

00361



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

10

*ECOLOGIA DE POBLACIONES DE LOS HELMINTOS DE
POECILIIDAE Y GOODEIDAE DEL RIO NEXAPA,
PUEBLA, MEXICO*

299829

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS (BIOLOGIA)**

P R E S E N T A

HUGO HARLAN MEJIA MADRID

**DIRECTOR DE TESIS:
DOCTOR MARCOS RAFAEL LAMOTHE ARGUMEDO**

MEXICO, D. F.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Rafael Lamothe Argumedo, por su valiosa guía en todo momento y los comentarios que ayudaron a ampliar los alcances del presente trabajo.

Al Dr. Gerardo Pérez Ponce de León, por su desinteresado apoyo y por todas las sugerencias que ayudaron a mejorar la presente tesis, así como por su invaluable ayuda para dar forma al primer manuscrito.

A la Dra. Virginia León Rêgagnón, por sus acuciosos comentarios y correcciones a este trabajo.

Al M. en C. Luis García Prieto, por sus detallados comentarios y sugerencias.

Con todos ellos tengo una enorme deuda, especialmente por su compañerismo en el trabajo y su invaluable apoyo en mi formación como helmintólogo mexicano.

A los demás miembros del jurado cuyas sugerencias ayudaron a mejorar la presentación de los resultados del presente trabajo: M. en C. David Osorio Sarabia, Dr. Zenón Cano Santana y Dr. Guillermo Salgado Maldonado.

Deseo agradecer a la administración 1990-93 de la Escuela de Biología de la B.U.A.P. por haberme apoyado incondicionalmente para realizar el presente trabajo.

Debo un profundo agradecimiento al Dr. Antonio Fernández Crispín, por su siempre desinteresada ayuda en las colectas e identificación de los peces de la cuenca del Alto Balsas, por compartir sus amplios conocimientos sobre la biología del Estado de Puebla además de contar en todo momento con su amistad.

A mis alumnos de la Escuela de Biología, quienes me apoyaron con la colecta y disección del material ictiológico, además de hacer muy amenos nuestros viajes a través del Estado de Puebla: Biólogos Román Alfredo Ortega Cide, María Dolores Zapata Juárez, Jorge Antonio Quiroz Martínez y Enrique Barreto Orihuela.

RESUMEN

Se registra y analiza la ecología de poblaciones de los helmintos que parasitan a cinco especies de peces dulceacuícolas en cuatro cuerpos de agua, dos lénticos (Laguna de la Mina y Presa Manuel Ávila Camacho, Cuenca del Balsas) y dos lóticos (Río San Marcos-Cazones, cuenca del mismo nombre y Río Nexapa, Cuenca del Balsas), del Estado de Puebla, México. Estos registros se realizaron en junio de 1991 (primera fase) y mensualmente entre abril de 1992 y octubre de 1993, inclusive, (segunda fase). Los helmintos descubiertos se encontraron en tres especies de peces de la familia Poeciliidae, *Poecilia sphenops* Valenciennes (Laguna de la Mina, Presa Manuel Ávila Camacho, Río San Marcos y Río Nexapa), *Poecilia mexicana* Steindachner (Río Nexapa) y *Poeciliopsis gracilis* (Heckel) (Río Nexapa); de una especie de la familia Atherinidae, *Poblana letholepis* Álvarez (Laguna de la Mina) y de una especie de la familia Goodeidae, *Ilyodon whitei* (Meek) (Río Nexapa).

Los helmintos que se registran por primera vez para México son: el nemátodo *Capillaria cyprinodonticola* en estado adulto en el hígado de *P. sphenops*, *P. mexicana*, *P. gracilis* e *Ilyodon whitei*. Se amplía el registro de: las metacercarias de *Posthodiplostomum minimum* (en todos los cuerpos de agua muestreados) y *Echinochasmus* sp. (solamente en la Laguna de la Mina y en el Río San Marcos) en la familia Poeciliidae, en *P. sphenops*, ambas especies; en *P. mexicana* y *P. gracilis* solamente *P. minimum*; en la familia Atherinidae en *P. letholepis* y *Bothriocephalus acheilognathi* solo en ésta última. Asimismo se registra la presencia de las larvas infectivas de *Eustrongylides* sp. solamente en las familias Poeciliidae y Goodeidae muestreadas en el Río Nexapa.

Los niveles de infección encontrados privilegian a *P. minimum* por encima de las demás infecciones helmínticas. Estas infecciones sitúan a esta especie como un buen

colonizador en primer lugar. La segunda especie que mostró niveles de infección importantes, aunque solamente locales, fue el nemátodo adulto *C. cyprinodonticola*, sin embargo, éste dejó de detectarse durante el muestreo estacional.

Los muestreos por cuerpo de agua demuestran que las infecciones por *P. minimum* en Poeciliidos y Atherínidos se distribuyen preferentemente en los cuerpos de agua más cercanos o francamente dentro de la planicie costera del Golfo de México (Río San Marcos y Laguna de la Mina), como lo reflejan sus más altas prevalencias que los cuerpos de agua más centrales en el Estado de Puebla lo cual está dando información sobre su estado de conservación, así como la preferencia por aves migratorias por estos cuerpos de agua. Asimismo, se observó que los cuerpos de agua lénticos exhiben prevalencias más altas de *P. minimum* que los cuerpos lóticos.

El muestreo estacional no mostró diferencias de consideración entre los meses en los cuales aparecieron las helmintiasis indicadas. Las infecciones pueden considerarse erráticas debido a la movilidad de los peces en el Río Nexapa, así como a fenómenos de severos períodos con escasez de alimento. Consecuentemente se pudo detectar una práctica desaparición de las metacercarias y del nemátodo en estado adulto durante los últimos muestreos, fenómeno que comprueba que los ambientes lóticos son el escenario de colonizaciones oportunistas y de fuertes fluctuaciones locales, las cuales no pueden detectarse con muestreos con pocos hospederos, tal como lo reporta la literatura en ambientes semejantes y para latitudes templadas.

CONTENIDO

RESUMEN.....	2
INTRODUCCIÓN.....	5
ANTECEDENTES.....	10
ÁREAS DE ESTUDIO.....	14
ESPECIES DE PECES ESTUDIADAS.....	15
MATERIAL Y MÉTODOS.....	19
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	23
Registro helmintológico.....	23
1. Distribución regional.....	29
2. Variación estacional.....	33
I. Especies alogénicas.....	33
II. Especies autogénicas.....	35
DISCUSIÓN GENERAL	37
CONCLUSIONES.....	47
LITERATURA CITADA.....	49
APÉNDICE, TABLAS Y GRÁFICAS.....	54

INTRODUCCIÓN.

Los helmintos son un grupo no natural de animales parásitos que se encuentran clasificados en phyla filogenéticamente muy distantes entre sí: Phylum Platyhelminthes, Phylum Acanthocephala, Phylum Nematoda y Clase Hirudinea del Phylum Annelida. La característica que comparten estos phyla es el hecho de que cada uno contiene clases que son enteramente parásitas de diversos organismos de los Reinos Protoctista, Animalia y Plantae.

Entre los grupos de helmintos más estudiados en el mundo, se encuentran los que parasitan a peces tanto de agua dulce como marinos. Esto es natural si se considera que el grupo de vertebrados más diverso que se conoce es el de los peces, además de tener éstos una enorme importancia comercial. Chubb (1984) considera que al menos hay pérdidas entre el 10% y el 20% de todos los peces en cultivo en el mundo debido a diferentes tipos de parasitosis.

Por otra parte, los helmintos parásitos de peces, en especial los de agua dulce, representan modelos biológicos interesantes para diversas disciplinas: biología molecular, sistemática, ecología, biogeografía y evolución. En particular en el campo de la ecología de las interacciones, los helmintos han representado algunos de los modelos más estudiados desde los últimos 40 años (Esch & Fernández, 1993). Este estudio parte del trabajo de Dogiel, Petrushevski y Polyanski (1961) *Parasitology of Fishes* (In: Kennedy, 1981), traducción al inglés publicada en el Reino Unido.

Los trabajos iniciales de los autores rusos mencionados colocaban especial énfasis en la sinecología de los parásitos, más que en la autoecología (Kennedy, 1981). Sin embargo, los estudios autoecológicos fueron los primeros, y más comunes que se realizaron

en el resto del mundo, especialmente en Inglaterra y Estados Unidos (Kennedy, 1981). Muchos de estos trabajos tempranos se enfocaron en la descripción y análisis de la presencia estacional de parásitos en peces de agua dulce. Las conclusiones que arrojaron estos trabajos fueron que la mayoría de las especies de parásitos mostraban ciclos estacionales en la prevalencia, intensidad de infección y en la maduración (Kennedy, 1981). Estos ciclos se podían correlacionar con cambios en el comportamiento y la dieta de los peces y, directamente o indirectamente, con los cambios físicos en el agua, y especialmente con la temperatura que parecía ser el único factor más importante. La primera discrepancia entre distintos autores (por ejemplo, Clive R. Kennedy vs. Roy M. Anderson) comenzó precisamente en poder identificar, en primer lugar, a la temperatura como factor causal (para una discusión detallada, ver Esch & Fernández, 1993). El problema era determinar si la temperatura actuaba directa (sobre el hospedero y sobre los parásitos) o indirectamente (a través de la maduración hormonal de los peces) y además si ésta afectaba la natalidad, mortalidad o inmigración de los parásitos (Kennedy, 1981). Según Kennedy (1981), en ese entonces quedó claro que los efectos denso-independientes tales como la temperatura son muy variables en espacio y tiempo, y afectan a distintos sistemas parásito-hospedero de forma distinta para producir diferencias en el tiempo y duración de los ciclos estacionales. Estos factores han sido ampliamente identificados para peces de latitudes templadas y circumpolares y han sido recopilados por Chubb (1979).

Posteriormente, Crofton (1971) de la Universidad de Bristol, puso especial énfasis en la distinción de los factores que regulan a las poblaciones de parásitos, a través de un modelo matemático que pudiera identificarlos. De esta forma, sus modelos inicialmente se abocaron, en primer lugar, a definir al parasitismo como un fenómeno ecológico con características particulares, distinto a otras interacciones en la naturaleza, y de forma

particular, en poder distinguir a los factores que influyen en los cambios poblacionales y determinar si las poblaciones de parásitos están reguladas por la acción de factores denso-dependientes, y por lo tanto son estables o, si principalmente están influenciadas por factores denso-independientes y por lo tanto, no están reguladas y son inestables.

A partir de los trabajos de Crofton (1971), y de Anderson y May (1978), propusieron una base teórica para describir y en algunos casos, predecir, la interacción entre las poblaciones de hospederos y parásitos. Han demostrado matemáticamente que las poblaciones de parásitos pueden interactuar, en tiempo evolutivo y contemporáneo, con sus poblaciones de hospederos y que esta interacción puede limitar y regular a ambas poblaciones de tal forma que ambas pueden existir en estado de equilibrio. El equilibrio "contemporáneo" puede lograrse por factores estabilizadores tales como sobredispersión de los parásitos en sus hospederos, reproducción o mortalidad denso-dependiente de los parásitos y mortalidad hospedatoria inducida por parásitos, los cuales contrarrestan y compensan a los factores desestabilizadores como inhibición de la reproducción del hospedero por parásitos, reproducción asexual de los mismos y retardos en su ciclo de vida (Kennedy, 1985).

Las principales conclusiones a las que se ha llegado en estos estudios es que existen una multiplicidad de factores que influyen en los distintos tipos de poblaciones de helmintos. Existen autores que dan más peso a los factores denso-dependientes (Kennedy) y otros que favorecen a los factores denso-independientes (Esch). Esto se debe, en primer lugar, a que las metodologías de estudio no permiten corroborar directamente en el campo, la mortalidad hospedatoria inducida por los parásitos (pero ver Lemly & Esch, 1984); tampoco se pueden correlacionar directamente los factores denso-independientes, como la temperatura, con el estado de maduración del parásitos o la mortalidad de los mismos

dentro del hospedero. Granath y Esch (1983) lograron comprobar, en un estudio de 4 años, que la población del céstodo *Bothriocephalus acheilognathi*, en este caso parásito de *Gambusia affinis*, se encuentra regulada directamente por la temperatura. Por otra parte, Lemly y Esch (1984) encontraron mortalidad inducida por los parásitos y a la vez regulación de la población de los peces, al estudiar a la metacercaria de *Uvulifer ambloplitis* en el pez, *Lepomis macrochirus*.

Finalmente, Esch y Fernández (1993) han agrupado y clasificado los factores que influyen en las poblaciones de parásitos de la siguiente manera:

Factores denso-independientes 1) Condiciones climáticas (especialmente en ectotermos); 2) Comportamiento del hospedero: a) Capitalización de las interacciones depredador-presa; 3) Muerte natural del parásito por senescencia y mortalidad; 4) Extinción local: a) En ecosistemas perturbados b) Colonización anual de hospederos es un evento anual, pero errático; 5) Hospederos de vida corta; 6) Límite de su distribución geográfica.

Factores denso-dependientes (regulación) 1) Depredación (casos muy particulares); 2) Respuesta inmune inducida por parásitos; 3) Competencia 4) Mortalidad hospedatoria inducida por los parásitos.

La mayoría de los trabajos realizados en el campo de la ecología de poblaciones parasitarias se han abocado a identificar ambos tipos de factores, denso-independientes y denso-dependientes, con diferencias notables en la predominancia que se puede atribuir a uno u otro tipo. La conclusión según Esch & Fernández (1993) es que los factores denso-independientes son los que determinan la dinámica poblacional de los parásitos. Por el contrario, son escasas las pruebas de campo que comprueben denso-dependencia.

Las investigaciones de ecología de poblaciones de helmintos que parasitan peces de agua dulce en México se han llevado a cabo en regiones que tienen importancia por las

actividades comerciales, industriales, culturales y turísticas que ahí se realizan. Estos trabajos se abocaron en un principio a estudiar tanto la variación estacional de los adultos de helmintos así como las fases larvarias. Lamentablemente sus resultados en su mayoría no evalúan la variación estacional. Estos resultados generalmente mencionan que existe variación estacional, aunque, de forma limitada y sobretodo aquellos realizados en el sureste de México (Andrade Salas, 1987; Fucugauchi, 1987; García Magaña, 1987; Montoya, Chávez y Sanabria, 1987, este último en el Estado de México). Estos autores relacionan cualquier variación estacional con la biología de la especie de helminto estudiada que sin embargo es desconocida.

Por otra parte, tal parece que los ciclos de variación son distintos tanto para especies alogénicas como autogénicas (como lo sugieren Janovy & Hardin, 1987). En el primer caso, parece ser que las fases larvarias, en especial de tremátodos (metacercarias) tienen ciclos que superan el año, y es difícil poder descubrir alguna estacionalidad si restringimos nuestras investigaciones a temporadas relativamente cortas. Por otra parte, los helmintos autogénicos (*sensu* Esch *et al.* 1988) parecen presentar uno o más ciclos poblacionales anuales, sobre todo en lo que respecta a periodos de reclutamiento. En este campo han faltado más investigaciones que apunten a definir con precisión cuáles son los factores que regulan a las poblaciones de helmintos en México, a diferencia de los estudios mencionados anteriormente. En el caso de los factores denso-independientes, parece ser que la fluctuación anual de la temperatura es un factor determinante en la Región Neártica (Chubb, 1979). En otros casos, no existe denso-dependencia alguna, debido principalmente a que los niveles de transmisión de los helmintos en la naturaleza son muy bajos (Kennedy, 1985); los cambios en la alimentación de los peces parece ser el factor denso-independiente más importante en la dinámica de transmisión de sus helmintos, principalmente en la

Región Neotropical, más aún que en la Región Holártica (Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997). Además, es importante considerar el hecho de que las generaciones de helmintos que se suceden en cualquier cuerpo de agua tienden a presentar generaciones traslapadas y permanecer cerca de un año ya sea como larvas o como adultos en el hospedero que infectan (Chubb, 1979). Se desconoce hasta la fecha si los adultos de los helmintos parásitos de peces en México tienen varios ciclos reproductivos al año, sin embargo, tal parece que este fenómeno ocurre (observaciones personales con adultos).

Por otro lado, poco se ha discutido sobre la dinámica de la distribución geográfica de las poblaciones de helmintos (sin embargo ver Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000) y cómo ésta podría estar reflejando la situación actual de los embalses de México y el estado de conservación de las especies de vertebrados e invertebrados que son sus hospederos intermediarios y definitivos. El tema de la colonización y dispersión de los helmintos todavía es un renglón que se requiere desarrollar más.

El presente trabajo tiene como objetivo ampliar el registro de helmintos de peces de agua dulce en la Cuenca del Alto Balsas y del Río Cazones del Estado de Puebla. Asimismo, pretende conocer la variación estacional e interanual del tamaño metapoblacional (larvas y/o adultos) de las especies de helmintos autógenas y alogénicas.

