamothe-Argumedo, 1981 in the cyprinid *Algansea lacustris*, the trematode *Allocreadium mexicanum* Osorio-Sarabia, Pérez and Salgado-Maldonado, 1986 in the atherinid *Chiorostoma estor* and the nematode *Rhabdochona lichtenfelsi* Sánchez-Álvarez, García and Pérez, 1998 in the goodeid *Goodea atripinnis* (see Salgado-Maldonado et al. 2001b). The presence of 14 bird-transported allogenic species (see Esch et al. 1988) and three anthropogenically introduced helminth species has been recorded among the 43 documented helminth species in the Lerma Santiago basin of the Mexican

Mesa Central (Salgado-Maldonado et al. 2001b). Anthropogenic introduction of helminths in central Mexico and other geographic areas of Mexico has been documented by Scholz and Salgado-Maldonado (2000) and by Salgado-Maldonado and Pineda-López (2003).

Data collected during the present study show the helminth parasite community of *Girardinichthys multiradiatus* to be relatively poor when compared with helminth communities of freshwater fish from other parts of Mexico. This community includes a number of generalist helminth species, mostly transported by birds. A further component of this community consists of helminth species that have been introduced anthropogenically.

Acknowledgements This study was supported by project no. 27668 N of the Consejo Nacional de Ciencia and Tecnología (CONACyT), Mexico. P.S.N. was supported by Research Doctoral Fellowship number 158186 from CONACyT, Mexico. The authors are indebted to Dr. Frantisek Moravec for confirmation of nematode identification and to Dr. Tomas Scholz for cestode identification. We also thank Guillermina Cabañas Carranza, Rafael Báez Valé, Rogelio Aguilar Aguilar, Griselda Moreno Navarrete, Ana Lucía Sereno Uribe, Erika Aguilar Castellanos, Hyde, Isabel Cristina Cañeda Guzmán, Elizabeth Mayen Peña, Adelina Hernández and Joel Paulo Maya for their assistance in the field and laboratory. We thank Rogelio Aguilar Aguilar for discussion of an early draft of this manuscript. Special thanks go to two anonymous reviewers for their suggestions for improvement of the manuscript.

References

- Astudillo-Ramos L, Soto-Galera E (1997) Estudio helmintológico de *Chirostoma humboldtianum* y *Girardinichthys multiradiatus* capturados en el Lerma. *Zool Inform* 35:53–59
- Bravo-Hollis M (1943) Tremátodos parásitos de las culebras *Thamnophis angustirostris melanogaster* de agua dulce. *An Inst Biol Univ Nac Auton Mex* 14:492–497
- Bush AO, Lafferty KD, Lotz JM, Shostak AW (1997) Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J Parasitol* 65:667–669
- Caballero y Caballero E (1941) Tremátodos de las culebras de agua dulce de México. I. *An Inst Biol Univ Nac Auton Mex* 12:111–121
- Choudhury A, Dick TA (2000) Richness and diversity of helminth communities in tropical freshwater fishes: empirical evidence. *J Biogeogr* 27:935–956
- Díaz-Pardo E, Godínez-Rodríguez MA, López-López E, Soto-Galera E (1993) Ecología de los peces de la cuenca del río Lerma, México. *An Esc Nac Cienc Biol* 39:103–127
- Ergens R (1969) The suitability of ammonium picrate-glycerin in preparing slides of lower monogenea. *Folia Parasitol* 16:320
- Esch GW, Kennedy CR, Bush AO, Aho JM (1988) Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonisation. *Parasitology* 96:519–532
- García-Altamirano I, Pérez G, García-Prieto L (1993) Contribución al conocimiento de la comunidad de helmintos de dos especies de anfibios endémicos del lago de Pátzcuaro, Michoacán: *Rana dunni* y *Ambystoma dumerilii*. *Cuad Mex Zool* 1:73–80
- García-Prieto L, Mejía-Madrid H, Pérez G (1987) Hallazgo del plerocercario de *Ligula intestinalis* (Cestoda) en algunos peces dulceacuicolas de México. *An Inst Biol Univ Nac Auton Mex Ser Zool* 58:887–888
- Lamothe-Argumedo R (1970) Tremátodos de peces VI. *Margotrema bravoae* gen. nov. sp. nov. (Trematoda: Allocreadiidae), parásito de *Lermichthys multiradiatus* Meek. *An Inst Biol Univ Nac Auton Mex Ser Zool* 1:87–92
- Lamothe-Argumedo R, Cruz-Reyes A (1972) Hallazgo de *Ligula intestinalis* (Goeze, 1782) Gmelin, 1790 en *Lermichthys multiradiatus* (Meek) (Peces: Goodeidae). *Rev Soc Mex Hist Nat* 33:99–100
- León-Régagnon V (1992) Fauna helmintológica de algunos vertebrados acuáticos de la ciénaga de Lerma, México. *An Inst Biol Univ Nac Auton Mex Ser Zool* 63:151–153
- Moravec F (1998) Nematodes of freshwater fishes of the Neotropical region. Academia, Prague
- Peresbarbosa RE, Pérez G, García L (1994) Helmintos parásitos de tres especies de peces (Goodeidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *An Inst Biol Univ Nac Auton Mex Ser Zool* 65:201–204
- Pérez G (2001) *Margotrema guillerminae* sp. n. (Trematoda: Macroroididae) from two species of freshwater fishes in lake Zacapu, Michoacan state Mexico, and new records of *Margotrema bravoae* Lamothe, 1970. *J Parasitol* 87:1112–1114
- Pérez G, García-Prieto L, León-Regagnon V, Choudhury A (2000) Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *J Fish Biol* 57:303–325
- Pérez G, Jiménez-Ruiz A, Mendoza-Garfias B, García-Prieto L (2001) Helminth parasites of garter snakes and mud turtles from several localities of the Mesa Central of Mexico. *Comp Parasitol* 68:9–20
- Pineda-López R, Salgado-Maldonado G, Soto-Galera E, Hernández-Camacho N, Orozco-Zamorano A, Contreras-Robledo S, Cabañas-Carranza G, Aguilar-Aguilar R (2004) Helminth parasites of viviparous fishes in Mexico. In: Grier H, Uribe MC (eds) Second international symposium of livebearing fishes. Faculty of Sciences Universidad Nacional Autónoma de México Memories, Mexico
- Salgado-Maldonado G, Osorio-Sarabia D (1987) Helmintos de algunos peces del lago de Pátzcuaro. *Cienc Desarrollo* 74:41–57
- Salgado-Maldonado G, Pineda-López R, Vidal-Martínez VM, Kennedy CR (1997) A checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. *J Helminth Soc Wash* 64:195–207
- Salgado-Maldonado G, Cabañas-Carranza G, Caspeta-Mandujano JM, Soto-Galera E, Mayén-Peña E, Brailovsky D, Báez-Valé R (2001a) Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas river drainage basin of southwestern Mexico. *Comp Parasitol* 68:196–203
- Salgado-Maldonado G, Cabañas-Carranza G, Soto-Galera E, Caspeta-Mandujano JM, Moreno-Navarrete RG, Sánchez-Nava P, Aguilar-Aguilar R (2001b) A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago river basin, Mexico. *Comp Parasitol* 68:204–218
- Salgado-Maldonado G, Pineda-López R (2003) The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi*: a potential threat to native freshwater fish species in Mexico. *Biol Inv* 5:261–268
- Salgado-Maldonado G, Pineda-López R, García-Magaña L, López-Jiménez S, Vidal-Martínez VM, Aguirre-Macedo ML (2004) Diversidad de helmintos parásitos de peces dulceacuicolas de Tabasco. In: Bueno-Soria J, Santiago-Fragoso S, Alvarez F (eds) Biodiversidad del estado de Tabasco. Universidad Nacional Autónoma de México, México 71:67–72
- Salgado-Maldonado G, Mercado-Silva N, Cabañas-Carranza G, Caspeta-Mandujano JM, Aguilar-Aguilar R, Iñiguez-Dávalos LI (2004a) Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila river, Sierra de Manatlán Biosphere Reserve, west-central Mexico. *Comp Parasitol* 71:190–202
- Salgado-Maldonado G, Cabañas-Carranza G, Soto-Galera E, Pineda-López R, Caspeta-Mandujano JM, Aguilar-Castellanos E, Mercado-Silva N (2004b) Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, east-central Mexico. *Comp Parasitol* (in press)
- Scholz T, Salgado-Maldonado G (2000) The introduction and dispersion of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: a review. *Am Midl Nat* 143:185–200
- Scholz T, Salgado-Maldonado G (2001) Metacestodes of the family Dilepididae (Cestoda: Cyclophyllidae) parasitising fishes in Mexico. *Syst Parasitol* 49:23–40

Uyeno T, Miller RR, Fitsimons JM (1983) Karyology of cyprinodontoid fishes of the Mexican family Goodeidae. *Copeia* 2:497-510

Vidal-Martínez VM, Aguirre-Macedo ML, Scholz T, González-Solis D, Mendoza-Franco EF (2001) Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico. Academia, Prague

Webb SA (1998) A phylogenetic analysis of the Goodeidae (Teleostei: Cyprinodontiformes). PhD thesis, University of Michigan, Ann Arbor, Mich.

CAPÍTULO II

Relación de la helmintofauna de *Girardinichthys multiradiatus* con los parásitos de las especies simpátricas de peces en la Subcuenca Alta del Río Lerma, México.

Introducción

El estudio de las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas es un campo muy dinámico. La elucidación de patrones de distribución de las especies parásitas es un tema central en el área y una de las preguntas esenciales se refiere a qué factores determinan el número de especies de helmintos en las comunidades de parásitos.

La disponibilidad de especies de parásitos en el sistema de estudio es un aspecto esencial para explicar la composición de las comunidades de parásitos de cada especie de hospedero. Holmes (1987), señaló que las comunidades de parásitos en hospederos individuales son muestras aleatorias de los parásitos disponibles en el ambiente que ocupan. En este marco de referencia, la idea del “supply-side” ecology (Lewin, 1986) es importante. Se entiende por “fuente” el que un parásito, con todos y cada uno de los hospederos que requiere, se encuentre disponible en la región o en una determinada localidad.

Ahora bien, en una localidad determinada donde existe un conjunto local de parásitos, la presencia de ciertas especies en un componente de comunidad X, podría verse limitada por algunos filtros (Holmes, 1987). O bien, puede ser producto de una simple colonización azarosa. Distintos factores abióticos y bióticos, como la filogenia de los hospederos o sus hábitos alimentarios pueden actuar como filtros. Entonces, la disponibilidad de parásitos en una localidad se relaciona con la existencia de hospederos apropiados. En localidades donde existan pocas especies de hospederos la disponibilidad de especies de parásitos será menor, comparativamente con localidades donde coexistan mayor número de especies de hospederos (Valtonen et al. 2001).

Las comunidades de parásitos incluyen especies especialistas, que son aquellas específicas para el hospedero, y especies generalistas, las que infectan a una variedad amplia de hospederos. La gama de parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* es pobre, está compuesta por especies generalistas procedentes de los componentes de comunidad de otras especies de peces dulceacuícolas simpátricas en el área y por pocas especies especialistas (Sánchez-Nava et al. 2004). En las comunidades de helmintos compuestas de especies generalistas, si el hospedero comparte el hábitat con otras especies simpátricas, la disponibilidad de especies de parásitos será mayor y se verá reflejada en la riqueza de la comunidad. Por lo tanto, las poblaciones de hospederos que existan en aislamiento tendrán menor disponibilidad de parásitos y sus comunidades serán más pobres. En efecto, los

contactos frecuentes entre poblaciones de hospederos de especies que habitan en simpatria constituyen un factor determinante de la composición de la comunidad (Poulin, 1998; Valtonen et al. 2001). La interacción entre hospederos provee cambios en las comunidades de parásitos, como la invasión por especies introducidas o ajenas a la comunidad (Holmes y Price, 1986; Font y Tate, 1994).

Para examinar esta hipótesis en este trabajo estudiamos la fauna helmintológica de *Girardinichthys multiradiatus* Meek (Pisces: Goodeidae) a lo largo de su distribución actual en la subcuenca del alto Lerma, comparándola con la de especies de peces que habitan en simpatria en estas localidades.

Material y método

De cada cuerpo de agua los peces (*Girardinichthys multiradiatus* y las especies simpátricas) fueron recolectados con chinchorros playeros, redes de cuchara y equipo de electropesca. Los peces fueron llevados vivos al laboratorio y se mantuvieron en peceras hasta el momento de su revisión. A cada pez se le aplicó un examen helmintológico general, que incluyó el examen externo e interno. Es decir que se revisó la superficie corporal del pez, la base de las aletas caudal, anal, pélvicas y dorsales; de los orificios del cuerpo: boca, ano y orificios nasales, las branquias y cavidad branquial y también la cavidad del cuerpo del hospedero y de todos los órganos y sistemas contenidos dentro de ella. Se realizó una incisión sobre la línea media ventral de cada pez para extraer las vísceras que se colocaron en cajas de Petri con solución salina 0.75% para ser revisado en detalle. El aparato digestivo, corazón, riñón, vesícula biliar y los ojos se revisaron bajo el microscopio estereoscópico, desgarrando el tejido con agujas de disección.

Todos y cada uno de los helmintos encontrados fueron contados *in situ* y fijados con las técnicas apropiadas para cada grupo: los acantocéfalos se colocaron en agua de la llave y se refrigeraron (durante 12 horas) hasta que evertieran la proboscis y posteriormente se fijaron con formol caliente al 4%; los monogéneos, tremátodos y céstodos se fijaron directamente con formol caliente al 4% y los nemátodos con formol salino caliente al 4%.

Algunos monogéneos y metacéstodos, se fijaron por aplanamiento usando el reactivo picrato-amonio para resaltar las estructuras esclerotizadas (ganchos). Algunos

tremátodos incluyendo las metacercarias, se fijaron por aplanamiento ligero usando líquido de Bouin como fijador.

Para su estudio morfológico y determinación taxonómica, los monogéneos, tremátodos, céstodos y acantocéfalos fueron procesados mediante técnicas de uso común en helmintología (Salgado-Maldonado, 1979), para hacer preparaciones microscópicas permanentes. Los nemátodos fueron estudiados en preparaciones temporales, con glicerina para su transparentación y conservados en frascos viales con alcohol etílico al 70%.

Se calculó la prevalencia (porcentaje de peces parasitados por una especie de helminto), intensidad promedio (promedio aritmético de helmintos de una especie por pez parasitado) y abundancia (promedio aritmético de helmintos de una especie por pez examinado) de acuerdo con Margolis et al (1982).

Resultados

Siete especies de peces habitan actualmente en simpatria con *G. multiradiatus* considerando el total de los sitios en que esta especie se distribuye actualmente en el alto Lerma: dos de la familia Atherinidae; dos Goodeidae y tres Cyprinidae. Los atherinidos, *Chirostoma riojai* y *C. humboldtianum* sólo se encontraron cohabitando con *G. multiradiatus* en dos de las 20 localidades. El goodeido *Goodea atripinnis* se encontró cohabitando con *G. multiradiatus* sólo en el embalse Trinidad Fabela; mientras que los ciprinidos *Yuriria alta* y *Notropis sallei* viven en simpatria con *G. multiradiatus* en una y cuatro localidades respectivamente. *Cyprinus carpio* especie introducida se encontró ampliamente distribuida en el área de estudio, cohabitando con *G. multiradiatus* en todas y cada una de las localidades muestreadas (Tabla 1).

Especies compartidas de helmintos

En total se registraron 13 especies de helmintos en las siete especies de peces estudiadas incluyendo a *Girardichthys multiradiatus* (Tabla 1). El número de especies de parásitos encontradas en cada especie de hospedero varió de cero a siete. En todas las localidades el pez con mayor número de parásitos fue *Girardinichthys multiradiatus*, cuya riqueza varió de dos a siete especies de helmintos (Tabla 2). El número de especies de helmintos y de peces disponibles en cada sitio o cuerpo de agua varió de 2 a 3 especies de

peces y de 2 a 6 especies de helmintos (Tabla 2). En las localidades en donde existen más de dos especies de peces se registró el mayor número de especies de parásitos.

Cyprinus carpio habita con *Girardichthys multiradiatus* cohabitan en nueve localidades; en casi todas ellas esta carpa está parasitada por dos especies de helmintos con las cuales fue introducida a nuestro país *Gyrodactylus elegans* y *Bothriocephalus acheilognathi*; en el embalse Ignacio Ramírez la carpa *C. carpio* se encontró parasitada además por el metacestodo *Cyclastera ralli*.

Discusión

Las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas del Altiplano son pobres e invasibles por especies generalistas disponibles en el área (Salgado-Maldonado et al. 2001, 2003). Casi todas las especies de helmintos que parasitan a los goodeinae son especies generalistas que parasitan a otros hospederos. Sólo existen tres especies de helmintos típicas de los goodeinae *Margotrema bravoae* Lamothe, 1970, *Rhabdochona lichtenfelsi* Sánchez-Álvarez, Garcia-Prieto y Pérez-Ponce de Leon, 1998 y *Rhabdochona ahuehuellensis* Mejía-Madrid y Pérez-Ponce, 2003, estas especies especialistas son poco abundantes y frecuentes. La pobreza de helmintos endémicos o típicos de peces del Altiplano Mexicano puede deberse a la edad geológica reciente de los cuerpos de agua y el tiempo corto de evolución de los peces en éstos cuerpos de agua. El desarrollo de las comunidades de parásitos de estos peces inicialmente pobres se fue enriqueciendo con la invasión de especies alogénicas, que son excelentes colonizadoras (Kennedy, 1990).

Salgado-Maldonado et al (2003) mencionan que las comunidades de helmintos parásitos de los goodeidos están estructuradas principalmente por cuatro componentes 1) especies generalistas-alogénicas que son transportadas por aves y tienen amplia distribución, 2) especies comunes asociadas con otras especies de peces, es decir, los peces tienden a adquirir parásitos de peces infectados que viven en la misma área, 3) especies introducidas y 4) especies especialistas de la familia.

Los datos que presentamos en este trabajo documentan claramente el patrón de composición de las comunidades señalado por Salgado-Maldonado et al. 2001. En efecto, el tremátodo *Margotrema bravoae* es la única especie especialista de Goodeinae en este

estudio, y de todas las localidades y especies de peces examinadas, solamente se recolectó de *Girardinichthys multiradiatus*. Este dato confirma el carácter de especialista de esta especie. En segundo lugar, la presencia del monogéneo *Gyrodactylus elegans* y del céstodo *Bothriocephalus acheilognathi* en *G. multiradiatus* se puede asociar sin lugar a dudas con la introducción de carpas *C. carpio* a localidades en donde se distribuye naturalmente el “pez dorado”. El resto de las especies que parasitan a *G. multiradiatus* son generalistas que pueden parasitar a cualquier otro pez que habite en simpatria con esta especie. Tal es el caso de las metacercarias de *P. minimum* que es una de las especies más abundante y ampliamente distribuida en el Altiplano Mexicano y que en este estudio parasita a aterínidos, ciprinidos y también a *G. multiradiatus*. Este conjunto de especies es poco frecuente, su presencia es poco constante entre las localidades y algunas de ellas son más bien raras, como *Ligula intestinalis*, *Contracaecum* sp, *Falcaustra* sp y *P. brevis*.

La especie más consistente, frecuentes y abundante como parásitos de *G. multiradiatus* es *Tyloodelphys* sp, cuyas metacercarias parasitan a este hospedero como segundo hospedero intermediario . Si bien esta es una especie generalista, dado que la registramos en *Chirostoma riojai*, *Chirostoma humboldtianum*, y *G. atripinnis*, su relación con *G. multiradiatus* es muy estrecha (ver Sánchez-Nava et al. 2004) y en este trabajo recolectamos estas metacercarias únicamente de *G. multiradiatus* de cinco localidades, en donde habiendo otras especies simpátricas de peces no parasitan más que a este hospedero.

Este trabajo confirma el patrón de constitución de la comunidad de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* como pobre, con una sola especie especialista sujeta a invasión por especies introducidas y por especies alogénicas generalista disponibles regionalmente y que afecta también a las especies que habitan en simpatria con este hospedero.

Literatura citada

- Font, W. F y D. C. Tate. 1994. Helminth parasites of native Hawaiian freshwater fishes: an example of extreme ecological isolation. 1994. *The Journal of Parasitology* 80: 682-688.
- Holmes, J. C. 1987. The structure of helminth communities. *International Journal for Parasitology* 17: 203-208.

- Holmes, J. C y P. W. Price. 1986. Communities of parasite. *In*: Parasite communities: patterns and processes. (Eds. Yerson, D. J. y Kikawa). Blackwell Scientific Publications. Oxford. 187-213 pp.
- Kennedy, C. R. 1990. Helminth communities in Freshwater fishes: Structured communities or stochastic assemblages? *In* Parasites communities: Patterns y processes, G. W Escah, A. O. Bush, y J. M. Aho (eds). Chapman y Hall, London, U. K., 131-156.
- Lamothe-Argumedo R (1970) Tremátodos de peces VI. *Margotrema bravoae* gen. nov. sp. nov. (Trematoda: Allocreadiidae), parásito de *Lermichthys multiradiatus* Meek. Anales del Instituto de Biología Universidad Nacional Autónoma de México Serie Zoología 1:87-92
- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris, y G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an *ad hoc* committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68:131-133.
- Mejia-Madrid, H y G. Pérez-Ponce de León. 2002. *Rhabdochona ahuehuellensis* N. sp. (Nematoda: Rhabdochononidae) from the Balsas Goodeid, *Ilyodon whitei* (Osteichthyes: Goodeidae), in Mexico. *Journal of Parasitology* 89: 356-361.
- Pérez-Ponce de León, G. 2001. *Margotrema guillerminae* n. sp. (Trematoda: Macroderoididae) from two species of freshwater fishes in Lake Zacapu, Michoacan state, Mexico, y new records of *Margotrema bravoae* Lamothe, 1970. *Journal of Parasitology* 87: 1112-1114.
- Poulin, R. 1998. Evolutionary Ecology of parasites, From individuals to communities. Chapman y Hall. 212 pp.
- Salgado-Maldonado, G. 1979. Procedimientos y técnicas generales empleados en los estudios helmintológicos. Departamento de pesca. México D.F. 53 pp.
- Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, J. M. Caspeta-Mandujano, R. G. Moreno-Navarrete, P. Sánchez-Nava, y R. Aguilar-Aguilar. 2001. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago Riber basin, Mexico. *Comparative Parasitology* 68: 204-218.

- Salgado-Maldonado, G y R. Pineda-López. 2003. The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguty, 1934 in Mexican freshwaters fishes. *Biological Invasions* 5: 261-268.
- Sánchez-Álvarez, A., L. García-Prieto, y G. Pérez-Ponce de León. 1998. A new species of *Rhabdochona* Railliet, 1916 (Nematoda: Rhabdochonidae) from endemic goodeids (Cyprinodontiformes) from two Mexican lakes. *Journal of Parasitology* 84: 840-845.
- Sánchez-Nava, P., G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera, y B. Jaimes-Cruz. 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River subbasin, Mexico. *Parasitology Research* 93: 396-402.
- Valtonen. E. T., K. Pulkkinen, R. Poulin y M. Julkunen. 2001. The structure of parasite component communities in brackish water fishes of northeaster Baltic Sea. *Parasitology* 122: 471-481.

Tabla 1.- Inventario helmintológico de las especies de peces que viven en simpatria con *Girardinichthys multiradiatus* en la Subcuenca Alta del río Lerma, (Igna = embalse Ignacio Ramírez, Vict= embalse Villa Victoria, Trin = embalse Trinidad Fabela, Chic = lago Chicahuapan, Lagu = bordo La Lagunilla, Juan = embalse San Juanico, Asan = Arroyo Santiago Tiacaque, Sala = Lago Salazar, Cimm = bordo el Cimmyt).

Hospedero/parásito	Sitio de infección	localidad	No. hospederos examinados	No. hospederos parasitados	Total de gusanos	Prevalencia %	Abundancia	Intensidad promedio	Intervalo
Atherinidae									
<i>Chirostoma riojai</i> Solorzano y López, 1966									
Trematoda larvas									
Familia Diplostomidae Poirier, 1886									
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Macallum, 1921)	Mesenterio e hígado	Igna	24	6	5	25	0.2	0.8	1
<i>Tylodelphys</i>	Cavidad del cuerpo	Igna	24	2	3	8	0.1	1.5	1 - 2
Cestoda larvas									
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909									
<i>Valipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	Vesícula biliar	Igna	24	3	16	12.5	0.7	5.3	2 - 12
<i>Chirostoma humboldtianum</i> (Valenciennes in Cuvier and Valenciennes, 1835)									
Trematoda larvas									
Familia Diplostomidae Poirier, 1886									
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Macallum, 1921)	Mesenterio e hígado	Vict	46	22	306	47.8	6.7	5.4	1 - 98
<i>Tylodelphys</i> sp.	Cavidad del cuerpo	Vict	46	14	177	30.4	3.8	12.6	1 - 81
Cestoda larvas									
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909									
<i>Valipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	Vesícula biliar	Vict	46	1	5	2.2	0.1	5	5
<i>Chirostoma jordani</i> Woolman, 1894									
Cestoda larvas									
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909									
<i>Valipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	Vesícula biliar	Trin	3			33		1	
Goodeidae									
<i>Goodea atripinnis</i> Jordan, 1880									
Familia Diplostomidae Poirier, 1886									
<i>Tylodelphys</i> sp.	Cavidad del cuerpo	Trin	19	1	1	5.3	0.1	1	1

Continuación Tabla I

Hospedero/parásito	sitio de infección	localidad	No. hospederos examinados	No. hospederos parasitados	Total de gusanos	Prevalencia %	Abundancia	Intensidad promedio	Intervalo (min-máx)
Cyprinidae									
<i>Notropis sallei</i> (Günther, 1868)									
Trematoda larvas									
Familia Diplostomidae Poirier, 1886									
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Maccallum, 1921)									
	Mesenterio e hígado	Chic	9	2	8	22.2	0.9	2.82	2-6
		Lagu	1	1	1	100	1	1	1
		Juan	6	6	801	100	133.5	181.89	20-500
		Igná	15	7		7		1	
<i>Tylodelphys</i>	Cavidad del cuerpo mesenterico	Igná	15			67		24.6	
Cestoda adulto									
Familia Bothriocephalidae Blachard, 1849									
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934									
	Intestino	Juan Igná	6 15	5	21	83.3 13	3.5	4.2 1	1-9
Cestoda larvas									
Familia Diphylobothriidae Lühe, 1910									
<i>Ligula intestinalis</i> (Gmelin, 1970)									
	Cavidad del cuerpo	Lagu	1	1	1	100	1	1	1
Familia Proteocephalidae La Rue, 1911									
Proteocephalidea gen. sp.									
		Igná	15			13		1.5	
Cestoda larvas									
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909									
<i>Cyclastera cf ralli</i> Underwood and Dronen, 1986									
	Mesenterio	Igná	15			13		1.5	
Nematodo larva									
Familia Capillariidae Neveu-Lemaire, 1936									
<i>Pseudocapillaria tomentosa</i> (Dujardin, 1843)									
		Igná	3			33		1	
Familia Anisakidae Railliet and Henry, 1912									
<i>Contracaecum</i> sp.									
		Igná	15			13		1	
Familia Gnathostomatidae Railliet, 1895									
<i>Spiroxys</i> sp.									
		Igná	3			33		1	

Continuación Tabla I

Hospedero/parásito	sitio de infección	localidad	No. hospederos examinados	No. hospederos parasitados	Total de gusanos	Prevalencia %	Abundancia	Intensidad promedio	Intervalo (min-máx)
<i>Yuriria alta</i> (Jordan, 1880)									
Cestoda adulto									
Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849									
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	Intestino	Igna	3 43			33 2		57 1	
<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758									
Monogenea									
Familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864									
<i>Gyrodactylus elegans</i> Nordmann, 1832	Aletas	Asan	1	1	1	100	1	1	1
Cestoda adulto									
Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849									
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	Intestino	Igna Trin Sala Cimm	43 2 10 2	1 2 2 2	1 10 2 52	2.3 100 20 100	0.02 5 0.2 26	1 5 1 26	1 2-8 1 14-38
Cestoda larvas									
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909									
<i>Cyclustera cf rali</i> Underwood and Dronen, 1986	Mesenterio	Igna	43	1	1	2.3	0.0023	1	1
Nematodo Larva									
	Intestino	Cimm	2	1	1	50	0.5	1	1

Tabla 2.- Especies de helmintos que comparten las especies de peces que viven en simpatria en la subcuenca Alta del río Lerma, (Prev = prevalencia, Int. Pro = intensidad promedio,

Especie de helminto	Embalse Ignacio Ramirez			Embalse Villa Victoria			Embalse Trinidad fabela			
	<i>Chirostoma riojai</i> Prev	<i>C. carpio</i> Int. Pro	<i>G. multiradiatus</i> Prev	<i>Ch. humboldtianum</i> Int. Pro	<i>C. carpio</i> Prev	<i>G. multiradiatus</i> Int. Pro	<i>G. atripinnis</i> Prev	<i>C. carpio</i> Int. Pro	<i>G. multiradiatus</i> Prev	<i>G. multiradiatus</i> Int. Pro
Trematodos adultos										
Familia Allocreadidae Stossich, 1903										
<i>Margotrema bravoae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lamothe-Argumedo, 1970						40				
						22.5 ± 6.36				
Larvas de tremátodos										
Familia Diplostomidae Poirier, 1886										
Posthodiplostomum minimum	25	0.8	-	-	47.8	13.9 ± 17.5	-	-	-	-
(Maccallum, 1921) Dubois, 1936										
<i>Tyodelphys</i> sp	8	1.5 ± 0.7	-	14.7	3 ± 2.4	30.4	12.6 ± 21.4	-	20	1
										5.3
										3.2
Familia Plagiorchiidae Lühe, 1901										
<i>Ochetosoma brevicacum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
(Caballero and Caballero, 1941)										
Monogenea										
Familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864										
<i>Gyrodactylus cf elegans</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Nordmann, 1832										
Céstodos adultos										
Familia Bothriocephalidea Blanchard, 1849										
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>	-	-	2.3	1	2.7	1	-	-	-	-
Yamaguti, 1934									100	5 ± 4.24
Metacestodos										
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909										
<i>Yalipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	12.5	5.3 ± 5.8	-	9.3	1.86 ± 1	2.2	5	-	-	3.2
<i>Cyclotera cf ralli</i>	-	-	2.3	1	-	-	-	-	-	-
Underwood and Dronen, 1986										
Familia Diphylobothriidae Lühe, 1910										
<i>Ligula imestralis</i> (Gmelin, 1970)	-	-	-	1.3	1	-	-	-	-	-
Larvas de nemátodos										
Familia Anisakidae Railliet and Henry, 1912										
<i>Contracaecum</i> sp.	-	-	-	1.3	1	-	-	-	20	1
Familia Kathlianiidae Lane, 1914										
<i>Falcaustra</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larvas de acantocéfalo										
Familia Polymorphidae Meyer, 1931										
<i>Polymorphus brevis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Especie de helminto	Embalse San Juanico				Lago Chicmahuapan				Bordo Lagunilla			
	<i>N. sallei</i> Prev	<i>N. sallei</i> Int. Pro	<i>C. carpio</i> Prev	<i>G. multiradiatus</i> Int. Pro	<i>N. sallei</i> Prev	<i>N. sallei</i> Int. Pro	<i>C. carpio</i> Prev	<i>G. multiradiatus</i> Int. Pro	<i>N. sallei</i> Prev	<i>N. sallei</i> Int. Pro	<i>G. multiradiatus</i> Prev	<i>G. multiradiatus</i> Int. Pro
Tremátodos adultos												
Familia Allocreadiidae Stossich, 1903												
<i>Margotrema bravoae</i> Lamothe-Argumedo, 1970	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Larvas de tremátodos												
Familia Diplostomidae Poirier, 1886												
Posthodiplostomum minimum (Maccallum, 1921) Dubois, 1936	100	133.5 ± 181.8	-	5.7 1.33 ± 0.57	30	6.66 ± 5.0	-	-	100	1	-	-
<i>Tylodelphys</i> sp.	-	-	-	69.8 4.5 ± 5.24	-	-	-	45.7 6.25 ± 9.22	-	-	20	2.6 ± 3.13
Familia Plagiorchiidae Lühe, 1901												
<i>Ochetosoma brevicacum</i> (Caballero and Caballero, 1941)	-	-	-	-	-	-	-	3.3 1.33 ± 0.57	-	-	-	-
Monogenea												
Familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864												
<i>Gyrodactylus cf elegans</i> Nordmann, 1832	-	-	-	17 1.22 ± 0.44	-	-	-	30.43 1.75 ± 1.55	-	-	-	-
Céstodos adultos												
Familia Bothriocephalidae Blanchard, 1849												
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	83.3	4.2 ± 3.62	-	24.5 1.76 ± 1.58	-	-	-	2.2 1	-	-	26	2.54 ± 1.85
Metacestodos												
Familia Dilepididae Railliet and Henry, 1909												
<i>Valipora campylancrisirota</i> (Wedl, 1855)	-	-	-	20.8 1.82 ± 1	-	-	-	3.3 1.67 ± 0.57	-	-	1	1
<i>Cyclusiera cf ralli</i> Underwood and Dronen, 1986	-	-	-	-	-	-	-	5.4 1	-	-	-	-
Familia Diphylobothriidae Lühe, 1910												
<i>Ligula intestinalis</i> (Gmelin, 1970)	-	-	-	1.9 1	-	-	-	-	100	1	4	1.5 ± 0.7
Larvas de nemátodos												
Familia Anisakidae Railliet and Henry, 1912												
<i>Contracaecum</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Familia Kathlianiidae Lane, 1914												
<i>Falcaustra</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	10 ± 13.79
Larvas de acantocéfalo												
Familia Polymorphidae Meyer, 1931												
<i>Polymorphus brevis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

CAPÍTULO III

Comunidades de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus*.

Introducción

El número de especies que coexisten en una comunidad es probablemente su característica más importante (Poulin y Rohde, 1997). Sin embargo, en una escala ecológica de tiempo la pregunta central que persiste es si las comunidades de parásitos son conjuntos de especies al azar o bien son estructuradas y repetitivas; es decir si las comunidades de parásitos son conjuntos predecibles o no (Timi y Poulin, 2003).

La mayoría de los estudios previos que abordan esta pregunta se han hecho con helmintos ectoparásitos, algunos se han ocupado de endoparásitos, en tanto que sólo un estudio (Timi y Poulin, 2003) se ocupa de la fauna parasitológica total de un pez. Además, la mayoría de los estudios anteriores se abocan a varias especies de peces. Este enfoque amplio es necesario para identificar y comprender patrones y procesos, pero los resultados pueden ser confusos por las diferencias inherentes a las distintas especies de hospederos. En este trabajo evitamos esta variabilidad enfocándonos al estudio de los conjuntos de helmintos parásitos de distintas poblaciones de una sola especie de hospedero. De forma que no nos involucramos ahora con el grado en que las comunidades de parásitos estén estructuradas por eventos evolutivos, en su lugar enfocamos el problema a la influencia de los procesos ecológicos.

En este trabajo aportamos evidencias sobre si la organización y riqueza de especies de helmintos parásitos en las infracomunidades pueden predecirse entre poblaciones de un pez dulceacuícola característico y endémico del Altiplano Mexicano, el goodeido *Girardinichthys multiradiatus*. Exploramos empíricamente la persistencia y consistencia de la comunidad espacial y temporal a través de muestras comparables de la misma especie de pez en varias localidades y meses de muestreo.

Materiales y métodos

El estudio de comunidades se realizó con los datos obtenidos de muestreos de *G. multiradiatus* realizados entre junio de 1999 y noviembre 2001, así como de muestreos mensuales realizados durante el ciclo anual enero y diciembre del 2001. Se construyeron curvas de acumulación de especies y se ajustaron al modelo de Clench (Clench, 1979), para verificar la cobertura de los muestreo en cada uno de los sitios de estudio y también por mes de colecta. Para estimar el número de especies faltantes de muestrear en cada

componente de comunidad se calculó el estimador de riqueza de Bootstrap (SB) (Poulin, 1998): $SB = S_o + [1 - (h_j/H)]^H$ donde S_o = riqueza de especies observada, H_j = número de hospederos individuales en la muestra parasitados con la especie j y H = número de hospederos en la muestra.

Se calculó la prevalencia (porcentaje de peces parasitados por una especie de helminto), intensidad promedio (promedio aritmético de helmintos de una especie de helminto por pez parasitado) y abundancia (promedio aritmético de helmintos de una especie por pez examinado) y prevalencia de acuerdo con Margolis et al. (1982). En cada comunidad se determinaron especies dominantes, comunes y raras con base en estos valores y aplicando el método de asociación no paramétrica de Olmstead-Tukey (Sokal y Rohlf, 1981) se establecieron categorías específicas de forma gráfica. Con este análisis bidimensional se logró una clasificación a partir del empleo de valores medios aritméticos de cada variable (logaritmo de la abundancia +1 y prevalencia); de esta manera se obtuvieron cuadrantes cartesianos dentro de los cuales se ubicó cada una de las especies, como especies dominantes (abundantes y frecuentes), especies comunes (poco abundantes y frecuentes, especies raras (poco abundantes y poco frecuentes), y especies indicadoras (abundantes y poco frecuentes). La dominancia de las especies fue corroborada con el índice de Berger-Parker (Southwood, 1978): $P_i = n_j/N_t$, donde n_j = número total de parásitos de la especie j y N_T = número total de parásitos de todas las especies recolectadas en la muestra.