ANTECEDENTES

La ecología de poblaciones de helmintos parásitos de peces en México comenzó a realizarse a partir del año de 1984, pero fue hasta fines de 1986 (Memorias Congreso Nacional de Parasitología, 1986) cuando se divulgaron los primeros trabajos realizados por el Laboratorio de Helmintología del Instituto de Biología de la U.N.A.M. A la par que se realizaban estos trabajos, el Laboratorio de Parasitología de la División de Estudios

Región Neotropical, más aún que en la Región Holártica (Salgado-Maldonado & Kennedy, 1997). Además, es importante considerar el hecho de que las generaciones de helmintos que se suceden en cualquier cuerpo de agua tienden a presentar generaciones traslapadas y permanecer cerca de un año ya sea como larvas o como adultos en el hospedero que infectan (Chubb, 1979). Se desconoce hasta la fecha si los adultos de los helmintos parásitos de peces en México tienen varios ciclos reproductivos al año, sin embargo, tal parece que este fenómeno ocurre (observaciones personales con adultos).

Por otro lado, poco se ha discutido sobre la dinámica de la distribución geográfica de las poblaciones de helmintos (sin embargo ver Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000) y cómo ésta podría estar reflejando la situación actual de los embalses de México y el estado de conservación de las especies de vertebrados e invertebrados que son sus hospederos intermediarios y definitivos. El tema de la colonización y dispersión de los helmintos todavía es un renglón que se requiere desarrollar más.

El presente trabajo tiene como objetivo ampliar el registro de helmintos de peces de agua dulce en la Cuenca del Alto Balsas y del Río Cazones del Estado de Puebla. Asimismo, pretende conocer la variación estacional e interanual del tamaño metapoblacional (larvas y/o adultos) de las especies de helmintos autogénicas y alogénicas.

ANTECEDENTES

La ecología de poblaciones de helmintos parásitos de peces en México comenzó a realizarse a partir del año de 1984, pero fue hasta fines de 1986 (Memorias Congreso Nacional de Parasitología, 1986) cuando se divulgaron los primeros trabajos realizados por el Laboratorio de Helminología del Instituto de Biología de la U.N.A.M. A la par que se realizaban estos trabajos, el Laboratorio de Parasitología de la División de Estudios

Biológicos de la U. J. A. T., también comenzó a desarrollar investigaciones en este campo a partir de 1985.

Estas primeras investigaciones se enfocaron al estudio, por una parte, de cuerpos de agua lénticos: el Lago de Pátzcuaro en Michoacán (Guillén-Hernández, 1988¹; Mejía-Madrid, 1987²; Pérez-Ponce de León, 1986³; Ramírez-Casillas, 1987⁴; Salgado & Osorio, 1986) y diversas lagunas en el Estado de Tabasco. Por otra parte, en este último estado también se investigó a los helmintos de cuerpos de agua lóticos, principalmente del Río Grijalva. Como resultado de estas últimas, en el año de 1985, se publicó una memoria muy extensa sobre la situación poblacional de los helmintos parásitos de peces de importancia comercial y silvestres en las presas de Malpaso, la Angostura y Benito Juárez, en la cuenca del Río Grijalva-Usumacinta en el Estado de Chiapas, realizada por personal tanto de la misma U.J.A.T. como de la U.N.A.M. Este trabajo (Pineda *et al.*, 1985) se realizó por encargo de la hoy extinta Secretaría de Pesca y sus resultados han sido poco difundidos. Todos éstos, exceptuando la Memoria de la Secretaría de Pesca (Pineda *et al.*, 1985) finalmente fueron difundidos en su totalidad en el Noveno Congreso Nacional de Parasitología, (Andrade Salas, 1987; García Magaña, 1987. *In* Memorias, IX Congreso Nacional de Parasitología, Villahermosa, Tabasco, 1987).

¹Guillén-Hernández, S. 1988. Helmintofauna de la carpa herbívora, *Cyprinus carpio communis* L. del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias.

²Mejía-Madrid, H.H. 1987. Helmintofauna del "tiro" *Goodea atripinnis* Jordan, 1880, en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Algunas consideraciones ecológicas de las poblaciones de helmintos en sus hospederos. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 122 pp.

³Pérez-Ponce de León, G. 1986. *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) Dubois, 1936 (Trematoda: Diplostomatidae) en el 'pescado blanco' *Chirostoma estor* del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. 111 pp.

⁴Ramírez-Casillas, L.P. 1987. Helmintofauna de la 'lobina' *Micropterus salmoides* Lacépède en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Licenciatura. ENEP-Iztacala, U.N.A.M. 102 pp.

La gran mayoría de los trabajos realizados hasta esta fecha sugieren la preponderancia de factores de mortalidad denso-independiente. Se explican los cambios estacionales en las fluctuaciones poblacionales de helmintos debido a cambios en la dieta de los peces y a variaciones ambientales que inciden en la proliferación o extinción de los hospederos intermediarios. Otros (Andrade Salas, 1987) indican "cierta estacionalidad"[sic] en los periodos de infección y reclutamiento, con segregación temporal entre tres especies de tremátodos adultos, *Crassicutis cichlasomae*, *Saccocoeloides nani* y *Cichlasotrema ujati*.

Trabajos como el de García Magaña (1987) enfocan su estudio a comparar ambientes naturales y "alterados"[sic], y se concluye que las diferencias entre poblaciones de helmintos (comparando solamente prevalencias) se deben a las condiciones que limitan la presencia de los hospederos intermediarios, sin haberlos muestreado.

Un trabajo realizado en la Laguna de Tamiahua en estos años (Montoya, Chávez y Sanabria, 1987) descubrió que, *Contracaecum* sp. (Nematoda, larva) en *Mugil curema* Valenciennes, demostró que la intensidad promedio y la prevalencia fueron inversamente proporcionales con las fluctuaciones de temperatura y de salinidad.

En los trabajos realizados en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, tampoco se han sacado acerca de la manera en que los factores denso-independientes están influyendo en las poblaciones de helmintos. Por ejemplo, Guillén Hernández (1988)¹ concluye que la temperatura es el factor identificable que explica las fluctuaciones del céstodo,

¹Guillén-Hernández, S. 1988. Helmintofauna de la carpa herbívora, *Cyprinus carpio communis* L. del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis Licenciatura, Facultad de Ciencias.

Bothriocephalus acheilognathi en *Cyprinus carpio*, especie introducida al lago. De la misma manera, Ramírez Casillas (1987)¹ sugiere que la temperatura favorece la maduración de *Crepidostomum cornutum* (Trematoda) en la lobina negra, *Micropterus salmoides*, también especie introducida y de esta manera confunde el ciclo de maduración (no identificó individuos de la generación del año anterior a su muestreo) con el ciclo poblacional estacional.

Pérez-Ponce de León (1986)² encontró en *Chirostoma estor* una estacionalidad de *Posthodiplostomum minimum* asociada a oleadas de reclutamiento que parecen tener relación con la presencia de caracoles hospederos intermediarios.

Mejía-Madrid (1987)³ por su parte, atribuye a los factores denso-independientes la distribución temporal de *Posthodiplostomum minimum*, a la eutroficación "acelerada" del Lago de Pátzcuaro y consecuentemente a la intensificación de las relaciones agua-tierra que favorecen la presencia de caracoles y otros hospederos tanto intermediarios como definitivos (Esch, 1971; ideas retomadas posteriormente por Pérez-Ponce de León *et al.*, 2000), en este último caso, la presencia de vertebrados terrestres que se alimentan de peces. Por otra parte, este trabajo demostró que la temperatura es un factor que se encuentra relacionado de manera directa con la maduración del céstodo *Proteocephalus pusillus*.

Es preciso resaltar que los resultados de dichas investigaciones fueron solamente publicadas por Salgado & Osorio (1986), y Osorio-Sarabia, Pérez-Ponce León y Salgado-Maldonado (1986).

¹Ramírez-Casillas, L.P. 1987. Helmintofauna de la 'lobina' *Micropterus salmoides* Lacépède en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Licenciatura. ENEP-Iztaçala, U.N.A.M. 102 pp.

²Pérez-Ponce de León, G. 1986. *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) Dubois, 1936 (Trematoda: Diplostomatidae) en el 'pescado blanco' *Chirostoma estor* del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 111 pp.

³Mejía-Madrid, H.H. 1987. Helmintofauna del "tiro" *Goodea atripinnis* Jordan, 1880, en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán. Algunas consideraciones ecológicas de las poblaciones de helmintos en sus hospederos. Tesis Licenciatura. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 122 pp.

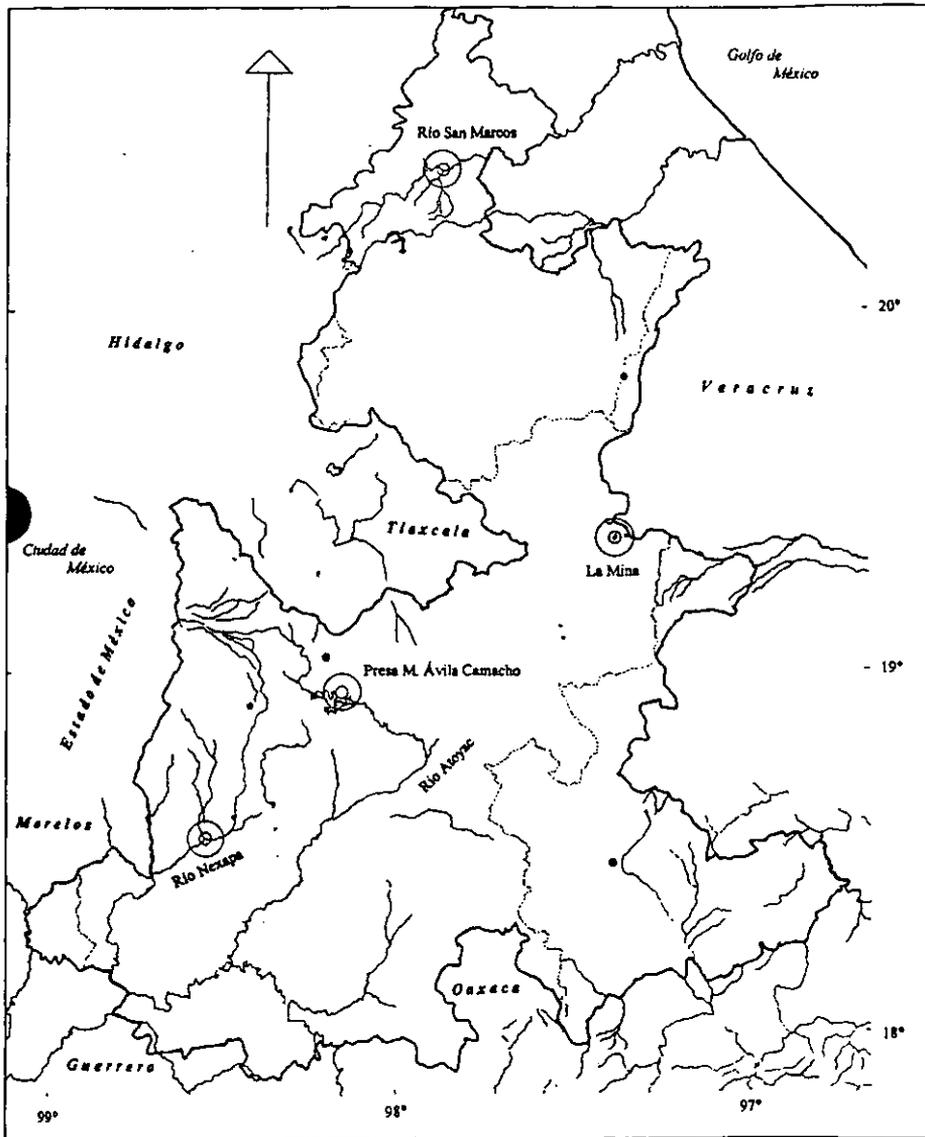
ÁREAS DE ESTUDIO

Se estudiaron cuatro cuerpos de agua del Estado de Puebla, dos lénticos (Laguna de La Mina y Valsequillo) y dos lóxicos (Río San Marcos y Río Nexapa, Mapa 1).

La Laguna de la Mina, o "La Mina Preciosa" (2, 400 m.s.n.m.) es un cuerpo léntico que se encuentra más al norte del anterior, a los 19° 22' N y 97° 23.4' W (zona de muestreo). Esta laguna es de origen volcánico y se localiza en la zona de transición de los Llanos de Puebla (Mesa Central) y la planicie costera del Golfo de México. Sin embargo, es incluida dentro de los cuerpos de agua del Altiplano Mexicano (INEGI, 2000), en la Cuenca del Alto Balsas. No tiene aportes fluviales. Esta laguna se encuentra en la llamada Cuenca de Oriental del Estado de Puebla, una planicie situada al noroeste de la ciudad de Puebla, entre los poblados del Carmen y la Sierra Madre Oriental. Es una región extensa de campos de cultivo y pastizales, que tiene suelos halófilos. Las lagunas de origen volcánico que se encuentran en su parte más oriental, son formaciones que contienen generalmente una enorme cantidad de sales.

La Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) (2, 100 m.s.n.m.) inició sus operaciones en el año de 1946, se encuentra al suroeste de la ciudad de Puebla a los 18° 57' N y 98°15' O en la Mesa Central, en una zona de transición de vegetación de bosque de pino a selva baja caducifolia. Actualmente en esta zona existen pastizales y chaparral. Esta presa es parte del Río Atoyac, Cuenca del Alto Balsas, que es alimentada por el Río Alseseca por lo cual su aporte principal es fluvial. Este embalse es concentrador de drenajes de las poblaciones aledañas, aguas residuales urbanas, industriales y agrícolas.

El Río San Marcos es la vertiente poblana del Río Cazonés en Veracruz, en cuya cuenca se le incluye, y pertenece a la Región Hidrológica Tuxpan-Nautla (INEGI, 2000). Se encuentra a 22° 18' N y 97° 55' O (población de la Ceiba). Se trata de un río caudaloso,



Mapa 1. Localidades de colecta en el Estado de Puebla. Los círculos dobles representan los sitios de recolección.

con un cauce de 50 m, que en la parte muestreada (La Ceiba) atraviesa una zona selvática, que antes fue selva alta perennifolia pero que en la actualidad se ha convertido en zona cafetalera y ganadera. Este río nace en la Sierra Madre Oriental de Puebla y corre en dirección oeste-este.

El Río Nexapa, es el afluente más occidental del Río Atoyac dentro del Estado de Puebla, el cual se encuentra en la Mixteca Poblana y en los límites con el Estado de Guerrero, en donde se le conoce como Río Mezcala. Su aporte principal son los deshielos del volcán Popocatepetl e Iztaccíhuatl y corre en dirección norte-suroeste. La parte muestreada se encuentra en la margen occidental del río, frente al poblado de Chietla (1100 m.s.n.m.) a 18° 31' 27" N y 98° 34' 51" O, en la Mixteca Poblana. En esta parte la vegetación es una selva baja caducifolia. El trabajo de variación estacional se realizó en este río, que es pequeño, y la parte muestreada tiene un cauce de 13 metros.

En orden de latitudes, las zonas de muestreo fueron: Río San Marcos (La Ceiba), Laguna de la Mina, Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) y Río Nexapa (Chietla).

ESPECIES DE PECES ESTUDIADAS

En la Tabla 1, se consigna la distribución de los peces que habitan la Cuenca del río Balsas. En ésta, se podrá observar que la única especie estudiada que ha sido introducida es *Poecilia sphenops* Valenciennes.

Poecilia sphenops Valenciennes, 1864, es una especie de pez que pertenece al Orden Cyprinodontiformes, de la Familia Poeciliidae, Subfamilia Poeciliinae, Supertribu Poeciliini, Tribu Poeciliini. Es un pez de talla pequeña, con coloraciones variadas, pero generalmente claras y en ocasiones pálidas. Sus hábitos de alimentación se restringen al fitoplancton y en ocasiones ingieren, principalmente en las zonas de estudio,

con un cauce de 50 m, que en la parte muestreada (La Ceiba) atraviesa una zona selvática, que antes fue selva alta perennifolia pero que en la actualidad se ha convertido en zona cafetalera y ganadera. Este río nace en la Sierra Madre Oriental de Puebla y corre en dirección oeste-este.

El Río Nexapa, es el afluente más occidental del Río Atoyac dentro del Estado de Puebla, el cual se encuentra en la Mixteca Poblana y en los límites con el Estado de Guerrero, en donde se le conoce como Río Mezcala. Su aporte principal son los deshielos del volcán Popocatepetl e Iztaccíhuatl y corre en dirección norte-suroeste. La parte muestreada se encuentra en la margen occidental del río, frente al poblado de Chietla (1100 m.s.n.m.) a 18° 31' 27" N y 98° 34' 51" O, en la Mixteca Poblana. En esta parte la vegetación es una selva baja caducifolia. El trabajo de variación estacional se realizó en este río, que es pequeño, y la parte muestreada tiene un cauce de 13 metros.

En orden de latitudes, las zonas de muestreo fueron: Río San Marcos (La Ceiba), Laguna de la Mina, Presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) y Río Nexapa (Chietla).

ESPECIES DE PECES ESTUDIADAS

En la Tabla 1, se consigna la distribución de los peces que habitan la Cuenca del río Balsas. En ésta, se podrá observar que la única especie estudiada que ha sido introducida es *Poecilia sphenops* Valenciennes.

Poecilia sphenops Valenciennes, 1864, es una especie de pez que pertenece al Orden Cyprinodontiformes, de la Familia Poeciliidae, Subfamilia Poeciliinae, Supertribu Poeciliini, Tribu Poeciliini. Es un pez de talla pequeña, con coloraciones variadas, pero generalmente claras y en ocasiones pálidas. Sus hábitos de alimentación se restringen al fitoplancton y en ocasiones ingieren, principalmente en las zonas de estudio,

Tabla 1. Especies de peces encontrados en la Cuenca del Río Balsas, México (tomado de Espinosa-Pérez *et al.*, 1993)

Orden	Familia, género y especie	Nombre común	Localidad típica y distribución actual
Orden Cypriniformes			
	Familia Cyprinidae		
	<i>Nothopis saille</i> (Günther)	Carpa azteca	Loc. típica Cuernavaca, Morelos. Endémica de las cuencas de los ríos Pánuco, Lerma-Santiago y Balsas; Valle de México. En Hidalgo, México, Michoacán, Puebla y Querétaro.
Orden Characiformes			
	Familia Characidae		
	<i>Astyanax fasciatus</i> (Cuvier)	Pepesca	Loc. típica Brasil. Buenos Aires, Arg. hasta cuenca río Balsas en el Pacífico; en el Atlántico al N de Veracruz, en Tabasco, Campeche, Chiapas y Yucatán.
	<i>Astyanax mexicanus</i> (Filippi)	Sardina mexicana	Loc. típica Ciudad de México, Nuevo México y Texas, E.U.A., cuencas de ríos Bravo, Balsas y Papaloapan hasta Petén, Guatemala.
Orden Siluriformes			
	Familia Ictaluridae		
	<i>Ictalurus balsanus</i> (Jordan & Snyder)	Bagre del Balsas	Loc típica Río btda, Puente de btda, Morelos. Endémica de la cuenca del río Balsas.
Orden Cyprinodontiformes			
	Familia Goodeidae		
	<i>Girardinichthys multiradiatus</i> (Meek)	Mexcalpique de Zempoala	Lago de Lerma. Endémica de las cuencas del Lerma-Santiago y del Balsas. Desde el nacimiento de la cuenca alta del Lerma hasta Maravatío, Michoacán y Lagunas de Zempoala, Morelos.
	<i>Ilyodon lennoni</i> (Meyer & Forster)	Mexcalpique de Chacamero	Arroyo Chacamero, Cd. Altamirano, Guerrero. Arroyo Chacamero en la cuenca del río Balsas.
	<i>Ilyodon whitei</i> (Meek)	Mexcalpique cola partida	Loc. tip. Cuautla, Yau-tepec, Morelos. Endémica del Balsas
	Familia Poeciliidae		
	<i>Heterandria bimaculata</i> (Heckel)	Guatopote manchado	Arroyo en las montañas de Orizaba, Veracruz. Límite norteño incierto en costa Atlántica de México, pero no se extiende a la cuenca del río Nautla y hacia el Sur llega a Nicaragua. Introducida a la cuenca alta del río Balsas, Xochimilco, D.F.
	<i>Poecilia mexicana</i> Steindachner	Topote del Atlántico	Orizaba, Ver. Parte alta de la cuenca del río San Juan, tributario del río Bravo, y del río San Fernando en NE de México, hacia el S y E a lo largo de la Vertiente Atlántica, a través de México, tierras bajas de Belice y ríos Polochic y Motagua en Guatemala
	<i>Poeciliopsis balsas</i> Hubbs	Guatopote del Balsas	Río Balsas, Guerrero. Vertiente del Pacífico. Endémica del Balsas.
	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Guatopote jarocho	Loc. típica Montañas de Orizaba, Ver. Del sur de México a Honduras. En vertiente del Atlántico, del río Chachalacas, Veracruz a ríos Grijalva, Motagua y Humuya; en Pacífico, río Verde, Oaxaca, río Choluteca en Honduras.

<i>Poeciliopsis lutzi</i> (Meek)	Guatopote oaxaqueño	Loc. típica Río Quiotepec, Cuicatlán, Oax. Ríos del Istmo de Tehuantepec, Oaxaca.
<i>Xiphophorus helleri</i> Heckel	Cola de espada	Loc. típica, Orizaba. Cuencas del Atlántico del río Nautla, Ver. Hacia el S en el Norte de Honduras. Artificialmente distribuida en cuenca río Balsas y en el Valle de México.
Orden Atheriniformes		
Familia Atherinidae		
<i>Atherinella balsana</i> (Meek)		Loc. típica Balsas, Guerrero, ríos Balsas, Nexpa y Tepaltepec, en Mich. y Gro.
<i>Poblana alchichica</i> De Buen	Charal de Alchichica	Endémica de Laguna de Alchichica.
<i>Poblana fedebueni</i> Solórzano & López	Charal de Almoloya	Endémica del Lago de Almoloya, en Chignahuapan, Puebla.
<i>Poblana letholepis</i> Álvarez	Charal de la Preciosa	Loc. típica y endémica de La Mina Preciosa
<i>Poblana squamata</i>	Charal de Quechulac	Loc. típica y endémica de Lago de Quechulac
Introducidas		
Familia Poeciliidae		
<i>Poecilia sphenops</i> Valenciennes	Topote mexicano	Veracruz, México, Vertiente Atlántica cerca de Veracruz hacia la cuenca del río Coatzacoalcos; también en el río Grijalva en Chiapas y Guatemala

microcrustáceos como ostrácodos o larvas de mosquitos anofelinos e inclusive larvas de quironómidos (Meffe & Snelson, 1989).

Poeciliopsis gracilis (Heckel) también pertenece a la Familia Poeciliidae, Tribu Heterandriini, es originario de las costas Pacífica y Atlántica del Sureste de México y se distribuye en los ríos que desembocan en el Golfo de México, en el sur de los E.U.A., hasta Honduras (Meffe & Snelson, 1989).

Poecilia mexicana (Steindachner) (Tribu Poeciliini) también conocido como molly de aletas cortas, es nativo de la costa Atlántica de México, y se distribuye desde la Cuenca del Río Bravo (Río San Juan), Nuevo León y la Costa Pacífica desde la Cuenca del Río Fuerte, Sonora, México, hacia el Caribe en Colombia, la llanura costera Pacífica del este de Panamá (Río Tuira) hasta las antillas Colombianas y Holandesas (Meffe & Snelson, 1989).

Poblana letholepis Álvarez, es un pez de la Familia Atheriniidae, familia de peces cuyas especies de agua dulce tienen su distribución limitada al altiplano mexicano. Es un depredador, eurífago, con preferencia por el bentos (Flores-Negrete, 1998)¹. Su período de reproducción es anual y abarca los meses de marzo hasta septiembre con un máximo desove en marzo y abril, este último coincide con el aumento estacional del fotoperíodo. Su edad de reclutamiento es a los 38 mm en machos y a los 41 mm en hembras (Flores-Negrete, 1998)¹. La especie estudiada se restringe a la laguna la Mina y por lo tanto, se limita al Estado de Puebla.

Ilyodon whitei (Meek) es una especie que pertenece a la Familia Goodeidae, endémica del Altiplano de México. La especie en cuestión se distribuye en la Cuenca del Río Balsas y sus afluentes (Uyeno, Miller & Fitzsimmons, 1983). Sus hábitos alimenticios son bénticos y se alimenta principalmente de larvas de quironómidos, adultos y estadios larvales de ostrácodos y adultos de bivalvos de agua dulce en la zona de estudio. También llega a ingerir algas filamentosas bénticas y microalgas, como diatomeas. Su periodo de reproducción se concentra entre los meses de abril a septiembre (Godínez-Rodríguez, 1991).

¹Flores-Negrete, E. 1998. Estudio poblacional de tres especies de *Poblana* (Pisces: Atherinopsidae) en tres lagos cráter de Puebla, México. Tesis. Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias, U.N.A.M. 101 pp.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los peces se capturaron con chinchorro playero de cinco metros de largo por 1.70 de alto con abertura de malla de 0.5 cm. En algunas ocasiones, se usó una atarraya, de 2.80 m de diámetro con abertura de malla de 0.5 cm. La frecuencia de pesca varió de acuerdo a la abundancia de peces. En ocasiones se utilizó el chinchorro como máximo tres veces, principalmente en el Río Nexapa y en el Río San Marcos. En otras ocasiones se tiró la atarraya hasta siete veces. En otras zonas de colecta no fue preciso hacer esto, como en La Mina o en Valsequillo, lugares en los cuales se usó el chinchorro como máximo dos veces.

El muestreo se realizó en dos fases. La primera, se llevó al cabo en junio de 1991 en el Río Nexapa, Río San Marcos, la Laguna de la Mina Preciosa y en abril de 1992 en la Presa de Valsequillo, con el objetivo de reportar nuevas especies de helmintos y conocer sus parámetros ecológicos. Las muestras de peces en estas zonas consistieron en diez o más ejemplares por especie.

La segunda fase del muestreo fue estacional y se concentró en el Río Nexapa, debido a que su situación geográfica en particular lo coloca en una zona de transición entre el Eje Neovolcánico y la Mixteca Poblana. Las muestras de esta zona se concentraron en la población de Chietla, poblado en donde cruza el río para dirigirse en dirección suroeste a la Mixteca. En este lugar se pescó en un intervalo de 50 m. de cauce de río. Debido a esta estrategia de captura, las proporciones de peces variaron considerablemente de mes a mes, en las cuales *Poecilia sphenops* e *Ilyodon whitei* desaparecieron por completo en algunos periodos de colecta, debido a la extensa migración de los peces. Para prevenir la depauperación de sus poblaciones, se optó por muestrear cada dos meses aproximadamente,

en el periodo comprendido entre abril de 1992 y octubre de 1993 y se obtuvieron diez capturas en total del Río Nexapa. Se trató de mantener la muestra en diez peces por especie con el fin de detectar prevalencias no menores al 10%.

Los peces fueron transportados vivos al laboratorio, exceptuando los muestreos estacionales, o los de poblados muy lejanos (San Marcos), en cuyo caso se congelaron los peces para su transporte. Fueron revisados dentro de las siguientes 48 horas. Los peces se midieron (longitud total, longitud patrón y altura) e inmediatamente se les revisó externamente bajo un microscopio estereoscópico de disección. Las branquias fueron revisadas después de ser retiradas y luego colocadas en agua corriente en cajas de Petri con solución salina al 0.6%. Después se procedió a realizar la disección. Los órganos internos que principalmente se revisaron fueron: músculo, hígado, vesícula biliar, páncreas, riñones, bazo, vejiga natatoria e intestino. En ocasiones este último se revisó por transparencia y posteriormente se abrió desde la parte anterior hacia la posterior. Cada helminto fue contado *in situ*, es decir, en el órgano disecado y se procedió a colectarlos. A cada uno de éstos se le colectó, fijó, tiñó o aclaró según fuera el caso y se conservó utilizando los métodos convencionales de la helmintología (ver APÉNDICE I modificado de Lamothe, 1997).

Los términos que se utilizaron para describir las infecciones (prevalencia, intensidad promedio y abundancia promedio) son los definidos por Margolis *et al.*, (1982) y Bush *et al.*, (1997). El índice de especificidad hospedatoria (Rhode, 1980) se utilizó para determinar la preferencia de hospederos por *Capillaria cyprinodonticola*. Los índices de dispersión fueron calculados con los programas GLIM (Crawley, 1993) y Statistical Ecology (Ludwig & Reynolds, 1988), este último sobre todo para muestras grandes de helmintos.

Por otra parte se realizaron matrices con los datos obtenidos para la prevalencia de *P. minimum* entre los distintos cuerpos de agua estudiados en la primera fase y también entre las distintas estaciones del año para comprobar si existe variación estacional en el Río Nexapa. Para este caso, se utilizó la prueba de independencia de G (Sokal & Rohlf, 1981) un estadístico que tiene una distribución semejante a χ^2 , sin embargo, presupone que los datos no se encuentran normalmente distribuidos, por lo que todos los datos se transforman a logaritmos naturales. De esta forma, para encontrar el valor crítico de G en tablas, basta con consultar las tablas de distribución de χ^2 , con los grados de libertad tomados del número de columnas menos uno y multiplicado por el que corresponde al número de filas menos uno, $(a-1)(b-1)$ y con el nivel de confianza deseado, pero para este caso se recomienda que sea de $P < 0.001$. Alternativamente, se utilizó la prueba de Kolmogorov-Smirnov, un estadístico no paramétrico que determina si un conjunto de datos se encuentra distribuido normalmente o no. Con este estadístico se comprobó si efectivamente los datos se distribuían normalmente a lo largo del año, tanto la prevalencia, como la intensidad promedio, la abundancia y el índice de dispersión, mejor conocido en la literatura de ecología de parásitos como la razón *varianza/media*.

El índice Rhode (1988) se utilizó para determinar si *Capillaria cyprinodonticola* es específica a alguna de las especies de peces muestreadas. Este índice puede calcularse tomando en cuenta la abundancia o la prevalencia. Se utilizó el índice que se calcula con la abundancia, porque se consideró que la prevalencia fluctúa enormemente en ambientes lóticos, como es el presente caso. Este índice se calcula de la siguiente manera:

$$S_i \text{ (densidad)} = \hat{O}(x_{ij}/n_j h_{ij}) / \hat{O}(x_{ij}/n_j)$$

donde S_i = a la especificidad hospedatoria en la *i*ésima especie de parásito, x_{ij} = número de individuos parásitos de la *i*ésima especie en la *j*ésima especie de hospedero, n_j = número de

individuos de hospederos de la j -ésima especie examinada, h_{ij} = rango de la especie de hospedero j basada en la densidad (es decir, abundancia) de la densidad de las infecciones x_{ij}/n_j (la especie con la mayor densidad, i.e., abundancia, tiene rango de 1). Esto quiere decir, en términos prácticos, que para obtener el numerador de dicho índice se tienen que sumar todos los números obtenidos de todos los individuos parásitos (de la misma especie y agrupados por hospedero) entre el número de hospederos revisados (agrupados en distintas especies) habiendo ponderado estos antes con el producto que se obtiene de multiplicar cada número de hospederos infectados por el rango. El denominador es simplemente la suma de las abundancias ya obtenidas como fracciones en el numerador, pero sin ponderar. Este índice, como indica su autor, tiene algunas dificultades. El tamaño de muestra tiene que ser más o menos el mismo para cada especie de pez; por otra parte, este tamaño de muestra también debe ser lo suficientemente grande, si no se obtienen resultados ambiguos. Cabe aclarar que este índice solamente se ha utilizado para peces marinos, donde la movilidad de los mismos es mucho mayor que la de los peces dulceacuícolas. Se piensa en el presente caso, es posible utilizar este índice, ya que los volúmenes de muestra son suficientemente grandes y los peces se mantienen restringidos a un área mucho más limitada que la marina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

1. Registro helmintológico.

Phylum Platyhelminthes Gegenbaur, 1859

Clase Trematoda Rudolphi, 1808

Superorden Anepitheliocytidia La Rue, 1957

Orden Strigeatoidea La Rue, 1957

Familia Diplostomatidae Poirier, 1886

Posthodiplostomum minimum (Mac Callum, 1921) Dubois, 1936

Fig. 1

Este helminto se encontró enquistado en estado de metacercaria. El órgano preferencial de infección fue el hígado de todos los peces muestreados, como puede verse en la Tabla 2.