Se calculó el índice de diversidad de Brillouin (H) (Magurran, 1988; Krebs, 1989), empleando la siguiente fórmula $H = 1/N [\log(N!/n_1! n_2! n_3!)]$. Donde N = número total de gusanos y n_1 = número de gusanos de la especie uno, dos, tres, etc.

Las variaciones en riqueza, número de gusanos y diversidad entre sitios de colecta y por mes se analizaron mediante pruebas estadísticas no paramétricas, U de Mann Whitney (para el caso de dos muestras) y Kruskal Wallis (para más de dos muestras). Para determinar entre que localidades existían estas diferencias se utilizó un análisis de varianza.

Se valoró la similitud cualitativa entre las infracomunidades de cada localidad calculando el coeficiente de Jaccard (Krebs, 1989) que se calculó como: $S_j = a/a + b + c$. Donde a = número de especies en ambas comunidades muestreadas A y B , b = número de

especies en la comunidad A pero no en B y c = número de especies en la comunidad B pero no en A.

Resultados

Variación espacial

Las curvas de acumulación de especies muestran que en los embalses Ignacio Ramírez y San Juanico el muestreo realizado permitió recuperar el 90% de las especies que componen la comunidad de helmintos; mientras que en los embalses, Villa Victoria, Trinidad Fabela y Santiago Tiacaque se requiere examinar mayor número de hospederos, para lograr un inventario completo (Fig. 1, pág. 59). Esta tendencia se confirma con el estimador de riqueza específica Bootstrap (con valores de 5.86 en el embalse Ignacio Ramírez, 2.72 en Trinidad Fabela, 6.4 en San Juanico, 4.8 en Santiago Tiacaque y 3.73 en Villa Victoria).

Las curvas de acumulación de especies de helmintos en bordos muestran que en Sierra Morelos, la Venta y la Lagunilla, las muestras de hospederos recolectados fueron suficientes para obtener la gran mayoría de las especies; mientras que en los bordos Mina, Atlacomulco y CIMMYT se requiere examinar un mayor número de hospederos para recolectar las especies de helmintos no representadas de la comunidad. Los valores del estimador de riqueza de Bootstrap confirman esta tendencia (Fig. 2, pág. 60). En Zempoala, Almoloya, el Porvenir y Santiago Tiacaque las curvas alcanzaron la asíntota, es decir con los individuos revisados se obtuvieron todas las especies de la comunidad (Fig. 3, pág. 61).

Nuestros datos muestran que en los embalses la comunidad de helmintos parásitos de *G. multiradiatus* la integran 10 especies. El 60% de éstas son alogénicas generalistas (Tabla 1, pág. 62). El grupo de las metacercarias de *Tylodelphys* son la especie más prevalente, abundante y que domina en casi todos los embalses; seguidas por el céstodo adulto *Bothriocephalus acheilognathi* y el metacéstodo *Valipora campylancristrota*. Las especies raras son *Margotrema bravoae*, *Posthodiplostomum minimum*, *Gyrodactylus elegans*, *Contraecaecum* sp, y *Polymorphus brevis* (Fig. 4, pág 63). El número de especies de helmintos registrado, así como el número de helmintos individuales y los valores del índice de Brillouin están positivamente correlacionados con el número de peces examinados en cada embalse ($H_{4, 175} = 73.13$, $P = 0.000048$; $H_{4, 175} = 76.62$, $P = 0.0000068$ y $H_{4, 175} = 35.07$, $p = 4.48 \times 10^{-7}$, respectivamente) (Tabla 2, pág. 64 y Fig. 5, 6 y 7, pág 65 y

66). El análisis de varianza aplicado sugiere que el embalse San Juanico es el más diverso ($F_{4,170} = 7.67$, $P = 0.000010$).

En los bordos nueve especies constituyen la comunidad de helmintos de *G. multiradiatus*. El 60% de ellas son alogénicas generalistas (Tabla 3, pág. 67). El céstodo *B. acheilognathi* es la especie más prevalente, abundante y dominante, seguida por las metacercarias de *Tyloodelphys* sp y el metacéstodo *V. campylancristrota*. Las especies raras son *P. minimum*, *Ochetosoma brevicocum*, *Gyrodactylus elegans* y *Falcaustra* sp (Fig 8, pág. 68).

Las variaciones que observamos en la riqueza, el número de gusanos promedio y diversidad por hospedero entre las muestras de peces de los bordos (Tabla 4, pág 69), no son estadísticamente significativas ($H_{6, 188} = 5.64$, $P = 0.464$; $H_{6, 188} = 7.47$, $P = 0.27$ y $H_{6, 188} = 9.35$, $P = 0.154$ respectivamente) (Fig. 9 y 10, pág. 70).

En los lagos, ocho especies integran la comunidad de helmintos y el 62.5% de éstas son alogénicas generalistas (Tabla 5, pág. 71). Las metacercarias de *Tyloodelphys* sp es la especie más prevalente, abundante y dominante seguida por *G. elegans*, *C. ralli* y *B. acheilognathi* (Tabla 5 y 6, pág 71 y 72). Las especies raras son *V. campylancristrota*, *O. brevicocum* y *P. brevis* (Fig. 11, pág. 73). Las variaciones que observamos en la riqueza promedio, número de gusanos y diversidad entre los lagos (Tabla 6, pág. 72) no son estadísticamente significativas ($H_{2, 124} = 0.30$, $P = 0.86$; $F_{2, 121} = 0.08$, $P = 0.99$; $H_{2, 124} = 1.45$, $P = 0.48$; $F_{2, 121} = 0.03$, $P = 0.96$; $H_{2, 124} = 3.05$, $P = 0.216$; $F_{2, 121} = 1.71$, $P = 0.184$ respectivamente) (Fig. 12 y 13, pág. 74).

En los canales de riego la comunidad la integran ocho especies de helmintos. En estos cuerpos de agua no se presentaron *Bothriocephalus acheilognathi*, *Gyrodactylus elegans*, *Ligula intestinalis* y *Polymorphus brevis*. El 62.5% son especies alogénicas generalistas por hospedero y *Margotrema bravoae* que es especialista (Tabla 5, pág 71). En este tipo de cuerpos de agua las especies más prevalentes, abundantes y dominantes son las metacercarias de *Tyloodelphys* sp y los adultos de *Margotrema bravoae* (Tabla 5 y 6, pág 71 y 72; Fig. 14, pág. 75). La variación en la riqueza promedio, número de gusanos y diversidad fue significativa estadísticamente ($Z_{36, 20} = 1.95$, $P = 0.049$; $Z_{36, 20} = 3.09$, $P = 1.94 \times 10^{-3}$; $Z_{36, 20} = 1.30$, $P = 0.19$ respectivamente) (Fig. 15 y 16, pág. 76).

En el arroyo Santiago Tiacaque la comunidad sólo está compuesta por cuatro especies. El 75% de éstas son alogénicas generalistas (Tabla 5, pág. 71). La riqueza promedio por hospedero fue de 0.87 ± 0.63 , el número promedio de gusanos por hospedero de 6.65 ± 14.1 y el índice de diversidad promedio de 0.047 ± 0.14 . La especie dominante en este tipo de cuerpo de agua fue la metacercaria de *Tylodelphys* sp. (Tabla 6, pág. 72).

El análisis de similitud entre pares de infracomunidades tomadas de una misma especie de hospederos pero en distintas localidades, muestra que en la gran mayoría de éstas siempre fue baja menor al 40%. Sólo en Arroyo Tiacaque, Almoloya del río, Mina, Trinidad Fabela, Sierra Morelos, la Venta, San Juanico, la Lagunilla e Ignacio Ramírez las infracomunidades de helmintos en las poblaciones de peces examinadas son similares entre ellas en un 50 y 70% (Fig. 17, pág. 77).

Variación temporal

Las curvas de acumulación de especies trazadas mes a mes para ambas localidades (Lago Chicahuapan y embalse San Juanico) muestran que en todos los casos el número de peces examinados fue suficiente para registrar el número total de especies que constituyen la comunidad en cada mes en cada localidad; es decir, las curvas de acumulación alcanzaron la asíntota con un menor número de hospederos que el que examinamos (Fig. 18 y 19, pág. 78-83). Esta aseveración se confirmó con los valores del indicador de riqueza Bootstrap que señala para todos y cada uno de los casos, que el número de especies de helmintos que aun faltan por detectar es mínimo respecto del número de especies observadas.

Recolectamos un total de ocho especies de helmintos en 741 *Girardinichthys multiradiatus* examinados de Chicahuapan, y ocho de la Presa San Juanico, de donde examinamos 713 hospederos. La riqueza varió mes a mes entre cuatro a ocho especies de helmintos en Chicahuapan y de tres a siete en San Juanico (Tabla 7, pág. 84). En ambas localidades las especies de helmintos más prevalentes, abundantes y dominantes fueron las metacercarias de *Tylodelphys* sp., los metacéstodos *Valipora campylancristrota*, *Cyclusterella ralli* y el céstodo *Bothriocephalus acheilognathi*; mientras que *Gyrodactylus elegans*, *O. brevicaecum* y *Contracaecum* sp son las especies raras (Fig. 20 y 21, pág. 85-90).

El valor del índice de Berger-Parker varió entre 0.01 a 0.92 en ambas localidades en los distintos meses (Tablas 8 y 9, pág. 91 y 92) la especie dominante siempre fue *Tylodelphys* sp. cuya presencia fue constante durante todos los meses de muestreo en el lago Chicnahuapan. En el embalse San Juanico tenemos dos especies dominantes *Valipora campylancristrota* que es dominante durante los meses de abril, mayo y junio; las metacercarias de *Tylodelphys* que dominan de julio a diciembre.

La riqueza y el número total de helmintos individuales siempre fue mayor en el lago Chicnahuapan que en el embalse San Juanico. El índice de Brillouin muestra que la riqueza es mayor en Chicnahuapan de enero a julio, pero cambia a partir de agosto (Fig. 22, 23 y 24, pág. 93-94); mientras que en San Juanico la riqueza es inversa es decir, en los meses de agosto a diciembre se tiene la presencia de un mayor número de especies (Fig. 25, 26 y 27, pág. 94-95).

Discusión

Los datos que presentamos en este trabajo demuestran que las comunidades de helmintos de *G. multiradiatus* son pobres y poco diversas en toda el área de su distribución geográfica actual, tanto a nivel componente de comunidad como de infracomunidades. Esta comunidad está integrada por especies generalistas de helmintos de amplia distribución geográfica, una sola especie de helminto es específica de éste hospedero y su distribución se muestra puntual muy poco frecuente y con escasa abundancia.

Una sola especie de helminto domina en la mayoría de las localidades en donde actualmente habita el hospedero; cada infracomunidad está dominada también por esta misma especie. Las variaciones observadas en la composición de la comunidad y en la prevalencia y abundancia de las distintas especies, sugieren que los factores locales son los determinantes principales de la riqueza. Los bajos valores de prevalencia, abundancia e intensidad de las helmintiasis denotan poca efectividad en la transmisión local de los helmintos.

Las comunidades de helmintos de *G. multiradiatus* incluyen un componente mayoritario de especies alogénicas (nueve del total registrado). Sin embargo, la presencia de ellas en las distintas localidades estudiadas no es consistente con excepción de *Tylodelphys* sp, estas especies se presentan en algunas localidades y en otras no. Dos

especies de helmintos introducidas en cuerpos de agua de México se encuentran parasitando a *G. multiradiatus*, confirmándose la invasibilidad de estas comunidades.

La riqueza en los componentes de comunidad varió de 1 a 6 especies, y es mayor en presas y lagos, los ambientes más pobres fueron los canales y el arroyo Tiacaque. De la misma forma, el número de gusanos individuales fue mayor en los lagos y menor en los bordos. La riqueza en las infracomunidades presentó el mismo patrón, varió entre 0.006 a 1.39. La riqueza promedio y el número de gusanos individuales fueron mayores en los peces de los embalses.

La pobreza de las comunidades de helmintos de peces del Altiplano Mexicano ha sido documentado por Pérez et al., 2000 y Salgado-Maldonado et al., 2001. En particular, las comunidades de peces del Lago de Pátzcuaro, Michoacán son muy pobres. Este patrón de baja riqueza difiere del patrón documentado del sureste de México (Salgado-Maldonado y Kennedy, 1997; Vidal-Martínez y Kennedy, 2000). En efecto, el cíclido *Cichlasoma urophthalmus* presentó un componente de comunidad con 31 especies entre los 10 componentes de comunidad que se estudiaron de este cíclido en la Península de Yucatán (Salgado-Maldonado y Kennedy, 1997). En tanto que otro cíclido, *Cichlasoma mekki*, presentó un componente de comunidad integrado con cuatro especies de helmintos (Vidal-Martínez et al., 2001).

Las comunidades de helmintos parásitos de peces del Alto Lerma y en el Altiplano Mexicano tienen afinidades neárticas (Aguilar-Aguilar et al., 2003). La diferencia en riqueza entre estas comunidades y las de peces neotropicales, que hemos señalado, sugieren que los procesos que operan en una y otra área de México pueden ser distintos.

Las comunidades de helmintos parásitos de *G. multiradiatus* en el área actual de su distribución denotan un grado medio de predictibilidad por la presencia de una especie dominante, *Tylodelphys* sp, cuya presencia es casi en todas las localidades de estudio señala la afinidad entre estas dos especies, el hospedero y el parásito. *Tylodelphys* sp, es parte del componente de especies alogénicas parásitas de *G. multiradiatus*, ningún otro de los taxa del mismo tipo alcanza la importancia y consistencia de *Tylodelphys* en la composición de la comunidad. En el listado de especies se observa la presencia de *P. minimum*, una de las especies en mayor frecuencia en cuanto a prevalencia y abundancia entre los peces del Altiplano Mexicano (Salgado-maldonado et al., 2001); sin embargo, en *G. multiradiatus* la

parasitosis para este helminto no es constante ni abundante. Así también, los metacéstodos dilepídidos se han señalado como una característica de las comunidades de helmintos del Altiplano mexicano, en comparación a una presencia escasa en otras áreas de México (Salgado-Maldonado et al., 2001); sin embargo, la presencia de dos especies de dilepididos como parásitos de *G. multiradiatus* es poco consistente a través de las distintas localidades y cuando se presentan son poco abundantes.

Estas características sugieren que los factores locales, como la presencia de hospederos intermediarios adecuados, y la proximidad a ambientes frecuentados por aves (en donde los parásitos alcanzan la madurez sexual y se reproducen), pueden ser los determinantes de la riqueza y composición observada en estas comunidades de parásitos.

Otro aspecto que orienta nuestro criterio hacia esta misma interpretación, es el hecho de que sólo se detectó una especie de helminto específica, *Margotrema bravoae*, que pudiera haberse desarrollado coevolutivamente con *G. multiradiatus*. Esta especie es poco frecuente y rara, su registro en este trabajo en la Presa Villa Victoria, Estado de México y en los canales de riego del Porvenir, Michoacán. En la ciénega Lagunilla, Estado de México (Lamothe-Argumedo, 1970), en el Lago de Pátzcuaro *Alloophorus robustus* y *Allotoca diazi* (Pérez, 2001) y *Allodontichthys zonistius* (Salgado-Maldonado et al., 2004), señalan una distribución discontinua y poco consistente, siempre asociada, con peces de la subfamilia Goodeinae, estos datos apuntan en la dirección de que los factores ecológicos son determinantes de la composición y riqueza de las comunidades de parásitos de *G. multiradiatus*; y que los factores filogenéticos como la especificidad también están presentes, pero con una extensión más limitada.

Nuestros datos confirman, una vez más, que la introducción de hospederos facilita la introducción de especies de parásitos. En efecto el céstodo *B. acheilognathi* y el monogéneo *Gyrodactylus elegans* son especie introducidas junto con la carpa asiática, usada en la acuicultura en el Altiplano Mexicano (Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003). *Bothriocephalus acheilognathi* se registró en la mitad (10 de 20) de los cuerpos de agua muestreados, en particular su presencia en los bordos fue casi constante, esto denota la susceptibilidad de esta comunidad de parásitos a la invasión por especies introducidas. También pudimos observar que éste céstodo alcanza la madurez sexual y la producción de

huevos en *G. multiradiatus* como muestran los ejemplares que se recolectaron en este trabajo.

Con respecto a la similitud en las infracomunidades fue notorio que existe poca predictibilidad de la estructura y composición de las comunidades de helmintos de *G. multiradiatus* a lo largo de la distribución geográfica del hospedero, esto podría atribuirse a factores microclimáticos locales que no fue posible analizar durante el trabajo.

La búsqueda de patrones en ecología de comunidades solo es redituable si pueden encontrarse patrones generales consistentes y predecibles. De otra forma, la mirada de factores que se necesita tomar en cuenta para explicar los innumerables patrones de variabilidad no nos permitirían establecer ninguna generalización sobre las reglas de estructura de las comunidades. Los datos de nuestro trabajo demuestran la persistencia y la consistencia de las comunidades de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en 2 localidades durante 12 meses continuos de exámenes de muestras de peces comparables.

La repetitividad, persistencia y consistencia de la estructura de la comunidad estudiada es notoria en el registro de riqueza con una variabilidad restringida dentro de un límite casi constante en las dos localidades durante los 12 meses de colecta. Así también, en el registro persistente y constante de una especie dominante, la misma en ambas localidades.

Las diferencias en la intensidad de la infección son atribuibles a factores locales que afectan la efectividad de la trasmisión de los helmintos. La disponibilidad de hospederos intermediarios, la frecuencia y la abundancia de aves hospederos definitivos de helmintos, así como otros factores abióticos como la extensión del cuerpo de agua, su edad, profundidad, y transparencia del agua afectan las condiciones locales de la trasmisión de este grupo de especies de helmintos alogénicos, favoreciendo su dinámica poblacional en Chicahuapan en tanto que en San Juanico su presencia se ve más restringida.

En conclusión los datos de este estudio confirman que las comunidades de helmintos de goodéidos del Altiplano Mexicano, en particular de *G. multiradiatus* son pobres y poco diversas, dominadas por una sola especie de helminto de presencia amplia y consistencia entre las localidades en que se distribuye las poblaciones de hospederos. Que los factores filogenéticos, como la presencia de especies de parásitos específicos a este

hospedero son quizá menos determinantes de la riqueza y composición que los factores ecológicos, como la presencia de aves y hospederos intermediarios adecuados.

Literatura citada

- Aguilar-Aguilar, R., R. Contreras-Medina y G. Salgado-Maldonado. 2003. Parsimony Analysis of endemism (PAE) of Mexican hidrological basins based on helminth parasites of freshwater fishes. *Journal of Biogeography* 30: 1861-1872.
- Clench, H. 1979. How to make regional list of butterflies: Some thoughts. *Journal of Lepidopterists Society* 33: 216-231.
- Krebs, C. J. 1989. *Ecological methodology*. Harper Collins Publishers, New York, New York, 654 p.
- Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris, y G. A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an *ad hoc* committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68:131-133.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London, London. 179 p.
- Pérez- Ponce, G., L. García-Prieto, V. León-Regagnon y A. Choudhury. 2000. Helminth communities of native and introduced in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology* 57: 3003-325.
- Pérez- Ponce, G. 2001. *Margotrema guillerminae* N. sp. (Trematoda: Macroderoididae) from two species of freshwater fishes in lake Zacapi, Michoacan state, Mexico, and new record of *Margotrema bravoae* Lamothe, 1970. *Journal of Parasitology* 87: 1112-1114.
- Poulin, R. 1998. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology* 84: 485-490.
- Salgado-Maldonado, G., y 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., G. Cabañas-Carranza, E. Soto Galera, J. M. Caspeta-Mandujano, R. G. Moreno-Navarrete, P. Sánchez-Nava y R. Aguilar-Aguilar. 2001. A checklist

- of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River Basin, Mexico. *Comparative Parasitology* 68: 204-218.
- Salgado-Maldonado, G y R. Pineda-López. 2003. The Asian fish tapeworm *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguty, 1934 in Mexican freshwaters fishes. *Biological Invasions* 5: 261-268.
- Salgado-Maldonado, G., N. Mercado-Silva, G. Cabañas-Carranza, J. M. Caspeta-Mandujano, R. Aguilar-Aguilar, y L. I. Iñiguez-Dávalos. 2004. A Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila River, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, West Central México. *Comparative Parasitology* 71: 67-72.
- Sánchez-Nava, P., G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera y B. Jaimes-Cruz. 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River Subbasin, Mexico. *Parasitology Research* 93: 396-402.
- Sokal, R. R., y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry. The principles and practice of statistics in biological research.* W. H. Freeman and Co. San Francisco, U.S.A. 859 pp.
- Southwood, T. R. E. 1978. *Ecological methods.* 2nd ed. Chapman and Hall, London, U. K., 524 p.
- Timi, J. T, y R. Poulin 2003. Parasite community structure within and across host populations of a marine pelagic fish: how repeatable is it? *International Journal For Parasitology* 33: 1353-1362.
- Vidal-Martínez, V. M., y C. R. Kennedy. 2000. Potential interactions between the intestinal helminths of the ciclid *Cichlasoma synspilum* from southeastern Mexico. *Journal of Parasitology* 86: 691-685.
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís y E. F. Mendoza-Franco. 2001. *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of México.* Academia, 165 pp.

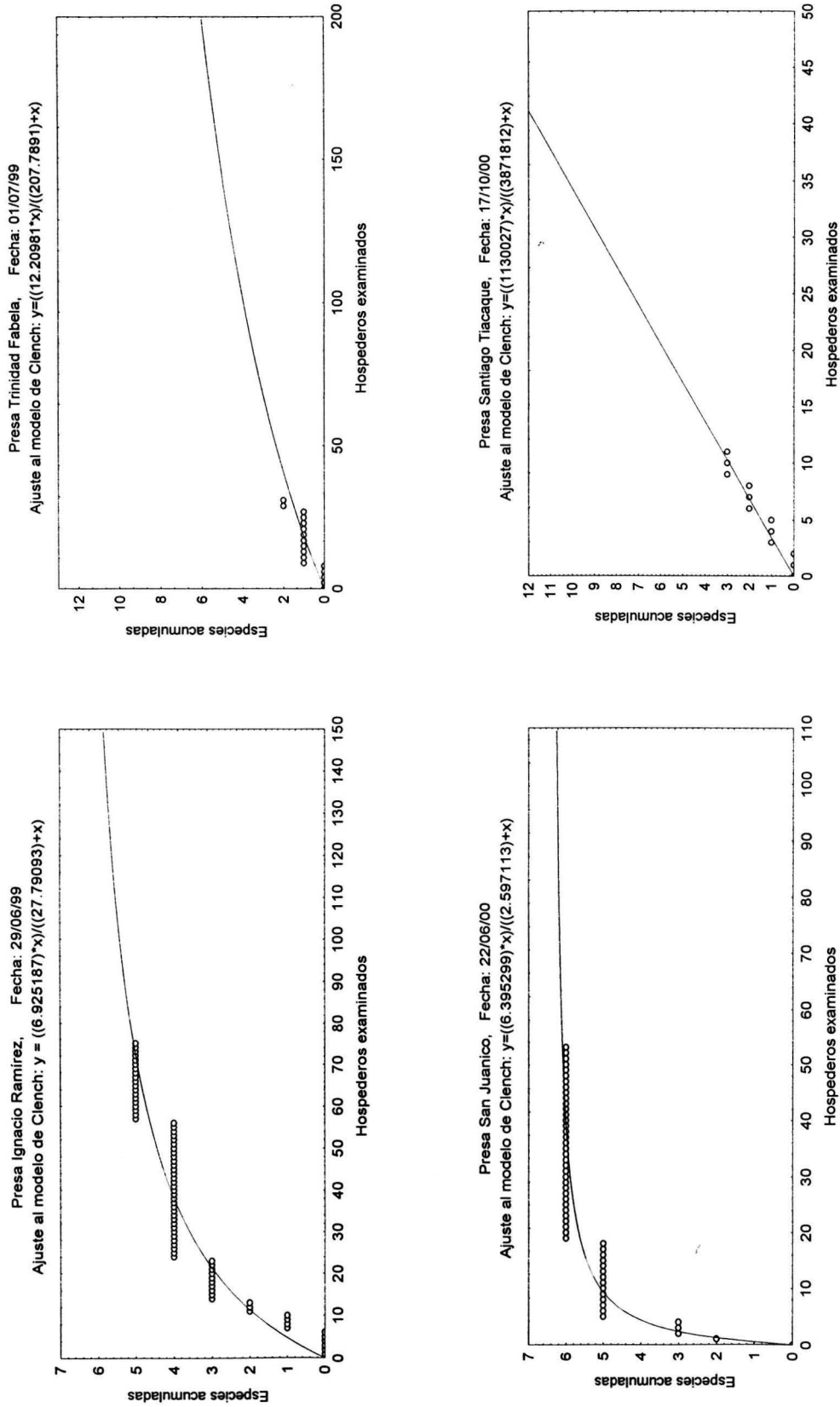


Figura 1.- Curvas de acumulación de especies de helmintos en los muestreos de *Girardinichthys multiradiatus* en los embalses de la Subcuenca Alta del río Lerma.

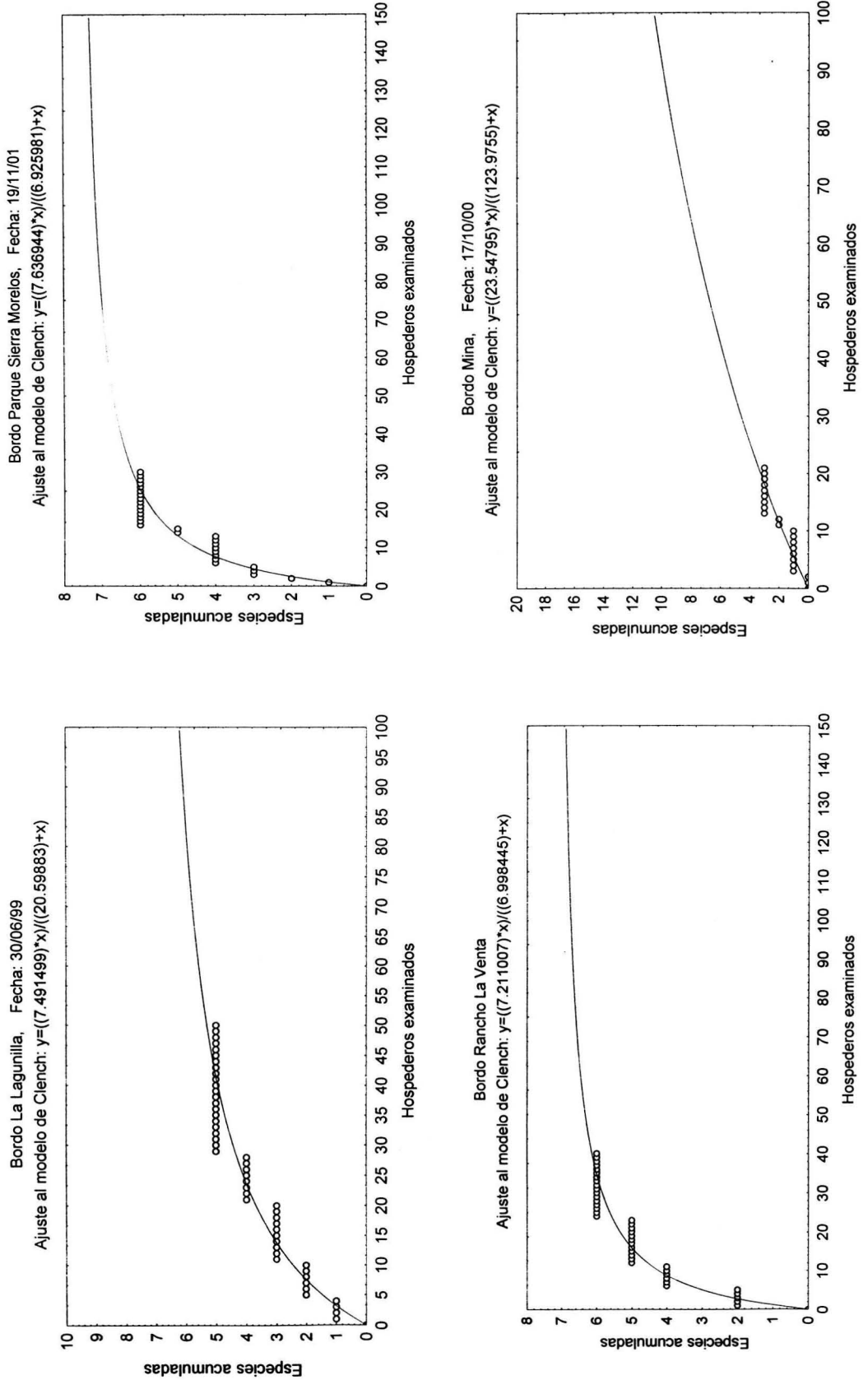


Fig. 2.- Curvas de acumulación de especies de helmintos de los muestreos de *Girardinichthys multiradiatus* en los bordos de la Subcuenca Alta del río Lerma.

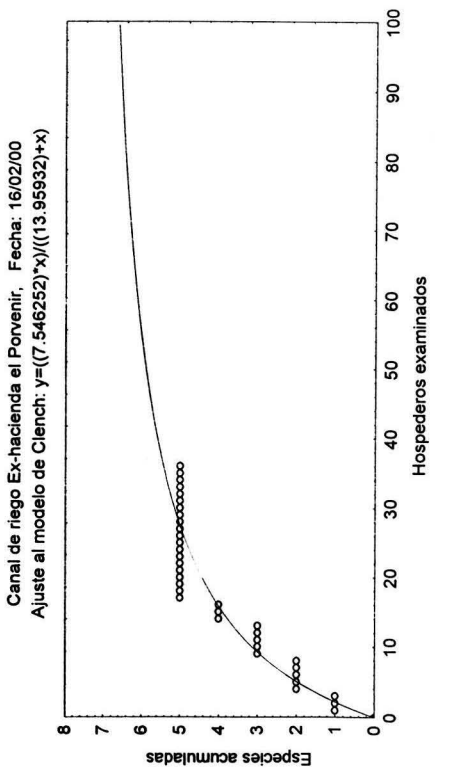
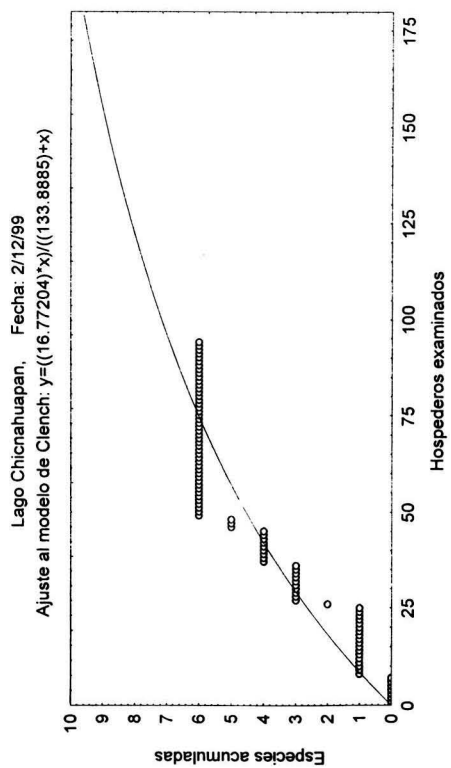
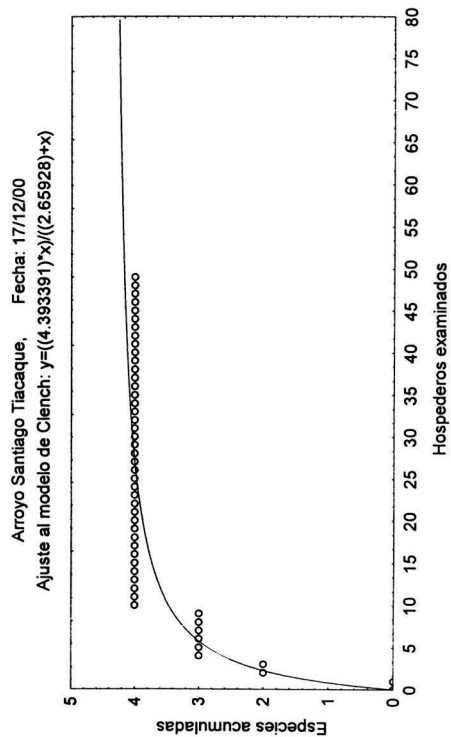
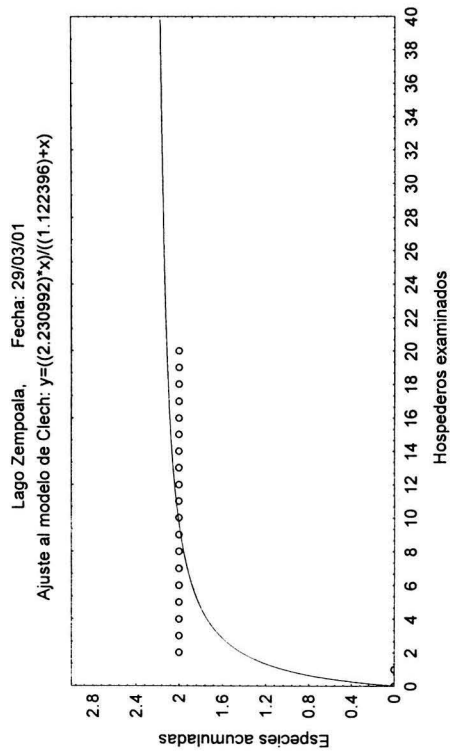


Fig. 3.- Curvas de acumulación de especies en muestreos de *G. multiradiatus* en lagos, canales de riego y arroyos de la Subcuenca Alta del río Lerma.

Tabla 1.- Prevalencia y abundancia promedio de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en 6 presas de la subcuenca Alta del Lerma, (P = prevalencia; M. A. = Abundancia promedio; G = Especie generalista; E = Especialista; Au = Autogénica; Au = Autogénica; Al = Alogénica).