Este tremátodo digéneo se distingue por tener un cuerpo separado en dos segmentos, uno anterior, que externamente tiene a la ventosa oral, al acetábulo y al órgano tribocítico; internamente contiene al aparato digestivo, cuyos ciegos intestinales llegan a abarcar el segundo segmento; además contiene tres cordones con concreciones calcáreas. A diferencia de otras metacercarias de esta familia, ésta tiene bien diferenciados ambos segmentos, el segmento anterior y posterior están relativamente bien desarrollados y no tiene órganos adhesivos a los lados de la ventosa oral. La determinación específica de esta metacercaria

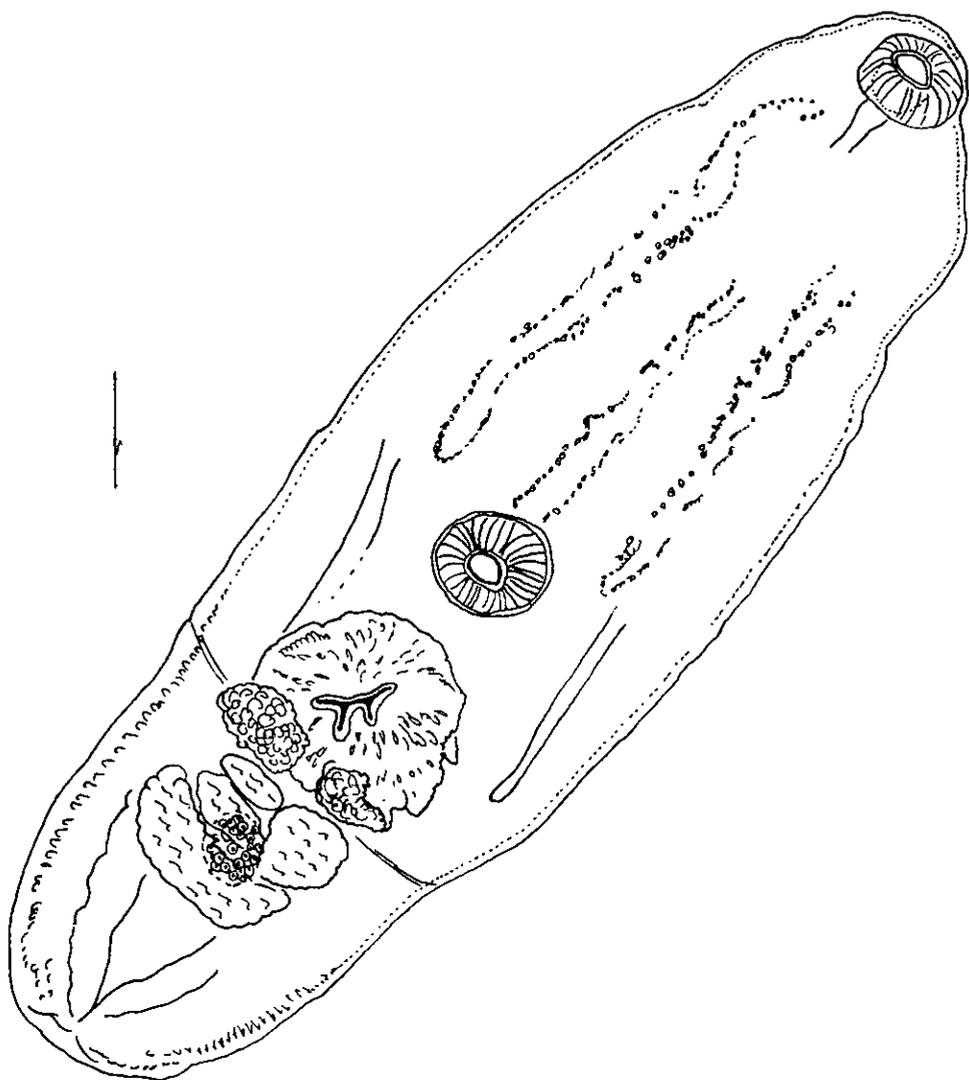


Fig. 1. Metacercaria de *Posthodiplostomum minimum* (Mac Callum, 1921) Dubois, 1936 de *P. sphenops*. Río Nexapa. Barra representa 0.05 mm.

se realizó con base en ejemplares depositados en la CNHE, cuyos adultos se obtuvieron experimentalmente en *Gallus gallus* L. (Pérez-Ponce de León, 1992)¹.

¹Pérez-Ponce de León, G. 1992. 1992. Sistemática del género *Posthodiplostomum* Dubois, 1936 y algunos aspectos epizootiológicos de la postodiplostomiasis en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. 181 pp.

Tabla 2. Registro helmintológico de los helmintos de peces de agua dulce del Estado de Puebla.

Localidad de Colecta	Especie de Pez	Especie de Helminto	Órgano infectado	Número de registro
Río San Marcos	<i>Poecilia sphenops</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	
		<i>Echinochasmus</i> sp. (L)	Piel debajo de escamas	
Laguna La Mina	<i>Poblana letholepis</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	
		<i>Echinochasmus</i> sp. (L)	Piel debajo de escamas	
		<i>Bothriocephalus acheilognathi</i> (A)	Intestino	CNHE 4372
Presa Valsequillo	<i>Poecilia sphenops</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	
Río Nexapa	<i>Poecilia sphenops</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	CNHE 4371
		<i>Capillaria cyprinodonticola</i> (A)	Hígado, mesenterios	CNHE 4375
		<i>Eustrongylides</i> sp. (L)	Cavidad del cuerpo	CNHE 4373
	<i>Poecilia mexicana</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	
		<i>Capillaria cyprinodonticola</i> (A)	Hígado, mesenterios	
		<i>Eustrongylides</i> sp. (L)	Cavidad del cuerpo	
	<i>Poeciliopsis gracilis</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	
		<i>Capillaria cyprinodonticola</i> (A)	Hígado, mesenterios	
		<i>Eustrongylides</i> sp. (L)	Cavidad del cuerpo	CNHE 4374
	<i>Ilyodon whitei</i>	<i>Posthodiplostomum minimum</i> (L)	Branquias, hígado, mesenterios	
		<i>Capillaria cyprinodonticola</i> (A)	Hígado, mesenterios	
		<i>Eustrongylides</i> sp. (L)	Cavidad del cuerpo	

L = larva

A = adulto

Hospedero(s): *Poecilia sphenops* Valenciennes, *Poecilia mexicana* (Steindachner), *Poeciliopsis gracilis* (Haeckel), *Ilyodon whitei* (Meek) y *Poblana letholepis* Álvarez.

Habitat: Hígado, branquias y mesenterios

Localidad(es): Río San Marcos, Laguna La Mina, Presa Manuel Ávila Camacho, Río Nexapa, Estado de Puebla, México.

Fecha de colecta: Mayo 1991.

Familia Echinostomidae Loos

Echinochasmus sp

Este tremátodo digeeno se encontró exclusivamente en piel en forma de metacercaria enquistada debajo de las escamas de *Poecilia sphenops* V. y *Poblana letholepis* Álvarez.

A esta metacercaria se le distinguió básicamente con la referencia de Lamothe & Aguirre-Macedo (1991) y con base en el número de espinas encontradas en la región alrededor de la ventosa oral. Debido a que el material recolectado se deterioró rápidamente, esta identificación es provisional en tanto no se estudie más material de este tremátodo.

Hospedero: *Poecilia sphenops* Valenciennes, *Poblana letholepis* Álvarez.

Habitat: Piel debajo de escamas

Localidad: Río San Marcos, Laguna La Mina, Estado de Puebla, México.

Fecha de colecta: Junio 1991.

Clase Cestoda (Rudolphi, 1808) Carus, 1885

Subclase Eucestoda Sothwee, 1930

Orden Pseudophyllidea

Familia Bothriocephalidae

Bothriocephalus acheilognathi Yamaguti, 1934

Fig. 2.

Este céstodo se encontró en estado adulto en el intestino solamente de *Poblana letholepis* Álvarez. El presente material se determinó principalmente por la forma del escólex, la distribución de las viltelógenas, los testículos, el poro genital y el útero.

Hospedero: *Poblana letholepis* Álvarez

Habitat: Intestino

Localidad: Laguna La Mina, Puebla, México.

Fecha de colecta: Junio 1991.

Phylum Nematoda Cobb, 1919

Clase Adenophorea Chitwood, 1958

Orden Enoplida Pearse, 1942

Superfamilia Dioctophymatoidea Railliet, 1916

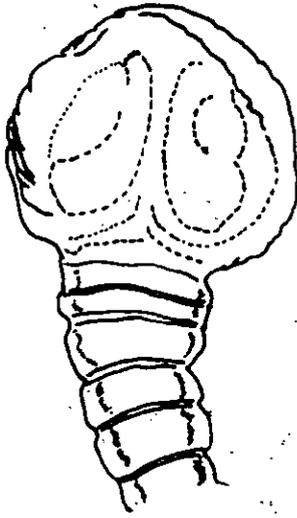
Familia Dioctophymatidae, Neveu-Lemaire, 1936

Eustrongylides sp. Jägerskiöld

Fig. 3.

A este nematodo se le encontró en la cavidad del cuerpo. Se le distinguió básicamente por la región cefálica, compuesta de dos círculos de papilas cefálicas, la

0.5
mm



0.05
mm

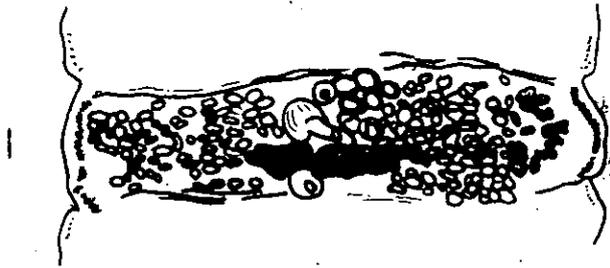


Fig. 2. *Bothriocephalus acheilognathi* Yamaguti, 1934.
Scólex y proglótido maduro.

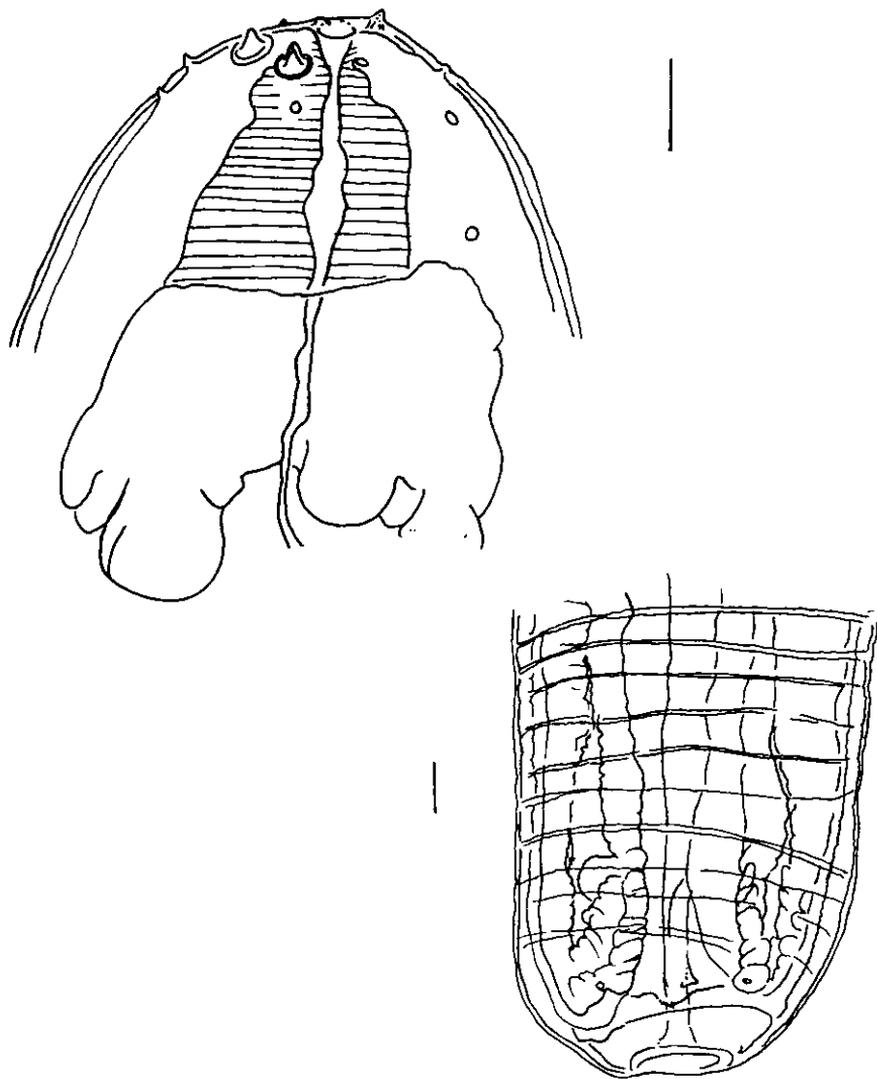


Fig 3. Larva de cuarto estadio de *Eustrongylides* Jägerskiöld de *P. sphenops*. Río Nexapa. Barras representan 0.05 mm.

interior, más cercana a la abertura oral, conformada por papilas más elevadas que la externa. El extremo posterior se caracteriza por terminar de forma amplia, nunca puntiagudo.

Hospedero: *Poecilia sphenops* Valenciennes, *Poecilia mexicana* (Steindachner), *Poeciliopsis gracilis* (Heckel), *Ilyodon whitei* (Meek)

Habitat: Cavidad del cuerpo

Localidad: Río Nexapa, Puebla, México

Fecha de colecta: Agosto 1991.

Clase Adenophorea Chitwood, 1958

Subclase Enoplia Pearse, 1942

Orden Trichocephalida Skrjabin et Schul'ts, 1938

Superfamilia Trichuroidea Railliet, 1916

Familia Capillariidae, Neveu-Lemaire, 1936

Género y especie *Capillaria cyprinodonticola* Huffman & Bullock, 1973

Fig. 4.

Este nematodo en estado adulto se le encontró exclusivamente en hígado de los peces, *Poecilia sphenops*, *P. mexicana*, *Poeciliopsis gracilis* e *Ilyodon whitei*.

Se le distingue principalmente por el cuerpo tricuroideo, por la presencia en los machos de una funda de la espícula armada y globosa. Sin embargo los huevos de las hembras de nuestros ejemplares tienen tapones polares, los cuales son estructuras que sobresalen de la envoltura del huevo. Asimismo, son menores que la especie más semejante a ésta, *Capillaria petruschewski* (Huffman & Bullock, 1973).

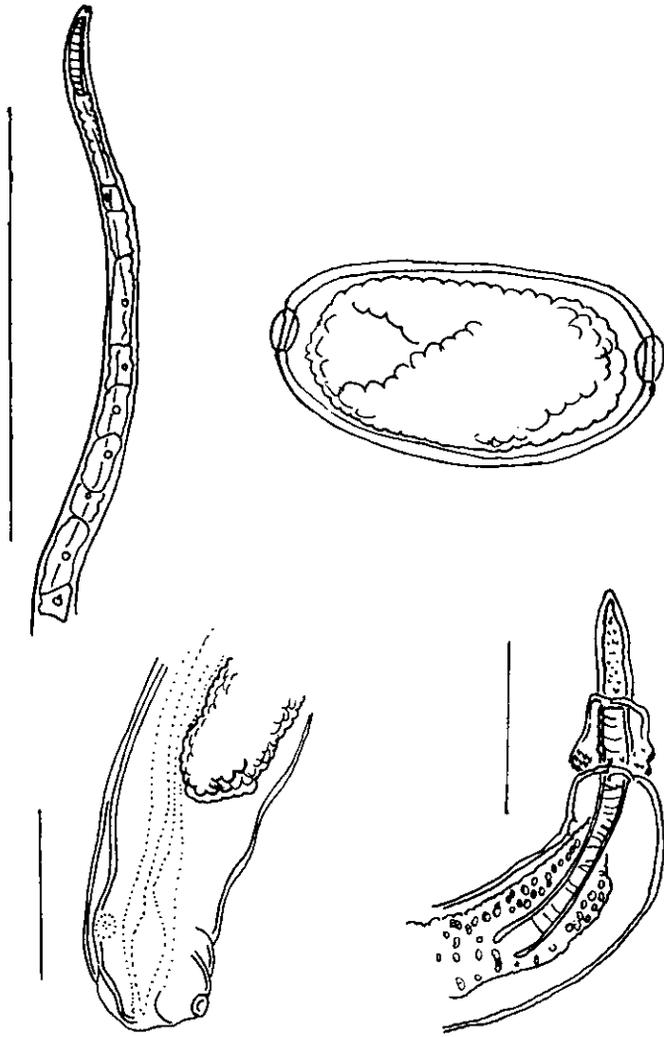


Fig. 4. *Capillaria cyprinodonticola* Huffman & Bullock de *P. sphenops*. Barras representan 0.05 mm, excepto la región anterior, que representa 0.5 mm.

Hospedero: *Poecilia sphenops* Valenciennes, *Poecilia mexicana* (Steindachner),
Poeciliopsis gracilis (Heckel), *Ilyodon whitei* (Meek)

Habitat: Hígado

Localidad: Río San Marcos, Río Nexapa, Puebla, México

Fecha de colecta: Agosto 2001.

2. Distribución regional

En la primera fase se examinaron un total de 230 peces de los cuatro sitios de colecta de 1991 (San Marcos, La Mina y Nexapa) a 1992 (Valsequillo). Los tamaños de muestra se indican en la Tabla 3.

El único helminto que se encontró en todos los sitios de muestreo fue *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921) Dubois, 1936. Cincuenta y dos peces (de las familias Poeciliidae, Goodeidae y Atherinidae) estuvieron infectados por metacercarias de *P. minimum* y fueron recuperadas de las branquias, hígado y mesenterios de *Poecilia sphenops* (140 peces muestreados, 39 parasitados), *Poeciliopsis gracilis* (17 peces, 7 parasitados), *Ilyodon whitei* (11, 4 parasitados) y *Poblana letholepis* (52, 17 parasitados) (Tabla 3). *Poecilia mexicana* (10, 6 parasitados) solamente se colectó en una sola ocasión y no se encontró infectada con metacercarias. En todos los peces, el hígado fue el órgano principalmente habitado por *P. minimum*. No se encontraron metacercarias en músculo. En la siguiente descripción de resultados se comparan los parámetros de *P. minimum* en todas las especies de peces muestreadas en cada localidad durante la primera fase de este estudio.

La prevalencia más alta para este digeneo se alcanzó en *P. sphenops* en la Presa de Valsequillo y la más baja se encontró en el Río Nexapa (Gráfica 1). La intensidad más alta se registró en La Mina Preciosa en *P. letholepis* y la más baja en Valsequillo (=Atoyac,

Gráfica 2). La abundancia más alta se encontró también en La Mina y la más baja en el Río Nexapa (Gráfica 3). El índice de dispersión (= razón varianza/media) fue mayor en La Mina y el más bajo en el Río San Marcos y en la Presa de Valsequillo (Gráfica 2) y en general, el aumento en la intensidad promedio estuvo aparejado con un aumento en el índice de dispersión.