Helminto	Hábitat	Status	I. Ramirez (75)		T. Fabela (31)		San Juanico (53)		S. Tlacaque (11)		V. Victoria (5)		*Tepetitlan (1)	
			P	MA	P	MA	P	MA	P	MA	P	MA	P	MA
Trematoda (Adulto)														
Family Allocreadiidae Stossich, 1903														
<i>Margotrema bravoae</i> (Lamothe-Argumedo, 1970)	Intestino	E/Au	-	-	-	-	-	-	-	-	40	9	-	-
Trematoda (metacercaria)														
Family Diplostomidae Poirier, 1886														
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Maccallum, 1921) Dubois, 1936	Mesenterio Higado	G/Al	-	-	-	-	5.7	0.8	9.09	0.09	-	-	-	-
<i>Tylodelphys</i> sp.	Cavidad del cuerpo, mesenterio	G/Al	14.7	0.441	3.2	0.032	69.8	3.2	72.72	4.36	20	0.2	-	-
Monogenea														
Family Gyrodactylidae Cobbold, 1864														
<i>Gyrodactylus elegans</i> Nordmann, 1832	aletas	G/Au	-	-	-	-	17	0.203	-	-	-	-	-	-
Cestoda (Adulto)														
Family Bothriocephalidae Blanchard, 1849														
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	Intestino	G/Au	2.7	0.026	-	-	24.5	0.425	-	-	-	-	-	-
Cestoda (Metacestodos)														
Family Diphylobothriidae Lühe, 1910														
<i>Ligula intestinalis</i> (Gmelin, 1970) Goeze, 1972	Cavidad del cuerpo	G/Al	1.3	0.013	-	-	1.9	0.018	-	-	-	-	-	-
<i>Valipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	Vescicula biliar	G/Al	9.3	0.173	3.2	0.032	20.8	0.4	9.09	0.09	-	-	-	-
Nematodes (Larvas)														
Family Anisakidae Railliet and Henry, 1912														
<i>Contracaecum</i> sp.	Mesenterio	G/Al	1.3	0.013	-	-	-	-	-	-	20	0.2	-	-
Family Kathlamidae Lane, 1914														
<i>Falcaustra</i> sp.	Mesenterio intestino	G/Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100	4
Acantocephala (larva)														
Family Polymorphidae Meyer, 1931														
<i>Polymorphus brevis</i> (Van Cleave, 1916) Travassos, 1926	Mesenterio	G/Al	-	-	-	-	-	-	18.18	0.181	-	-	-	-

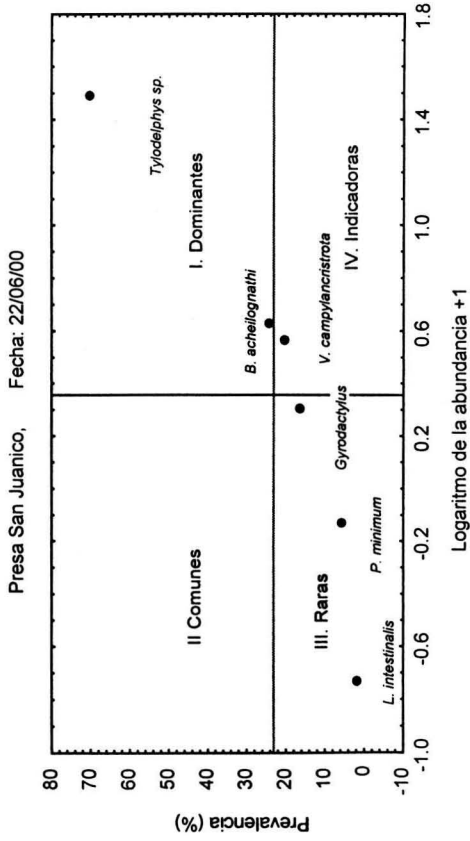
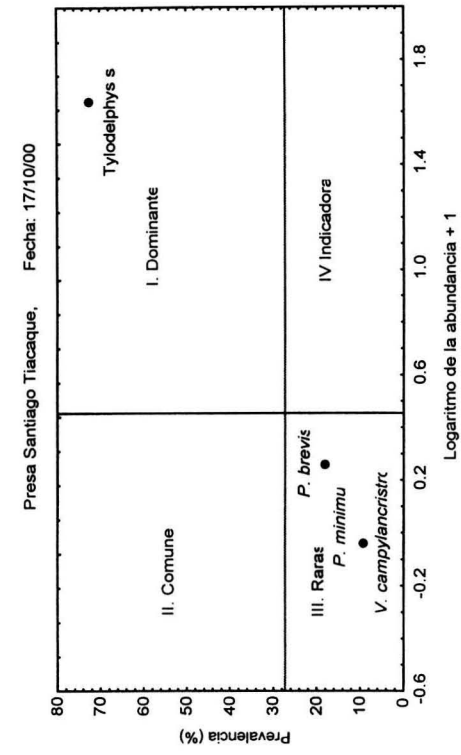
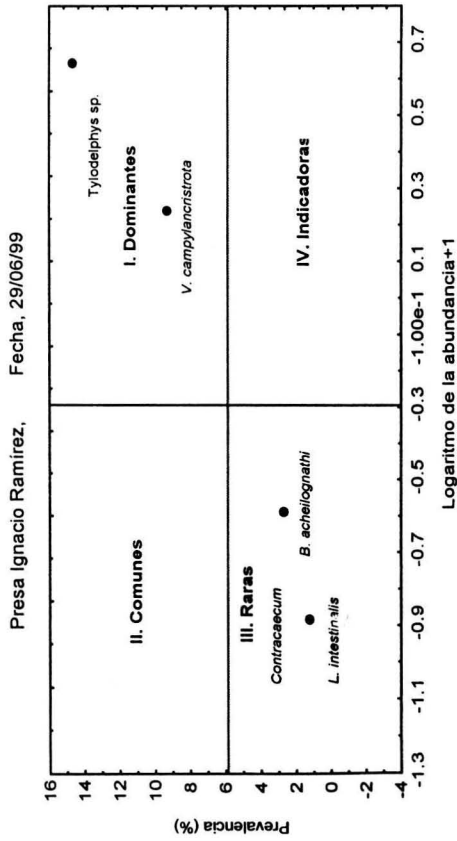
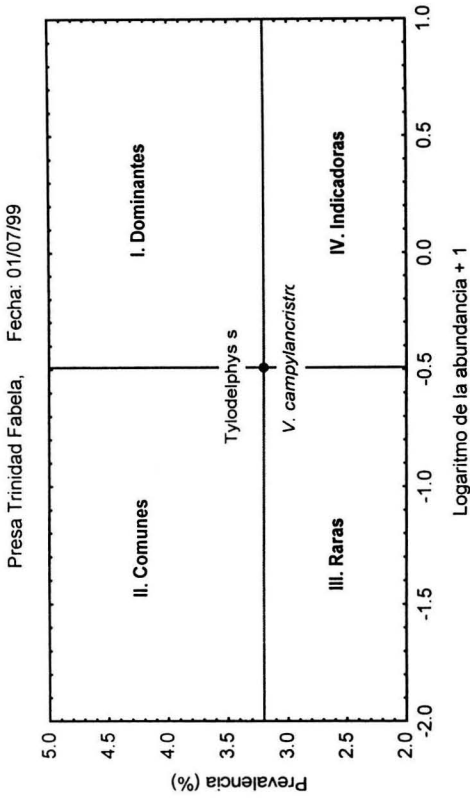


Fig. 4.- Análisis de Olmstead-Tukey de las especies de helmintos parásitos de *G. multiradiatus* en los embalses de la Subcuenca Alta del río Lerma.

Tabla 2.- Características de las infracomunidades de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en presas de la subcuenca Alta del río Lerma, (Tyl = *Tylodelphys* sp, Vca = *Valipora campylancristrota* y Mbr = *Margotrema bravoae*, DS = desviación estandar).

Característica	Presas					
	Ignacio Ramirez	Trinidad Fabela	San Juanico	Santiago Triacaque	Villa Victoria	
Componente de comunidad						
No. total de especies	5	2	6	4	3	
No. de gusanos recolectados	50	2	226	52	47	
Estimador de riqueza Bootstrap (SB)	5.86	2.72	6.4	4.8	3.73	
Infracomunidad						
Número de especies promedio (\pm DS)	0.29 \pm 0.70	0.06	1.39 \pm 0.90	1.09 \pm 0.94	0.8 \pm 0.83	
Intervalo	0-2	0-1	0-4	0-1	0-2	
Número de gusanos promedio (\pm DS)	0.66 \pm 2.12	0.06	4.26 \pm 5.05	4.72 \pm 4.42	9.4 \pm 12.73	
Intervalo	0-10	0-1	0-31	0-12	0-27	
Índice de Brillouin promedio (\pm DS)	0.051 \pm 0.20	0?	0.25 \pm 0.33	0.145 \pm 0.275	0.044 \pm 0.098	
Intervalo	0 - 1.15	0?	0 - 1.18	0 - 0.81	0 - 0.22	
Especie dominante	Tyl	Tyl - Vca	Tyl	Tyl	Mbr	
Índice de Berger-Parker promedio (\pm DS)	0.11 \pm 0.3	0.03 \pm 0.18	0.56 \pm 0.42	0.64 \pm 0.44	0.39 \pm 0.53	
Intervalo	(0 - 1)	(0 - 1)	(0 - 1)	(0 - 1)	(0 - 1)	

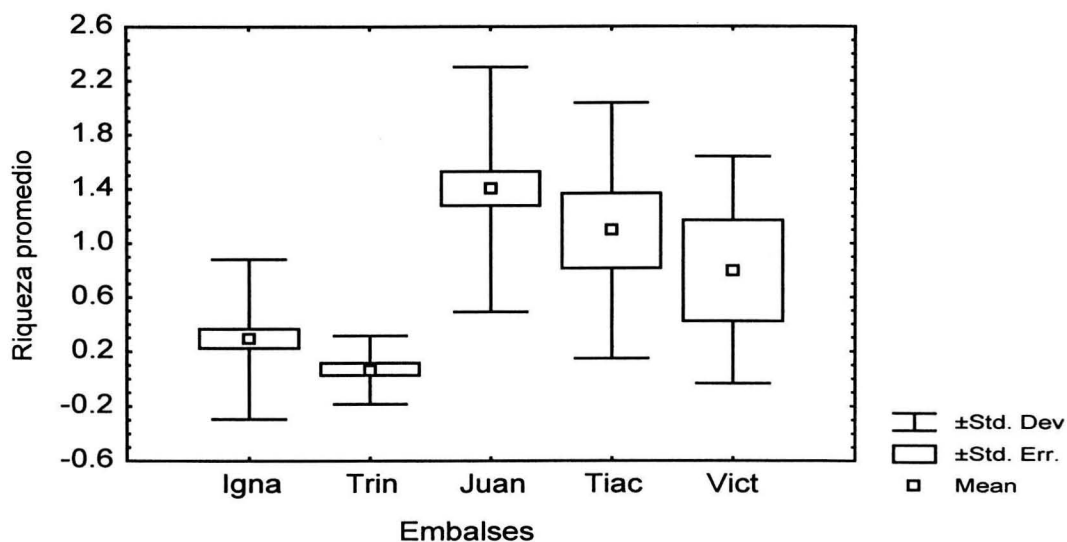


Figura 5.- Riqueza promedio de especies en las infracomunidades de *G. multiradiatus* en los embalses de la Subcuenca Alta del Lerma, (Igna = Ignacio Ramírez, Trin = Trinidad Fabela, Tiac = Santiago Tiacaque, Vict = Villa Victoria).

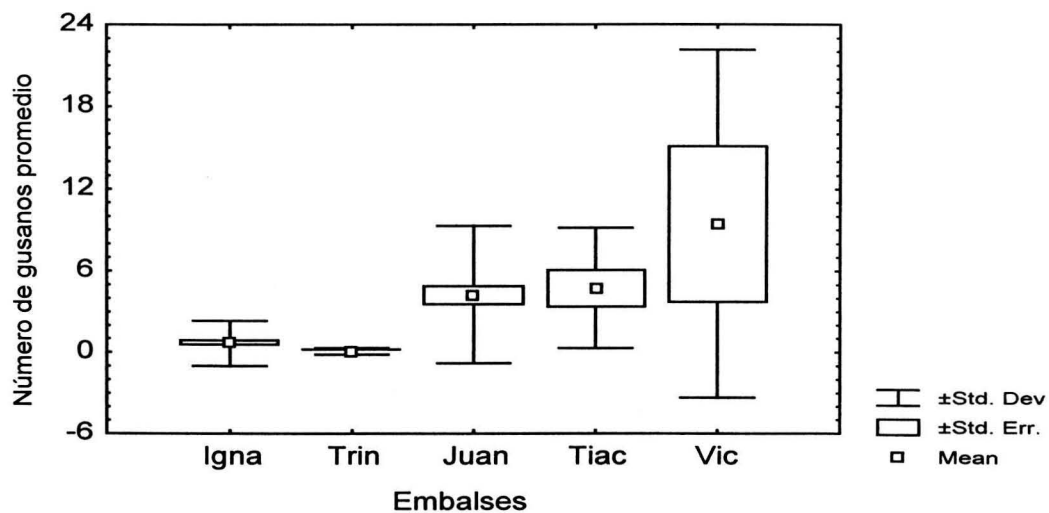


Figura 6.- Número de gusanos promedio en las infracomunidades de *G. multiradiatus* en los embalses de la subcuenca Alta del Lerma, (Igna = Ignacio Ramírez, Trin = Trinidad Fabela, Tiac = Santiago Tiacaque, Vict = Villa Victoria).

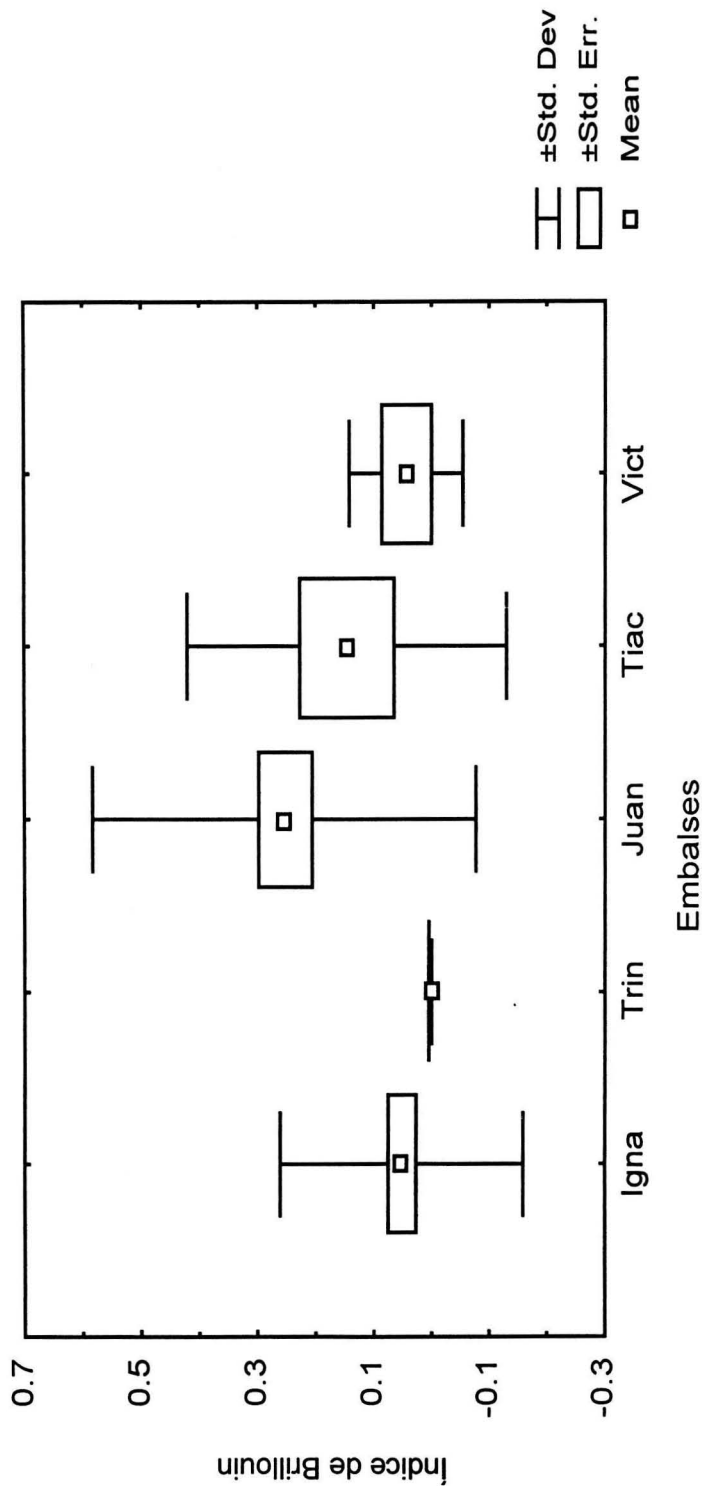


Figura 7.- Índice de Brillouin promedio en las infracomunidades de *G. multiradiatus* en los embalses de la Subcuenca Alta del río Lerma, ((Igna = Ignacio Ramírez, Trin = Trinidad Fabela, Tiac = Santiago Tiacaque, Vict = Villa Victoria).

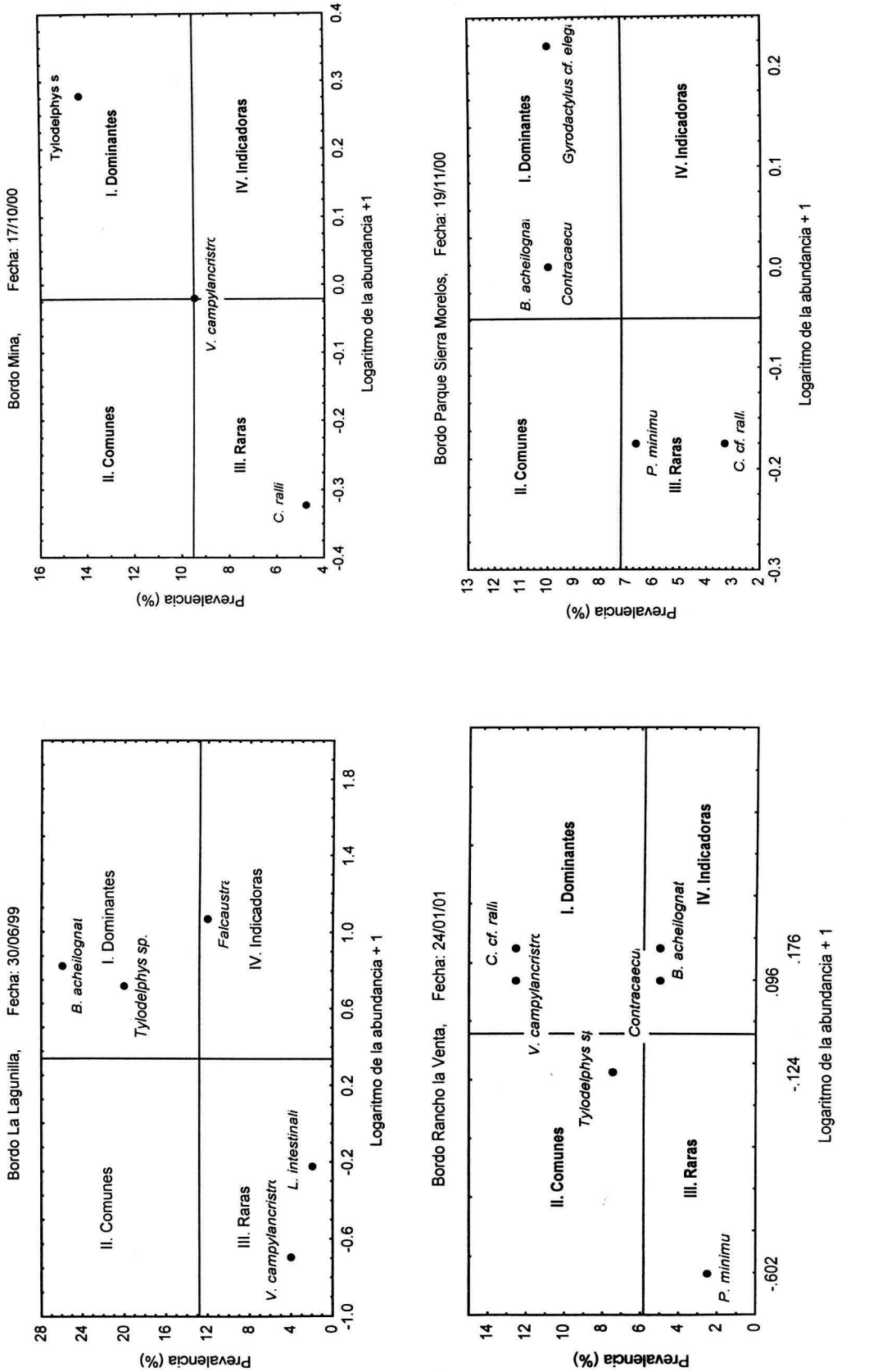


Figura 8.- Análisis de Olmstead Tukey de las infracomunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* en algunos bordos de la Subcuenca Alta del Río Lerma.

Tabla 2.- Características de las infracomunidades de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en presas de la subcuenca Alta del río Lerma, (Tyl = *Tylodelphys* sp, Vca = *Valipora campylancristrota* y Mbr = *Margotrema bravoae*, DS =desviación estandar).

Característica	Presas					
	Ignacio Ramirez	Trinidad Fabela	San Juanico	Santiago Tiacaque	Villa Victoria	
Componente de comunidad						
No. total de especies	5	2	6	4	3	
No. de gusanos recolectados	50	2	226	52	47	
Estimador de riqueza Bootstrap (SB)	5.86	2.72	6.4	4.8	3.73	
Infracomunidad						
Número de especies promedio (\pm DS)	0.29 \pm 0.70	0.06	1.39 \pm 0.90	1.09 \pm 0.94	0.8 \pm 0.83	
Intervalo	0-2	0-1	0-4	0-1	0-2	
Número de gusanos promedio (\pm DS)	0.66 \pm 2.12	0.06	4.26 \pm 5.05	4.72 \pm 4.42	9.4 \pm 12.73	
Intervalo	0-10	0-1	0-31	0-12	0-27	
Índice de Brillouin promedio (\pm DS)	0.051 \pm 0.20	0?	0.25 \pm 0.33	0.145 \pm 0.275	0.044 \pm 0.098	
Intervalo	0 - 1.15	0?	0 - 1.18	0 - 0.81	0 - 0.22	
Especie dominante	Tyl	Tyl - Vca	Tyl	Tyl	Mbr	
Índice de Berger-Parker promedio (\pm DS)	0.11 \pm 0.3	0.03 \pm 0.18	0.56 \pm 0.42	0.64 \pm 0.44	0.39 \pm 0.53	
Intervalo	(0 - 1)	(0 - 1)	(0 - 1)	(0 - 1)	(0 - 1)	

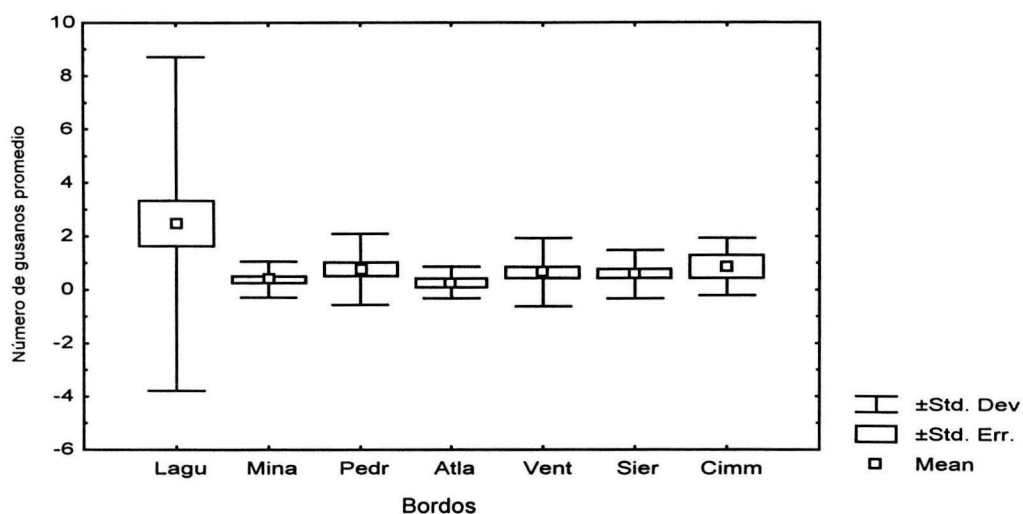


Figura 9.- Número de gusanos promedio de helmintos en las infracomunidades de *G. multiradiatus* en los bordos de la Subcuenca Alta del río Lerma, (Lagu = La Lagunilla, Pedr = San Pedro, Atla = Atlacomulco, Vent = La Venta, Sier = Sierra Morelos, Cimm = CIMMYT).

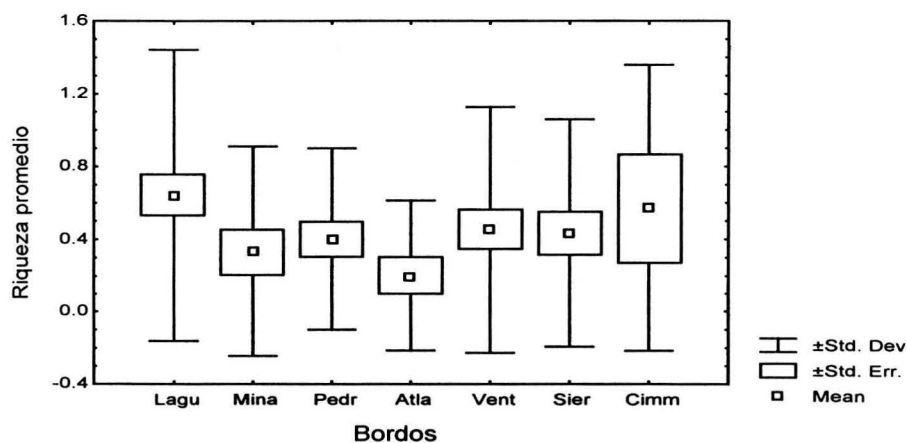


Figura 10.- Riqueza promedio de especies en las infracomunidades de *G. multiradiatus* en los bordos de la Subcuenca Alta del río Lerma, (Lagu = La Lagunilla, Pedr = San Pedro, Atla = Atlacomulco, Vent = La Venta, Sier = Sierra Morelos, Cimm = CIMMYT).

Table 5.- Prevalencia y abundancia promedio de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en tres lagos, dos canales de riego y el arroyo Santiago Tiacaque de la subcuenca Alta del Lerma. (P = prevalencia; MA = abundancia promedio, E = especie especialista, G = generalista, Au = autogénica, Al = alogénica).

Helminto	Habitat	Status	Localidades (Lagos)						Localidades (Canales de riego)				Localidad (Arroyo)						
			Salazar (12)		Chichahuapan (92)		Almoloya del Río (20)		El Porvenir (36)		S. Tiacaque (49)		P	MA					
			P	MA	P	MA	P	MA	P	MA	P	MA							
Trematoda (Adulto)																			
Family Allocreadiidae Stossich, 1903																			
<i>Margotrema bravoae</i> (Lamothe-Argumedo, 1970)	Intestino	E/Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.55	0.05	-	-	-	-
Trematoda (metacercaria)																			
Family Diplostomidae Poirier, 1886																			
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Maccallum, 1921) Dubois, 1936	Mesenterio Higado	G/Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.77	0.083	-	-	-	-
<i>Tylolephys</i> sp.	Cavidad del cuerpo, mesenterio	G/Al	66.7	2.83	40	1.75	45.7	2.86	70	3.6	-	-	-	-	-	71.42	6.38	-	-
Family Plagiorchiidae Lühe, 1901																			
<i>Ocherosoma brevicacuum</i> (Caballero and Caballero, 1941) Flores-Barroeta y Grocott, 1953	Mesenterio	G/Au	-	-	-	-	3.3	0.042	-	-	2.77	0.027	2.04	0.02	-	-	-	-	-
Monogenea																			
Family Gyrodactylidae Cobbold, 1864																			
<i>Gyrodactylus</i> c.f. <i>elegans</i> Nordmann, 1832	aletas	G/Au	16.7	0.25	-	-	30.43	0.521	-	-	-	-	-	-	-	8.16	0.183	-	-
Cestoda (Adulto)																			
Family Bothriocephalidea Blanchard, 1849																			
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	Intestino	G/Au	8.33	0.08	-	-	2.12	0.021	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cestoda (Metacestodos)																			
Family Diphylobothriidae Lühe, 1910																			
<i>Ligula intestinalis</i> (Gmelin, 1770) Goeze, 1972	Cavidad del cuerpo	G/Al	-	-	55	1.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Dilepididae Railliet and Henry, 1909																			
<i>Cyclusstera</i> c.f. <i>ralli</i> Underwood and Dronen, 1986		G/Al	-	-	-	-	5.2	0.06	-	-	-	-	-	36.1	0.6	-	-	-	-
<i>Valipora campylancristrota</i> (Wedl, 1855)	Vesícula biliar	G/Al	-	-	-	-	3.3	0.053	5	0.05	-	-	-	-	-	6.12	0.061	-	-
Nematodes (Larvas)																			
Family Anisakidae Railliet and Henry, 1912																			
<i>Contracaecum</i> sp.	Mesenterio	G/Al	-	-	-	-	-	-	5	0.05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Family Gnathostomidae Railliet, 1895																			
<i>Spiroxyx</i> sp.	Mesenterio	G/Au	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.77	0.027	-	-	-	-
Acantocephala (larva)																			
Family Polymorphidae Meyer, 1931																			
<i>Polymorphus brevis</i> (Van Cleave, 1916) Travassos, 1926	Mesenterio	G/Al	8.33	0.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-

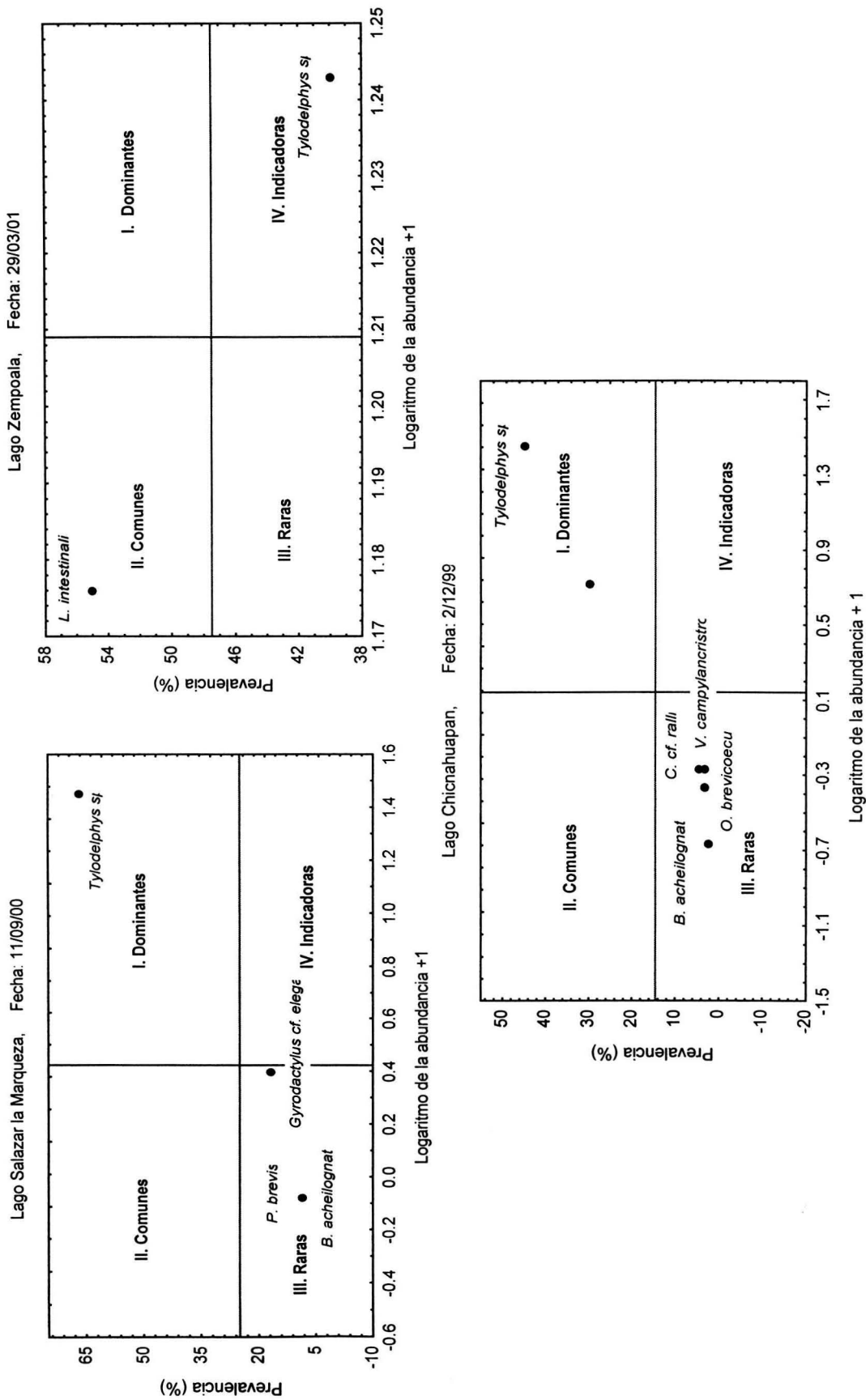


Figura 11.- Análisis de Olmsted –Tukey de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en los lagos de la Subcuenca Alta del río Lerma.

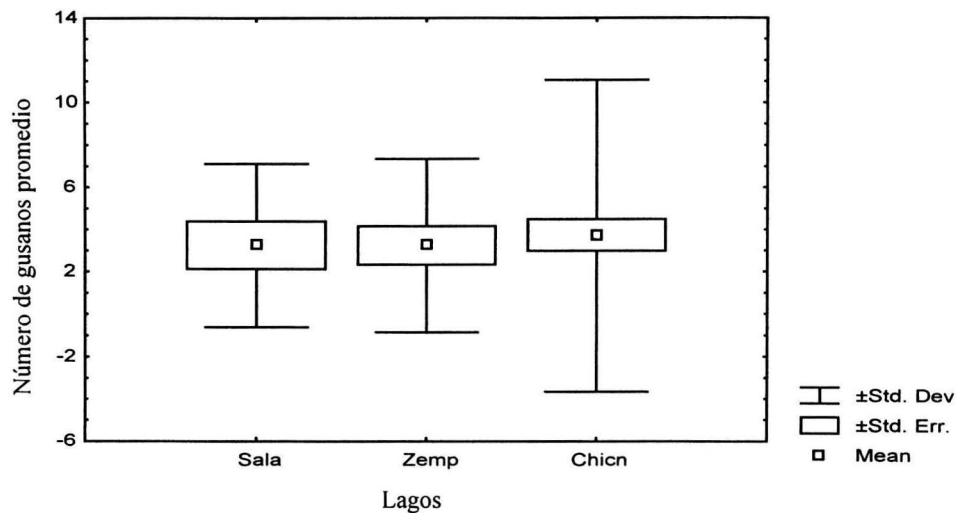


Figura 12.- Número de gusanos promedio en las infracomunidades de *Girardinichthys multiradiatus* en los lagos de la subcuenca Alta del río Lerma, (Sala = Salazar, Zemp = Zempoala, Chic = Chicnahuapan).

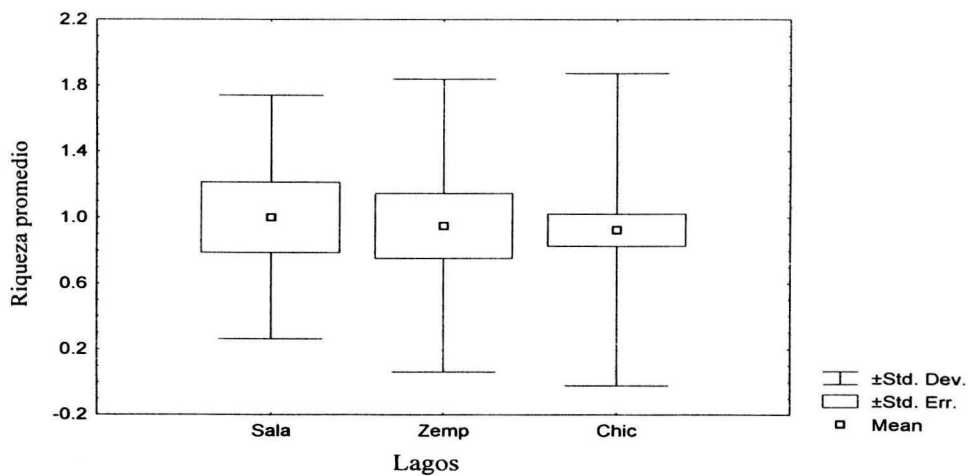


Figura 13.- Riqueza promedio de especies en las infracomunidades de *Girardinichthys multiradiatus* en los lagos de la subcuenca Alta del río Lerma, (Sala = Salazar, Zemp = Zempoala, Chic = Chicnahuapan).

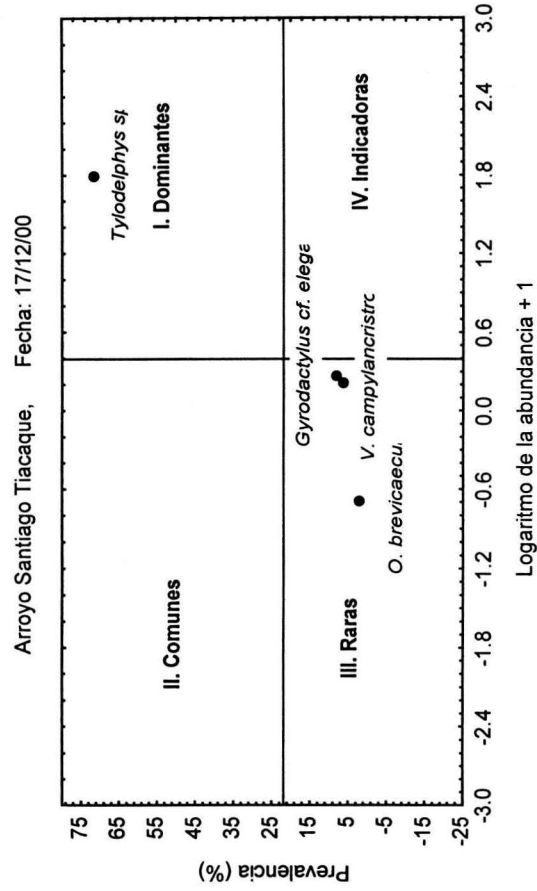
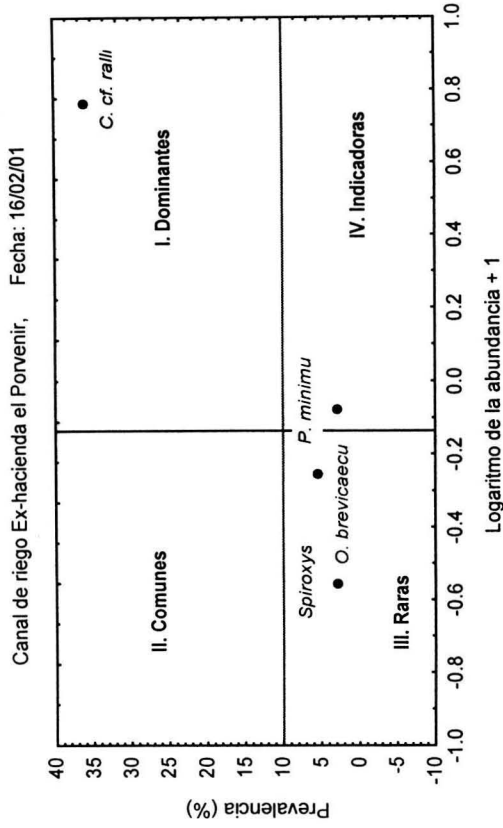
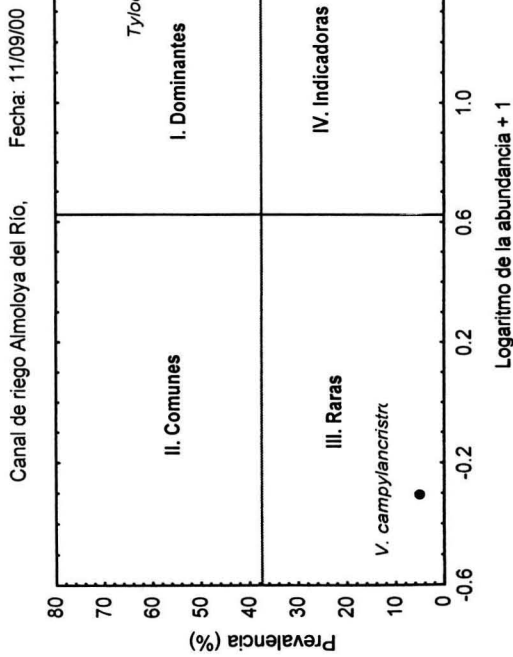


Figura 14.- Análisis de Olmstead-Tukey de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en los canales de riego y el arroyo Tiacaque de la subcuenca Alta del río Lerma.

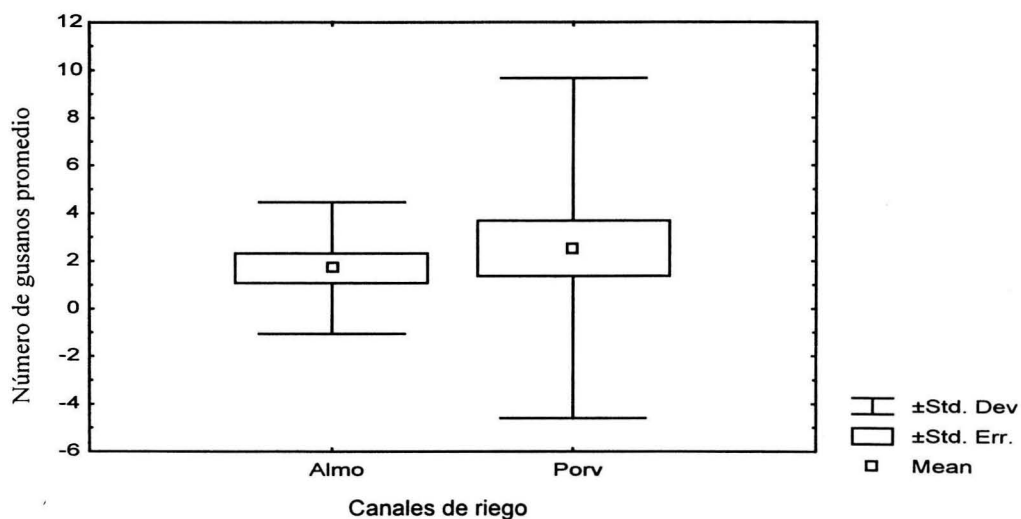


Figura 15.- Numero de gusanos promedio en las infracomunidades de *Girardinichthys multiradiatus* en los canales de riego de la Subcuenca Alta del río Lerma, (Almo = Almoloya, Porv = El Porvenir).

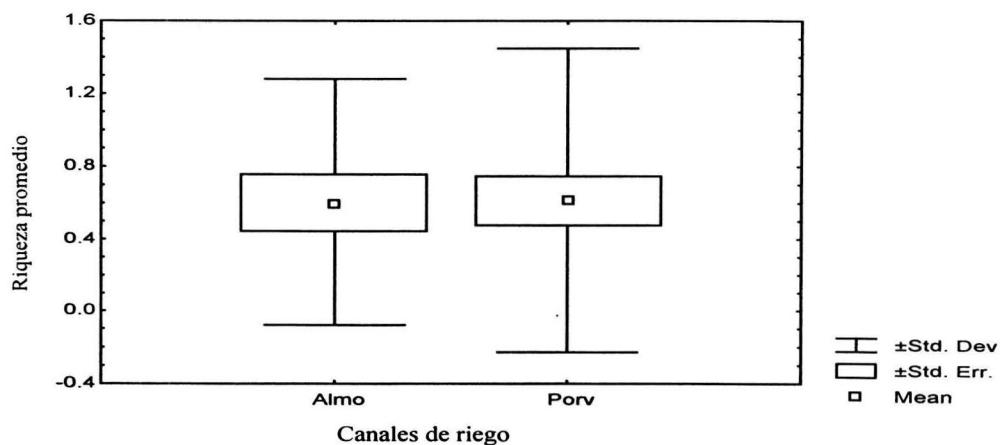


Figura 16.- Riqueza promedio en las infracomunidades de *Girardinichthys multiradiatus* en los canales de riego de la subcuenca Alta del río Lerma, (Almo = Almoloya, Porv = El Porvenir)..

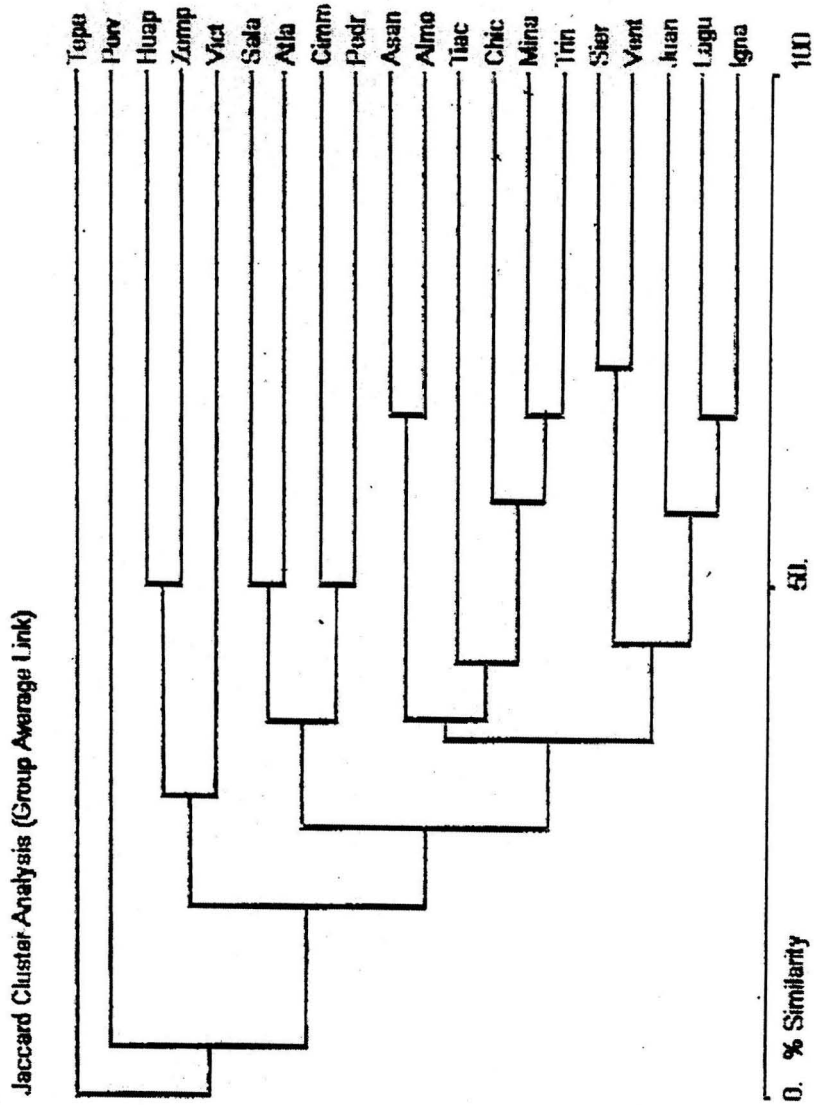


Fig. 17.- Análisis de similitud entre pares de infracomunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* en localidades de la Subcuenca Alta del río Lerma, México.

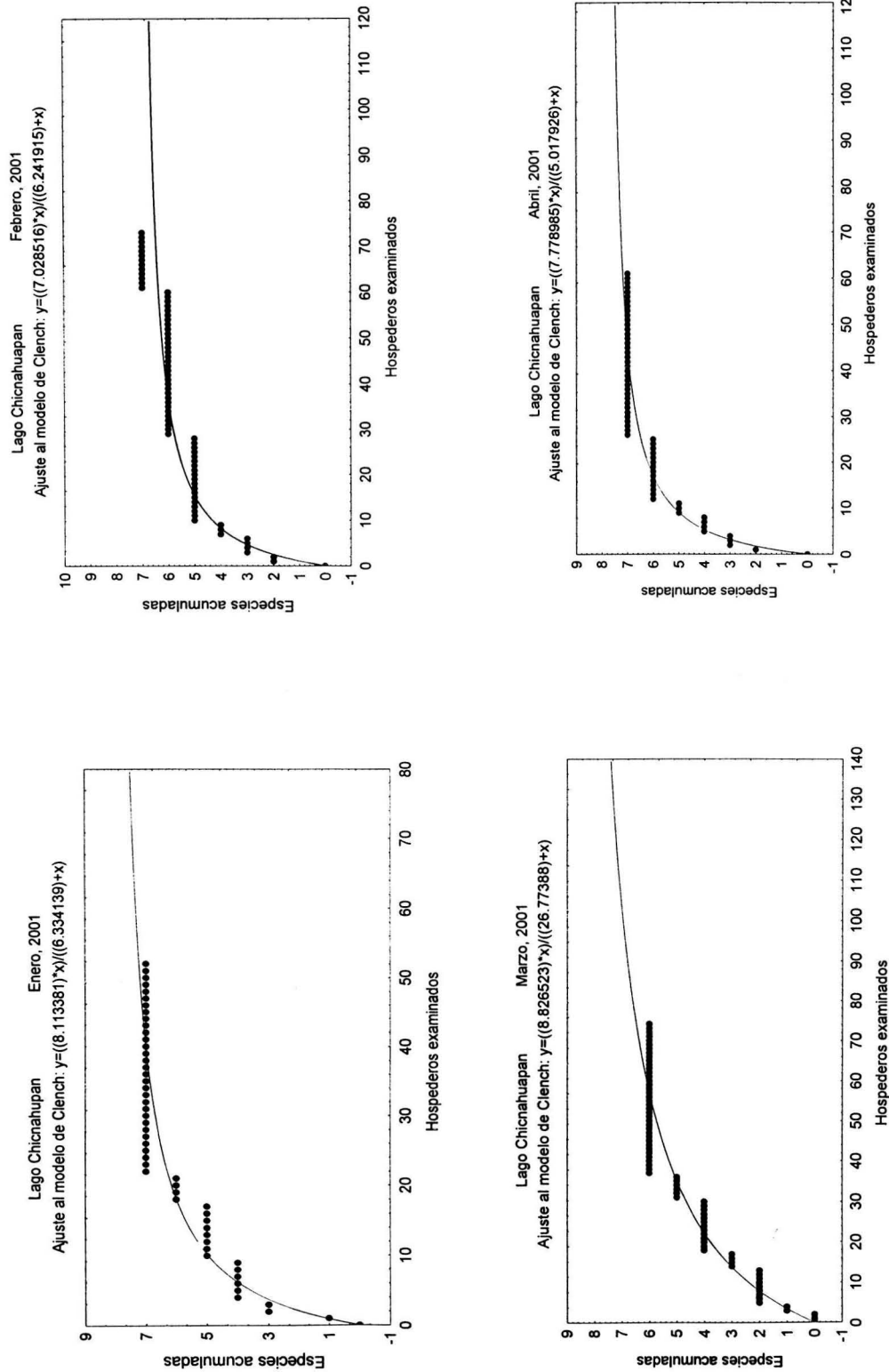
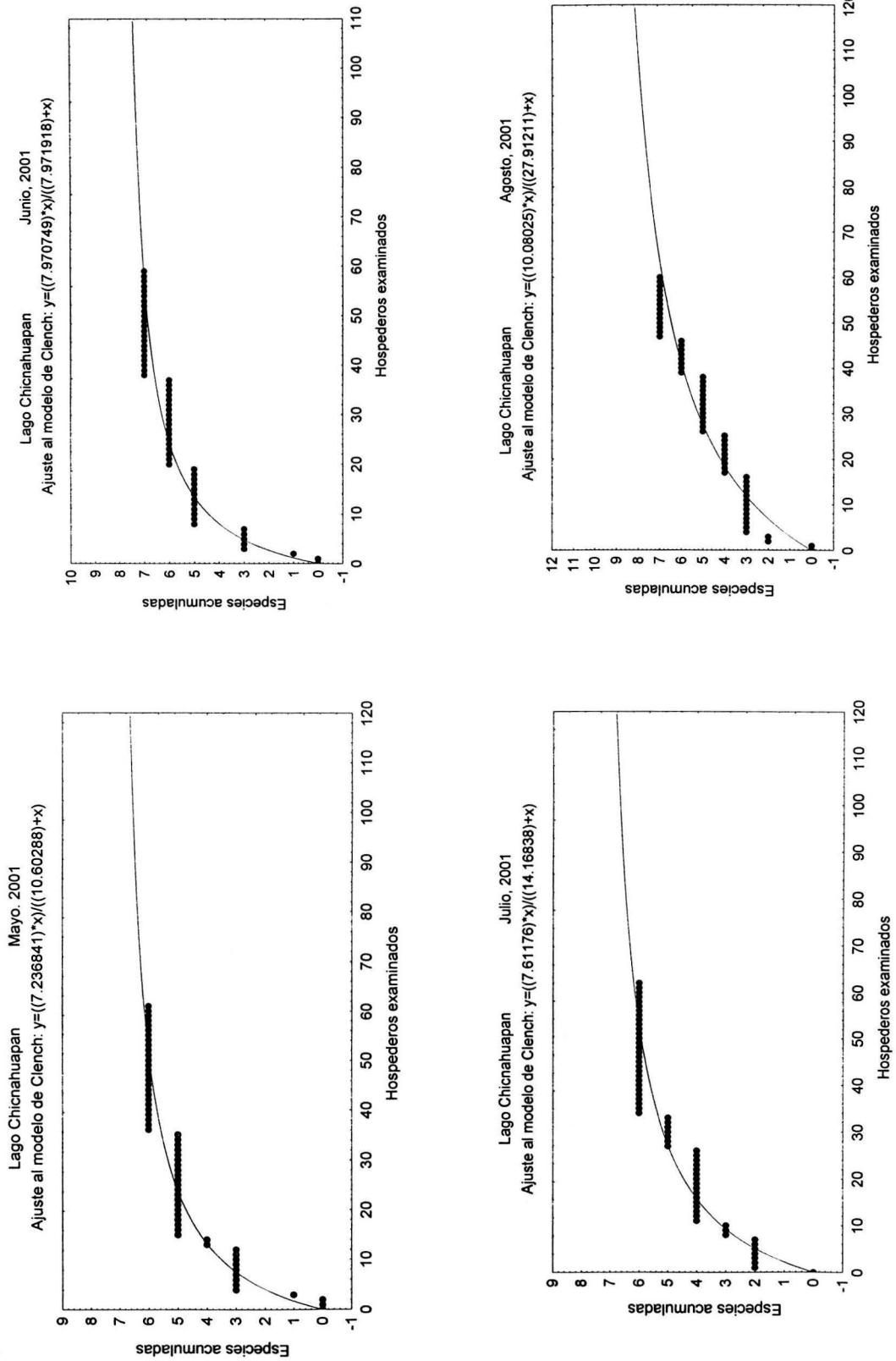
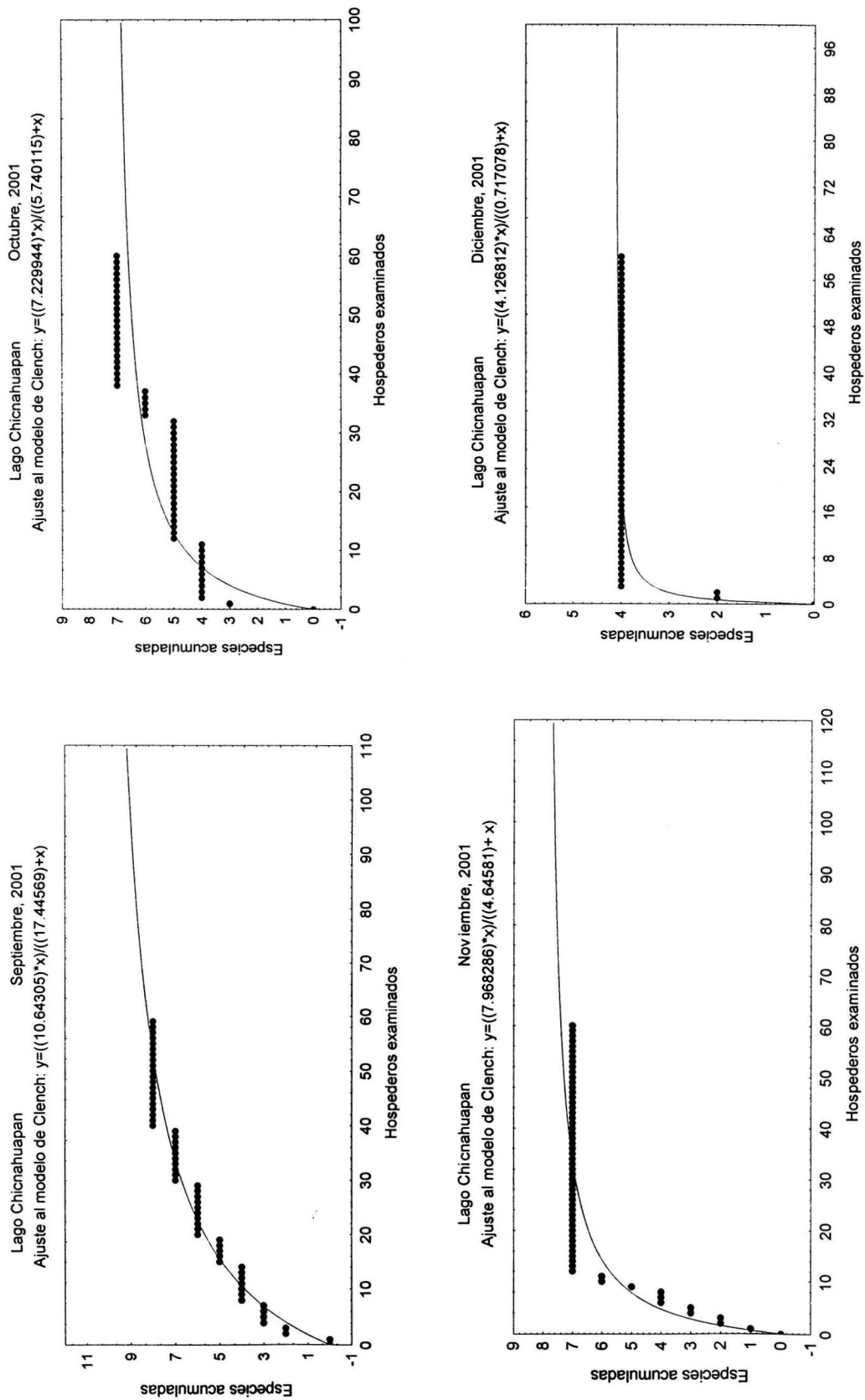


Figura 18.- Curvas de acumulación de especies de los muestreos mensuales de *Girardinichthys multiradiatus* del Lago Chichahuapan, Estado de México.



Continuación Figura 18



Continuación Figura 18.

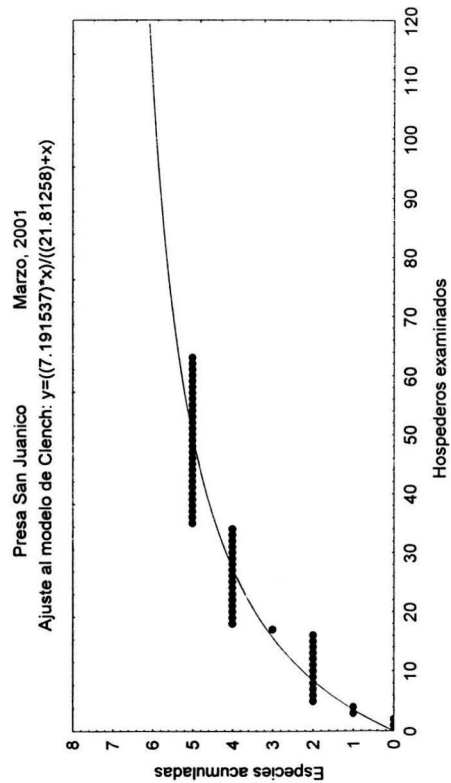
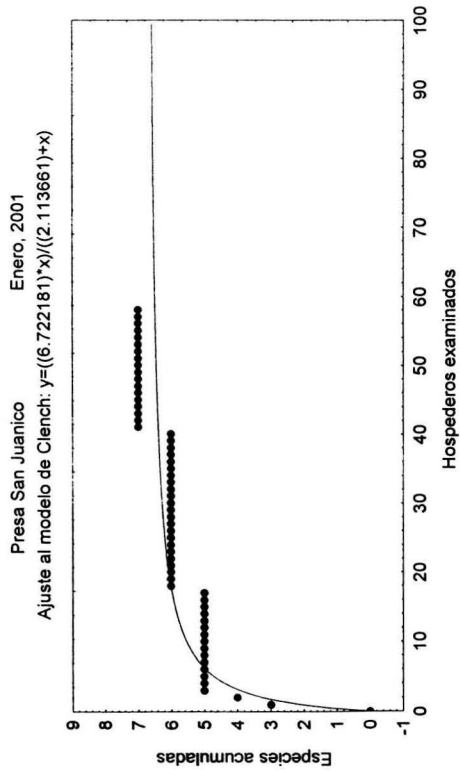
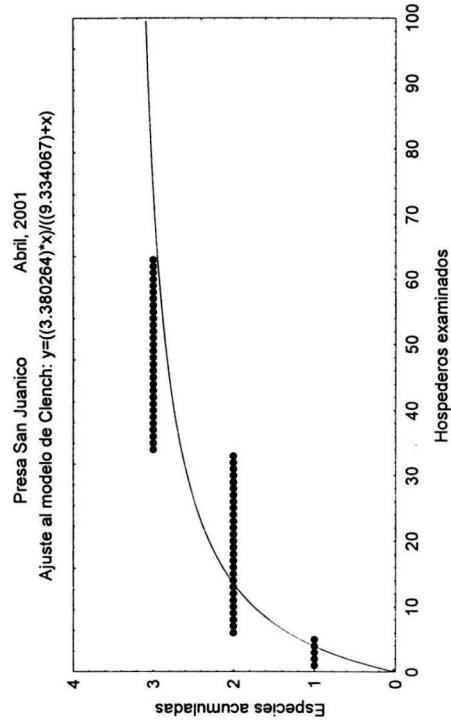
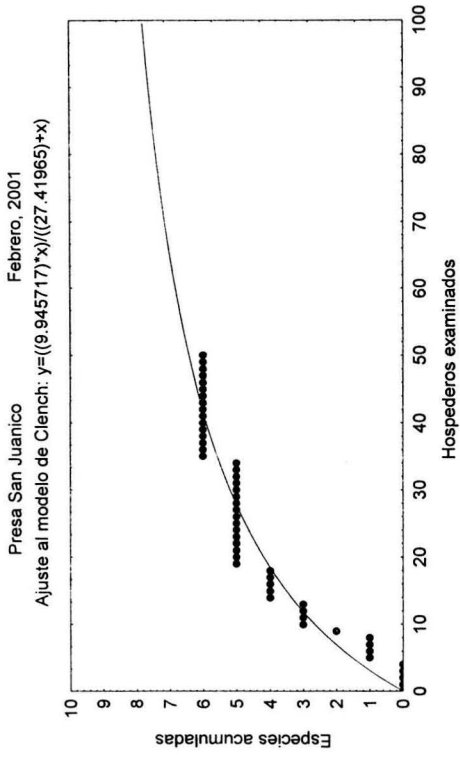
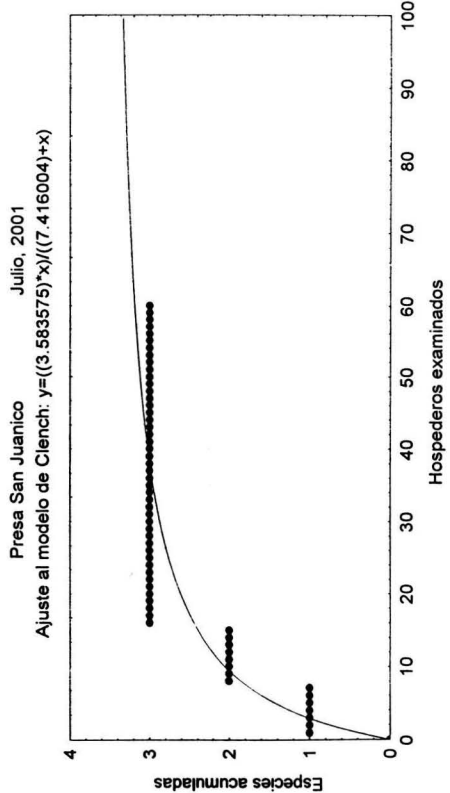
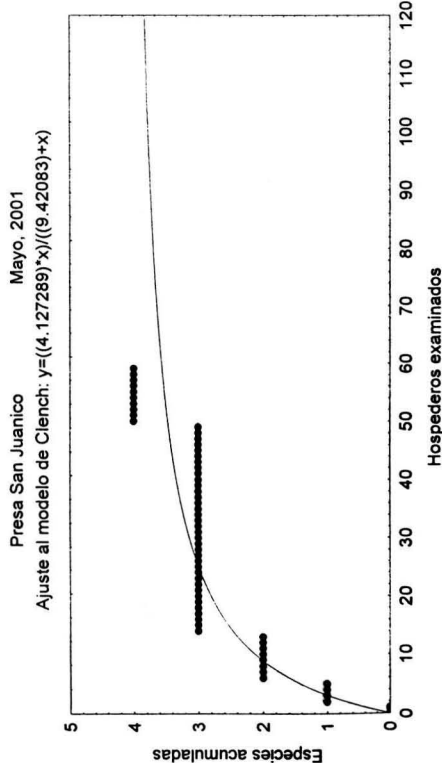
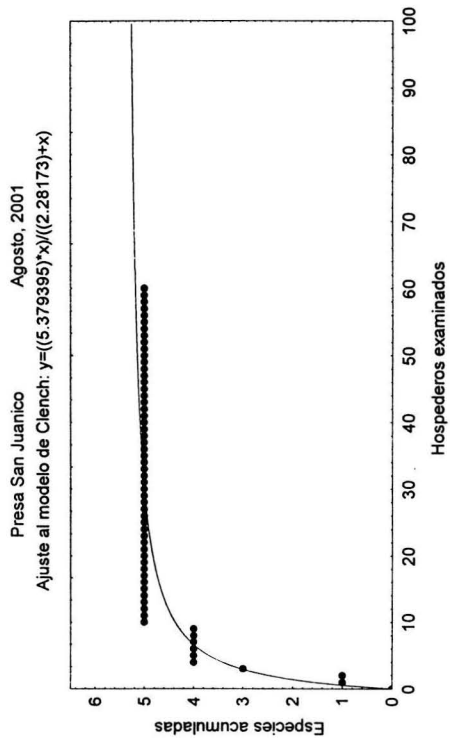
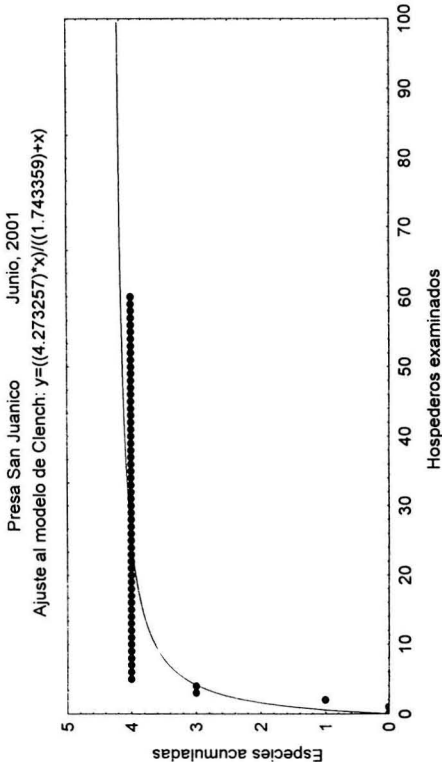
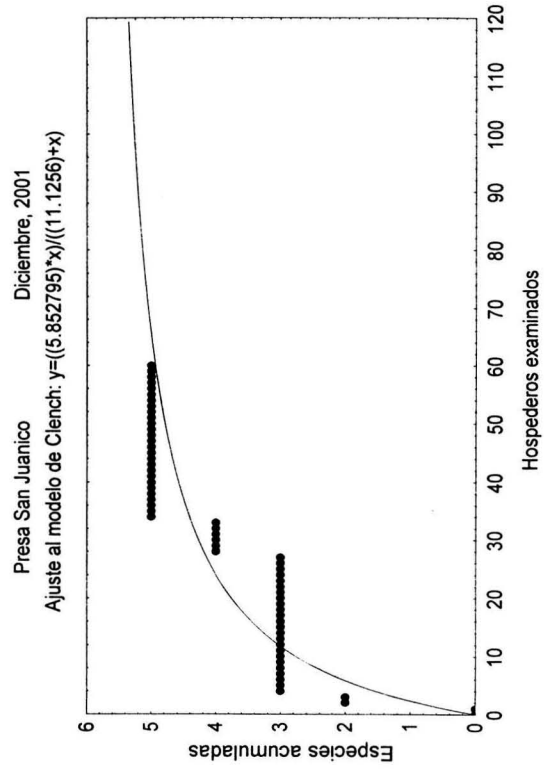
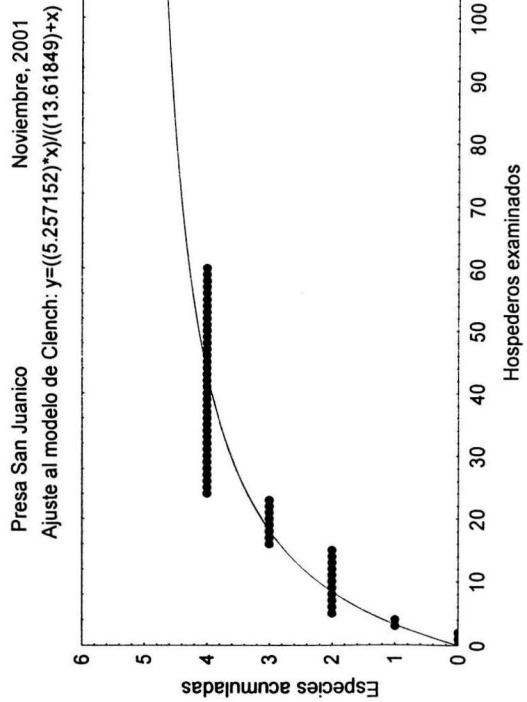
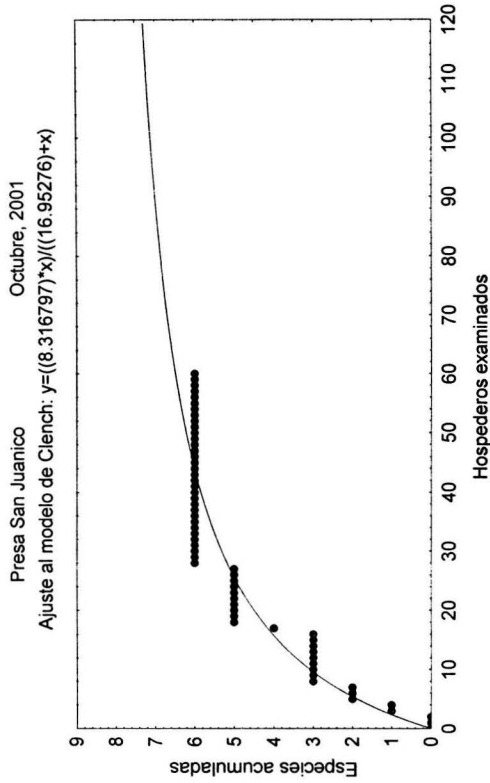
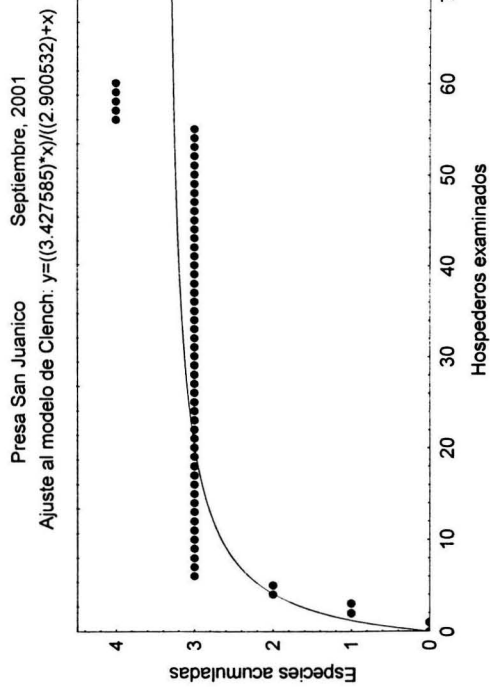


Figura 19.-Curvas de acululación de especies de los muestreos mensuales de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse San Juanico.



Continuación figura 19.



Continuación figura 19.

Tabla 7.- Helminetos de *Girardinichthys multiradiatus* recolectados durante un año de muestreo (2001), en dos localidades, el Lago Chicnahuapan (Chic) (n = 741) y Presa San Juanico (Juan) (n = 713), Estado de México; Subcuena del Alto Lerma.