En la Gráfica 4 se muestran comparativamente las distribuciones de *P. minimum* en sus hospederos. Podemos observar que la clase cero es mucho mayor en la presa de Valsequillo y en la Mina en comparación con los ríos Nexapa y San Marcos. En Valsequillo encontramos que se presentan pocos helmintos en mayor número de hospederos y en cambio, en el río Nexapa, encontramos una enorme cantidad de helmintos en pocos hospederos. Esto parece indicar que los cuerpos de agua lénticos tienden a poseer poblaciones de metacercarias en muy pocos hospederos y en cambio, los cuerpos de agua lóticos a tener poblaciones de éstos más repartidas en sus hospederos.

Las longitudes que prefirió esta metacercaria parecen seguir un patrón muy marcado: si se analizan las Gráficas 5 y 7, que representan la distribución de *P. minimum* en distintas longitudes de *P. sphenops* en los cuerpos lénticos muestreados, contra la Gráfica 6, podemos inferir que las infecciones de *P. minimum* en cuerpos lénticos tienden a infectar a los *P. sphenops* de mayor tamaño y en el cuerpo lótico, a los de menor tamaño.

En el caso del mismo análisis llevado a cabo con *Capillaria cyprinodonticola* (Gráficas 8 a 11) se puede observar que este nemátodo se encuentra de forma preferencial en los peces más pequeños, y tiende a disminuir en números absolutos en los peces de mayor talla. En *P. gracilis* y *P. mexicana* se puede observar que se presenta también en tallas grandes, pero se considera que esto se pudo haber presentando por el tamaño de

muestra. También hay que apuntar que de las cuatro especies de peces revisadas en el Río Nexapa, los poecilídeos presentan un hígado de mayor volumen que los goodéidos.

La prevalencia de *Posthodiplostomum minimum* en *P. sphenops* en los distintos cuerpos de agua muestra diferencias significativas entre sí ($G = 38.17$, g.l. = 3, $P < 0.001$). Esto quiere decir que las infecciones muestran cierta dependencia entre sí y tal parece que no se trata de eventos de infección independientes. Valsequillo y el Río Nexapa, que por su relación regional podrían no mostrar diferencias, fueron tan distintos al compararse los muestreos de junio de 1991 con los de abril de 1992 ($G = 75.53$, g.l. = 1, $P < 0.001$ y $G = 26.47$, g.l. = 1, $P < 0.001$, respectivamente), como con los dos muestreos de abril de 1992 para los mismos cuerpos de agua mencionados. Esto podría estar reflejando la diferencia que hay entre los dos cuerpos de agua, en cuanto al número de helmintos larvarios, uno léntico y otro lóxico y probablemente la enorme diferencia en el tamaño, volumen y movimiento del agua, tal como lo apuntan Kennedy y Burrough (1978).

Por el contrario, no existen diferencias significativas si comparamos las prevalencias de los cuerpos de agua situados hacia la planicie costera (San Marcos y La Mina) y los cuerpos de agua del Eje Neovolcánico y Mixteca (Valsequillo y Nexapa), situados considerablemente más al sur que los dos primeros ($G = 0.389$, g.l. = 1, $P < 0.001$). Un análisis realizado entre todos los cuerpos de agua agrupados por pares indica que los dos únicos que muestran cierta relación en cuanto a la prevalencia de las metacercarias mencionadas son el Río San Marcos y la Laguna de la Mina ($G = 0.052$, g.l. = 1, $P < 0.001$). Esto indica que existe una enorme influencia regional muy probablemente debido a la migración de garzas y tal vez de otras aves y que estos eventos se dan con mayor facilidad a través de la planicie costera del Golfo de México.

Los huevos y adultos de *Capillaria cyprinodonticola* Huffman & Bullock, 1973, se encontraron en *Poecilia sphenops* del Río San Marcos. También se recolectó de *P. sphenops*, *P. mexicana*, *P. gracilis* e *I. whitei* en el Río Nexapa, es decir, en los extremos geográficos del área estudiada. La prevalencia, intensidad y abundancias más altas se encontraron en 1991 en el Río Nexapa en las cuatro especies de peces y las intensidades promedio y abundancia, son comparables con las del Río San Marcos.

Para reconocer el nivel de especificidad hospedatoria en la muestra del Río Nexapa, se calculó un índice de especificidad basado en densidad (=abundancia) (Rhode, 1980). Se encontró que *C. cyprinodonticola* presentó una especificidad baja ($S_i = 0.64$) lo cual señala que no tiene una preferencia marcada por alguna de las cuatro especies de peces muestreados en el Nexapa.

En el Río San Marcos y en la Laguna de la Mina en *P. sphenops* también se hallaron metacercarias de *Echinochasmus* sp. enquistadas en piel, debajo de las escamas. Se les encontró en prevalencias relativamente bajas, pero fue más significativa su presencia en el Río San Marcos (ver Tabla 3). Sin embargo, se encontró un número de helmintos mayor en La Mina donde es más sobredispersa y el índice de dispersión (razón varianza/media) es mayor en ésta última que en San Marcos. De aquí se desprende que la intensidad promedio sea mayor en La Mina, pero notablemente menor su abundancia, comparativamente.

Las larvas de *Eustrongylides* sp. se encontraron solamente en el Río Nexapa, donde parece que preferencialmente infectó a *Ilyodon whitei*, probablemente por sus hábitos de alimentación (es la más omnívora de las especies estudiadas), como se puede ver por su elevada prevalencia. Sin embargo, la intensidad y la abundancia reflejan que este nemátodo no tiene preferencia por alguno de los peces muestreados en el Río Nexapa en 1991.

El céstodo *Bothriocephalus acheilognathi*, se halló solamente en *Poblana letholepis* de La Mina, debido a que en esta laguna, los pobladores del lugar han instalado una granja para la producción de carpa herbívora, *Ctenopharyngodon idella*, en jaulas. Este es el único caso de transfaunación hallado en todos los muestreos. También cabe agregar que el céstodo no solamente fue encontrado en estado adulto sino también de plerocercoides.

3. Variación estacional

a) Prevalencia, intensidad promedio y abundancia de los helmintos encontrados.

En general, las infecciones por helmintos en el Río Nexapa son bajas o bien, difíciles de detectar. En 12 meses de un total de 18 meses que abarcó el tiempo total de muestreo, solamente se registraron tres especies de helmintos en tres especies de peces: *Posthodiplostomum minimum* en *Poecilia sphenops* en 7 meses; en *Poeciliopsis gracilis* en 5 meses; en *Ilyodon whitei* en 6 meses. *Capillaria cyprinodonticola* en *P. sphenops* en 4 meses; en *P. gracilis* en 3 meses y en *I. whitei* en 1 mes. *Eustrongylides* sp. se encontró en *P. sphenops* en 4 meses; en *P. gracilis* en 4 meses y en *I. whitei* en 3 meses.

Se muestrearon un total de 609 peces en todos los meses indicados arriba. De este total, 173 corresponden a *Poecilia sphenops*, 273 a *Poeciliopsis gracilis* y 163 a *Ilyodon whitei*. *Posthodiplostomum minimum* infectó a un total de 37 *P. sphenops* (1208 helmintos recolectados), 56 *P. gracilis* (680 helmintos) y 22 *I. whitei* (128 helmintos). *Capillaria cyprinodonticola* infectó a 16 *P. sphenops* (179 helmintos), 12 *P. gracilis* (97 helmintos), 3 *I. whitei* (9 helmintos). *Eustrongylides* sp. infectó a 7 *P. sphenops* (7 helmintos), 5 *P. gracilis* (5 helmintos) y 4 *I. whitei* (4 helmintos).

I. Especies alogénicas.

Posthodiplostomum minimum mostró los valores más altos de prevalencia en los meses muestreados y en todas las especies de peces (Gráficas 12, 15 y 18). Esto solamente se pudo observar a partir de junio de 1992.

La tendencia general de la prevalencia en los meses muestreados es a la disminución al final del período de muestreo. Se pueden observar dos períodos más prevalentes (Gráfica 12), uno que corresponde a la época de lluvias del año 1992 y otro, menor al anterior, en el período de secas con estabilización en *P. sphenops* en el período de lluvias de 1993. Con la intención de encontrar estacionalidad en la infección por esta metacercaria, se analizó su prevalencia por estación en *P. sphenops*. La prevalencia no mostró diferencias significativas entre los meses mejor representados en el muestreo (época de lluvias 92 y 93, abril a septiembre, secas 92 octubre a marzo), lo cual quiere decir que la estación no influyó en la distribución de la infección ($G = 6.9$, g.l. = 2, $P < 0.001$); en cambio, si consideramos el muestreo de octubre de 1993, el único realizado en época de secas de ese año (en el cual no aparecieron metacercarias, pero el tamaño de muestra fue muy pequeño), arroja un resultado distinto ($G = 17.4$, g.l. = 3, $P < 0.001$). Esto se traduce en que hubo una disminución general de helmintos en esta época y las infecciones no pudieron ser detectadas.

Los niveles de intensidad promedio y abundancia de *P. minimum* en *P. sphenops* (Gráficas 13 y 14) indican que la infección por pez, infectado y muestreado, respectivamente, en este poeciliído aumentó en febrero de 1993 e inmediatamente comenzó a fluctuar hasta que no se le pudo detectar, al final de la época de lluvias, como se mencionó anteriormente. Es importante hacer notar que a pesar de la disminución en los valores de prevalencia en la última parte del muestreo (mayo a octubre 1993) la intensidad

aumentó de nuevo, aunque no a los niveles de febrero de 1993; la abundancia al igual que la prevalencia disminuyeron a partir de febrero de 93.

El análisis de la muestra total de las longitudes muestreadas de las tres especies de peces comparado con los números absolutos de metacercarias, indican que éstas tienden a presentarse en menor número en los peces de mayor talla (Gráficas 21, 22 y 23), pero esta relación es menos clara en *P. sphenops*.

Las larvas de cuarto estadio de *Eustrongylides* sp. mostraron una tendencia a permanecer en las poblaciones de todos los peces, aunque fueron más prevalentes en los meses que corresponden al período de secas, encontrándose también al principio y final de la época de lluvias (Gráfica 18). Los niveles de intensidad y abundancia (Gráficas 19 y 20, respectivamente) se mantuvieron relativamente constantes lo cual indica, que al igual que en otras partes de la Región Neártica, este helminto se presenta en niveles bajos de infección, pero siempre está presente. En los meses lluviosos es probable que sus niveles de infección no hayan podido ser detectados con el muestreo realizado. El fenómeno de colonización relacionado con este nemátodo en estado larvario, indica que su comportamiento es semejante al que presenta en otras latitudes (Kennedy & Lie, 1976).

II. Especies autógenas.

Capillaria cyprinodonticola mostró el comportamiento estacional más errático en todos los meses muestreados (Gráficas 15 a 17); en *P. sphenops* se le encontró en cuatro meses solamente; en *P. gracilis* en tres y en *I. whitei* en uno. Aun así, este nematodo mostró una tendencia a ser más prevalente, intenso y abundante en los meses correspondientes al período de lluvias, mientras que los niveles de estos tres parámetros disminuyeron considerablemente en los meses de secas. Asimismo en estos meses se detectó

desplazamiento por las metacercarias de *P. minimum* de este nemátodo en el hígado de *P. sphenops*. Sin embargo, el análisis estadístico no favorece la dependencia de una infección con otra ($N = 52$ peces en los cuales coincidieron ambos helmintos, $\chi^2 = 0.07$) debido a los bajos niveles de infección.

En general, las infecciones por *C. cyprinodonticola* fueron notablemente más altas en *P. sphenops*; en las demás especies de peces muestreados se le encontró en menores proporciones. También cabe hacer la observación de la enorme disminución en los niveles de infección de este nemátodo desde el año de 1991 y el aumento en las infecciones de las metacercarias de *P. minimum* en el período posterior.

a) Intensidad promedio y razón varianza/media (índice de dispersión)

La intensidad de todas las infecciones por *P. minimum* (Gráfica 13) muestra cierta estacionalidad (z de Kolmogorov-Smirnov para una sola muestra = 1.036, en *P. sphenops*; 0.818 en *P. gracilis*; 1.075 en *I. whitei*) debido a que los datos no se distribuyeron normalmente. Pero, como en el caso de la prevalencia por estaciones, es probable que los últimos muestreos, pequeños, hayan influido decisivamente en demostrar este fenómeno, además de que se están muestreando estados larvarios.

Por otra parte, la relación que guarda la intensidad y el índice de dispersión dio resultados semejantes entre los hospederos. En el caso de *P. minimum* tanto en *P. sphenops*, *P. gracilis* e *I. whitei*, existe una relación directa entre el aumento de la intensidad y este índice (Gráficas 24, 26 y 27). En este último pez se encontró un caso que sale de la relación (Gráfica 27) pero en general se mantiene inversa entre ambas variables. En el caso de *Capillaria cyprinodonticola* (Gráfica 25) también encontramos un relación directa entre ambas variables, lo cual indica que existe un patrón general: la intensidad promedio es

directamente proporcional al índice de dispersión. Sin embargo, este patrón debe de ser tomado en consideración con sumo cuidado, porque puede ser el resultado del azar (Scott, 1986). Este resultado se encontró experimentalmente por Scott (1986), pero en ectoparásitos .

Si analizamos estacionalmente este fenómeno, encontramos que la relación directa entre la intensidad y el índice de dispersión se mantiene en todos los meses en que aparecen *P. minimum* en *P. sphenops* (Gráfica 28) y la razón varianza/media se mantiene por encima de la intensidad promedio; en cambio, en *P. gracilis* no ocurre lo mismo (Gráfica 29) en septiembre de 1992 y febrero de 1993, donde esta relación se invierte. Además, en estos meses el índice de dispersión se mantiene por debajo de la intensidad promedio. Esto nos indica con mayor exactitud que los niveles de infección por *P. minimum* son bajos en esta especie de pez. En *I. whitei* los meses en los cuales se invierte esta relación son junio, septiembre y diciembre de 1992 y febrero de 1993 (Gráfica 30), donde la razón varianza/media llegó a 0.02, lo cual indica una subdispersión marcada, y por lo tanto, un nivel de infección más bajo aún que en *P. gracilis*. Esto quiere decir que en estos casos, la distribución fue regular.

DISCUSIÓN GENERAL

Las especies de peces estudiadas tienen una distribución amplia a lo largo del río Nexapa, que es el mayor afluente del río Atoyac y que a su vez desemboca en el Balsas. No se muestreó *Nothropis sallei* (Günther), que se distribuye hacia aguas más frías y no coexiste con las especies estudiadas (Fernández-Crispín, com. pers. y obs. pers.). Una especie que se encuentra ausente en las localidades muestreadas es *Ictalurus balsanus* (Jordan & Snyder), el cual al parecer se encuentra extinto en esta parte de la cuenca del

directamente proporcional al índice de dispersión. Sin embargo, este patrón debe de ser tomado en consideración con sumo cuidado, porque puede ser el resultado del azar (Scott, 1986). Este resultado se encontró experimentalmente por Scott (1986), pero en ectoparásitos .

Si analizamos estacionalmente este fenómeno, encontramos que la relación directa entre la intensidad y el índice de dispersión se mantiene en todos los meses en que aparecen *P. minimum* en *P. sphenops* (Gráfica 28) y la razón varianza/media se mantiene por encima de la intensidad promedio; en cambio, en *P. gracilis* no ocurre lo mismo (Gráfica 29) en septiembre de 1992 y febrero de 1993, donde esta relación se invierte. Además, en estos meses el índice de dispersión se mantiene por debajo de la intensidad promedio. Esto nos indica con mayor exactitud que los niveles de infección por *P. minimum* son bajos en esta especie de pez. En *I. whitei* los meses en los cuales se invierte esta relación son junio, septiembre y diciembre de 1992 y febrero de 1993 (Gráfica 30), donde la razón varianza/media llegó a 0.02, lo cual indica una subdispersión marcada, y por lo tanto, un nivel de infección más bajo aún que en *P. gracilis*. Esto quiere decir que en estos casos, la distribución fue regular.

DISCUSIÓN GENERAL

Las especies de peces estudiadas tienen una distribución amplia a lo largo del río Nexapa, que es el mayor afluente del río Atoyac y que a su vez desemboca en el Balsas. No se muestreó *Nothropis sallei* (Günther), que se distribuye hacia aguas más frías y no coexiste con las especies estudiadas (Fernández-Crispín, com. pers. y obs. pers.). Una especie que se encuentra ausente en las localidades muestreadas es *Ictalurus balsanus* (Jordan & Snyder), el cual al parecer se encuentra extinto en esta parte de la cuenca del

Balsas. Por lo tanto, los registros helmintológicos que se presentan en este trabajo, son representativos del río Nexapa y amplían los realizados para las familias de peces estudiadas. Aún así, faltan otras especies de peces por estudiar y que su distribución también se encuentra restringida a la cuenca del Río Balsas (ver Tabla 1).