Helmineto	Hábitat	Localidad	No. hospederos parasitados	Prevalencia %	Intensidad promedio _{±ds}
Trematoda (larvas)					
Familia Diplostomidae Poirier, 1886					
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Maccallum, 1921) Dubois, 1936	mesenterio, hígado y tejido graso	Chic Juan	17 23	2.29 3.22	3.52 ± 4.9 1.04 ± 0.2
<i>Tylodelphys</i> sp.	cavidad del cuerpo, mesenterio	Chic Juan	330 78	44.53 10.94	8.975 ± 27.48 3.01 ± 3.34
Familia Plagiorchiidae Lühe, 1901					
<i>Ochetosoma brevicacuum</i> (Caballero, 1941) Flores-Barroeta y Grocott, 1953	mesenterio	Chic Juan	29 3	3.91 0.42	1.27 ± 0.648 1.33 ± 0.57
Monogenea					
Familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864					
<i>Gyrodactylus</i> cf. <i>elegans minimus</i> Malmberg, 1956	mesenterio	Chic Juan	12 26	1.61 3.64	1.08 ± 0.29 0.57 ± 2.30
Cestoda					
Family Bothriocephalidea Blanchard, 1849					
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	intestino	Chic Juan	50 42	6.74 5.89	2.26 ± 2.6 1.35 ± 1.12
Cestoda (metacéstodos)					
Family Dilepididae Railliet and Henry, 1909					
<i>Cyclusetera railii</i> Underwood and Dronen, 1886	mesenterio	Chic Juan	118 9	15.95 1.262	2.06 ± 1.88 1.88 ± 1.40
<i>Yalipora campylancristota</i> Wedl, 1855	Vesícula biliar	Chic Juan	45 102	6.07 14.3	1.68 ± 1.39 1.16 ± 2.27
Nematoda (larvas)					
Family Anisakidae Railliet and Henry, 1912					
<i>Contracaecum</i> sp.	mesenterio	Chic Juan	31 23	4.18 3.22	1.290 ± 0.739 1.347 ± 0.65

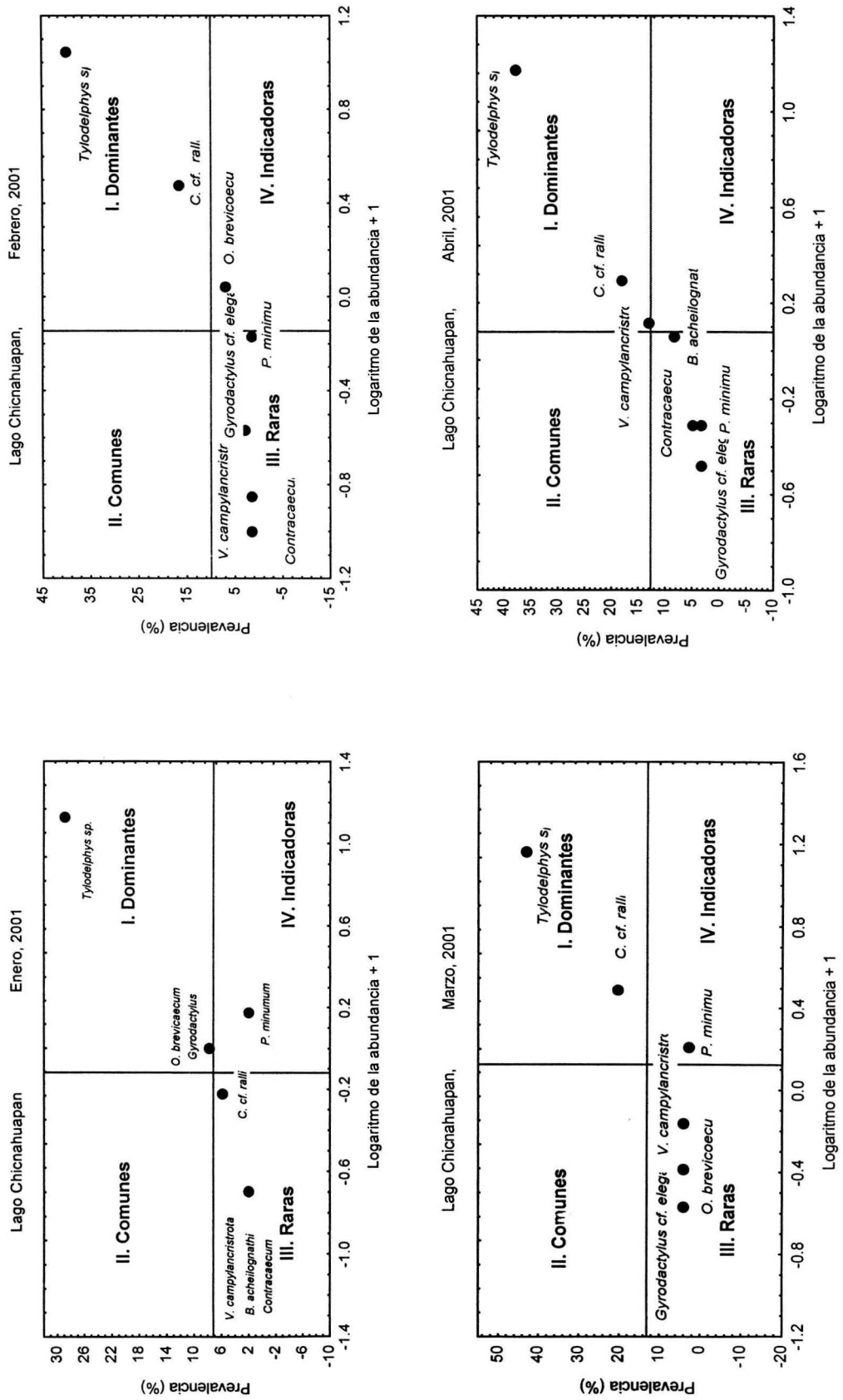
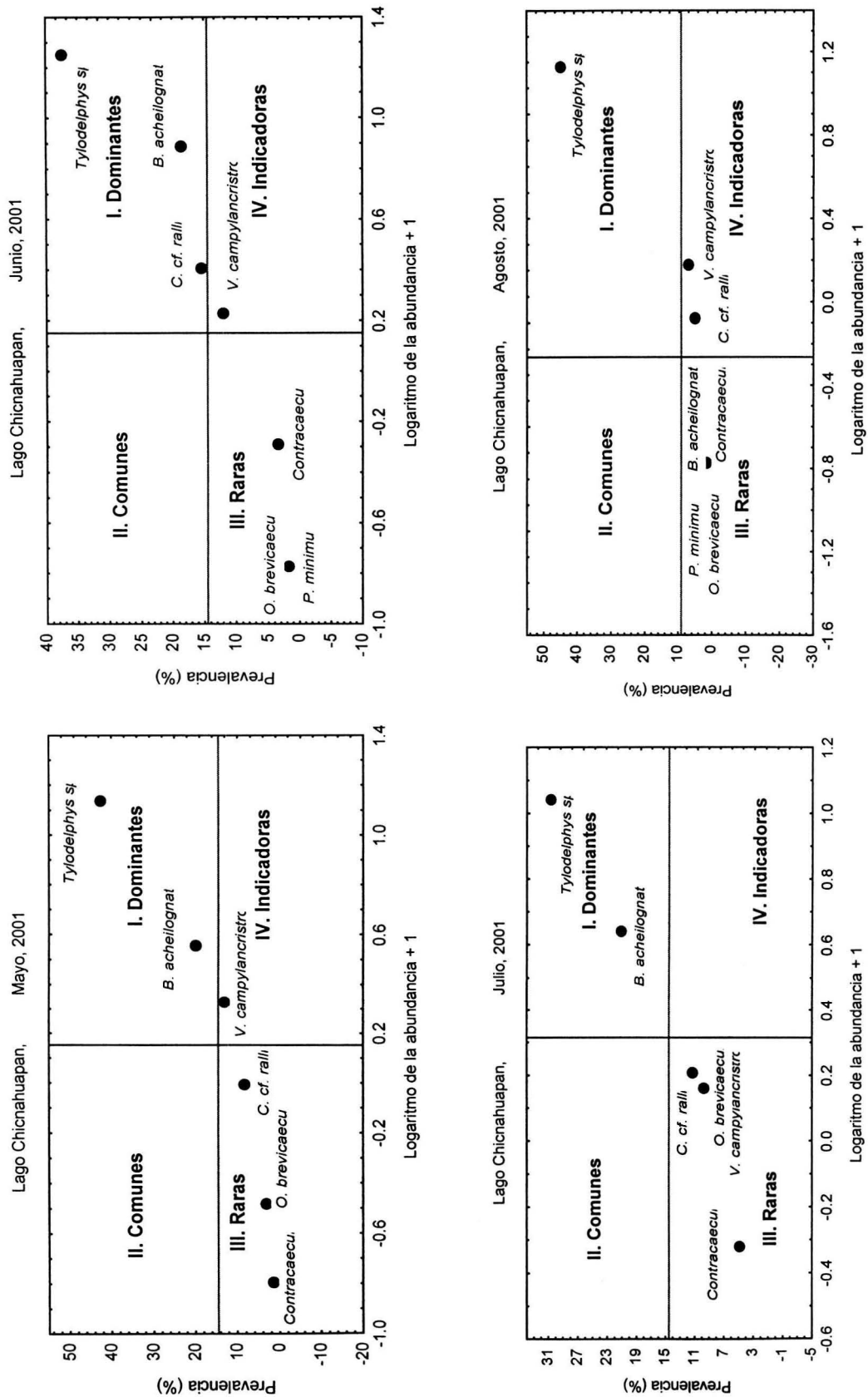
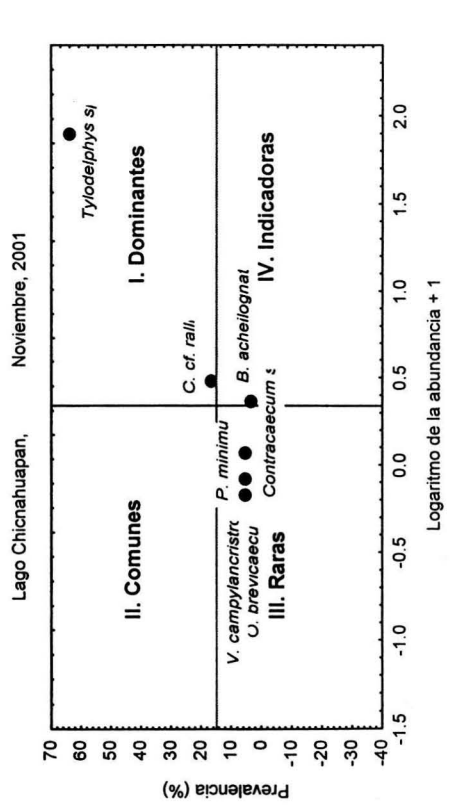
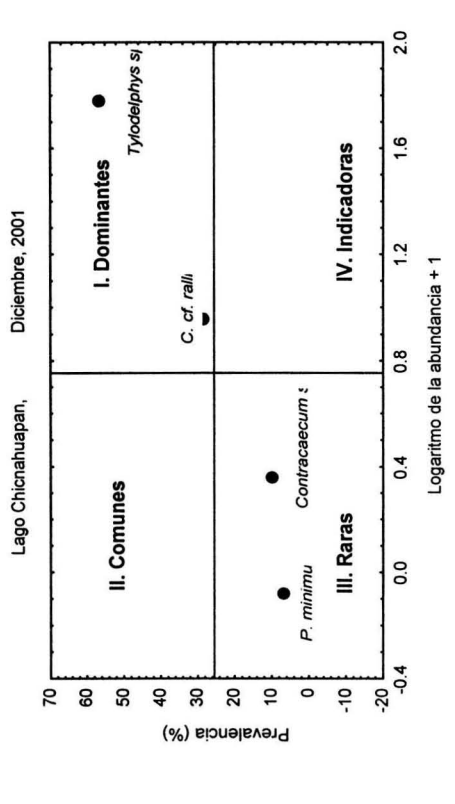
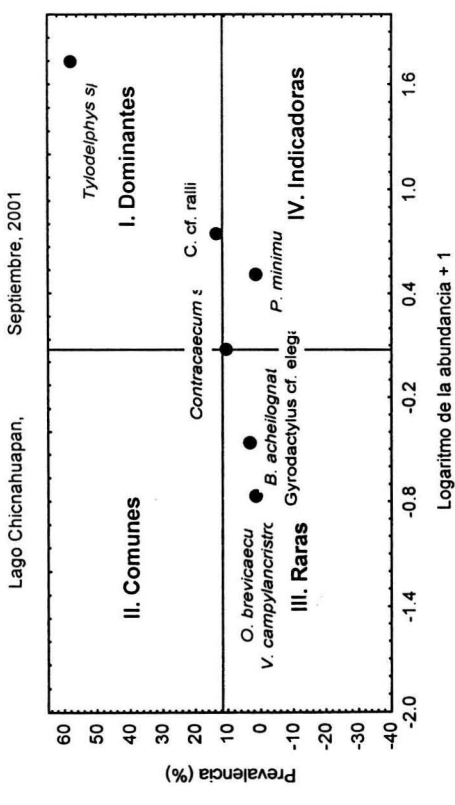
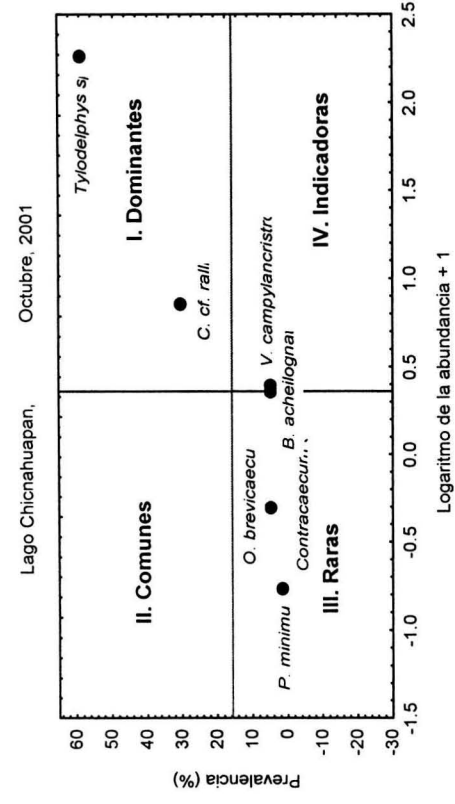


Figura 20.- Análisis de Olmstead-Tukey en las infracomunidades mensuales de *Girardinichthys multiradiatus* en el Lago Chichahuapán Almoloya del río, Estado de México.



Continuación figura 20.



Continuación figura 20.

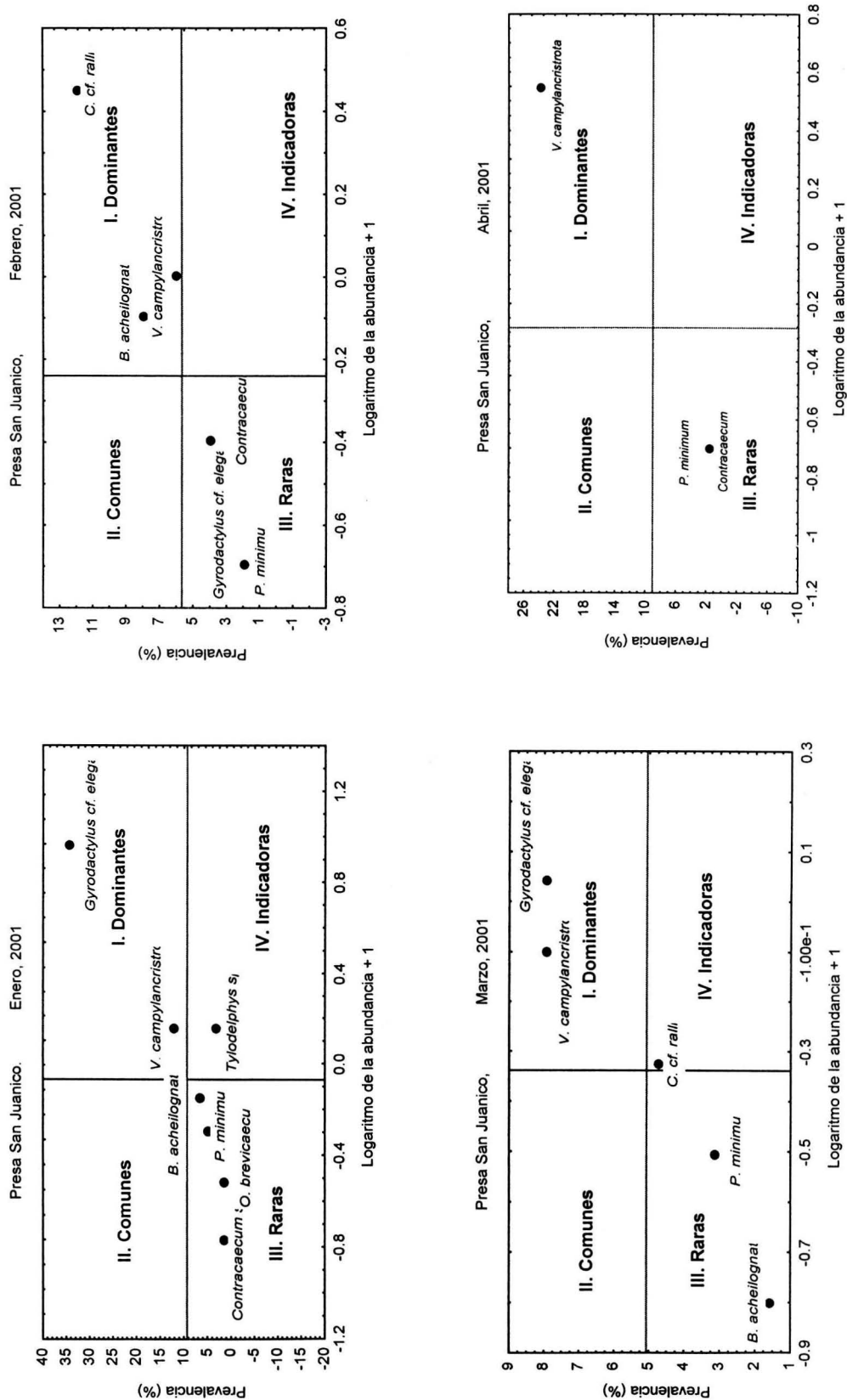
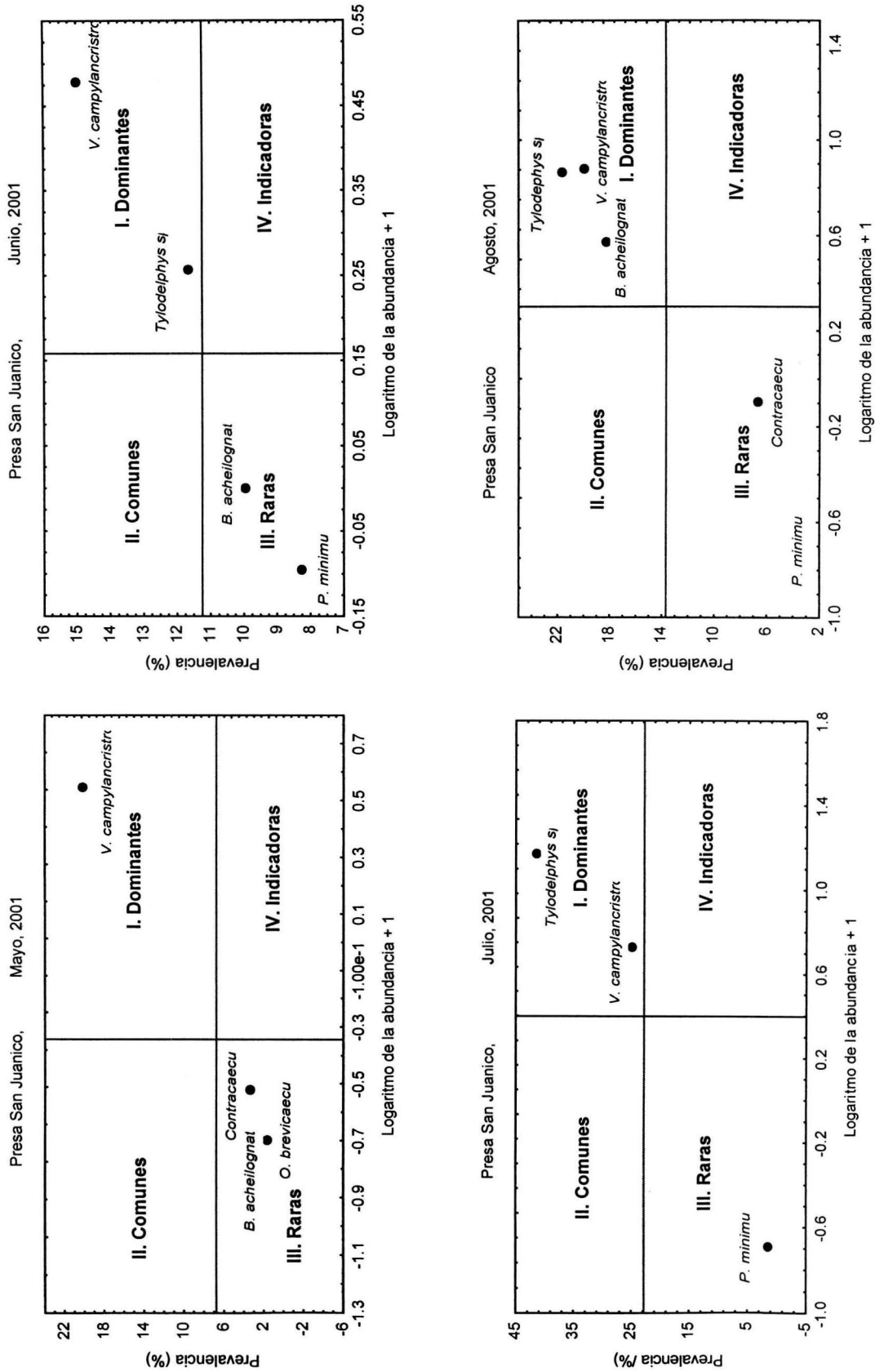
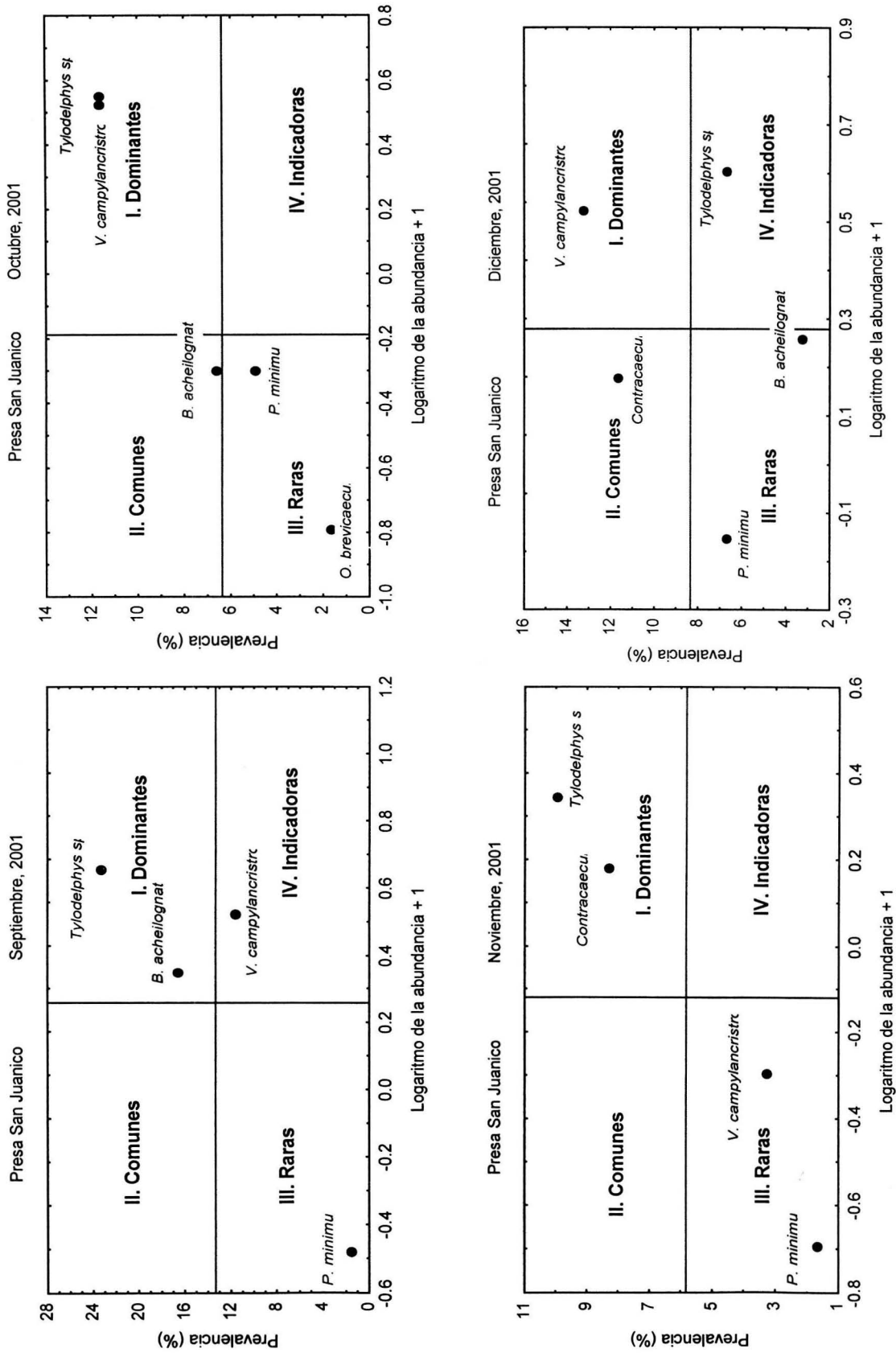


Figura 21.- Análisis de Olstead-Tukey en las infracomunidades mensuales de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse San Juanico.



Continuación figura 21.



Continuación figura 21.

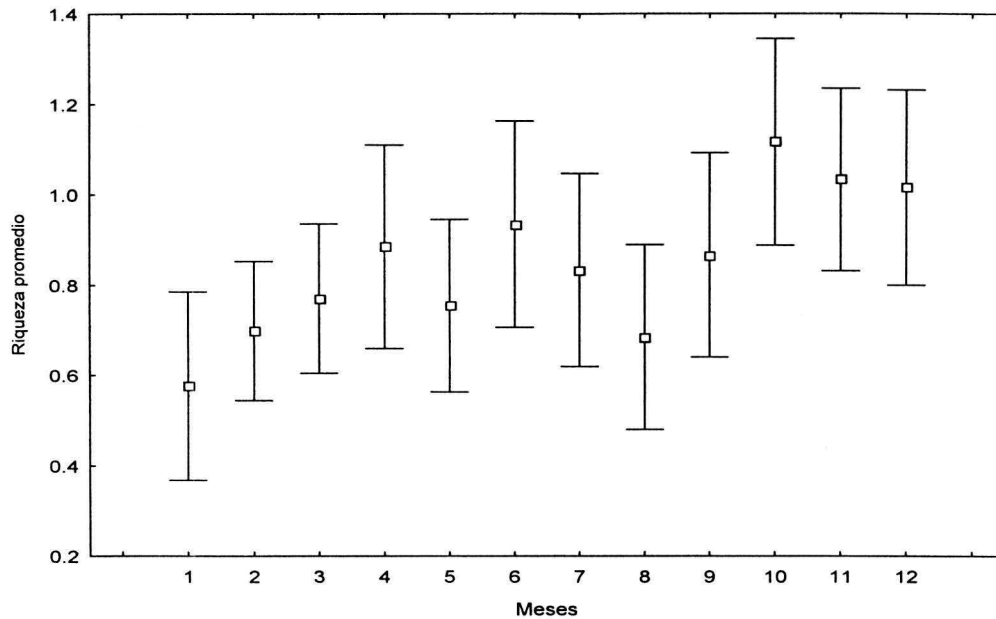


Figura 22.- Riqueza promedio en las comunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* del Lago Chicnahupan, durante un ciclo anual (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).

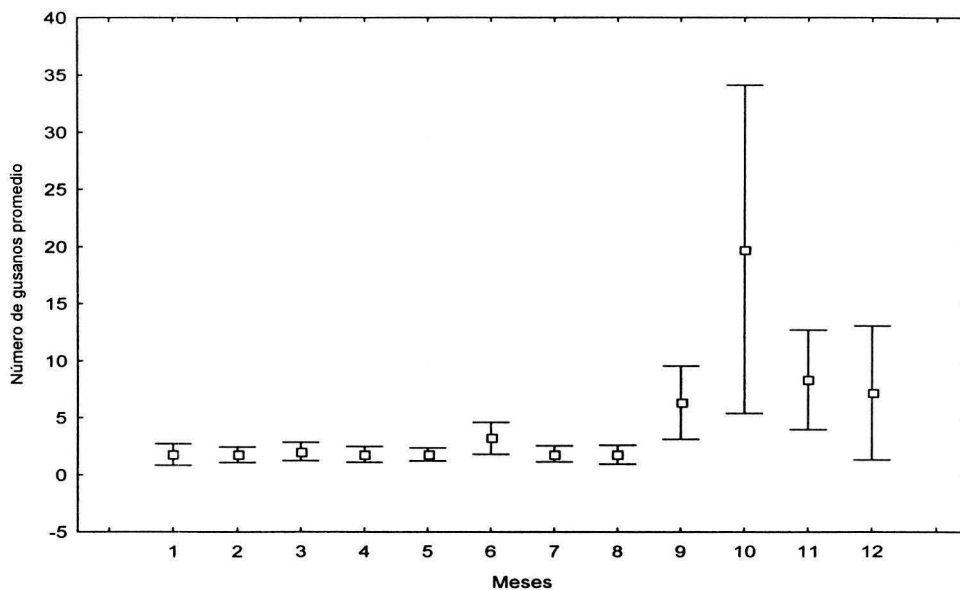


Figura 23.- Número de gusanos promedio en las comunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* del Lago Chicnahupan, durante un ciclo anual (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).

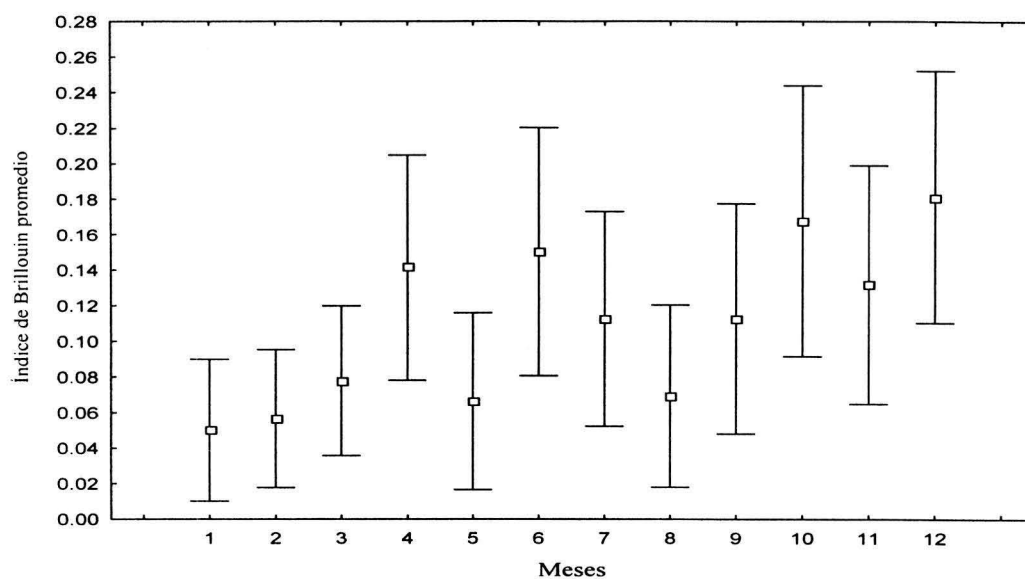


Figura 24.- Índice de Brillouin promedio en las comunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* del Lago Chicnahupan, durante un ciclo anual (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).

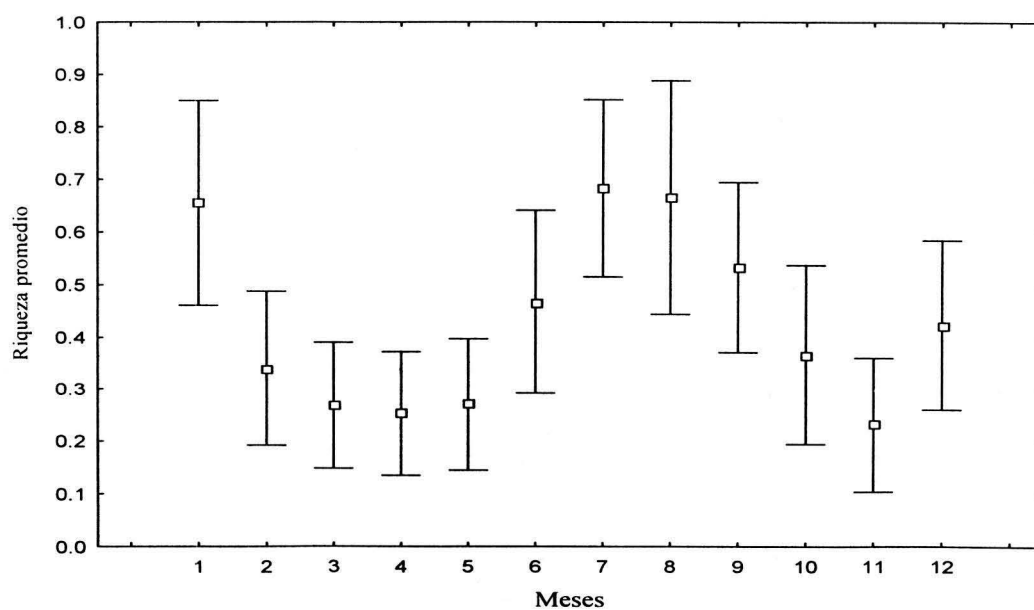


Figura 25.- Riqueza promedio en las comunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* del embalse San Juanico, durante un ciclo anual (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).

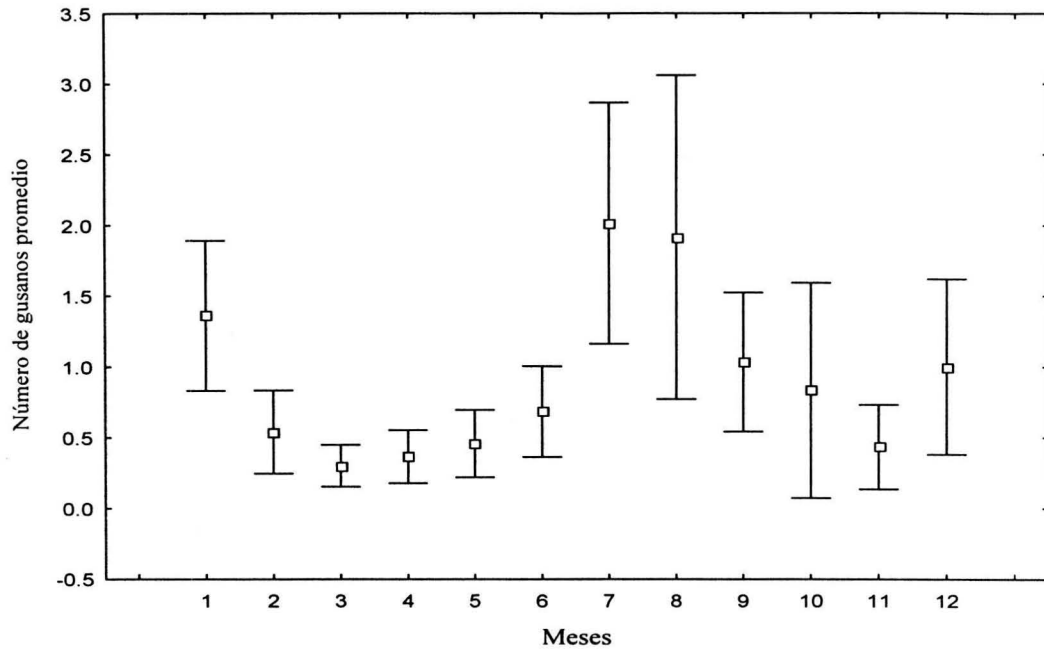


Figura 26.- Número de gusanos promedio en las comunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* del embalse San Juanico, durante un ciclo anual (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).

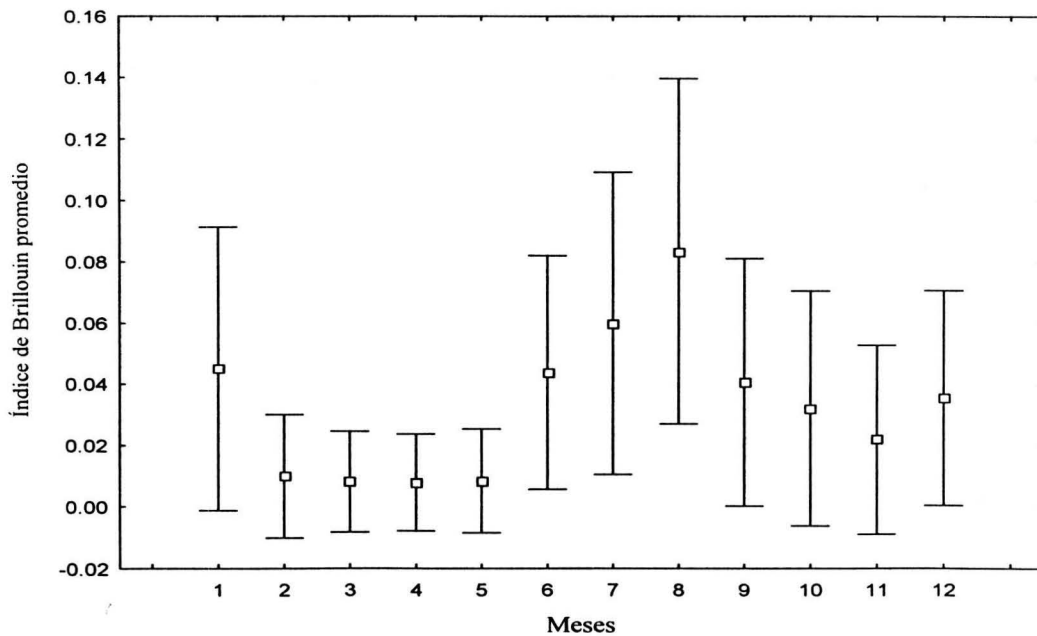


Figura 27.-Índice de Brillouin promedio en las comunidades de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* del embalse San Juanico, durante un ciclo anual (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).

CAPÍTULO IV

Variación de la Prevalencia y abundancia de los helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* y su relación con la talla y sexo del hospedero

Introducción

En México se han publicado solo dos estudios sobre la dinámica poblacional de helmintos parásitos de peces de agua dulce (Caspeta-Mandujano et al. 2000; Moravec et al. 2002). Los datos de dinámica poblacional de parásitos tienen gran importancia teórica y práctica; si bien, las investigaciones de campo en este tema deben conducirse de manera más realista y analítica para obtener cuantificaciones de los parámetros poblacionales adecuados (Kennedy, 1985).

La mayoría de los helmintos parásitos de peces viven solo un tiempo corto; en las zonas templadas existen especies capaces de reproducirse continuamente en cualquier estación del año, y otras que únicamente crecen y maduran durante el periodo en que las condiciones climáticas y otras les son favorables. Sin embargo, en solo muy pocas especies se ha estudiado la dinámica poblacional de parásitos y casi exclusivamente en América del Norte y Europa. En regiones subtropicales y tropicales se carece de este tipo de estudios. En general, se considera que la temperatura del agua es el factor principal que controla directa o indirectamente los ciclos estacionales de los helmintos en los peces.

El propósito del presente trabajo es describir la variación de la Prevalencia, intensidad promedio y abundancia de las especies de helmintos parásitos del goodéido *Girardinichthys multiradiatus* en dos localidades de la subcuenca Alto Río Lerma, durante un ciclo anual y estudiar su relación de éstos parámetros con el sexo y talla del hospedero.

Material y métodos

El lago Chicahuapan ($19^{\circ}11'20''N$; $99^{\circ}29'30''W$) se encuentra aproximadamente a 25 km al sureste de la ciudad de Toluca en el municipio de Almoloya del Río, Estado de México, es cuerpo de agua lótico natural a partir del cual se origina el cause principal del río Lerma, en el altiplano Mexicano; mientras que el embalse San Juanico se ubica entre las coordenadas $19^{\circ}55'30''N$; $99^{\circ}46'94''W$ a 5 km al noreste del municipio de Acambay, Estado de México (Gobierno del Estado de México, 1993).

Los datos de este estudio fueron tomados de los muestreos mensuales que se realizaron en el estudio de comunidades y su variación temporal. De cada pez en la muestra se determinó peso, sexo, longitud patrón y anchura máxima. Posteriormente a cada hospedero se le aplicó un examen helmintológico general, externo e interno (ver Sánchez-

Nava et al.2004). Los helmintos obtenidos fueron contados *in situ* y procesados para hacer preparaciones totales, temporales y/o permanentes para su estudio morfológico y determinación taxonómica (Salgado-Maldonado, 1979; Lamothe-Argumedo, 1997; Vidal-Martínez et al. 2001).

Análisis de datos

La población de peces se separo para su estudio en:

- a) Meses de colecta, doce muestreos en total.
- b) Sexos, la separación se realizo mediante la observación directa en los ejemplares, ya que la especie presenta dimorfismo sexual muy marcado.
- c) Intervalos de talla, se obtuvieron del máximo (A) menos el mínimo (B) valor de longitud patrón obtenido de los hospederos, sobre el número de intervalos deseados (C).

Se calculó la Prevalencia, intensidad promedio y abundancia de acuerdo con Margolis et al. (1982).

- a) Prevalencia (porcentaje de la población parasitada), $P = (nt_j/NT) \times 100$
 - b) Intensidad promedio (promedio de parásitos/ hospedero infectado), $I_x = Pt/ nt_j$
 - c) Abundancia promedio (promedio de parásitos/hospederos revisados), $A_x = Pt / NT$.
- Donde nt_j : número de hospederos parasitados con la especie j, NT: número total de hospederos en la muestra y Pt_j : número de parásitos recolectados de la especie j

Para determinar las diferencias de prevalencia, en cada una de las helmintiasis presentes entre sexos e intervalos de talla por sexo; se aplicó la prueba de heterogeneidad para prevalencia G_H (Sokal y Rolhf, 1981). En tanto que para comparar la intensidad promedio y la abundancia, se aplicaron las pruebas U de Mann-Whitney (para el caso de dos muestras) y Kruskall Wallis para más de dos muestras (Sokal y Rolhf, 1981). Las pruebas se realizaron con el programa Statgraphics plus.

Resultados

Se examinaron un total de 741 peces en el lago Chicahuapan de los cuales 363 fueron hembras y 378 machos, mientras que en el embalse San Juanico se revisaron un total de 713 hospederos 350 hembras y 363 machos (Tabla 1 y 2). La longitud patrón promedio

de los hospederos varió mensualmente en un intervalo de 21.8-31.58 mm., la variación fue más notoria en los meses de enero a marzo en donde se recolectaron peces más pequeños en comparación con los meses de abril mayo, junio, noviembre y diciembre en los cuales se recolectaron peces de mayor tamaño; el sexo se mantuvo en proporciones 1:1 con excepción de los hospederos recolectados en febrero y abril (ver Tabla 1 y 2).

En ambas localidades de estudio se registraron las mismas ocho especies de helmintos parásitos (Tabla 3). Entre éstas, la única especie de helminto que madura en *Girardinichthys multiradiatus* y que habita en su intestino es el céstodo introducido *Bothriocephalus acheilognathi*, las restantes siete especies son formas larvarias, seis de ellas alcanzan la madurez en aves, en tanto que las metacercarias de *Ochetosoma brevicaecum* maduran en reptiles.

En la laguna Chicnahuapan la comunidad de helmintos está dominada por *Tylodelphys* sp. que infectan al 44% de la población de peces; el metacéstodo *C. ralli* se encontró en el 15.95% y el céstodo *B. acheilognathi* en el 6%, (Fig. 1a); mientras que en el embalse San Juanico las especies dominantes fueron *V. campylancristrota* con prevalencias mayores al 15%, la metacercaria de *Tylodelphys* con prevalencias del 10% y *B. acheilognathi* con prevalencia del 5% (Fig 1b).

Nuestros datos muestran que en el Lago Chicnahuapan 4 de las 8 especies presentan una variación muy marcada en los parámetros de infección. *Tylodelphys* sp. y *C. ralli* están presentes durante todo el año. Su prevalencia y abundancia aumentan en los últimos meses del año (agosto-diciembre) (Tabla 4, Fig. 2), la prevalencia para la primera especie es mayor al 45% y la abundancia de 1.35-18.53 parásitos/pez examinado, éstas variaciones en los dos parámetros fueron significativas estadísticamente ($G_{H 11} = 36, p < 0.05$; $H_{(0.05)(12)} = 55.80 P < 0.05$) (Fig. 3a). En *Cyclusteria ralli* la prevalencia es mayor al 13.6% con 0.3-0.9 metacéstodos por pez examinado y ambos parámetros son significativos estadísticamente ($G_{H 11} = 31.10, p < 0.05$); $H_{(0.05)(12)} = 33.85 P < 0.05$) (Fig. 3b).

El céstodo *B. acheilognathi* mantiene prevalencias altas en los meses de abril –julio y después disminuye en los meses en donde la temperatura es muy baja (ver Tabla 4, Fig. 2). La variación de éste parámetro y la abundancia resultaron estadísticamente significativos ($G_{H 11} = 39, p < 0.05$ y $H_{(0.05)(12)} = 71.86 P < 0.05$) (Fig. 3c). El metacéstodo *V. campylancristrota* mostró al parecer una variación estacional en prevalencia, intensidad

promedio y abundancia, pero estas no son significativas estadísticamente ($G_{H\ 11} = 21.53$, $p > 0.05$ y $H_{(0.05)(12)} = 26.29$ $P > 0.05$) (Fig. 3d).

En el embalse San Juanico el metacésto *V. campylancristrota* se presentó durante todo el año de muestreo; su prevalencia fue mayor al 15% con 0.3-0.7 metacésto por pez examinado (Tabla 5, Fig. 4) y ambos parámetros fueron significativos estadísticamente ($G_{H\ 11} = 26.86$, $p < 0.05$; $H_{(0.05)(12)} = 25.70$ $P < 0.05$) (Fig. 5a). Las metacercarias del género *Tylodelphys* sp presentan una variación muy marcada de presencia ausencia, durante los meses de junio-enero muestra prevalencias mayores al 10% con 0.1-1.47 metacercarias por pez examinado y son estadísticamente significativas ($G_{H\ 11} = 43.65$, $p < 0.05$; $H_{(0.05)(12)} = 109.02$ $P < 0.05$) (Fig. 5b).

El monogéneo *G. elegans* se presentó en los meses de temperatura baja; mientras que metacésto *Valipora campylancristrota* presenta las prevalencias y abundancias mayores en los meses más cálidos (ver Fig. 4), esta variación estacional de los parámetros de infección en ambas especies también resulto significativa estadísticamente ($G_{H\ 11} = 26.31$, $p < 0.05$; $H_{(0.05)(12)} = 181.83$ $P < 0.05$ y $G_{H\ 11} = 26.86$, $p < 0.05$; $H_{(0.05)(12)} = 25.70$ $P < 0.05$ respectivamente) (Fig. 5c y 5a). El resto de las especies aunque presentan variación en prevalencia y abundancia durante el año de muestreo, ésta no es significativa estadísticamente.

La prevalencia, intensidad promedio y abundancia de cada helmintiasis detectada en los sitios de estudio con relación al sexo de los hospederos muestra diferencias (Tablas 6 y 7). Sin embargo, estas diferencias observadas sólo fueron significativas estadísticamente en la prevalencia y abundancia de *V. campylancristrota* entre sexos de *G. multiradiatus* del Embalse San Juanico ($G_{H\ 0.5\ (1)} = 5.66$ $P < 0.05$), en esta localidad los peces machos están más parasitados por *V. campylancristrota* que las hembras (Fig. 6).

En el lago Chicahuapan la metacercaria de *Tylodelphys* sp se registro en todos los intervalos de talla tanto de hembras como de machos (Tablas 8 y 9). La prevalencia, intensidad promedio y abundancia de esta especie varían con el sexo de los hospederos. Esta variación resultó significativa estadísticamente en el Lago Chicahuapan, las hembras medianas y chicas están más parasitadas que las grandes ($G_{H\ 0.05\ (2)} = 9.97$ $p < 0.05$, $H_{0.05(2)} = 6.34$ $p < 0.05$ y $H_{0.05\ (2)} = 12.71$ $p < 0.05$) (Fig. 7), ya que en los machos las variaciones de prevalencia y abundancia no significativas estadísticamente (Fig. 8).

En San Juanico las hembras chicas y medianas están más parasitadas y tienen más metacéstodos *V. campylancristrota* que las hembras grandes (Tabla 10 y 11) y los dos parámetros son significativos estadísticamente ($G_{H\ 0.05(2)} = 15.74$ $P < 0.05$ y $H_{0.05\ (2)} = 12.71$ $p < 0.05$) (Fig. 9); y en los machos de talla mediana se encontró que tienen más de éstos metacéstodos que los machos chicos y grandes ($G_{H\ 0.05(2)} = 6.82$ $P < 0.05$ y $H_{0.05\ (2)} = 6.376$ $p < 0.05$) (Fig. 10).

Discusión

Los datos presentados en este trabajo muestran variación en los parámetros de infección de las helmintiasis registradas en *G. multiradiatus*, 2 localidades de una misma región geográfica son independientes, y aunque siguen un mismo patrón en cada localidad la dinámica se desarrolla con características particulares. Esto sugiere que los factores locales condicionan la dinámica poblacional de los helmintos de manera determinante.

La composición taxonómica de la comunidad de parásitos es la misma en las dos localidades muestreadas; la dominancia es ejercida en ambas localidades por una misma especie, las metacercarias de *Tylodelphys* sp. y las especies restantes en ambas localidades se presentan con prevalencias y abundancias en general bajas. Sin embargo, la dinámica de la comunidad en una y otra localidad muestran diferencias marcadas. En tanto que *Tylodelphys* sp. se presentó en cada uno de los meses de muestreo en el lago Chicnahuapan, en San Juanico solo se recolectó a partir de junio y durante todos los meses subsiguientes hasta finalizar el año. Si bien, en ambas localidades la población alcanza un pico de crecimiento durante la época de lluvias, en Chicnahuapan las prevalencias máximas se registran desde septiembre hasta noviembre, en tanto que en San Juanico la máxima Prevalencia de *Tylodelphys* se registró en Julio.

El metacéstodo *Valipora campilancristrota* se presentó durante todos los meses del año en ambas localidades, pero con prevalencias y abundancias mayores en San Juanico comparativamente a los valores alcanzados en Chicnahuapan, En ambas localidades los valores más altos de prevalencia y abundancia de esta especie se registraron desde abril hasta agosto, es decir la población crece conforme avanza la época de lluvias. De la misma forma, las metacercarias de *P. minimum*, se presentan casi en todos los meses del año en ambas localidades, y en términos generales su prevalencia es mayor en San Juanico.

Si bien, la presencia de *Cyclustera ralli* en Chicnahuapan fue constante en todos los meses de muestreo, en San Juanico, esta especie solo se recolectó durante 2 meses de la temporada de secas, así también las metacercarias de *O. brevicaecum* y las larvas de *Contracaecum* sp. muestran una prevalencia más consistente en el lago Chicnahuapan en comparación en algunos meses al menos en San Juanico; mientras que el monogéneo *G. elegans* se registró únicamente en los meses iniciales del año, durante la época de secas en ambas localidades.

El céstodo *B. acheilognathi* es la única especie introducida que madura en *G. multiradiatus*. Se presentó durante la mayor parte de los meses de muestreo en ambas localidades. Sin embargo, fue más abundante de mayo a julio meses de inicio de la época de lluvias en nuestro país.

Si bien los resultados presentados muestran claramente variaciones locales independientes, es difícil interpretar estos datos primero porque la población del hospedero examinado *G. multiradiatus* incluye individuos de distintas edades, lo cual señala que posiblemente parte de la variabilidad observada pueda asociarse con la duración del periodo que las poblaciones de hospederos puedan estar sometidas a la infección; es decir, los peces de más edad tendrán más parásitos. También confunde el estudio de la dinámica poblacional, el hecho de que la mayoría de los parásitos registrados sean formas larvarias. Las larvas de helmintos por lo general viven más de un año y es difícil precisar su ingreso reciente (su reclutamiento) al hospedero o en el otro extremo, su “grado de madurez”.

Sin embargo, nuestros datos muestran muy claramente la influencia de los factores locales en la variación poblacional de los parásitos. En particular, creemos que los factores condicionantes de esta variación se relacionan con la presencia de hospederos intermediarios apropiados (moluscos para los tremátodos y artrópodos para céstodos y nematodos); la presencia de aves ictiófagas migratorias a partir de julio y hasta mayo-abril generalmente; así como a factores fisicoquímicos y climáticos de los cuerpos de agua.

Literatura citada

Caspeta-Mandujano, J. M. F. Moravec, M. A. Delgado-Yoshino y G. Salgado-Maldonado. 2000. Seasonal variations in the occurrence y maturation of the nematode *Rhabdochona*

- kidderi* in *Cichlasoma nigrofasciatum* of the Amacuzac river, Mexico. *Helminthologia* 37:29-33.
- Gobierno del Estado de México. 1993. Atlas ecológico de la Cuenca hidrográfica del Río Lerma. Tomo I. 414 pp.
- Kennedy, C. R. 1985. Population biology of parasites: present state y perspectives. *Parasitology* 19:347-356.
- Lamothe-Argumedo, R. L. 1981. Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres. AGT editores. D. F. México. 43 pp.
- Margolis, L. G.W. Esch. A. M. Kuris y G, A. Shad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (report of an *ad hoc* comitee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68: 131-133.
- Moravec, F. E. Mendoza-Franco, C. Vivas-Rodríguez, J. Vargas-Vázquez y D. González-Solís. 2002. Observations on seasonal changes in the occurrence y maturation of five helminth species in the pimelodid catfish, *Rhamdia guatemalensis*, in the cenote (= sinkhole) Ixin-há, Yucatán, Mexico. *Acta Soc. Zool. Bohem* 66: 121-140.
- Sánchez-Nava, P. G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera, y B. Jaimes-Cruz. 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River subbasin, Mexico. *Parasitology Research* 93: 396-402.
- Sokal, R. R. y F. J. Rohlf. 1981. *Biometry. The principles y practice of statistics in biological research.* W. H. Freeman y Co. San Francisco, U.S.A. 859 pp.
- Vidal-Martínez, V. M. M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís y E. F. Mendoza-Franco. 2001. Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of México. Academia, 165 pp.

Tabla 1.- Características de la muestra de *G. multiradiatus* examinados entre enero - diciembre del 2001, en el Lago Chicnahuapan, Almoloya del Río, Estado de México.

Mes	Número de hospederos examinados			Proporción sexos	Longitud patron	
	Total	Hembras	Machos		Intervalo (mm)	Promedio \pm Ds
Enero	52	26	26	1;1	(15 - 27)	21.8 \pm 2.58
Febrero	73	31	42	1.35:1	(17 - 33)	23.2 \pm 2.82
Marzo	74	37	37	1;1	(19 - 37)	25.5 \pm 3.62
Abril	61	28	33	1.17:1	(20 - 40)	27.2 \pm 4.76
Mayo	61	32	29	1.10:1	(23 - 48)	30.7 \pm 5.39
Junio	59	30	29	1.03:1	(18 - 40)	31.58 \pm 4.45
Julio	62	30	32	1.06:1	(22 - 43)	28.3 \pm 4.94
Agosto	60	30	30	1;1	(20 - 35)	26.5 \pm 3.44
Septiembre	59	29	30	1.03:1	(22 - 36)	27.5 \pm 3.27
Octubre	60	30	30	1;1	(22-43)	29.55 \pm 4.58
Noviembre	60	30	30	1;1	(22-39)	25.37 \pm 3.1
Diciembre	60	30	30	1;1	(20-36)	28.1 \pm 3.11
Total	741	363	378			

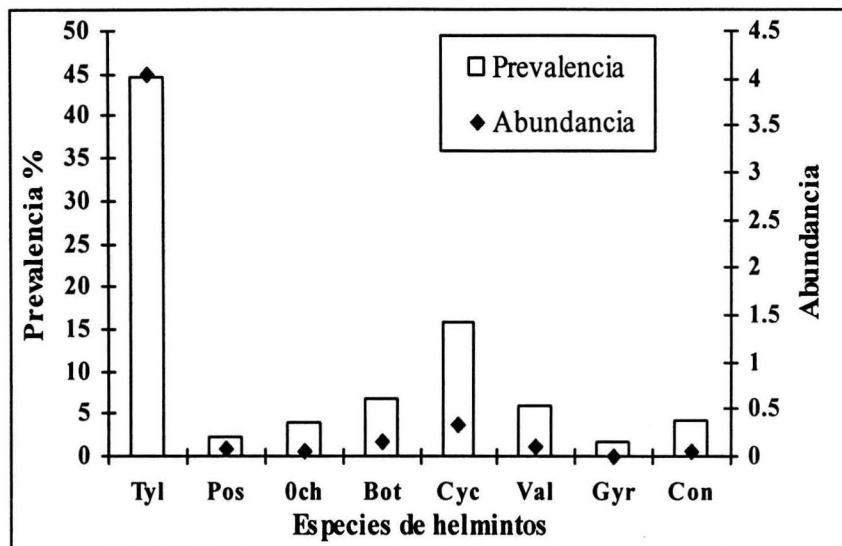
Tabla 2.- Características de la muestra de *G. multiradiatus* examinados entre enero - diciembre del 2001, en la presa San Juanico Acambay, Estado de México.

Mes	Número de hospederos examinados			Proporción sexos	Longitud patron	
	Total	Hembras	Machos		Intervalo (mm)	Promedio \pm Ds
Enero	58	27	31	1.14:1	(12 - 38)	25.155 \pm 3.89
Febrero	50	27	23	1.17:1	(21 - 429)	25.95 \pm 3.64
Marzo	63	29	34	1.17:1	(20 - 35)	28.39 \pm 3.58
Abril	63	28	35	1.25:1	(20 - 48)	29.76 \pm 4.60
Mayo	59	28	31	1.10:1	(22 - 44)	32.82 \pm 4.88
Junio	60	31	29	1.06:1	(18 - 46)	28.85 \pm 8.15
Julio	60	30	30	1;1	(21 - 42)	28.417 \pm 3.43
Agosto	60	30	30	1;1	(18 - 45)	26.15 \pm 4.99
Septiembre	60	30	30	1;1	(17 - 46)	27.6 \pm 4.6.43
Octubre	60	30	30	1;1	(20 - 43)	27.3 \pm 5.29
Noviembre	60	30	30	1;1	(21-45)	26.58 \pm 4.9
Diciembre	60	30	30	1;1	(22-39)	27.13 \pm 4.04
Total	713	350	363			

Tabla 3.- Helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* recolectados durante un año de muestreo (2001), en dos localidades, el Lago Chicnahuanpan (Chic) (n = 741) y Presa San Juanico (Juan) (n = 713), Estado de México; Subcuenca del Alto Lerma, (ds = desviación estandar).

Helminto	Habitat	Localidad	No. hospederos parasitados	Prevalencia %	Intensidad promedio \pm ds	Abundancia \pm ds
Trematoda (larvas)						
Familia Diplostomidae Poirier, 1886						
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (Maccallum, 1921) Dubois, 1936	mesenterio, hígado y grasa	Chic Juan	17 23	2.29 3.22	3.52 \pm 4.9 1.04 \pm 0.2	0.08 \pm 0.89 0.03 \pm 0.18
<i>Tylodelphys</i> sp.	cavidad del cuerpo, mesenterio	Chic Juan	330 78	44.53 10.94	8.975 \pm 27.48 3.01 \pm 3.34	3.99 \pm 18.87 0.32 \pm 1.44
Familia Plagiorchiidae Lüthe, 1901						
<i>Ochetosoma brevicacuum</i> (Caballero, 1941) Flores-Barroeta y Grocott, 1953	mesenterio	Chic Juan	29 3	3.91 0.42	1.27 \pm 0.648 1.33 \pm 0.57	0.04 \pm 0.27 0.005 \pm 0.09
Monogenea						
Familia Gyrodactylidae Cobbold, 1864						
<i>Gyrodactylus</i> cf. <i>elegans minimus</i> Malmberg, 1956	mesenterio	Chic Juan	12 26	1.61 3.64	1.08 \pm 0.29 0.57 \pm 2.30	0.01 \pm 0.14 0.08 \pm 0.57
Cestoda						
Family Bothriocephalidea Blanchard, 1849						
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> Yamaguti, 1934	intestino	Chic Juan	50 42	6.74 5.89	2.26 \pm 2.6 1.35 \pm 1.12	0.152 \pm 0.95 0.08 \pm 0.41
Cestoda (metacéstodos)						
Family Dilepididae Railliet and Henry, 1909						
<i>Cyclustera</i> cf. <i>ralli</i> Underwood and Dronen, 18: 1886	mesenterio	Chic Juan	118 9	15.95 1.262	2.06 \pm 1.88 1.88 \pm 1.40	0.33 \pm 1.06 0.023 \pm 0.22
<i>Valipora campylancristrota</i> Wedl, 1855	Vescicula biliar	Chic Juan	45 102	6.07 14.3	1.68 \pm 1.39 1.16 \pm 2.27	0.106 \pm 0.52 0.31 \pm 1.14
Nematoda (larvas)						
Family Anisakidae Railliet and Henry, 1912						
<i>Contracaecum</i> sp.	mesenterio	Chic Juan	31 23	4.18 3.22	1.290 \pm 0.739 1.347 \pm 0.65	0.054 \pm 0.298 0.040 \pm 0.264

a) Lago Chignahuapan



b) Embalse San Juanico

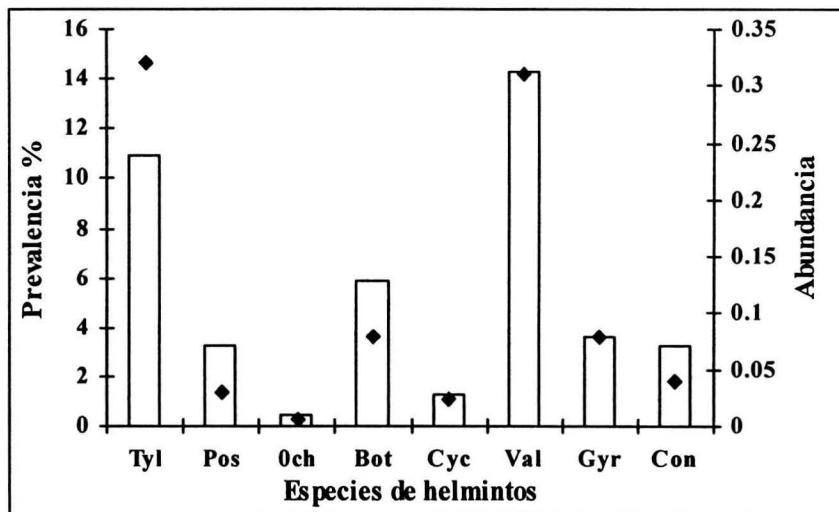


Fig. 1.- Prevalencia y abundancia de los helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en dos localidades de la Subcuenca Alta del río Lerma, a) Lago Chignahuapan, b) Embalse San Juanico.

Tabla 4.- Helmintos registrados en muestreos mensuales (año 2001) de *Girardinichthys multiradiatus* en el Lago Chicahuapan, Estado de México.

Mes	<i>P. minimum</i>		<i>Tyodelphys</i> sp.		<i>O. brevicæcum</i>		<i>Gyrodactylus cf. elegans</i>		<i>B. achelognathi</i>		<i>V. campylancistrota</i>		<i>Cycluster a cf. rali</i>		<i>Contracaecum</i> sp	
	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia
Enero	1.92	0.15	28.8	1.33	7.7	0.10	7.7	0.10	1.9	0.02	1.9	0.02	5.8	0.06	1.9	0.02
Febrero	1.4	0.068	39.7	1.24	6.8	0.11	2.7	0.027	-	-	1.4	0.014	16.4	0.301	1.4	0.014
Marzo	2.7	0.162	43.2	1.45	4.1	0.041	2.7	0.027	-	-	4.1	0.068	20.3	0.311	-	-
Abril	3.3	0.049	37.7	1.5	-	-	3.3	0.033	8.2	0.115	13.1	0.131	18	0.197	4.9	0.049
Mayo	-	-	42.6	1.37	3.3	0.033	-	-	19.7	0.361	13.1	0.213	8.2	0.098	1.6	0.016
Junio	1.7	0.017	37.3	1.78	1.7	0.017	-	-	18.6	0.78	11.9	0.169	15.3	0.254	3.4	0.051
Julio	-	-	30.6	1.097	9.7	0.145	-	-	21	0.435	9.7	0.145	11.3	0.161	4.8	0.048
Agosto	1.7	0.017	45	1.35	1.7	0.017	-	-	1.7	0.017	6.7	0.15	5	0.083	1.7	0.017
Septiembre	1.7	0.322	57.6	5.54	1.7	0.017	3.4	0.034	3.4	0.034	1.7	0.017	13.6	0.559	10.2	0.119
Octubre	1.7	0.017	58.3	18.53	5	0.05	-	-	5	0.083	5	0.25	30	0.717	5	0.05
Noviembre	5	0.083	63.6	7.95	5	0.067	-	-	3.3	0.033	5	0.067	16.7	0.3	5	0.117
Diciembre	6.7	0.083	56.7	6.067	-	-	-	-	-	-	-	-	28.3	0.9	10	0.167

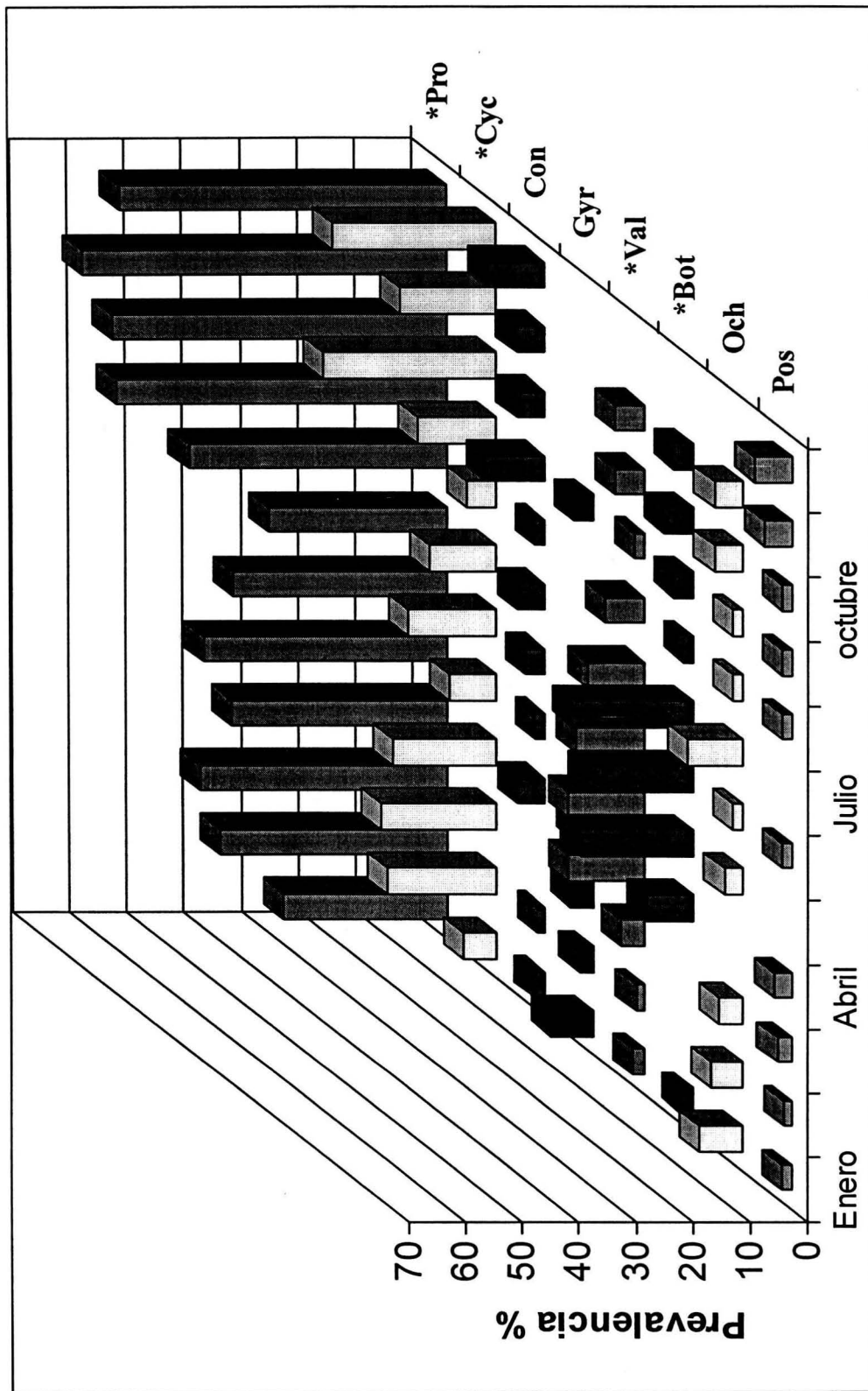


Figura 2.- Variación de la prevalencia de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en el Lago Chicnahuapan, durante un ciclo anual (enero-diciembre, 2001).

Tabla 5.- Helmintos registrados en muestreos mensuales (año 2001) de *Girardinichthys multiradiatus* en la Presa San Juanico, Estado de México.

Mes	<i>Tyodelphys</i> sp.		<i>P. minimum</i>		<i>O. brevicacum</i>		<i>Gyrodactylus cf elegans</i>		<i>B. acheilognathi</i>		<i>V. campylancistrata</i>		<i>C. rali</i>		<i>Contracaecum</i> sp	
	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia	Prevalencia (%)	Abundancia
Enero	3.4	0.14	5.17	0.05	1.72	0.03	34.5	0.9	6.9	0.07	12.1	0.14	-	-	1.7	0.017
Febrero	-	-	2	0.02	-	-	2	0.02	8	0.08	6	0.1	12	0.28	4	0.04
Marzo	-	-	3.17	0.0317	-	-	7.93	0.11	1.58	0.0158	7.93	0.079	4.76	0.047	-	-
Abril	-	-	1.6	0.02	-	-	-	-	-	-	23.8	0.35	-	-	1.6	0.02
Mayo	-	-	-	-	1.7	0.02	-	-	1.7	0.02	20.3	0.39	-	-	3.4	0.03
Junio	11.7	0.18	8.3	0.08	-	-	-	-	10	0.1	15	0.3	-	-	-	-
Julio	41.7	1.47	1.7	0.02	-	-	-	-	-	-	25	0.53	-	-	-	-
Agosto	21.7	0.72	1.7	0.02	-	-	-	-	18.3	0.37	20	0.75	-	-	6.7	0.08
Septiembre	23.3	0.45	1.66	0.033	-	-	-	-	16.7	0.22	11.7	0.33	-	-	-	-
Octubre	11.66	0.35	5	0.05	1.66	0.016	-	-	6.66	0.05	11.66	0.33	-	-	1.66	0.016
Noviembre	10	0.22	1.7	0.02	-	-	-	-	-	-	3.3	0.05	-	-	8.3	0.15
Diciembre	6.7	0.4	6.7	0.07	-	-	-	-	3.3	0.181	13.3	0.33	-	-	11.7	0.15

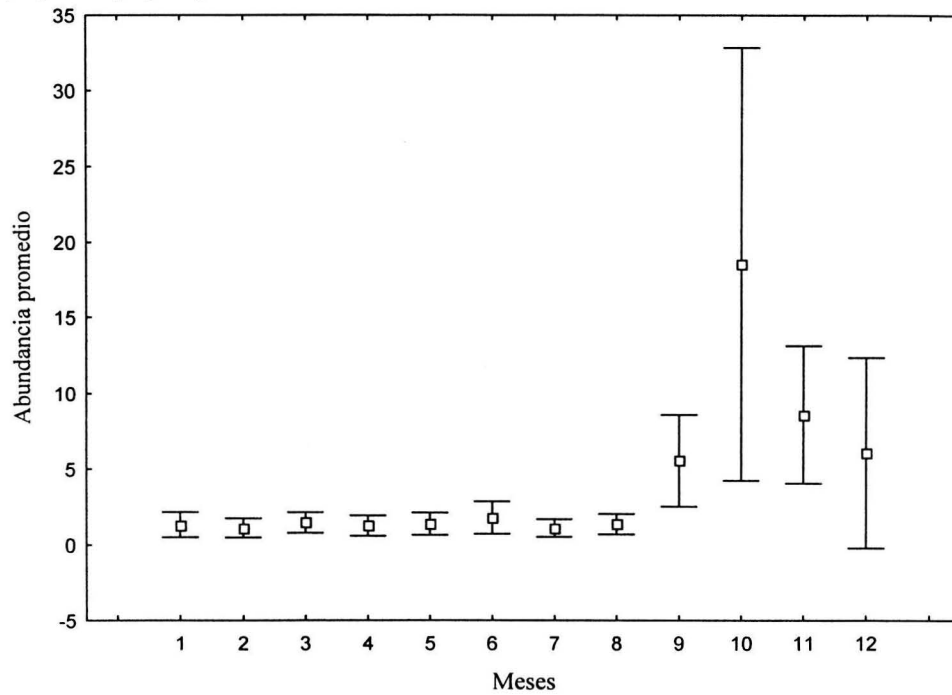
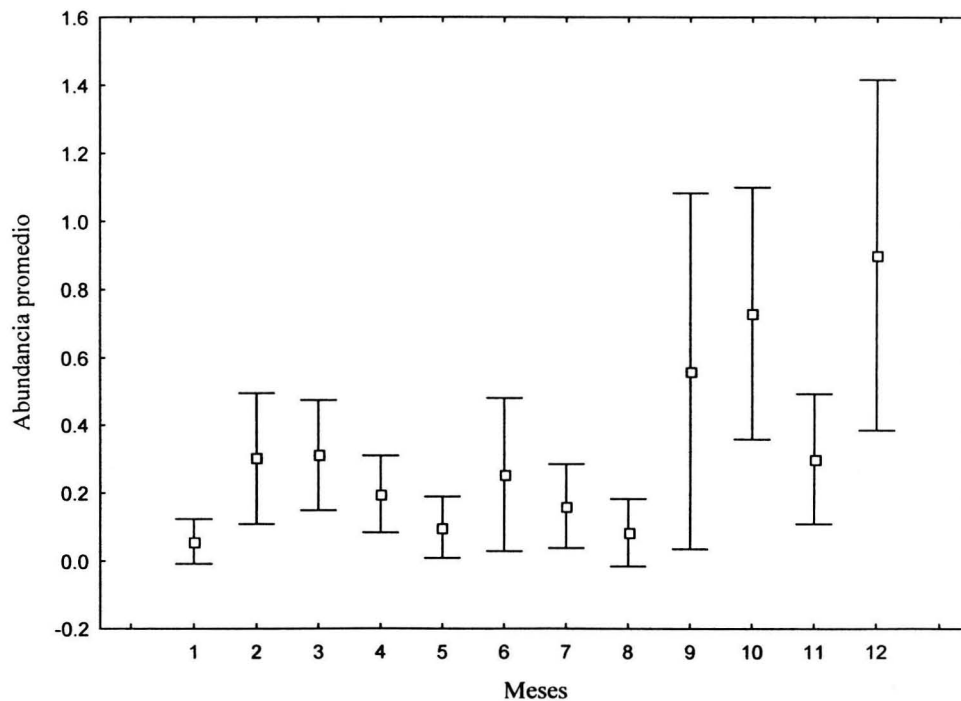
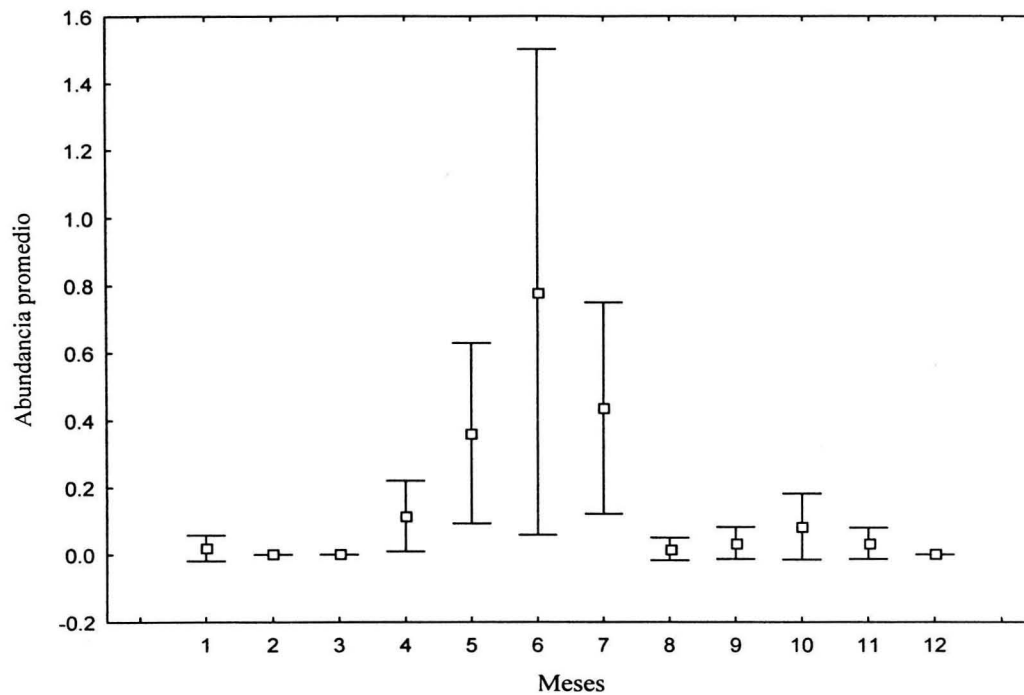
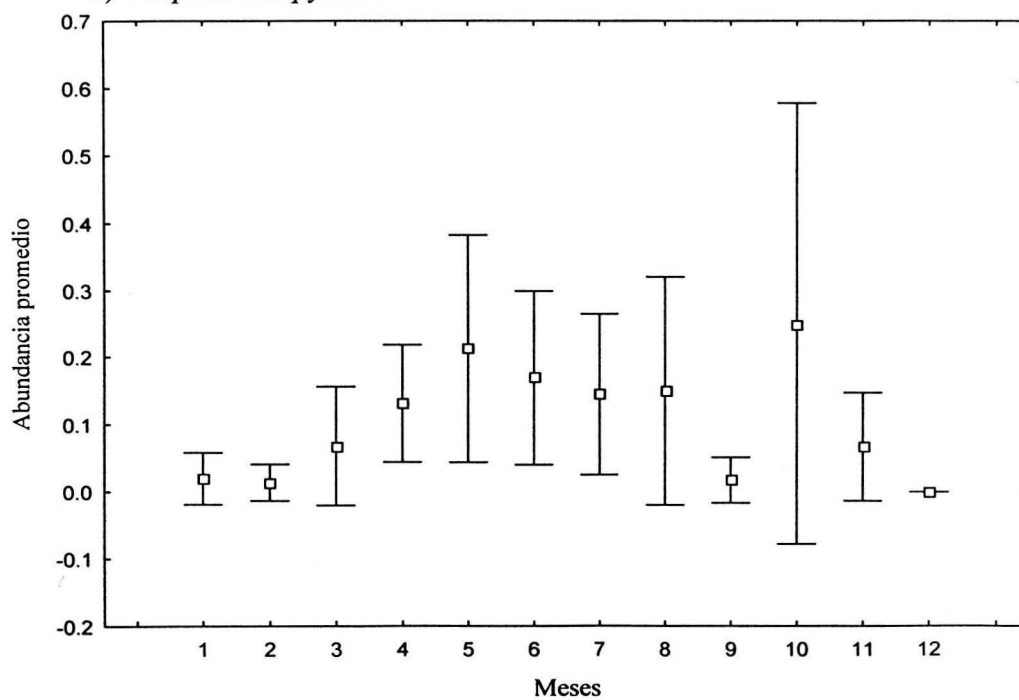
a) *Tylodelphys* spb) *Cyclastera ralli*