En el caso de la familia Poeciliidae, las metacercarias de *P. minimum* ya habían sido registradas para *Heterandria bimaculata* y *Poecilia catemacensis*, ambas en el Lago de Catemaco; en *Poecilia mexicana* en el Río La Silla (López-Jiménez, 2001).

Cabe además mencionar, que este tremátodo ha sido uno de los más estudiados en México (Pérez-Ponce de León, 1992)¹ tanto en sus hospederos intermediarios como definitivos, en donde se registró un alto grado de variabilidad morfológica, lo cual condujo a una redefinición de este género, con la consecuente sinonimización de algunas de sus especies y el descubrimiento de una nueva combinación. En este trabajo, las metacercarias fueron efectivamente identificadas y además, se pudo constatar que las infecciones pueden permanecer más de un año dentro del pez, llegándose a distinguir por su enorme crecimiento dentro de los quistes encontrados. Esto se comprueba con la presencia de metacercarias en tallas relativamente grandes de las especies muestreadas. Sin embargo, su disminución en general en las tallas mayores puede estar apuntando hacia la mortalidad de estas larvas. Chubb (1979) menciona que las metacercarias de *P. minimum* pueden llegar a vivir hasta 18 meses.

¹Pérez-Ponce de León, G. 1992. 1992. Sistemática del género *Posthodiplostomum* Dubois, 1936 y algunos aspectos epizootiológicos de la postodiplostomiasis en el Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. 181 pp.

El nemátodo encontrado en estado adulto, *Capillaria cyprinodonticola*, así como sus huevos, no se había registrado anteriormente en México. El único registro existente con anterioridad, es el primero para esta especie realizado por Huffman y Bullock (1973) en ríos del Estado de Florida, E.U.A., por lo que se considera a nuestro hallazgo como el segundo registro mundial y el primero para México de dicho capilárido. Este registro ha sido publicado por Mejía-Madrid (1993) (In: Pérez-Ponce de León *et al.*, 1996).

Otros helmintos han sido registrados en *Poecilia sphenops* (referirse a Pérez-Ponce de León, *et al.*, 1996 y la base de datos de la Colección Nacional de Helmintos, CNHE de México, Instituto de Biología, U.N.A.M.). Tales registros indican que en general los Poeciliidae, no solamente la especie mencionada, poseen una fauna helmintológica pobre y que se debe a que ha sido poco estudiada. Tal parece que esta familia de peces ha sido infectada por helmintos que normalmente se distribuyen en México.

Eustrongylides sp. es un nemátodo que en estado larvario ha sido registrado con anterioridad en *Heterandria bimaculata* y *Poecilia reticulata*, en el Lago de Catemaco y en el Lago de Tequesquitengo (López-Jiménez, 2001), respectivamente. Dentro de la literatura y las bases de datos para este parásito, no se ha podido determinar su identidad específica, porque no se ha encontrado el estado adulto. Sin embargo, solamente se encuentran en nuestro continente dos especies (Measures, 1988): *Eustrongylides tubifex* y *E. ignotus*. *Eustrongylides ignotus* tiene una amplia distribución geográfica en las regiones Neártica, Neotropical y Australiana (Measures, 1988). Esta autora asimismo nota que ha sido registrada en Ciconiformes y Pelecaniformes, pero más comúnmente se le ha reportado de Ciconiformes. Por el contrario, hace notar Measures (1988), *E. tubifex* se encuentra solamente en las regiones Holártica y Neotropical y tiene un espectro más amplio de hospederos que incluye a Gaviiformes, Anseriformes, Ciconiformes, y Podicipediformes.

Debido a que en Puebla se han registrado especies de aves pertenecientes a todos estos órdenes (Gaviiformes, 3 géneros y 4 especies; Anseriformes 7 géneros, 17 especies; Ciconiformes, 10 géneros con 12 especies) (Camacho-Morales, 1999) es más que probable que estemos encontrando la fase larvaria de *Eustrongylides tubifex* en México y en especial, en la Cuenca del Balsas así como en otras regiones del Altiplano Mexicano, Mesa Central y Sureste de México.

Los registros realizados a nivel local, en este caso la Cuenca del Río Balsas, solamente cuentan con el antecedente inmediato anterior de Caspeta (1996 ¹ no publicado y 2000). Su registro se limitó a los helmintos que infectan a *Ilyodon whitei* en la vertiente del Balsas en el Estado de Morelos, con una helmintofauna al parecer muy distinta a la registrada en el presente trabajo, con la excepción de su hallazgo de *Eustrongylides* sp. De esta forma, se puede concluir que este goodéido tiene una helmintofauna muy variable en el Balsas, con influencias tanto del neotrópico (*Rhabdochona kidderi*) como del neártico (*P. minimum*, *Eustrongylides* sp.y *Camallanus* sp.) y una introducción Asiática (*Centrocestus formosanus*).

Este último tremátodo, en estado de metacercaria, ha sido descubierto otras regiones y cuencas del Altiplano (Scholz & Salgado- Maldonado, 2000), sin embargo, se encuentra ausente de nuestros registros, lo cual indica que este tremátodo no ha invadido a los peces de la parte Poblana del Alto Balsas, al menos en la vertiente correspondiente al Río Nexapa, contrariamente a las predicciones sobre su ruta de migración (Scholz &

¹Caspeta-Mandujano, J.M. 1996. Helmintos parásitos de *Ilyodon whitei* (Pisces: Goodeidae) en el Río Amacuzac, localidad 'El Chisco' Municipio de Jojutla Morelos, México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Agropecuarias. U.A.E.M. 62 pp

Salgado- Maldonado, 2000). Por lo que, descartando a *Eustrongylides* sp., todos los demás registros mencionados arriba son nuevos para México en el goodéido, *Ilyodon whitei*.

Los cuerpos de agua de las cuencas orientales del Altiplano Mexicano y especialmente del Eje Neovolcánico, han estado sujetas a fluctuaciones severas no solamente durante el Reciente, sino en el pasado, principalmente en el Pleistoceno (Tricart, 1985). Los ríos de estas cuencas generalmente corren en el fondo de barrancas, tienen cauces que disminuyen progresivamente durante la época seca y que se transforman en corrientes rápidas durante la primavera y el verano, es decir, en la época lluviosa. Este fenómeno se acentúa en la zona sur del Altiplano y se extiende a la Mixteca, donde los niveles pluviales anuales promedio no son mayores a los 5 mm. No debe de ser, entonces, sorprendente que los helmintos que parasitan a los peces de estas regiones exhiban como característica principal, el tener la habilidad para la colonización en tiempos cortos, desaparecer aparentemente y por lo tanto, mostrar niveles de infección bajos pero persistentes (Kennedy, 1985).

Las metacercarias de *Posthodiplostomum minimum* exhiben las prevalencias más altas de todos los tremátodos larvarios que infectan a peces de agua dulce endémicos en el Eje Neovolcánico (Pérez-Ponce de León, *et al.*, 1994, 1996, 2000; Peresbarbosa, *et al.* 1994), con la excepción de *Algansea lacustris* (ver Tabla 4). Las prevalencias para las cuencas occidentales del Eje Neovolcánico parecen no ser más bajas que 13 por ciento en goodéidos (Pérez-Ponce de León, *et al.*, 2000) y no mayores de 80 por ciento. En el caso de los Aterínidos, el límite más bajo es del 49 por ciento hasta llegar a 90 y 100 por ciento (Pérez-Ponce de León, *et al.*, 2000). Esta parece ser la situación normal en esas cuencas, en contraste con lo descubierto en las cuencas orientales de la sierra volcánica y en la Sierra Madre Oriental (Sierra Norte). En estas cuencas los niveles de infección descienden

dramáticamente e indican de forma inequívoca que las infecciones por *P. minimum* son menores y se mantienen por debajo del 50 por ciento con excepción de la Presa de Valsequillo, que es un cuerpo de agua léntico. Esta presa parece favorecer el establecimiento de la infección por estas metacercarias, debido a que es un cuerpo de agua mucho mayor que La Mina y esto ha favorecido el que haya más sitios de anidación para aves y por esto se establece el ciclo de *P. minimum*. Esto es lo que ha ocurrido de forma análoga a los lagos de Michoacán que han sido extensamente estudiados por Pérez-Ponce de León *et al.*, (2000) en fechas de recolecta realizadas en los mismos años. En este sentido, las diferencias podrían asimismo estar representando el ambiente ribereño de los muestreos de San Marcos y el Nexapa, hipótesis que se refuerza tanto con las distribuciones de frecuencias de los helmintos estudiados, así como por su distribución en las longitudes de los peces muestreados y su relación con el número de helmintos; la prevalencia entre distintos cuerpos de agua es un elemento que también apoya este supuesto. Esta situación que todavía no ha sido estudiada de forma comparada para otras regiones extensamente muestreadas de México.

Por otra parte, si analizamos la intensidad y la abundancia para los mismos cuerpos de agua, todos los sitios de muestreo en la Cuenca del Balsas (La Mina, Valsequillo y Nexapa) tienden a ocupar los últimos lugares en una escala descendente, mientras que los cuerpos de agua michoacanos, se encuentran siempre en los lugares más altos de esta jerarquía. Esto también apunta a que se concluya que esta situación refleja una preferencia de sus hospederos definitivos por estos lugares, tal vez menos perturbados que las cuencas que se mencionan en el presente trabajo.

La variación temporal tanto de *Posthodiplostomum minimum* como de *Capillaria cyprinodonticola* apunta fuertemente a indicar fluctuaciones que operan de manera

independiente de la lluvia lo cual contrasta con las conclusiones de Leong (1986). El flujo del agua y la migración extensiva de los Poecílidos y los Goodéidos parecen influir de manera puntual en la distribución de los helmintos en los peces ribereños. Relacionado con estos eventos parece ser que la migración de aves y las alteraciones del habitat están interviniendo de manera creciente en la extinción de las poblaciones de helmintos alogénicos en contraste con el efecto de "bahía" (Hazen & Esch, 1978), es decir, el asolve que se da en muchos ríos y que están aprovechando los helmintos autógenicos, principalmente en las partes más bajas de los valles mixtecos. En estos lugares los helmintos alogénicos bajan enormemente sus niveles poblacionales debido a la destrucción de los sitios naturales de anidación de aves (por ejemplo, del martín pescador, obs. pers.) que a su vez se encuentra directamente relacionado con la tala de la selva baja caducifolia que crece naturalmente en las orillas de ríos como el Nexapa. Por otro lado, el dragado de algunos de estos ríos ha provocado la extinción local de *Physella* spp., (obs. pers.) probablemente el primer hospedero intermediario en el ciclo de vida de *P. minimum*, que antes se encontraba en abundancia a lo largo del Nexapa en los muestreos de 1991 y posteriormente.

Las diferencias encontradas entre los niveles de infección de *Posthodiplostomum minimum* (Tabla 4), en su fase de metacercaria, responden a varios factores, pero los que más sobresalen son: a) dimensiones del cuerpo de agua; b) naturaleza del cuerpo de agua (lóticos vs. lénticos) y c) situación geográfica, representada por la disponibilidad para lugares de anidación menos perturbados para sus hospederos definitivos que son aves de la familia Ardeidae. Por otra parte, estas diferencias en los parámetros ecológicos están indicando que los cuerpos de agua tienen distinta disponibilidad para el establecimiento de este tremátodo. Este es un caso similar al encontrado por Kennedy (1985) en *Ligula*

intestinalis en distintas especies de peces en Inglaterra, por lo cual se puede argumentar fuertemente que las poblaciones de helmintos están sujetas a fluctuaciones intensas, dependientes de los cuerpos de agua que habitan; estos helmintos son buenos colonizadores e infectan de manera oportunista cuando su especificidad hospedatoria es baja y tienen como vehículo a vertebrados con enorme movilidad, como lo son las aves.

Los cambios en los parámetros de infección de *Capillaria cyprinodonticola* podrían explicar el porqué se le encuentra de manera discontinua en los ríos. En primer lugar, se pudo comprobar que este nemátodo en estado adulto infecta a peces de ríos, exclusivamente. En segundo lugar, se desconoce el medio por el cual este nemátodo puede viajar tan grandes distancias. Primeramente se le describió en manglares del Estado de Florida, E.U.A. (Huffman & Bullock, 1973), parasitando a *Cyprinodon variegatus* como hospedero tipo y además se le halló infectando a otros Poecílidos: *Floridichthys carpio*, *Poecilia latipinna* y *Fundulus grandis*. De seis localidades estudiadas por estos autores, solamente en dos encontraron a *C. cyprinodonticola*, una en la Bahía de Florida y otra separada por un cuarto de milla. Estos autores atribuyeron la infección localizada de este capilárido a una introducción accidental como la explicación más probable tal vez por desechos de peces de acuario. La distancia a la cual encontramos a *C. cyprinodonticola* es de más de 600 km. y no se le encontró ni en La Mina ni en Valsequillo. En la Mina es natural pensar que no se le encontró porque en este cuerpo de agua habita *Poblana leptolephus* y tal parece que este capilárido solamente infecta a peces ciprinodontiformes.

Estos datos parecen indicar que *Capillaria cyprinodonticola* es un nemátodo específico de Cyprinodontiformes que habita en los ríos que desembocan al Golfo de México y su transporte puede llevarse al cabo por desechos de peces de acuario, donde infecta normalmente o es transportado por vertebrados de forma accidental, con lo cual

podríamos decir que utiliza como hospedero forético muy probablemente a aves y requiere de infectar peces que habitan ríos, probablemente por la forma en que se da su ciclo de vida, el cual es directo en especies relacionadas (Anderson, 2000) y que requiere de ciertas condiciones que solamente puede encontrar en cuerpos de agua lóticos y no en lénticos. Cabe recordar que *Poecilia sphenops* es una especie que ha sido introducida a la cuenca del Balsas (Espinoza-Pérez *et al.*, 1993). Estos supuestos podrían explicar el hecho de porqué se encontró a este nemátodo infectando únicamente el hígado de *P. sphenops* en el Río Nexapa y no en la Presa de Valsequillo.

En conclusión, estos fenómenos refuerzan las ideas de Price (1980) y Kennedy (1981) con respecto al carácter de las poblaciones de parásitos: buenos colonizadores, con tasas de extinción altas y por lo tanto con poblaciones en desequilibrio.

Otros estudios que específicamente se han llevado al cabo en ríos con marcadas fluctuaciones indican que los ciclos estacionales en realidad pueden tener dos componentes: 1) cambios anuales en los parámetros ecológicos de infección (intensidad, prevalencia y agregación) y 2) cambios relativos a largo plazo en la intensidad o prevalencia en varios años (Janovy & Hardin, 1987). En el presente estudio, se pudieron detectar, al menos en el caso de *P. minimum*, este tipo de variaciones: cambios dentro del año de muestreo representados por oscilaciones en los niveles de infección en general y un cambio anual general que parece indicar que al menos durante el periodo de muestreo se pudo detectar una baja poblacional entre el término del período de lluvias y el comienzo del de secas. En este caso se recomienda que para este tipo de estudios, las especies de helmintos alogénicas y generalistas deben de estudiarse en varias especies de peces a la vez, pues, como se pudo observar en el transcurso de esta investigación, la migración puede hacer ausente temporalmente a una especie de pez del sitio de muestreo, pero se puede capturar otra

donde el análisis puede seguir llevándose a cabo siempre y cuando el parásito tenga especificidad hospedatoria baja.

Los helmintos que infectan a los peces de esta parte de la cuenca del Río Balsas tienden a concentrarse en el hígado, que es el órgano preferencial de infección. A excepción de *Bothriocephalus acheilognathi* y la larva de heterófito, todos los demás helmintos infectaron el hígado (*P. minimum* y *C. cyprinodonticola*). Esto indica que los helmintos en estas localidades se encuentran sujetos a periodos de escasez de alimento por parte de sus hospederos; luego se ven obligados a coexistir en un órgano que almacene alimento durante estos periodos y este es el hígado. Por lo estudiado en el Río Nexapa, que se encuentra en la selva baja caducifolia de la Mixteca Poblana, parece que aquí la situación se acentúa por lo extremo de los medios acuáticos, que como se describió arriba (Tricart, 1985).

Estudios en otras regiones semejantes, pero más prologados, podrían confirmar algunas de las hipótesis aquí planteadas y enmarcadas en el cuerpo teórico de la ecología de poblaciones de helmintos de peces de agua dulce: 1) que los helmintos responden a cambios ambientales indirectos (escasez de alimento), es decir que primeramente actúan sobre su hospedero (denso-independiente); 2) que las poblaciones de helmintos se comportan de forma distinta en cuerpos de agua lénticos y lóticos con base en: su distribución, su infección diferencial por talla de pez, su longevidad y probablemente por diferencias de escala en los cuerpos de agua; 3) que las poblaciones de helmintos de peces de agua dulce en la naturaleza se encuentran en desequilibrio y son colonizadores (en algunos casos) oportunistas, esto se traduce en que, por una parte, las poblaciones de helmintos en los cuerpos de agua estudiados no están reguladas y no regulan a las poblaciones de hospederos y por otra, son factores denso-independientes los que afectan a las mismas.

CONCLUSIONES

- 1) Se amplía el registro de helmintológico de peces de agua dulce de México, que incluye las cuencas orientales del Eje Neovolcánico y Sierra Madre Oriental (Sierra Norte de Puebla) dentro del Estado de Puebla: la Cuenca del Río San Marcos (Región Hidrológica Tuxpan-Nautla, Sierra Madre Oriental); la Cuenca del Alto Balsas (Presa Manuel Ávila Camacho y Río Nexapa) y las lagunas volcánicas (Laguna de la Mina Preciosa).
- 2) El registro consiste en un tremátodo en forma de metacercaria, *Posthodiplostomum minimum* encontrado en *Poecilia sphenops* (anteriormente registrado por Pineda *et al.* para Chiapas, 1985).
- 3) Se presenta el primer registro de *Capillaria cyprinodonticola* para México en *Poblana letholepis* de *P. minimum* y el primer registro para México y segundo mundial en *P. sphenops*, *P. gracilis*, *P. mexicana* e *I. whitei*.
- 4) Se concluye que las fluctuaciones en las poblaciones de helmintos estudiadas en tres especies de peces, dos de la Familia Poeciliidae y uno de la Familia Goodeidae no se deben a factores ambientales inmediatos, sino más bien a infecciones oportunistas que dependen del transporte ya sea de adultos (*P. minimum*) o fases infectivas (huevos de *C. cyprinodonticola*) a través de grandes distancias y por hospederos con gran movilidad (aves), es decir, a colonización.
- 5) Se comprueba que *P. minimum* (especie alogénica) es un buen colonizador y que se encuentra activamente infectando a diversas especies de peces en los cuerpos de

agua dulce del Estado de Puebla. Por el contrario, se considera que *Capillaria cyprinodonticola* puede encontrar oportunidades escasas de infección atribuibles al manejo humano de peces de ornato y por ende, se le encuentra en números muy variables.

- 6) Los niveles de infección, principalmente la prevalencia, indican que las cuencas al oriente de la Sierra de los Volcanes (Malinche, Iztaccíhuatl y Popocatepetl) tienen niveles más bajos que los de las cuencas occidentales.
- 7) Asimismo, se comprueba que los helmintos que se encuentran en los cuerpos de agua del centro norte (Presa Manuel Ávila Camacho) y centro sur del Estado de Puebla (Río Nexapa) están fuertemente influenciados por la helmintofauna transportada desde la Planicie Costera del Golfo, ya que ésta exhibe niveles de infección semejantes, sobretodo en lo que respecta a las prevalencias en el Río San Marcos (Tuxpan-Nautla) y la laguna volcánica, La Mina Preciosa (Alto Balsas).
- 8) El hígado es el órgano principal de infección por helmintos en los peces de agua dulce de estos cuerpos de agua sujetos a enormes fluctuaciones ambientales, sobretodo pluviales, donde escasea el alimento por temporadas largas y se acentúa en la estación seca.

LITERATURA CITADA

- Anderson, R.C. 2000. *Nematode Parasites of Vertebrates. Their Development and Transmission*. CABI Publishing. 650 pp.
- Anderson, R.M. & R.M. May. 1978. Regulation and stability of host-parasite population interactions. I. Regulatory processes. *J. Anim. Ecol.* **47**: 219-247.
- Andrade Salas, O. 1987. "Estudio infrapoblacional de los tremátodos de *Cichlasoma synspilum* en Tabasco". Noveno Congreso Nacional de Zoología. Villahermosa, Tabasco. Octubre 13-16. Resumen 174.
- Bush, A.O. , K.D. Lafferty, J.M. Lotz & A.W. Shostak. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *J. Parasitol.* **83** (4): 575-583.
- Camacho-Morales, M. 1999. *Listado de la Avifauna del Estado de Puebla*. Unión de Pajareros de Puebla & Gobierno del Estado de Puebla. 36 pp.
- Caspeta-Mandujano, J.M., M.A. Delgado-Yoshino, & G. Salgado-Maldonado. 2000. Seasonal variations in occurrence and maturation of the nematode *Rhabdohcon kiddyi* in *Cichlasoma nigrofasciatum* of the Amacuzac River, México. *Helminthologia* **37**: 29-33.
- Crawley, M.J. 1993. *GLIM for Ecologists*. Blackwell Scientific Publications. 379 pp.
- Crofton, H.D. 1971. A quantitative approach to parasitism. *Parasitology* **62** (2): 179-193.
- Chubb, J.C. 1979. Seasonal Ocurrence of helminths in freshwater fish II. Trematoda. In: *Advances in Parasitology* 17. New York, Academic Press. pp. 142-315.
- , 1984. "The economic importance of fish parasites." Tumbay, E., Yasarol, S., & M. A. Oczel (eds.) EMOP 4. The Fourth European Multicolloquium of Parasitology. Izmir, Turkey. Abstracts.
- Esch, G.W. 1971. Impact of ecological succession on the parasite fauna in centrarchids from oligotrophic and eutrophic ecosystems. *Am. Midl. Nat.* **86**: 160-168.
- , Kennedy, C.R., Bush, A.O. & J.M. Aho. 1988. Patterns in helminth communities in freshwater fish in Great Britain: alternative strategies for colonization. *Parasitology* **96**: 519-532.
- & J. Fernández. 1993. *A Functional Biology of Parasitism. Ecological and evolutionary implications*. Chapman & Hall. 337 p.

Espinosa-Huerta, E., García-Prieto, L. & G. Pérez-Ponce de León. 1996. Helminth Community Structure of *Chirostoma attenuatum* (Osteichthyes: Atherinidae) in Two Mexican Lakes. *The Southwestern Naturalist* **41** (3): 288-292.

Espinoza-Pérez, M.T. Gaspar-Dillanes & P. Fuentes-Mata. 1993. *Listados Faunísticos III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, UNAM. 190 pp.

Fucugauchi, M. 1987. "Interacciones espacio-temporales de los helmintos intestinales de *Cichlasoma urophthalmus* en la Laguna El Horizonte, Centla Tabasco". Noveno Congreso Nacional de Zoología. Villahermosa, Tabasco. Octubre 13-16. p. 176.

García-Magaña, L. 1987. "Variación estacional de los helmintos de *Cichlasoma synspilum* en la Laguna de las Ilusiones, Tabasco, México". Noveno Congreso Nacional de Zoología. Villahermosa, Tabasco. Octubre 13-16. p. 176.

Granath, W.O. & G.W. Esch. 1983. Temperature and other factors that regulate the composition and infrapopulation densities of *Bothriocephalus acheilognathi* (Cestoda) in *Gambusia affinis* (Pisces) *J. Parasitol.* **64** (6): 1116-1124.

Godínez-Rodríguez, M. 1991. Peces dulceacuícolas mexicanos. IV: *Ilyodon whitei* (Cyprinodontiformes: Goodeidae). *Zoología Informa ENCB-IPN.* **21**: 18-25.

Hazen, T.C. & G.W. Esch. 1978. Observations on the ecology of *Clinostomum marginatum* in largemouth bass (*Micropterus salmoides*). *J. Fish. Biol.* **12**: 411-420.

Huffman, D. G. & W.L. Bullock. 1973. *Capillaria cyprinodonticola* sp. n. (Nematoda: Trichinellida) from the livers of Cyprinodontiform fishes of the Florida Keys. *J. Parasit.* **59** (2): 260-263.

INEGI, 2000. Carta Estatal Hidrología Superficial In: *Síntesis Geográfica del Estado de Puebla*. 124 pp.

Janovy, J. Jr., & E. L. Hardin. 1987. Population dynamics of the parasites in *Fundulus zebrinus* en the Platte River of Nebraska. *J. Parasit.* **73** (4): 689-696.

Kennedy, C.R. & F. Lie. 1976. The distribution and pathogenicity of larvae of *Eustrongylides* (Nematoda) in brown trout *Salmo trutta* L. in Fernworthy Reservoir, Devon. *J. Fish Biol.* **8**: 293-302.

-----, 1981. Parasitocoenoses Dynamics in Freshwater Ecosystems in Britain. *Trudy. Zool. Inst. Ak. N.S.S.S.R.* **108**: 9-22. In: *Ekologicheske Aspekts Parasitologii* (Ed. O.N. Bauer). U.R.S.S. (C.E.I.).

-----, 1985. Interactions of fish and parasite populations: to perpetuate or pioneer? In: Rollinson, D. & R.M. Anderson (eds.). *Ecology and Genetics of Host-Parasite Interactions. Linn. Soc. Symp. Ser.* **11**: 1-20.

----- & R. J. Burrough. 1978. Parasites of trout and perch in Malham Tarn. *Fld. Stud.* **4**: 617-629.

Lamothe, R. 1997. *Manual de técnicas para preparar y estudiar los parásitos de animales silvestres*. AGT Editor, S.A. México. 43 pp.

-----, & L. Aguirre-Macedo. 1991. Tremátodos de Aves IV. Estudio de *Echinocasmus zubedakhaname* (Trematoda: Echinostomidae) recuperados experimentalmente. *Anales Inst. Biol. Univ. Nac. Autón. México. Ser. Zool.* **62** (1): 11-16.

Lemly, D.A. & G.W. Esch. 1984. Effects of the trematode *Uvulifer ambloplitis* on juvenile bluegill sunfish *Lepomis macrochirus*: Ecological implications. *J. Parasitol.* **70**: 475-492.

López-Jiménez, S. 2001. Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del estado de Tabasco. *Sistema de Investigación del Golfo de México*. Año 3 (9): 8-10.

Leong, T.S. 1986. Seasonal occurrence of metazoan parasites of *Puntius binotatus* in an irrigation canal, Pulau Pinang, Malaysia. *J. Fish Biol.* **28**: 9-16.

Ludwig, J.A. & J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology. A Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons. New York. 337.

Margolis, L., Esch, G.W., Holmes, J.C., Kuris, A.M. & G.A. Schad. 1982. The use of ecological terms in parasitology (Report of an Ad Hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *J. Parasit.* **68**(1): 131-133.

Measures, L. 1988. Revisión of the genus *Eustrongylides* Jägerskiöld, 1909 (Nematoda: Dioctophymatoidea) of piscivorous birds. *Can. J. Zool.* **66**: 885-895.

Meffe, G.K. & F.F. Snelson, Jr. (eds.). *Ecology and evolution of livebearing fishes (Poeciliidae)*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey. 453 pp.

Memorias. 1986. Octavo Congreso Nacional de Parasitología. Octubre 16-18. Puebla, Puebla. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. s/p.

Montoya, J., Chávez, R. & A. Sanabria. 1987. "Aspectos del parasitismo de *Contraecum* sp. en la lebrancha, *Mugil curema* de la Laguna de Tamiahua, Veracruz" Noveno Congreso Nacional de Zoología. Villahermosa, Tabasco. Octubre 13-16. Resumen 169.

Osorio-Sarabia, D., G. Pérez-Ponce de León & G. Salgado-Maldonado. 1986. Helmintos de peces del Lago de Pátzcuaro, Michoacán I: Helmintos de *Chirostoma estor* el "pescado blanco". Taxonomía. *An. Inst. Biol. Univ. Nal. Autón. Méx. Ser. Zool.* **57**(1): 61-92.

Peresbarbosa, R.E., G. Pérez-Ponce de León, & L. García Prieto. 1994. Helminths parasites of three species of fishes (Goodeidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *An. Inst. Biol., Univ. Nac. Autón. Méx. Ser. Zool.* 65: 201-204.

-----, Mendoza G., B., & G. Pulido F. 1994. Helminths of the Charal Prieto, *Chirostoma attenuatum* (Osteichthyes: Atherinidae), from Patzcuaro Lake, Michoacan, Mexico. *J. Helminthol. Soc. Wash.* 61(1): 139-141.

-----, García-Prieto, L., Osorio-Sarabia, D. & León-Règagnon, V. 1996. *Listados Faunísticos de México. VI. Helminths Parasites of Aguas Continentales de México.* U.N.A.M. 100 pp.

-----, García-Prieto, L., León-Règagnon, V., & A. Choudhury. 2000. Helminth communities of native and introduced fishes in Lke Pátzcuaro, Michoacán, México. *J. Fish Biol.* 57: 303-325.

Pineda, L. R., Páramo, S., Trejo, L., Pérez, M., Almeyda, J., Osorio, D. & G. Pérez-Ponce de León. 1985. Estudio del Control Sanitario de la Piscifactoría Benito Juárez y en los vasos de las presas de Malpaso y la Angostura, Chiapas. Publicaciones Especiales, UJAT-SEPESCA: 309 pp.

Price, P. 1980. *Evolutionary Biology of Parasites.* Princeton University Press, Princeton, New Jersey. 237 pp.

Rohde, K. 1980. Host specificity indices of parasites and their application. *Experientia* 36: 1369-1371.

Salgado-Maldonado, G. & D. Osorio-Sarabia. 1987. Helminths de algunos peces del Lago de Pátzcuaro. *Ciencia y Desarrollo.* 13: 41-57. México.

Salgado-Maldonado, G. & C.R. Kennedy. 1997. Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Parasitology* 114: 581-590.

Scholz, T. & G. Salgado-Maldonado. 2000. The Introduction and dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: A Review. *Am. Midl. Nat.* 143: 185-200.

Scott, M.E. 1987. Temporal changes in aggregation: a laboratory study. *Parasitology* 94: 583-595.

Sokal, R.R. & F.J. Rohlf. 1981. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research.* W.H. Freeman & Co. New York. 859 pp.

Tricart, J. 1985. *Pro-Lagos. Los Lagos del Eje Neovolcánico de México.* U.N.A.M. 66 pp.

Uyeno, T., R.R. Miller, & J.M. Fitzsimons. 1983. Karyology of the Cyprinodontoid fishes of the Mexican family Goodeidae *Copeia* 1983 2:497-510.

APÉNDICE I. TÉCNICAS DE FIJACIÓN, TINCIÓN O ACLARAMIENTO DE HELMINTOS EMPLEADAS

TÉCNICAS EMPLEADAS CON PLATYHELMINTHES

Técnica de Hematoxilina de Harris

Los helmintos pueden fijarse en líquido de BOUIN o en formol al 4%, aplanándolos ligeramente entre porta y cubre para observar detalles de los órganos internos; para morfometría no se deben aplanar (D.I. Gibson MS, 1989). Los helmintos una vez fijados de esta forma se dejan 12 horas en el fijador; después se desmontan y se colocan en alcohol 70% para conservarlos.

- 1.- Hidratar helmintos en alcoholes graduales (5 minutos aproximadamente) hasta llegar a agua destilada.
- 2.- Colocar los helmintos en el colorante. .
- 3.- Diferenciar en agua acidulada, hasta que los bordes queden blancos o que el helminto tome una coloración rosa
4. Lavar en agua destilada y virar con agua corriente o con unas gotas de carbonato de litio en solución saturada.
- 5.- Lavar en agua destilada y deshidratar en alcoholes graduales hasta alcohol absoluto (100%) en cada alcohol.
- 6.- Aclarar con salicilato de metilo, aceite de clavos, creosota o xilol.
- 7.- Montar en bálsamo del Canadá entre portaobjetos y cubreobjetos.

TÉCNICAS EMPLEADAS CON NEMÁTODOS

Los nemátodos fueron fijados en alcohol 70% caliente o en formol al 4%. Posteriormente fueron conservados en alcohol al 70%.

Técnicas de aclaramiento

Lactofenol

- 1.- Colocar un par de calzas de cartón sobre un portaobjeto.
- 2.- Colocar al nemátodo en medio de las calzas con lactofenol.
- 3.- Cubrir con un cubreobjetos.

Glicerina

- 1.- Se coloca a los nemátodos en serie de alcoholes graduados con glicerina hasta llegar a glicerina pura.
- 3.- Se coloca una gota de glicerina pura sobre un cubreobjeto.
- 2.- Se colocan calzas de fibra de vidrio dentro de la gota de glicerina.
- 3.- Se coloca el nemátodo.
- 4.- Se sella temporalmente esta preparación con barniz de uñas. Esta técnica aclara la cutícula de los nemátodos y permite ver sus estructuras externas con claridad así como sus estructuras internas.

Tabla 3. Parámetros poblacionales de los helmintos de las Familias Atherinidae, Poecilidae y Goodiidae. El orden de las localidades es de norte a sur del Estado de Puebla. N = número de peces recolectados; prevalencia va seguida de número de peces infectados y el índice de dispersión con el número total de helmintos.