Figura 3.- variación de la Abundancia promedio de algunas especies de helmintos parasitas de *Girardinichthys multiradiatus* en el lago Chicahuapan durante un ciclo anual enero-diciembre 2001 (1 = enero, 2 = febrero 3..... 12 = diciembre).

c) *Bothriocephalus acheilognathi*d) *Valipora campylancristota*

Continuación fig. 3

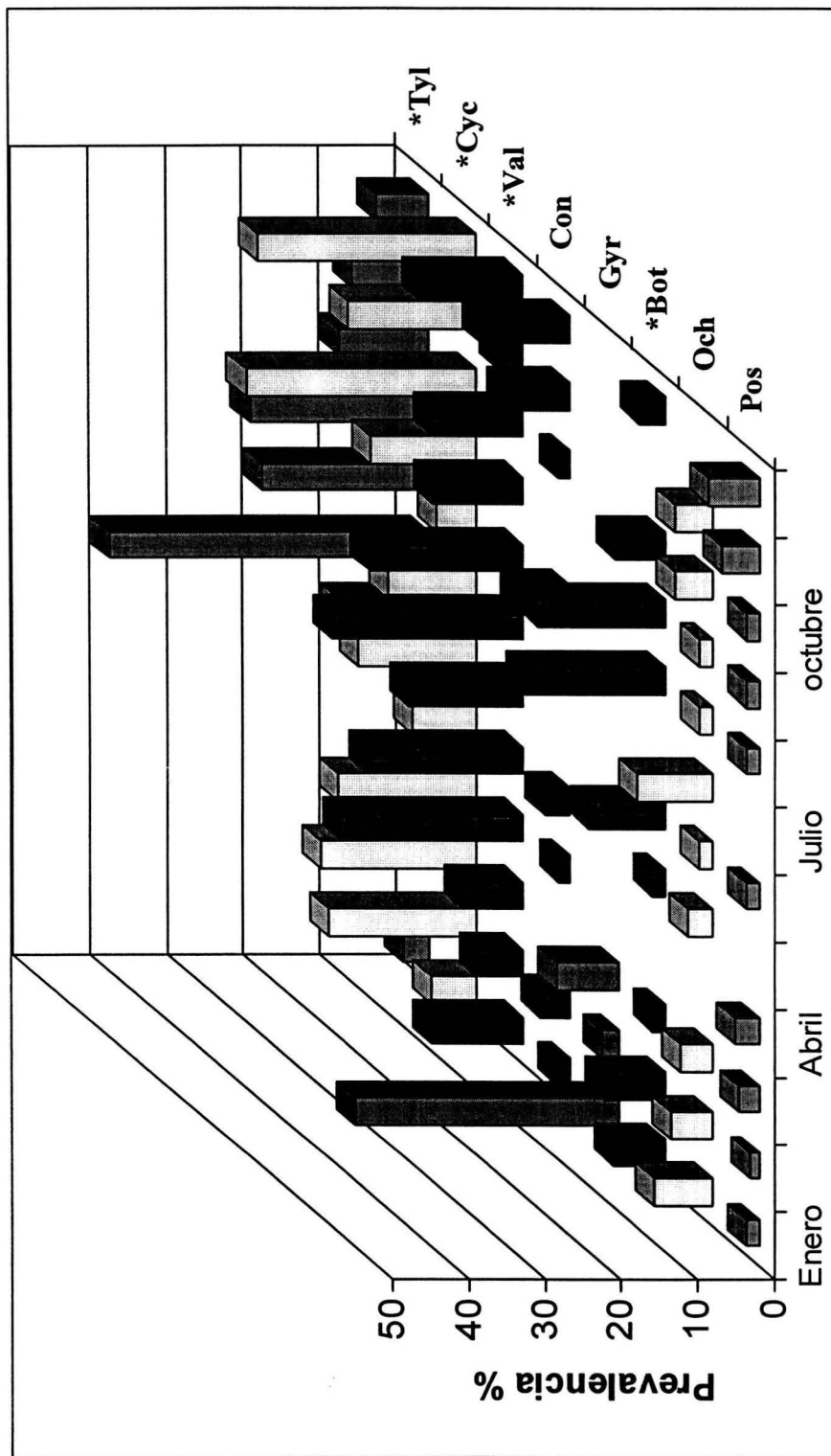


Figura 4.- Variación de la prevalencia de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse San Juanico, durante un ciclo anual (enero-diciembre 2001), (* = estadios larvarios).

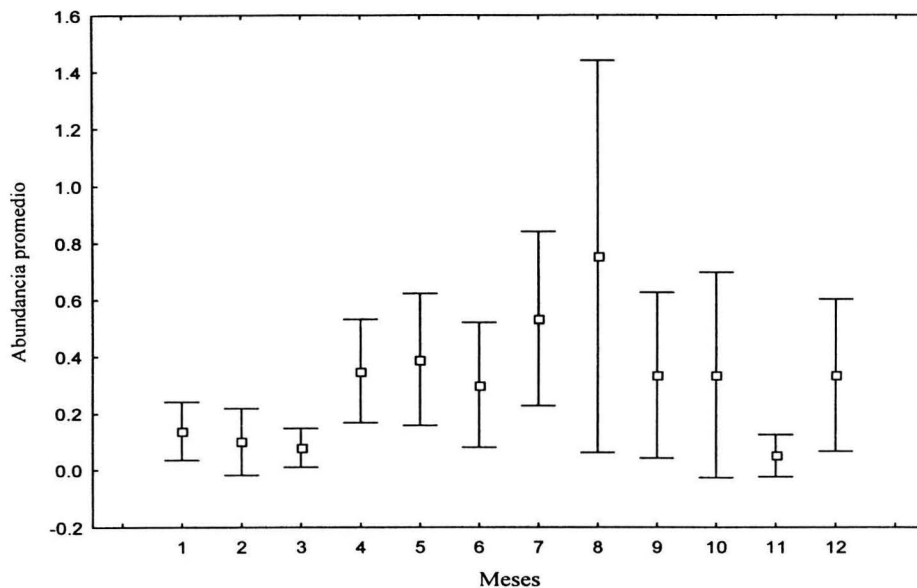
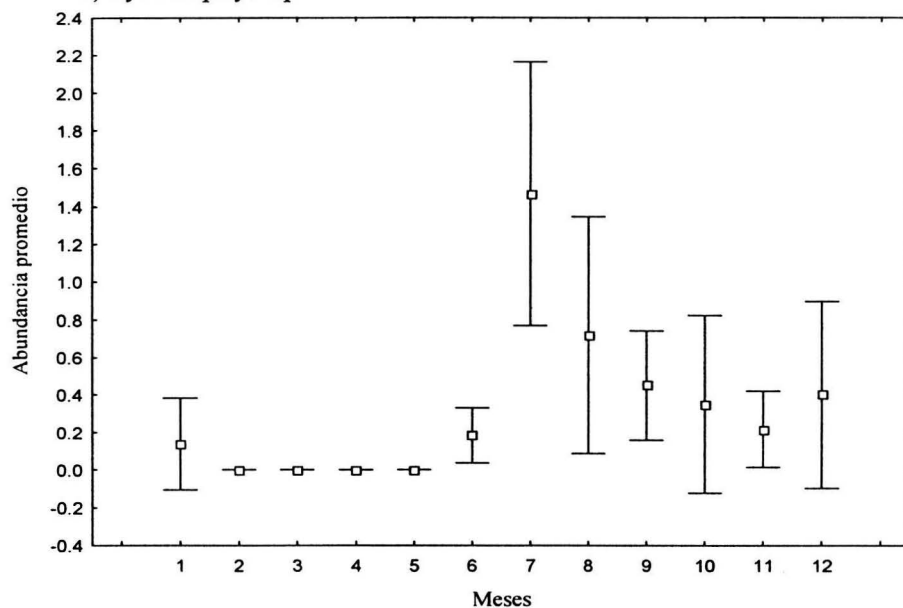
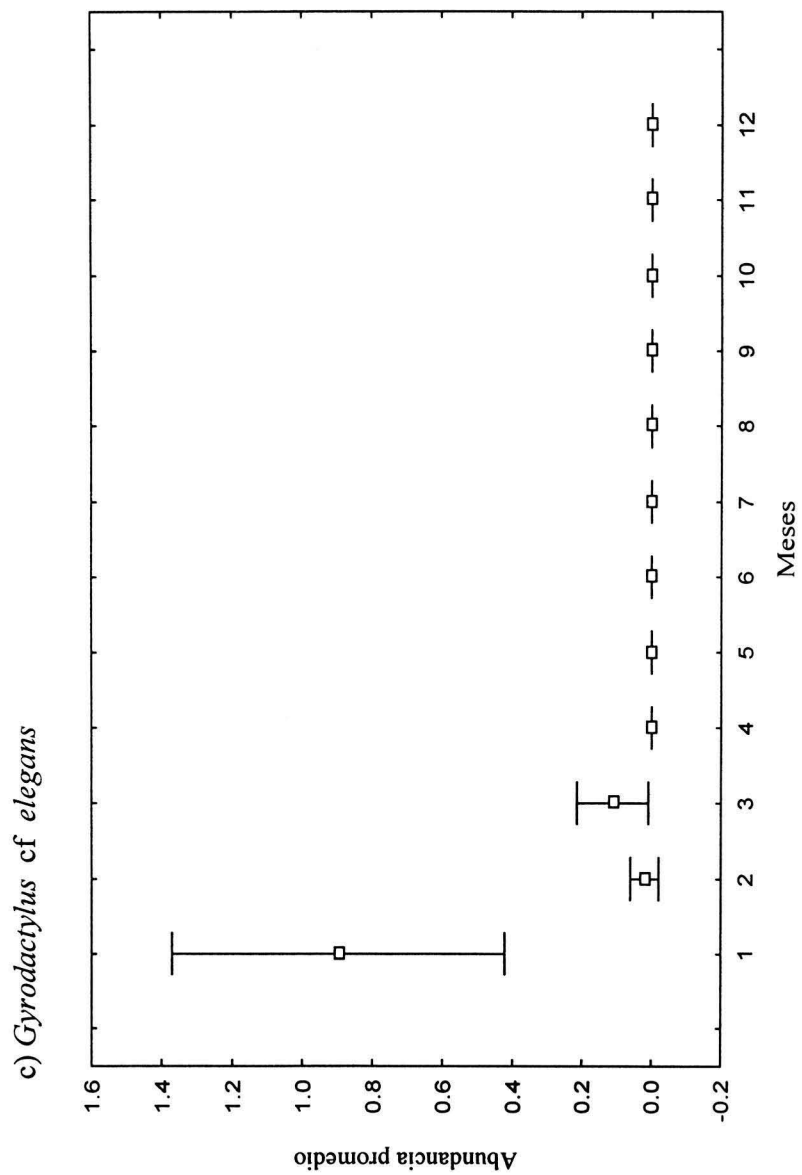
a) *Valipora campylancristota*b) *Tylodelphys* sp

Fig. 5.- Variación de la abundancia promedio de algunas especies de helmintos parasitas de *Girardinichthys multiradiatus* en la presa San Juanico durante el ciclo anual enero-diciembre del 2001 (1= enero, 2 = febrero, 3.....12 = diciembre).



Continuación figura 5.

Tabla 6.- Análisis del comportamiento de las distintas helmintiasis con relación al sexo de *Girardinichthys multiradiatus*, en el Lago Chicnahuapan Almoloja del Río, Estado de México (Ds = Desviación estandar).

hospedero (sexo)	Número de hospederos		Intensidad		No. de parásitos recolectados	Abundancia \pm Ds	S ² / X
	Examinados	Parasitados (%)	Intervalo	Promedio			
<i>Gyrodactylus</i>							
Machos	378	5 (1.32)	(1-4)	1	5	0.01 \pm 0.11	0.99
Hembras	363	7 (1.93)	(1-3)	1.14	8	0.02 \pm 0.16	1.23
<i>Tyloodelphys</i> sp.							
Machos	378	166 (43.9)	(1-185)	7.19	1194	3.16 \pm 12.1	46.3
Hembras	363	168 (46.3)	(1-358)	10.5	1768	4.8 \pm 23.9	117
<i>P. minimum</i>							
Machos	378	9 (2.38)	(1-4)	3.55	32	0.085 \pm 1.02	12.32
Hembras	363	8 (2.20)	(1-11)	3.5	28	2.20 \pm 0.07	7.08
<i>O. breviaecum</i>							
Machos	378	17 (4.5)	(1-4)	1.35	23	0.085 \pm 1.02	1.73
Hembras	363	11 (3.03)	(1-2)	1.18	13	2.20 \pm 0.07	1.28
<i>B. acheilognathi</i>							
Machos	378	20 (5.29)	(1-8)	1.8	36	0.01 \pm 0.57	3.36
Hembras	363	30 (8.26)	(1-18)	2.57	77	0.21 \pm 1.23	7.09
<i>C. ralli</i>							
Machos	378	63 (17)	(1-12)	2	127	0.3 \pm 1	3.1
Hembras	363	57 (16)	(1-12)	2.1	120	0.3 \pm 1.1	3.8
<i>V. campylancristota</i>							
Machos	378	24 (6.3)	(1-4)	1.4	34	0.1 \pm 0.4	1.7
Hembras	363	22 (6.1)	(1-7)	2	43	0.1 \pm 0.6	3.4
<i>Contracaecum</i>							
Machos	378	15 (4)	(1-4)	1.3	19	0.1 \pm 0.3	1.7
Hembras	363	17 (4.7)	(1-3)	1.3	22	0.1 \pm 0.3	1.6

Tabla 7.- Análisis del comportamiento de las distintas helmintiasis con relación al sexo de *Girardinichthys multiradiatus* en la presa San Juanico Acambay, Estado de México (Ds = desviación estándar).

hospedero (sexo)	Número de hospederos		Intervalo	Intensidad Promedio	No. de parásitos recolectados	Abundancia ± Ds	S/x
	Examinados	Parasitados (%)					
<i>Gyrodactylus</i>							
Machos	363	10 (2.75)	(1-3)	1.6	16	0.01 ± 0.3	1.84
Hembras	350	16 (4.7)	(1-2)	2.75	44	0.13 ± 0.77	4.75
<i>Tylodelphys</i> sp.							
Machos	363	46 (12.7)	(1-16)	3.57	164	0.45 ± 1.82	7.31
Hembras	350	32 (9.14)	(1-9)	2.22	71	0.2 ± 0.9	
<i>P. minimum</i>							
Machos	363	14 (3.85)	(1-2)	1.07	15	0.041 ± 0.213	1.09
Hembras	350	9(2.57)	1	1	9	0.026 ± 0.159	0.977
<i>O. brevicaecum</i>							
Machos	363	2 (0.55)	1	1	2	0.01 ± 0.07	1
Hembras	350	2 (0.29)	1	1	2	0.01 ± 0.07	2
<i>B. acheilognathi</i>							
Machos	363	24 (6.61)	(1-7)	1.33	32	0.09 ± 0.46	2.36
Hembras	350	18 (5.4)	(1-5)	1.39	25	0.07 ± 0.38	1.97
<i>C. ralli</i>							
Machos	363	5 (1.4)	(1-2)	1.2	6	0.0 ± 0.1	1.3
Hembras	350	5 (1.4)	(1-5)	2.6	13	0.0 ± 0.1	3.6
<i>V. campylancristrota</i>							
Machos	363	63 (17)	(1-9)	2.1	134	0.4 ± 1.1	3
Hembras	350	39 (11)	(1-16)	2.2	87	0.12 ± 2.6	6.1
<i>Contraecum</i>							
Machos	363	11(3)	(1-3)	1.5	17	0.0 ± 0.	1.9
Hembras	350	11 (3.1)	(1-3)	1.2	13	0.0 ± 0.2	1.3

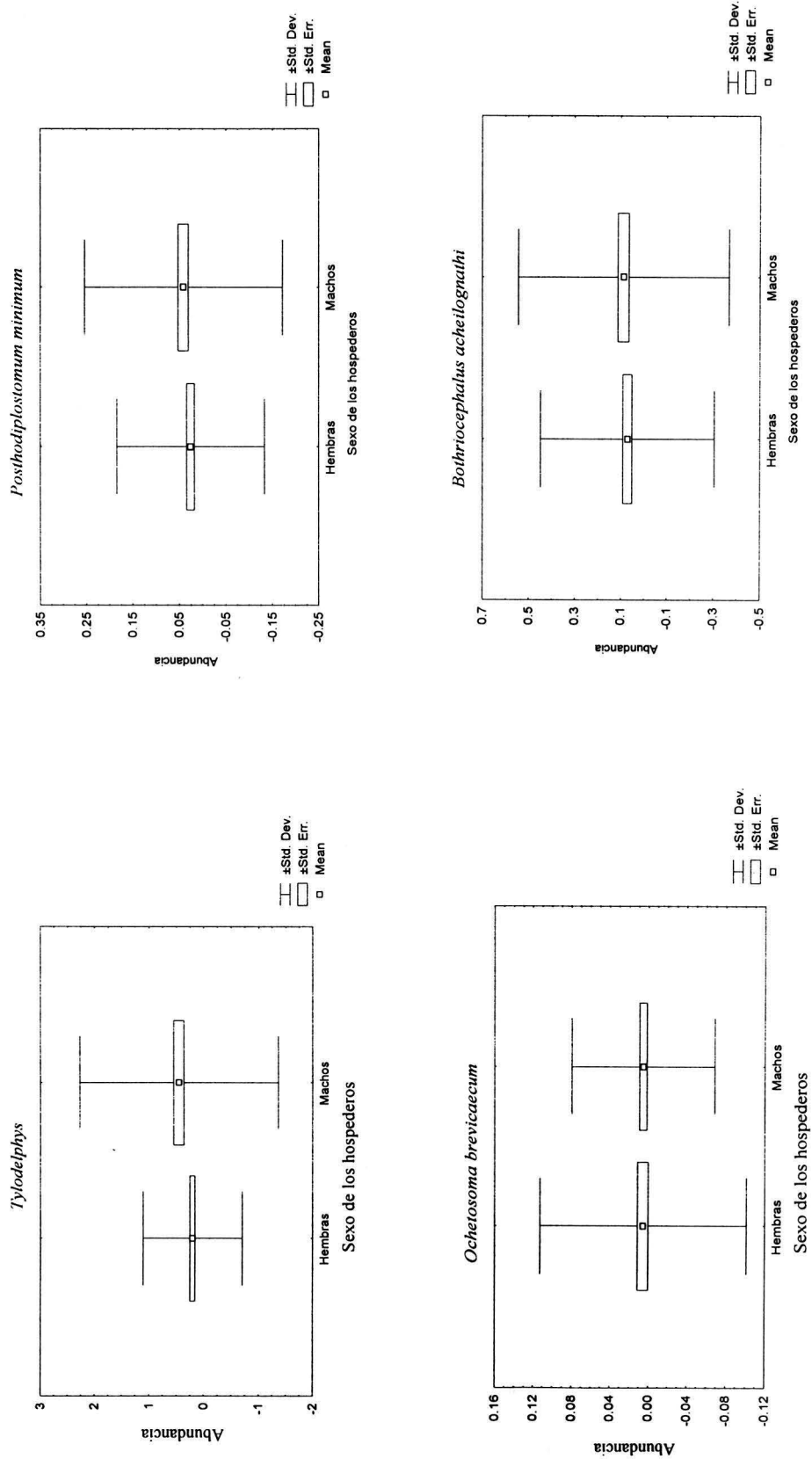
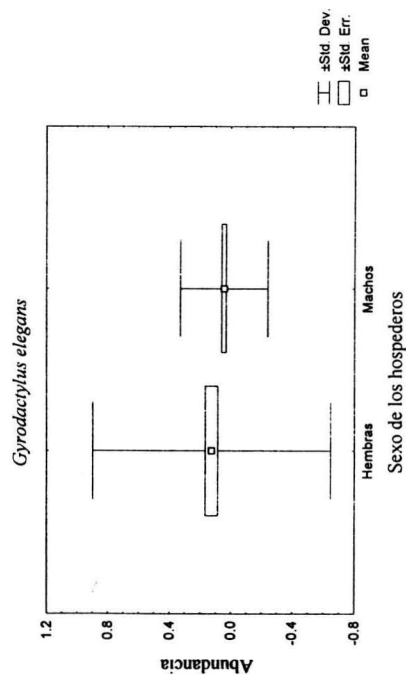
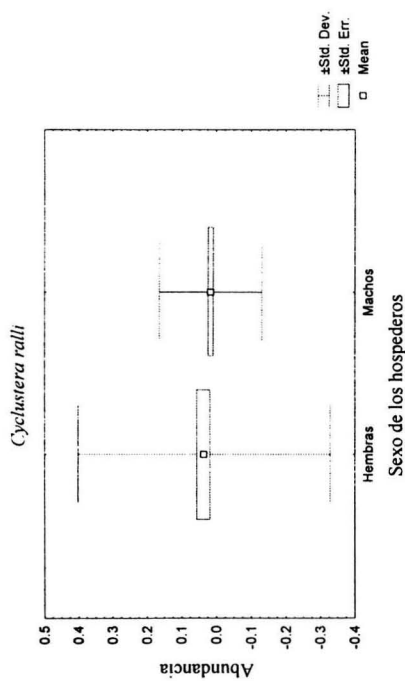
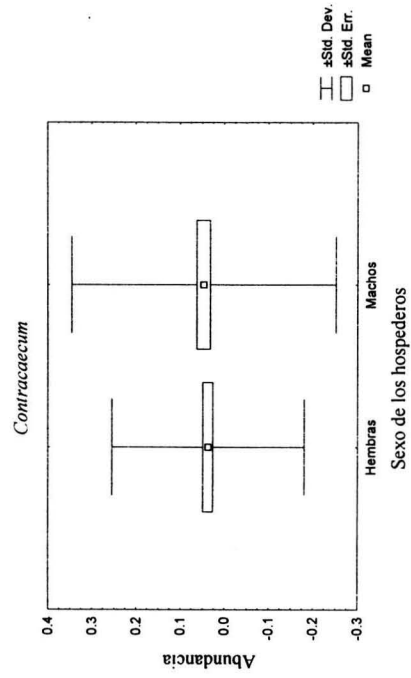
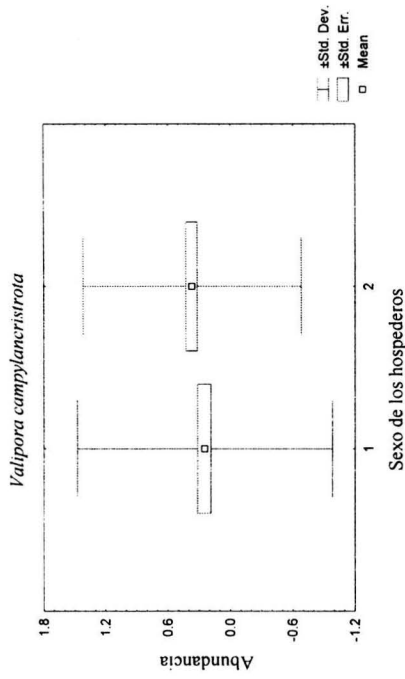


Figura 6.- Abundancia de los helmintos parásitos en hembras y machos de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse San Juanico Municipio de Acambay, Estado de México.



Continuación figura 6

Tabla 8.- Análisis del comportamiento de las distintas helmintiasis con relación a la talla de las hembras de *Girardinichthys multiradiatus* en el Lago Chiconahuapan, Almoloya del Río, Estado de México (ds = desviación estandar, S² / X = grado de agregación)

Intervalo de talla (mm)	Número de hospederos		Intensidad intervalo	Número de parásitos recolectados	Abundancia ± ds	S ² / X
	examinados	parasitados (%)				
<i>Gyrodactylus</i>						
15 - 25	127	6 (4.11)	(1 - 2)	7	0.04 ± 0.26	1.24
26 - 36	209	1 (0.47)	1	1	0.004 ± 0.08	1
37 - 47						
<i>Tylodelphys</i> sp.						
15 - 25	127	45 (30.82)	(1 - 36)	187	1.27 ± 4.025	11
26 - 36	209	107 (51.2)	(1 - 160)	1130	5.4 ± 18.93	67.63
37 - 47	27	16 (59.26)	(1 - 358)	451	16.7 ± 71.52	283.5
<i>Posthodiplostomum minimum</i>						
15 - 25	127	4 (2.74)	(1 - 8)	11	0.075 ± 0.724	6.05
26 - 36	209	3 (1.43)	(1 - 11)	15	0.072 ± 0.93	8.56
37 - 47	27	1 (3.7)	2	2	0.07 ± 0.4	2
<i>Ochetosoma breviccaecum</i>						
15 - 25	127	1 (0.68)	1	1	0.01 ± 0.09	1
26 - 36	209	9 (4.31)	(1 - 2)	11	0.05 ± 0.26	4.26
37 - 47	27	1 (3.7)	1	1	0.01 ± 0.11	1
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>						
15 - 25	127	4 (2.74)	(1 - 4)	7	0.048 ± 0.384	2.68
26 - 36	209	21 (10.5)	(1 - 10)	44	0.211 ± 1.13	4.26
37 - 47	27	5 (18.51)	(1 - 18)	26	0.96 ± 0.3.64	12.78
<i>Cyclustera ralli</i>						
15 - 25	127	19 (13)	(1 - 12)	9	0.25 ± 1.18	4.75
26 - 36	209	33 (15.8)	(1 - 9)	76	0.36 ± 1.13	3.6
37 - 47	27	5 (18.51)	(1 - 2)	7	0.25 ± 0.61	1.35
<i>Valipora campylancristrota</i>						
15 - 25	127	6 (4.11)	(1 - 3)	9	0.06 ± 0.36	1.83
26 - 36	209	12 (5.74)	(1 - 7)	22	0.11 ± 0.71	3.46
37 - 47	27	4 (14.81)	(1 - 7)	12	0.44 ± 1.48	4.53
<i>Contracaecum</i> sp.						
15 - 25	127	2 (1.37)	3	6	0.04 ± 0.37	2.98
26 - 36	209	14 (6.7)	(1 - 2)	15	0.07 ± 0.3	1.07
37 - 47	27	1 (3.7)	1	1	0.03 ± 0.2	1

Tabla 9.- Análisis del comportamiento de las distintas helmintiasis con relación a la talla de los machos de *Girardinichthys multiradiatus* en el Lago Chicahuapán Almoloja del Río, Estado de México (ds = desviación estandar, S² / X = grado de agregación).

Intervalo de talla (mm)	Número de hospederos examinados	Número de hospederos parasitados (%)	Intensidad		Número de parásitos recolectados	Abundancia ± ds	S ² / X
			intervalo	promedio			
<i>Gyrodactylus</i>							
17 - 24	138	3 (2.17)	1	1	3	0.022 ± 1.46	52.27
25 - 30	214	2 (0.93)	1	1	2	0.009 ± 0.096	0.99
31 - 43	26	0	0	0	0	0	0
<i>Tylodelphys</i> sp.							
17 - 24	138	56 (40.58)	(1 - 28)	3.69	207	1.15 ± 3.64	46.27
25 - 30	214	94 (43.92)	(1 - 100)	6.97	656	3.06 ± 9.10	27.04
31 - 43	26	16 (61)	(1 - 185)	20.68	331	20.68 ± 44.88	103.22
<i>Posthodiplostomum minimum</i>							
17 - 24	138	2 (1.44)	(1 - 2)	1.5	3	0.02 ± 0.189	47.27
25 - 30	214	7 (3.27)	(1 - 19)	4.14	29	4.14 ± 6.71	13.41
31 - 43	26	0	0	0	0	0	0
<i>Ochetosoma brevicacuum</i>							
17 - 24	138	5 (3.62)	1	1	5	0.03 ± 0.188	48.27
25 - 30	214	12 (5.6)	(1 - 4)	1.5	18	0.084 ± 0.402	1.92
31 - 43	26	0	0	0	0	0	0
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>							
17 - 24	138	6 (4.34)	(1 - 5)	1.66	10	0.072 ± 0.462	49.27
25 - 30	214	12 (5.6)	(1 - 8)	1.83	22	0.103 ± 0.619	3.73
31 - 43	26	2 (7.9)	2	2	4	0.153 ± 0.612	2.44
<i>Cyclusiera ralli</i>							
17 - 24	138	19 (13.77)	(1 - 12)	2.47	47	0.072 ± 0.462	50.27
25 - 30	214	42 (19.63)	(1 - 5)	1.81	76	0.103 ± 0.619	1.99
31 - 43	26	2 (7.69)	(1 - 3)	2	4	0.153 ± 0.612	2.44
<i>Valipora campylancristrota</i>							
17 - 24	138	5 (3.63)	(1 - 3)	1.4	7	0.051 ± 0.304	51.27
25 - 30	214	17 (7.94)	(1 - 4)	1.47	25	0.117 ± 0.455	1.77
31 - 43	26	2 (7.69)	1	1	2	0.077 ± 0.272	0.96
<i>Contracaecum</i> sp.							
17 - 24	138	6 (4.34)	1	1	6	0.043 ± 0.205	53.27
25 - 30	214	9 (4.20)	(1 - 4)	1.4	13	0.061 ± 0.351	2.02
31 - 43	26	0	0	0	0	0	0

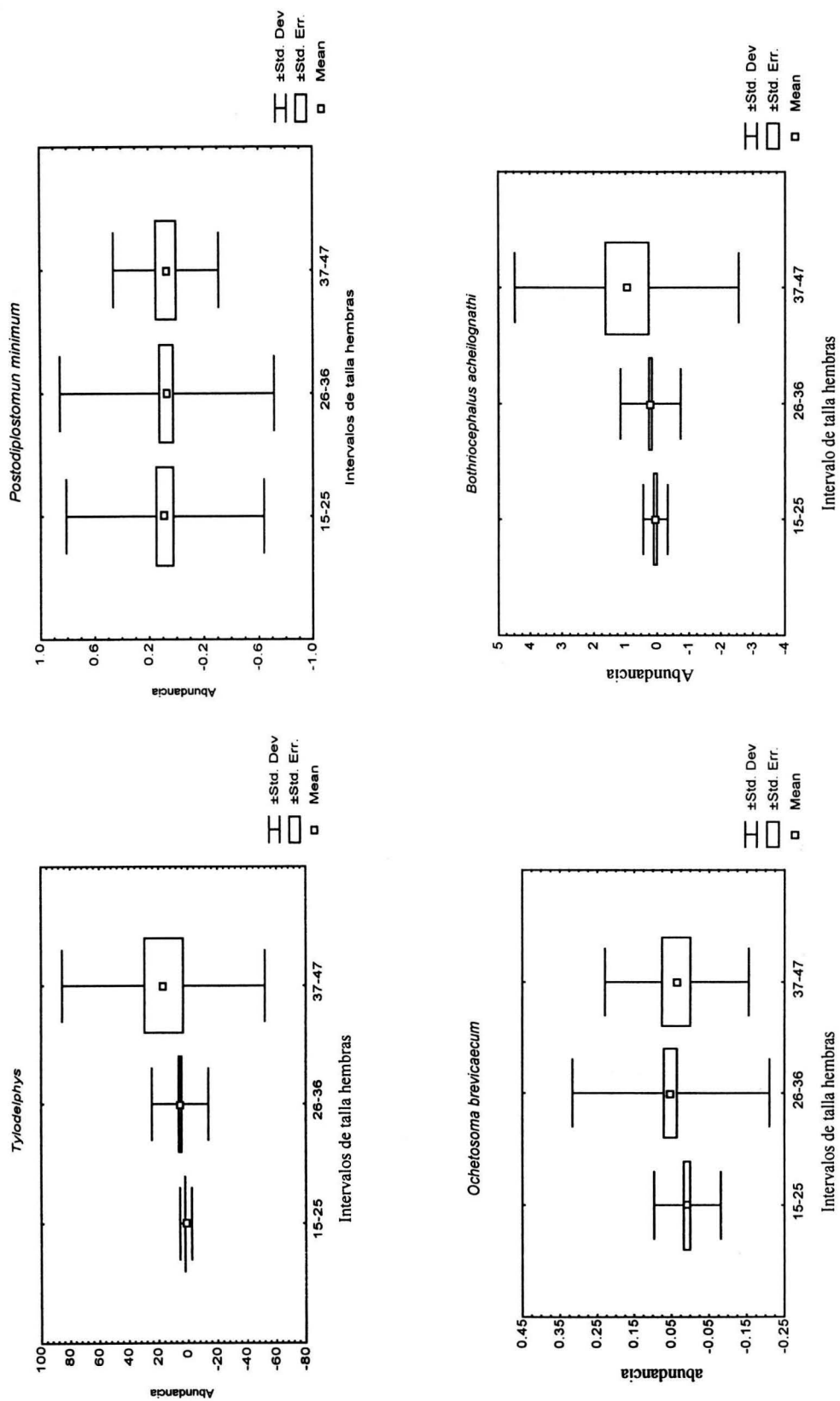
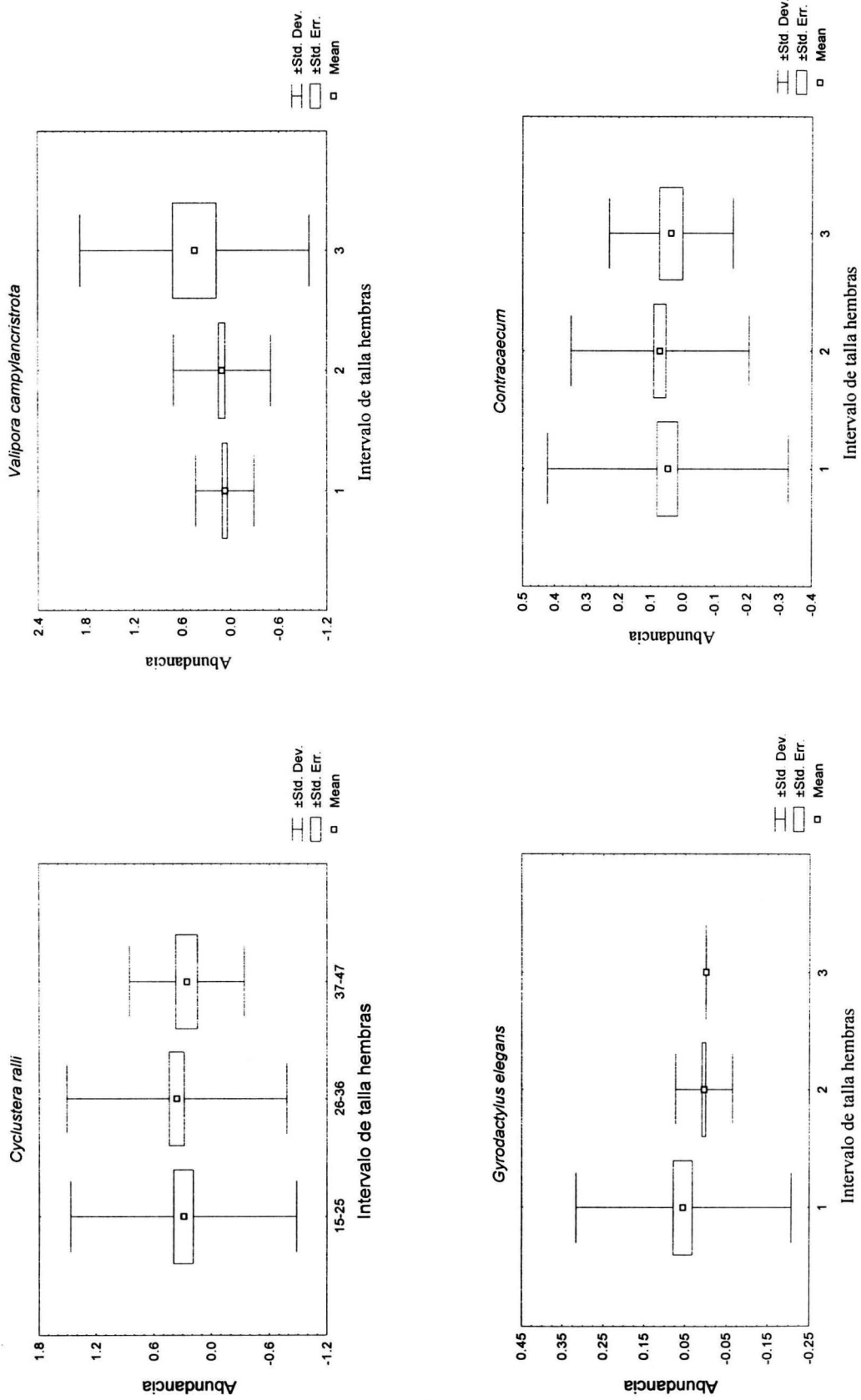


Figura 7.- Abundancia promedio de las especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en los intervalos de talla de hembras en el Lago Chicahuapan municipio de Almoloya del río, Estado de México.



Continuación Figura 7

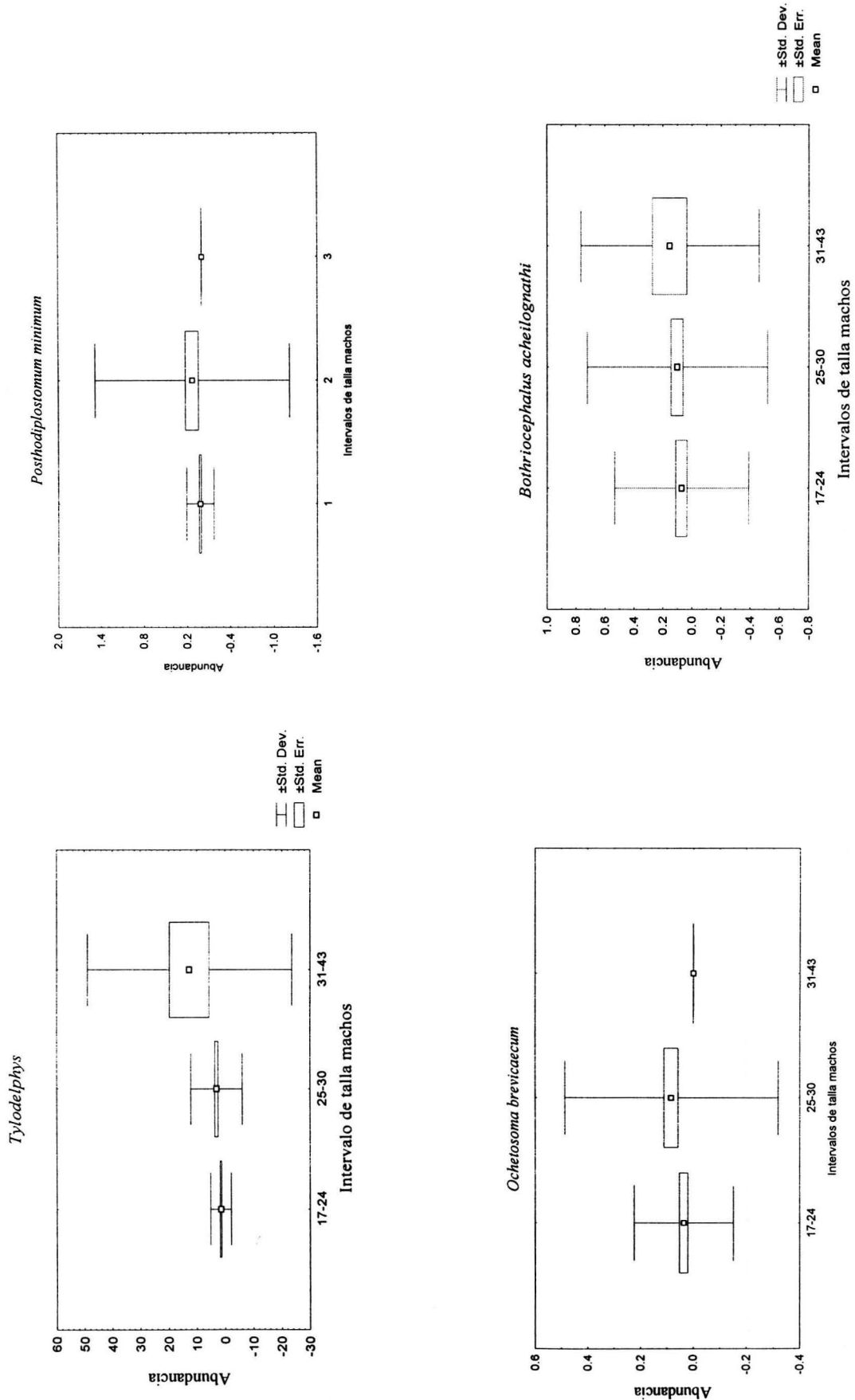
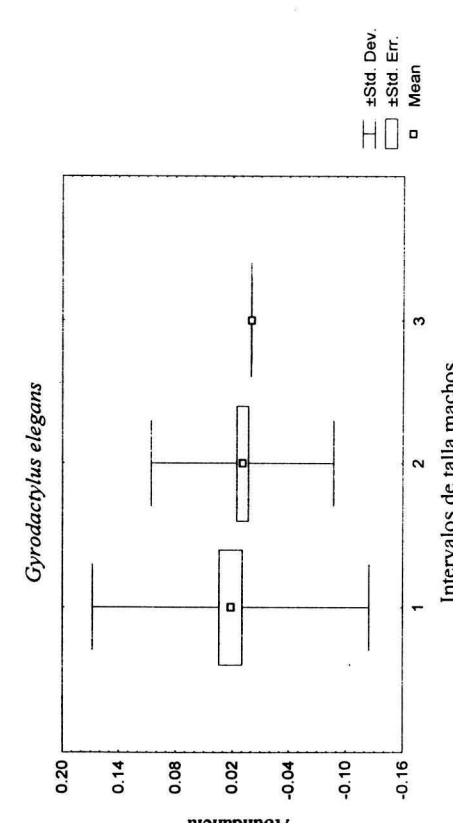
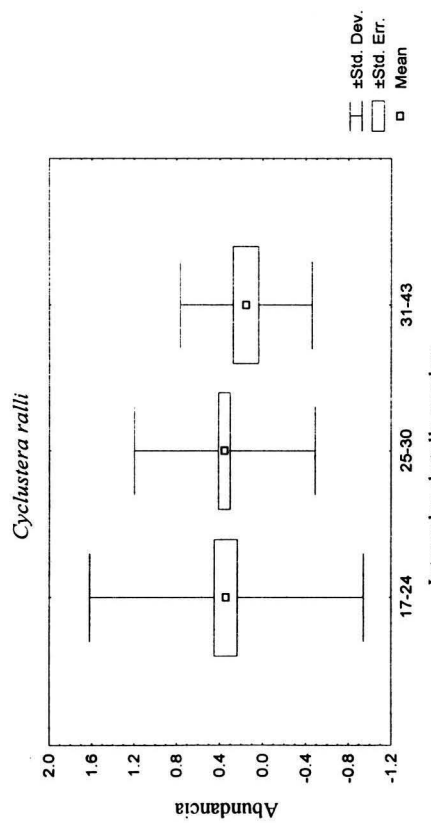
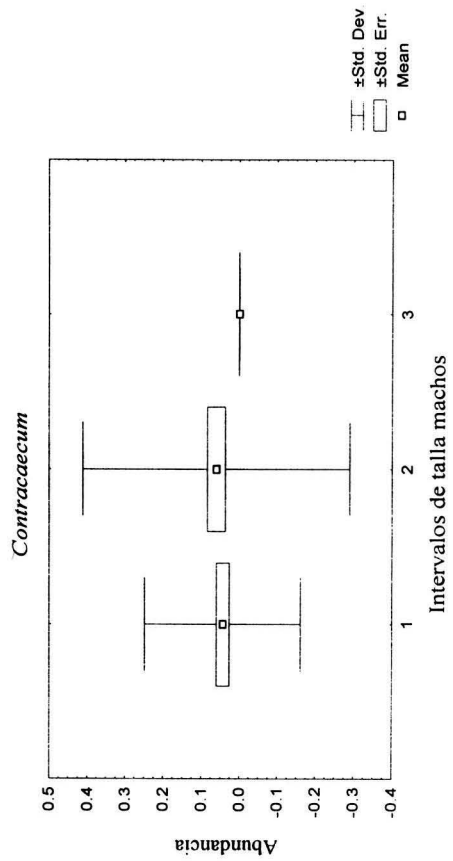
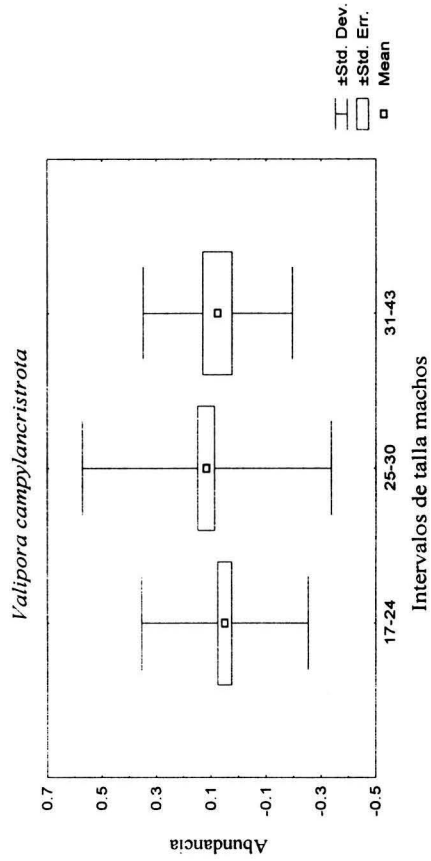


Figura 8.- Abundancia helmintos en los intervalos de talla de machos de *Girardinichthys multiradiatus* en el lago Chicahuapan municipio de Almoloya del río, Estado de México.



Continuación figura 8.

Tabla 10.- Análisis del comportamiento de las distintas helmintiasis con relación a la talla en las hembras de *Girardinichthys multiradiatus* de la Presa San Juanico, Estado de México

Intervalo de talla (mm)	Número de hospederos examinados	Número de hospederos parasitados (%)	Intensidad intervalo	Intensidad promedio	Número de parásitos recolectados	Abundancia \pm ds	S ² / X
<i>Tyloodelphys</i> sp							
18 - 28	192	13 (6.67)	(1 - 7)	1.92	25	0.130 \pm 0.662	3.367
29 - 39	131	13 (9.92)	(1 - 9)	2.84	37	0.282 \pm 1.19	5.026
40 - 50	27	6 (22.22)	(1 - 3)	1.5	9	0.333 \pm 0.733	1.615
<i>Posthodiplostomum minimum</i>							
18 - 28	192	4 (2.08)	1	1	4	0.020 \pm 0.143	0.984
29 - 39	131	4 (3.05)	1	1	4	0.030 \pm 0.172	0.976
40 - 50	27	1 (3.70)	1	1	1	0.037 \pm 0.192	1
<i>Ochetosoma brevicacuum</i>							
18 - 28	192	1 (0.521)	2	2	2	0.01 \pm 0.144	2
29 - 39	131	0	0	0	0	0	0
40 - 50	27	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodactylus elegans</i>							
18 - 28	192	14 (7.29)	(1 - 9)	2.98	41	0.213 \pm 1.02	4.909
29 - 39	131	2 (1.52)	(1 - 3)	1.5	3	0.022 \pm 0.194	1.656
40 - 50	27	0	0	0	0	0	0
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>							
18 - 28	192	9 (4.68)	(1 - 5)	1.66	15	0.078 \pm 0.445	2.535
29 - 39	131	7 (5.34)	(1 - 2)	0.27	8	0.061 \pm 0.270	1.198
40 - 50	27	2 (7.40)	1	1	2	0.074 \pm 0.266	0.961
<i>Cyclusteria ralli</i>							
18 - 28	192	1 (0.52)	5	5	5	0.026 \pm 0.360	5
29 - 39	131	3 (2.29)	(1 - 2)	0.577	4	0.031 \pm 0.213	1.481
40 - 50	27	1 (3.70)	4	4	4	0.148 \pm 0.77	4
<i>Valipora campylancristrota</i>							
18 - 28	192	10 (5.20)	(1 - 2)	1.2	12	0.062 \pm 0.282	1.277
29 - 39	131	23 (17.55)	(1 - 16)	2.82	65	0.496 \pm 1.91	7.391
40 - 50	27	6 (22.22)	(1 - 4)	1.66	10	0.370 \pm 0.883	2.107
<i>Contracaecum</i> sp							
18 - 28	192	6 (3.13)	(1 - 2)	1.33	8	0.04 \pm 0.25	1.47
29 - 39	131	3 (2.29)	1	1	3	0.022 \pm 0.150	0.984
40 - 50	27	2 (7.40)	1	1	2	0.074 \pm 0.266	0.961

Tabla 11.- Análisis del comportamiento de las distintas helmintiasis respecto de la talla en los machos de *Girardinichthys multiradiatus* de la Presa San Juanico, Estado de México

Intervalo de talla (mm)	Número de hospederos		Intensidad intervalo	Intensidad promedio	Número de parásitos recolectados	Abundancia \pm ds	S^2 / X
	examinados	parasitados (%)					
<i>Tylocephalus</i> sp							
17 - 24	97	6 (6.18)	(1 - 8)	4.5	27	0.278 \pm 1.28	5.968
25 - 30	226	33 (14.60)	(1 - 16)	3.15	104	0.460 \pm 1.87	7.669
31 - 43	40	7 (17.7)	(1 - 13)	4.71	33	0.825 \pm 2.44	7.265
<i>Posthodiplostomum minimum</i>							
17 - 24	97	0	0	0	0	0	0
25 - 30	226	11 (4.86)	(1 - 2)	1.09	12	0.053 \pm 0.243	1.118
31 - 43	40	3 (7.5)	1	1	3	0.075 \pm 0.226	0.948
<i>Ochetosoma brevicacuum</i>							
17 - 24	97	0	0	0	0	0	0
25 - 30	226	2 (0.884)	1	1	2	0.008 \pm 0.093	0.995
31 - 43	40	0	0	0	0	0	0
<i>Gyrodactylus elegans</i>							
12 - 24 mm	97	3 (3.09)	(1 - 3)	2	6	0.061 \pm 0.376	2.295
25 - 31	226	5 (2.21)	(1 - 2)	1.4	7	0.030 \pm 0.218	1.547
32 - 42	40	2 (5)	(1 - 2)	1.5	3	0.075 \pm 0.349	1.632
<i>Bothriocephalus acheilognathi</i>							
17 - 24	97	7 (7.21)	7	2	14	0.144 \pm 0.763	4.04
25 - 30	226	15 (6.63)	(1 - 2)	1.066	16	0.070 \pm 0.273	1.05
31 - 43	40	2 (5)	1	1	2	0.05 \pm 0.220	0.974
<i>Cyclusiera ralli</i>							
17 - 24	97	1 (1.03)	1	1	1	0.010 \pm 0.101	1
25 - 30	226	3 (1.32)	(1 - 2)	1.333	4	0.017 \pm 0.162	1.488
31 - 43	40	1 (2.5)	1	1	1	0.025 \pm 0.158	1
<i>Valipora campylancristrota</i>							
17 - 24	97	9 (9.27)	(1 - 6)	2	18	0.185 \pm 0.754	3.06
25 - 30	226	45 (19.91)	(1 - 9)	2.066	93	0.411 \pm 1.05	2.967
31 - 43	40	9 (22.5)	(1 - 5)	2.55	23	0.575 \pm 0.298	2.933
<i>Contracaecum</i> sp							
17 - 24	97	3 (3.0)	(1 - 3)	1.66	5	0.051 \pm 0.334	2.17
25 - 30	226	12 (5.30)	(1 - 3)	1	12	0.053 \pm 0.308	1.788
31 - 43	40	0	0	0	0	0	0

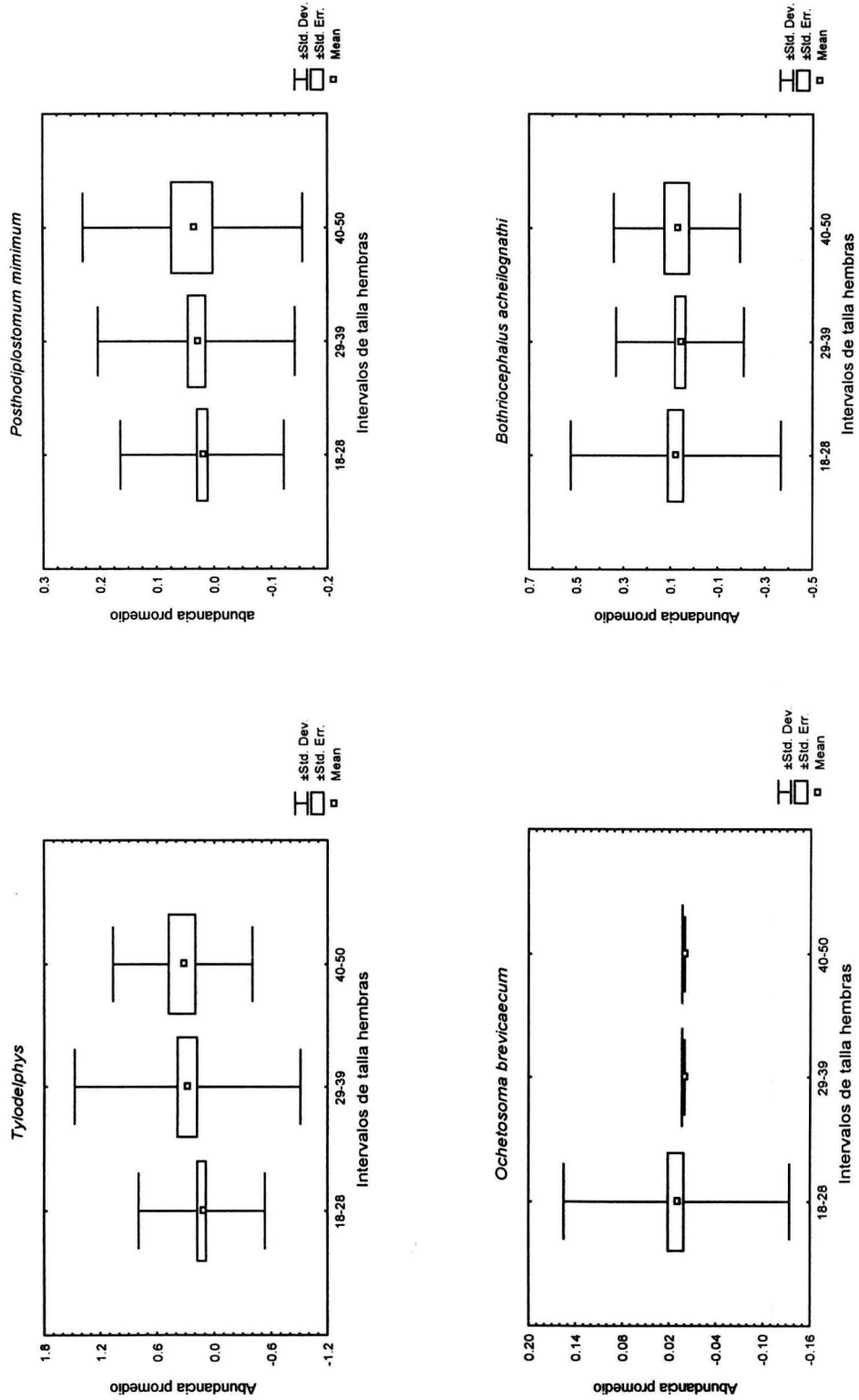
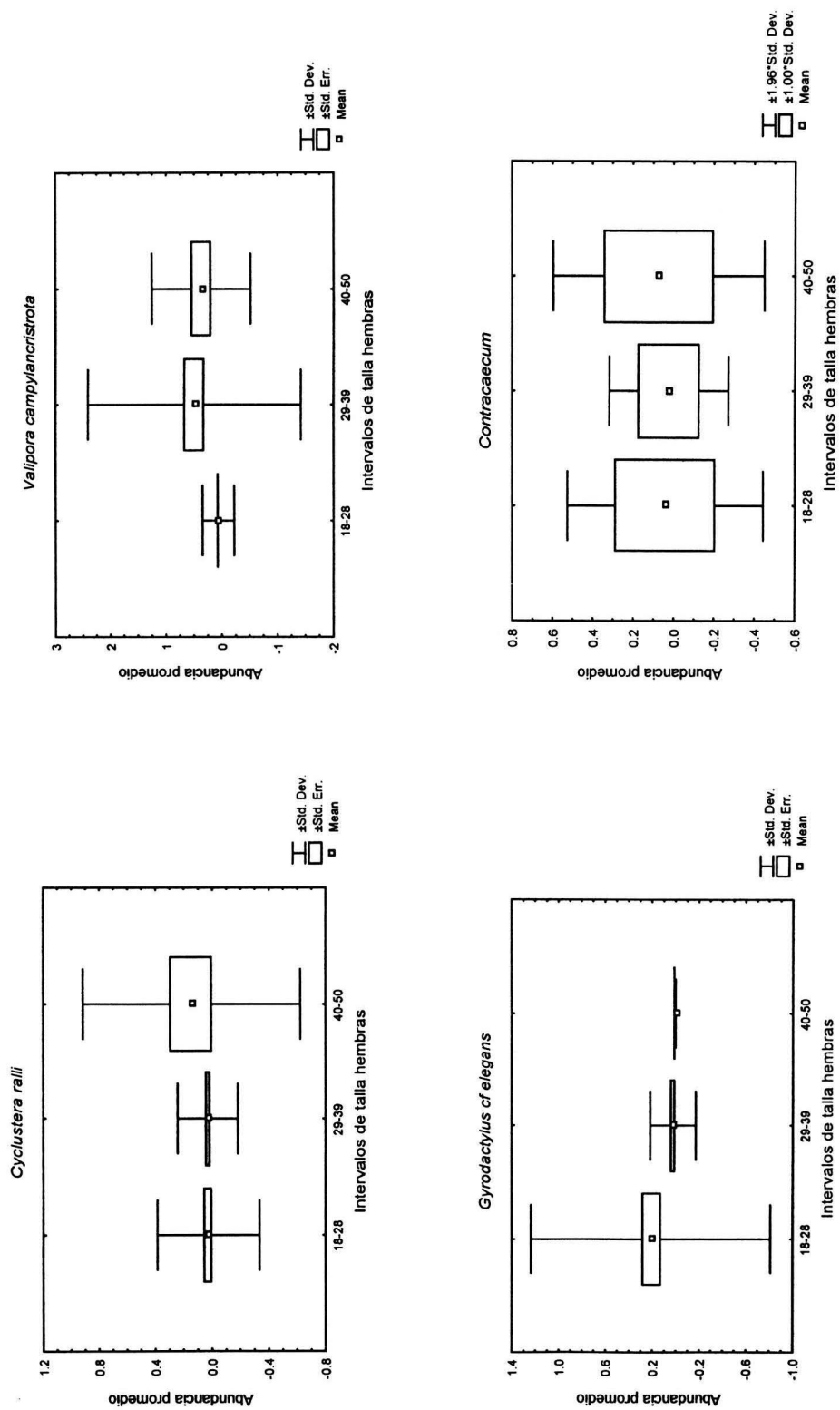


Figura 9.- Abundancia promedio en los intervalos de talla de hembras de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse San Juanico municipio de Acambay, Estado de México.



Continuación figura 9.

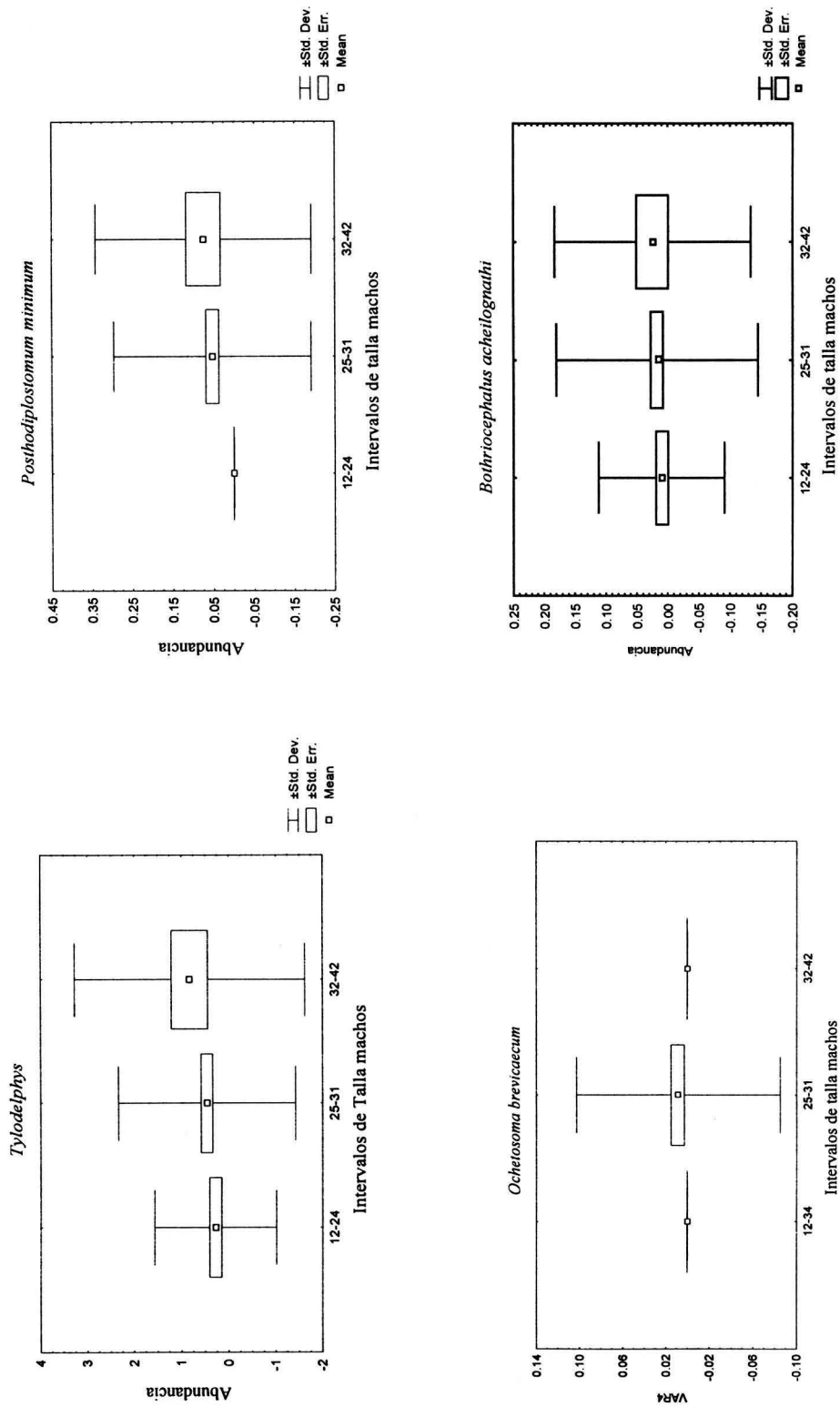
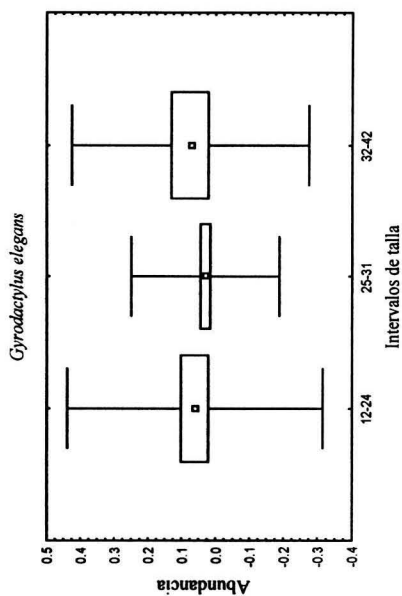
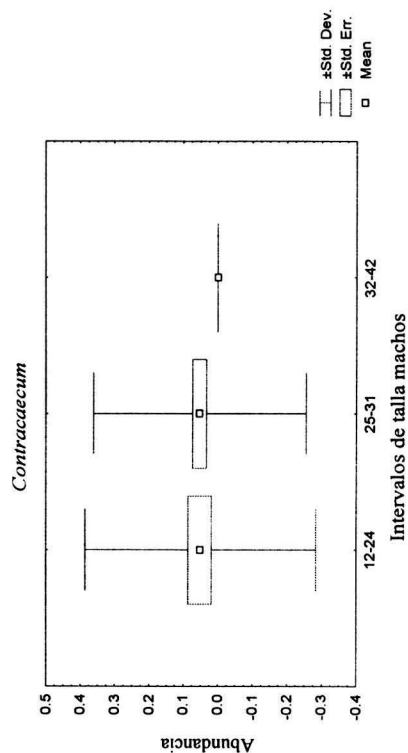
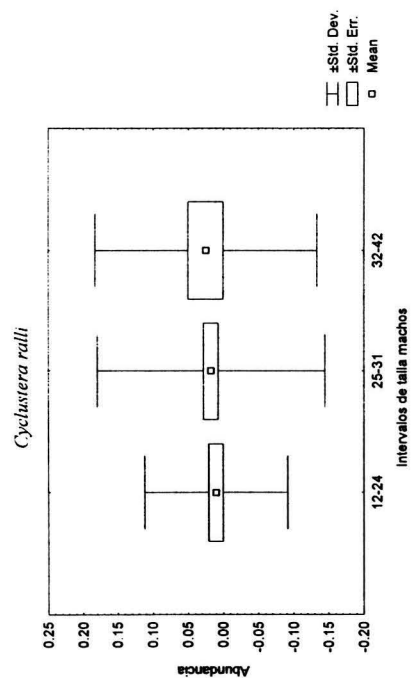
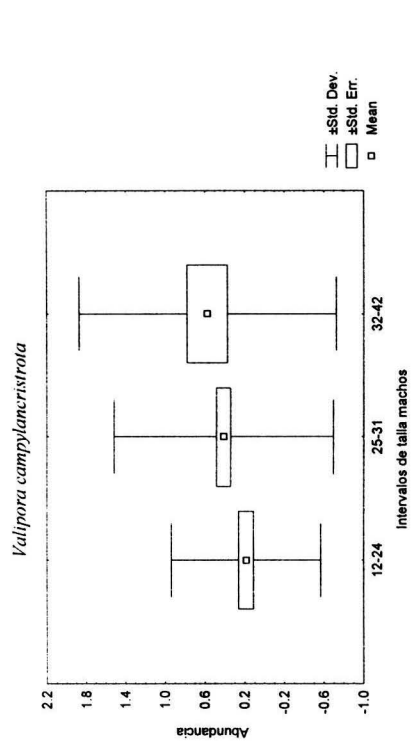


Figura 10.- Abundancia de helmintos en los intervalos de talla de machos de *Girardinichthys multiradiatus* en el embalse San Juanico municipio de Acambay, Estado de México.



Continuación figura 10.

DISCUSIÓN GENERAL

Esta investigación tuvo como objetivo principal establecer un inventario completo de los helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el área total de su distribución geográfica actual, reconocer y examinar los factores bióticos y abióticos que contribuyen a explicar la abundancia y diversidad de parásitos, y estudiar aspectos selectos de la dinámica poblacional de los helmintos y de la relación parásito – hospedero.

El registro helmintológico de esta especie de pez incluye 13 especies de parásitos, 5 de estas especies constituyeron nuevos registros de hospedero. La composición taxonómica de la comunidad sigue un patrón ya descrito en México (Scholz et al., 1995; Moravec et al., 1995; Salgado-Maldonado et al., 1997, 2001a, b, 2004a, b). esta comunidad incluye un componente mayoritario de tremátodos y nemátodos en tanto que los acantocéfalos constituyen el grupo menor por el número de sus especies.

Los datos demuestran una comunidad helmintológica pobre y dominada, en comparación con las comunidades de otros peces dulceacuícolas estudiados en México. Esta comunidad es realmente una estructuración Neártica (Aguilar-Aguilar et al., 2003) y en ese sentido es similar a otras ya descritas en cuanto a su número de especies (ver Pérez et al., 2000; Salgado-Maldonado et al., 2001). En tanto que las comunidades Neotropicales de peces dulceacuícolas de México pueden ser muy ricas (ver Salgado-Maldonado y Kennedy, 1997; Martínez Aquino et al., 2004; Salgado-Maldonado et al., 2004; Vidal Martínez et al, 1998).

Esta comunidad se ve sujeta a la invasión por especies generalistas, transportadas por aves principalmente. La relación entre las comunidades de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas del Altiplano Mexicano y las aves migratorias del Neártico ha sido comentada por Salgado-maldonado et al., 2001. Señalando que el hecho de que peces de talla pequeña como *Girardinichthys multiradiatus* ocupen hábitas someros situados en rutas de paso de aves migratorias procedentes del Neártico, favorecen que estas comunidades pobres se vean invadidas por especies de helmintos trasportadas por estas

aves, y que usan a los peces como hospederos segundos intermediarios u hospederos paraténicos.

Dos de las especies de helmintos registradas en esta investigación son introducidas por el hombre. El monogéneo *Gyrodactylus elegans* y el céstodo *Bothriocephalus acheilognathi*. Ninguno de los registros es nuevo en el país ni constituye un nuevo registro de hospederos. Sin embargo, el hallazgo de estos parásitos en esta investigación señala aspectos de su importancia. En efecto, ambos parásitos constituyen un peligro grave para la acuicultura y el acuarismo, así como para la conservación de especies nativas de peces de México y la repoblación en cuerpos de agua epicontinentales del país (Scholz y Salgado-Maldonado, 2000; Jiménez-García et al., 2001; Salgado-Maldonado y Pineda-López, 2003).

El estudio de la estructura de la comunidad de helmintos de *Girardinichthys multiradiatus* demostró que la comunidad componente así como las infracomunidades son pobres, que hay una especie dominante en la mayoría de las localidades (*Tylodelphys* sp.), sin importar el tipo de localidad: presa, bordo, lago o arroyo. Estas metacercarias también dominan a casi todas las infracomunidades en la mayoría de las localidades. Solo existe una especie *Margotrema bravoae* como especie especialista y su distribución es parcheada. Las especies raras son eventuales, al parecer asociadas con la presencia de otras especies en el Lerma. La comunidad muestra un cierto grado de predictibilidad y consistencia por estos elementos. Sin embargo, es necesario valorar con mayor precisión esta predictibilidad respecto de la estructura de la comunidad. Hasta el momento el manejo de los datos aportados es totalmente descriptivo y empírico, estas conclusiones deben tomarse como hipótesis para abordar un tratamiento más preciso del análisis.

El intercambio de parásitos de *G. multiradiatus* con las especies de peces que cohabitan en una misma localidad, mostró la influencia de este intercambio en la estructuración de las comunidades de helmintos, sugiriendo que puesto que las comunidades de parásitos se constituyen con especies generalistas, en este sentido, son un reflejo de los parásitos disponibles en la región. Lo cual concuerda plenamente con la teoría de la estructuración de las comunidades de helmintos propuesta por Holmes (1990), en el sentido de que la fauna local es un reflejo de la fauna regional de parásitos.

Nuevamente, esto debe tomarse como hipótesis para abordar un tratamiento más preciso del análisis.

En términos generales los datos sugieren que los factores filogenéticos son importantes en la estructuración de la comunidad (ver Choudhury y Dick, 2000; Salgado-Maldonado et al., 2004), puesto que se detecta una especie especialista. Sin embargo, los factores ecológicos son también sumamente importantes y contribuyen en gran medida a la predictibilidad y a la variabilidad de la comunidad. Se exploró la predictibilidad de la comunidad de helmintos tomando muestras durante 12 meses continuos en 2 localidades. La comunidad es persistente durante periodos cortos de tiempo y predecible, en el sentido de que la especie dominante está presente en todos los meses en ambas localidades. La variabilidad observada se atribuye a factores locales, como la presencia/ausencia de hospederos intermediarios y a la dinámica de la transmisión.

El sistema de estudio no constituye un buen modelo para estudiar la dinámica poblacional de los parásitos, puesto que no es posible precisar la edad del hospedero y éste vive más de un año; y también porque la mayoría de las especies de helmintos son formas larvianas, cuya longevidad mayor a 12 meses les permite acumularse en los tejidos del hospedero, ocultando así las fases de reclutamiento e ingreso a la población. El estudio de la dinámica poblacional de 8 especies de helmintos parásitos de *Girardinichthys multiradiatus* en 2 cuerpos de agua del Alto Lerma demostró la infección persistente a lo largo del año de las especies dominantes, manifestando que la transmisión se da continuamente. Sin embargo, los valores bajos de prevalencia e intensidad de las poblaciones de helmintos sugieren poca efectividad en esta transmisión. Los datos demuestran también la independencia de las variaciones en las poblaciones entre los 2 cuerpos de agua estudiados, lo que sugiere que los factores locales son muy importantes para el desarrollo de las parasitosis de *Girardinichthys multiradiatus* en la región.