Localidad	Fecha	Helminto	<i>Poblana tetrolepis</i>	<i>Poecilia sphenops</i>	<i>Poecilia mexicana</i>	<i>Poecilopsis gracilis</i>	<i>Ilyodon whitei</i>	
Río San Marcos (N = 11)	Junio, 1991	<i>P. minimum</i>	Prev.	36.4% (4)				
			Int. Prom. (d.e.)	19 (± 16.1)				
		<i>C. cyprinodonticola</i>	Abundancia (d.e.)	6.9 (± 13)				
			Índice de dispersión	24.6 (76)				
		<i>Echinochasmus</i> sp.	Prev.	27.3 % (3)				
			Int. Prom. (d.e.)	5.6 (± 6.4)				
		<i>Echinochasmus</i> sp.	Abundancia (d.e.)	1.5 (± 3.8)				
			Índice de dispersión	9.7 (17)				
		<i>Echinochasmus</i> sp.	Prev.	17.9 % (6)				
			Int. Prom. (d.e.)	5.6 (± 4.3)				
<i>Echinochasmus</i> sp.	Abundancia (d.e.)	3.1 (± 4.3)						
	Índice de dispersión	5.8 (34)						
Laguna La Mina (N = 52)	Junio, 1991	<i>P. minimum</i>	Prev.	32.7% (17)				
			Int. Prom. (d.e.)	70.1 (± 78.6)				
		<i>B. acheilognathi</i>	Abundancia (d.e.)	22.9 (± 55.2)				
			Índice de dispersión	132.82 (1192)				
		<i>Echinochasmus</i> sp.	Prev.	23.1 % (12)				
			Int. Prom. (d.e.)	2.2 (± 2.2)				
		<i>Echinochasmus</i> sp.	Abundancia (d.e.)	0.5 (± 1.4)				
			Índice de dispersión	3.74 (27)				
		<i>Echinochasmus</i> sp.	Prev.	3.8 % (2)				
			Int. Prom. (d.e.)	23.5 (± 13.4)				
<i>Echinochasmus</i> sp.	Abundancia (d.e.)	0.9 (± 4.9)						
	Índice de dispersión	26.9 (47)						

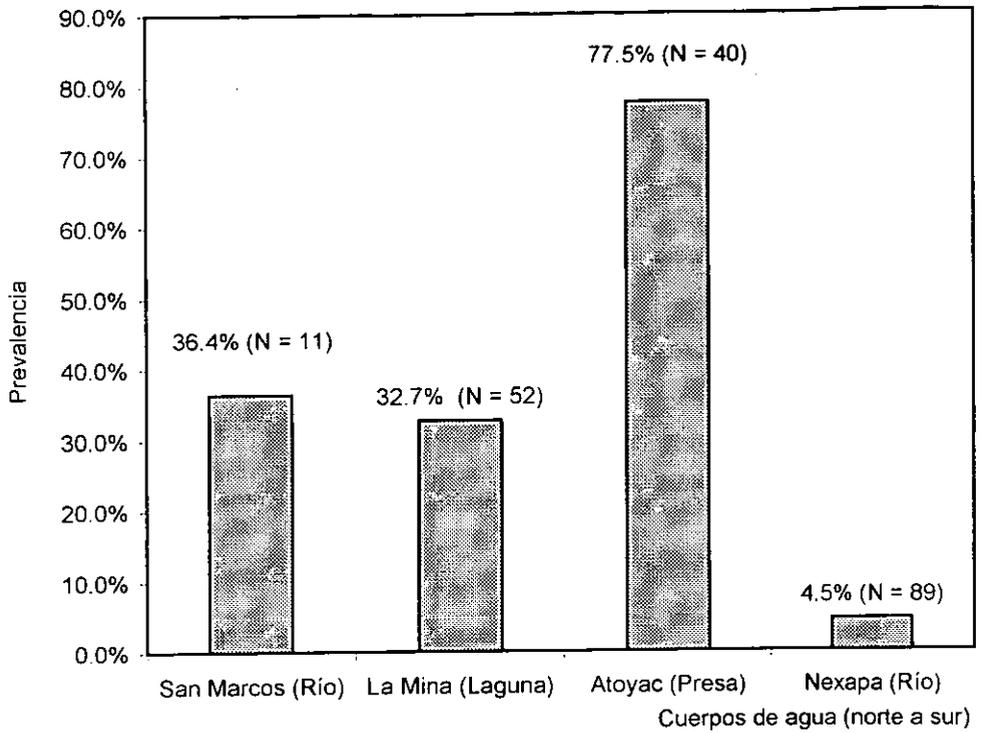
Tabla 4. Comparación de los niveles de infección de *Posthodiplostomum minimum* en las cuencas del Centro de México estudiadas hasta el año 2000*

Sitio y fecha de colecta	Hospedero	Prevalencia máxima (%)	Abundancia máxima	Intensidad máxima	Autor (es)
Lago de Pátzcuaro (1984-1985)***	<i>Chirostoma estor</i>	95.4	63.1	66.2	Pérez-Ponce de León (datos no publicados)
	<i>Goodea atripinnis</i>	62.4	8.3	13.3		Mejía-Madrid (datos no publicados)
Lago de Pátzcuaro (1989-1990)***	<i>Chirostoma attenuatum</i>	98.4	.....	111.3	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> , 1994
Lago de Pátzcuaro (1991)	<i>Chirostoma attenuatum</i>	100	1433	.....	Pérez-Ponce de León, <i>et al.</i> , 1996
Lago de Zirahuén (1991)	<i>Chirostoma attenuatum</i>	80.9	25.8	.....
Lago de Pátzcuaro (1991)	<i>Allophorus robustus</i>	92.7	38.8	360**	Peresbarbosa <i>et al.</i> , 1994
	<i>Neophorus diazi</i>	83.9	10.6	147**	
	<i>Goodea atripinnis</i>	82.3	14	76**	
Lago de Pátzcuaro (1993)	<i>Chirostoma attenuatum</i>	95	81.6	.....	Pérez-Ponce de León <i>et al.</i> , 2000
	<i>Chirostoma estor</i>	83	39.8	.....
	<i>Chirostoma grandocule</i>	49	4.4	.....
	<i>Algansea lacustris</i>	13	0.2	.....
	<i>Allophorus robustus</i>	81	47.3	.....
	<i>Goodea atripinnis</i>	83	15.2	.....
	<i>Allotoca diazi</i>	70	7.8	.....
Río San Marcos, Puebla (1991)	<i>Poecilia sphenops</i>	36.4	6.9	19	
Laguna La Mina, Puebla (1991)	<i>Poblana letholepis</i>	32.7	22.9	70.1	
Presa Valsequillo, Puebla (1992)	<i>Poecilia sphenops</i>	77.5	5.9	7.7	
Río Nexapa (1991)	<i>Poecilia sphenops</i>	4.5	0.7	16	Este trabajo
Río Nexapa (1992)	<i>Poecilia sphenops</i>	21.9	0.46	2.1	
Río Nexapa (1992-1993)***	<i>Poecilia sphenops</i>	21.4	6.9	32.6	
	<i>Poecilopsis gracilis</i>	20.5	2.5	12.1	
	<i>Ilyodon whitei</i>	13.5	0.8	5.8	

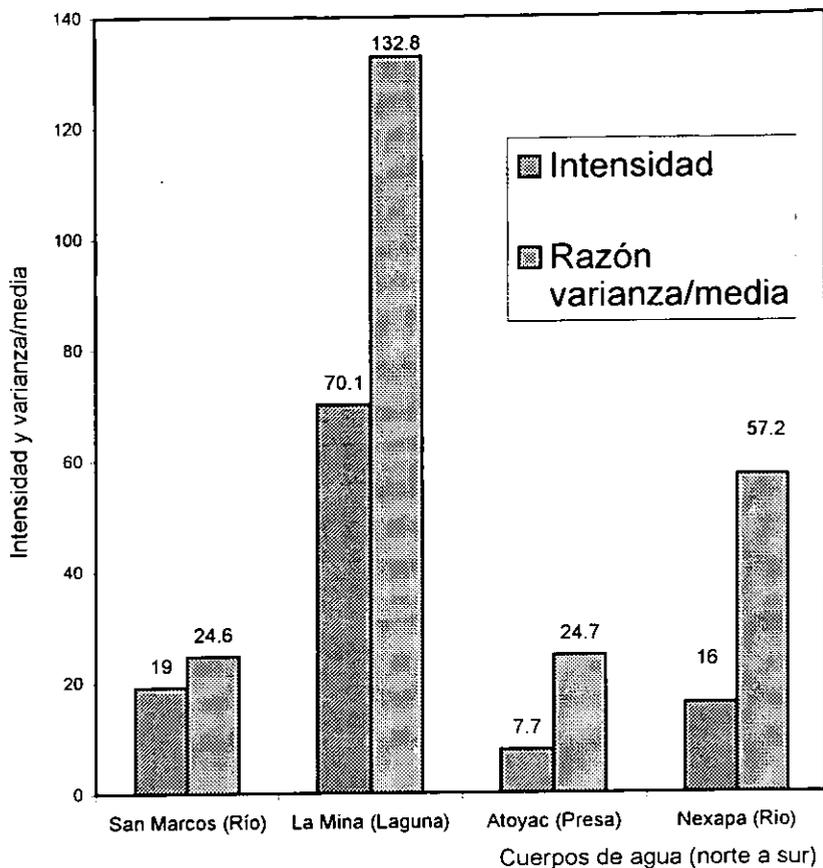
*Cuencas occidentales se enlistan primero y orientales a partir del Río San Marcos

**Se especifica intensidad máxima

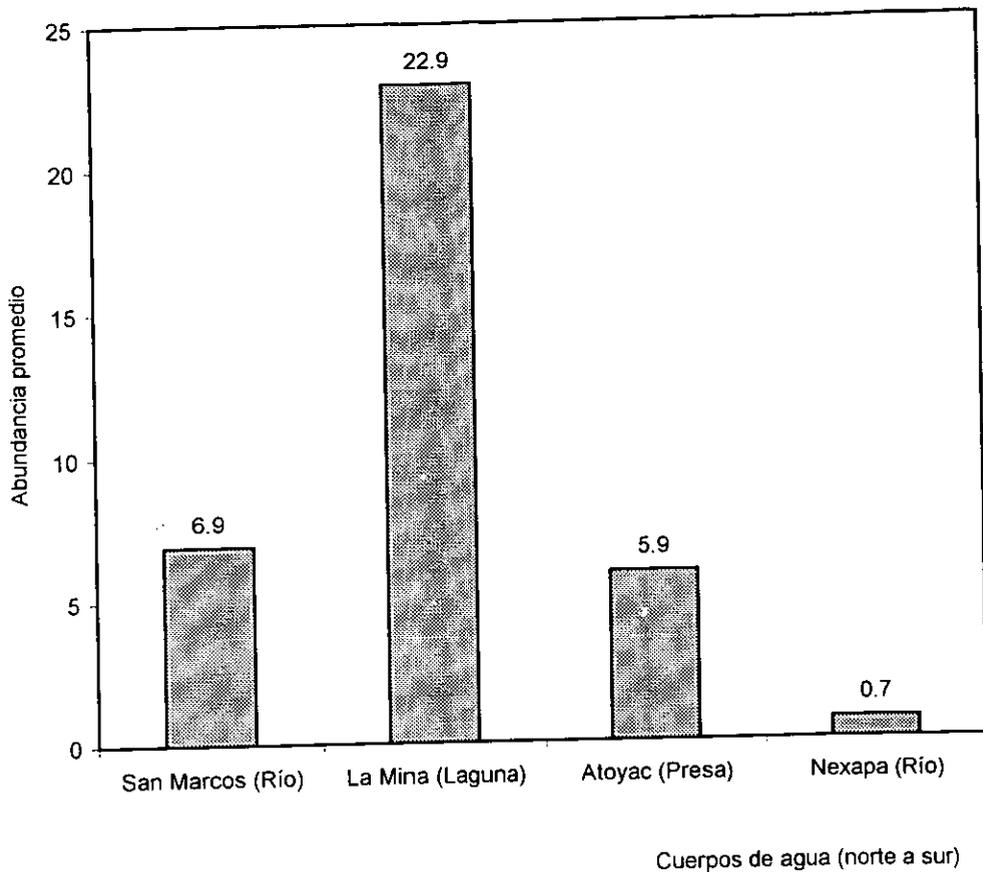
*** Muestreos anuales o más prolongados



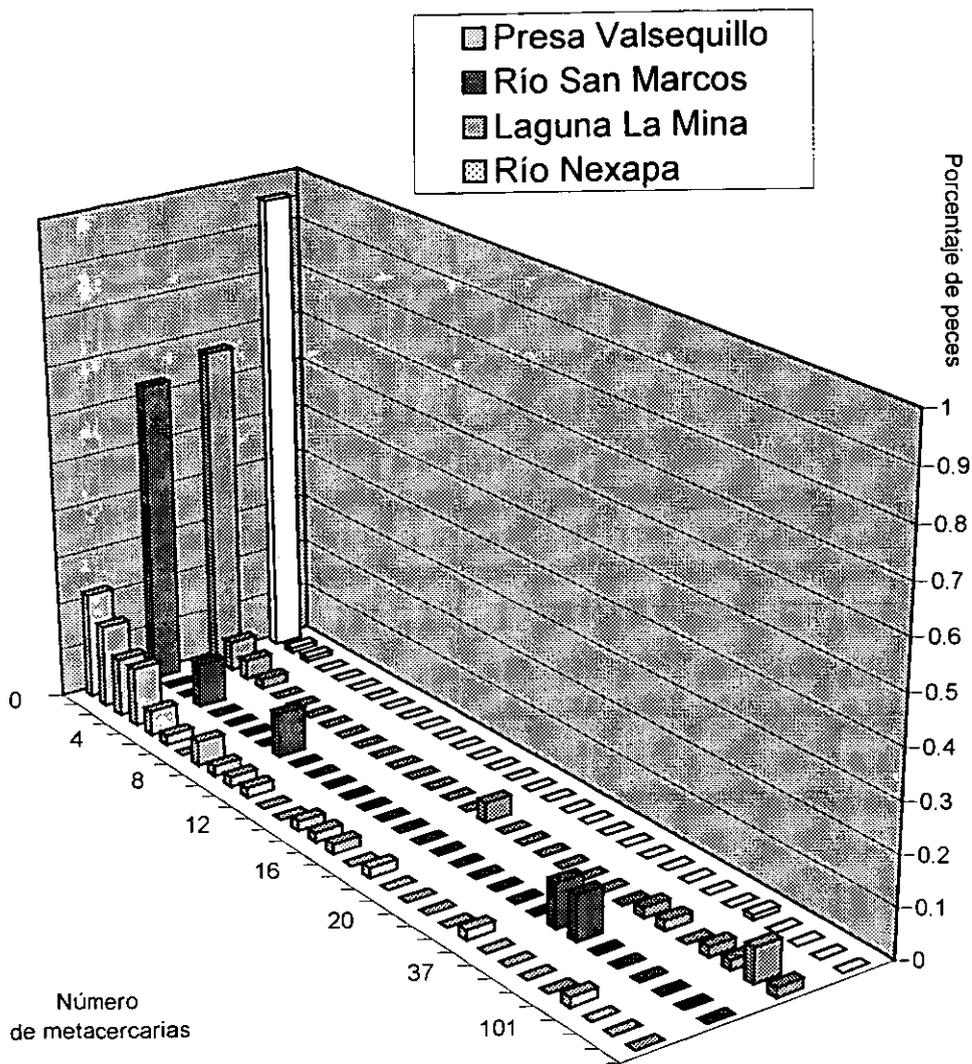
Gráfica 1. Prevalencia de *P. minimum* en *P. sphenops* y *P. letholepis* en cuatro cuerpos de agua del Estado de Puebla. 1991-1992.



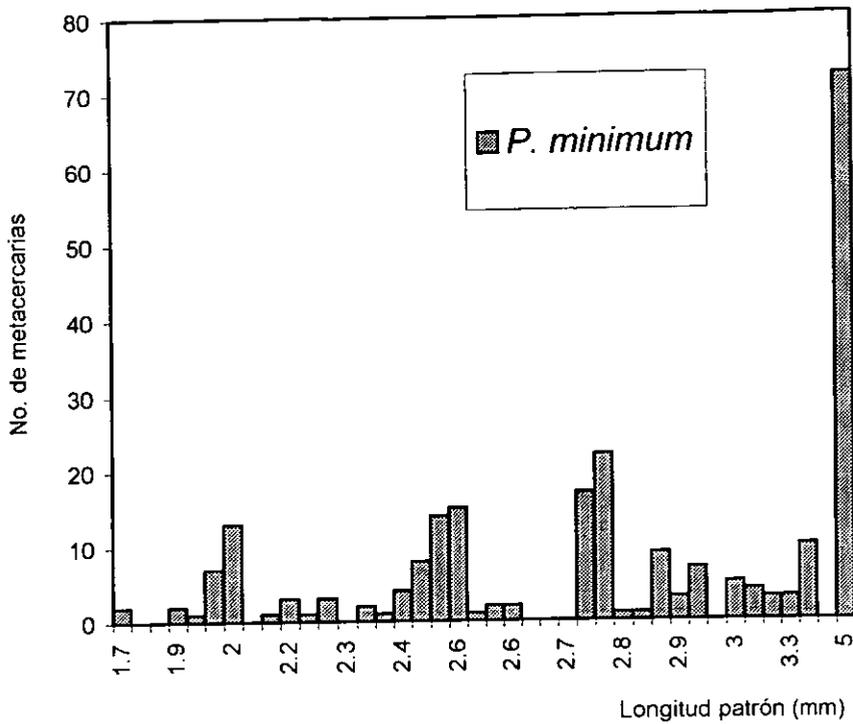
Gráfica 2. Intensidad y razón varianza/media de *P. minimum* en *P. sphenops* y *P. letholepis* en cuatro cuerpos de agua del Estado de Puebla. 1991-1992.



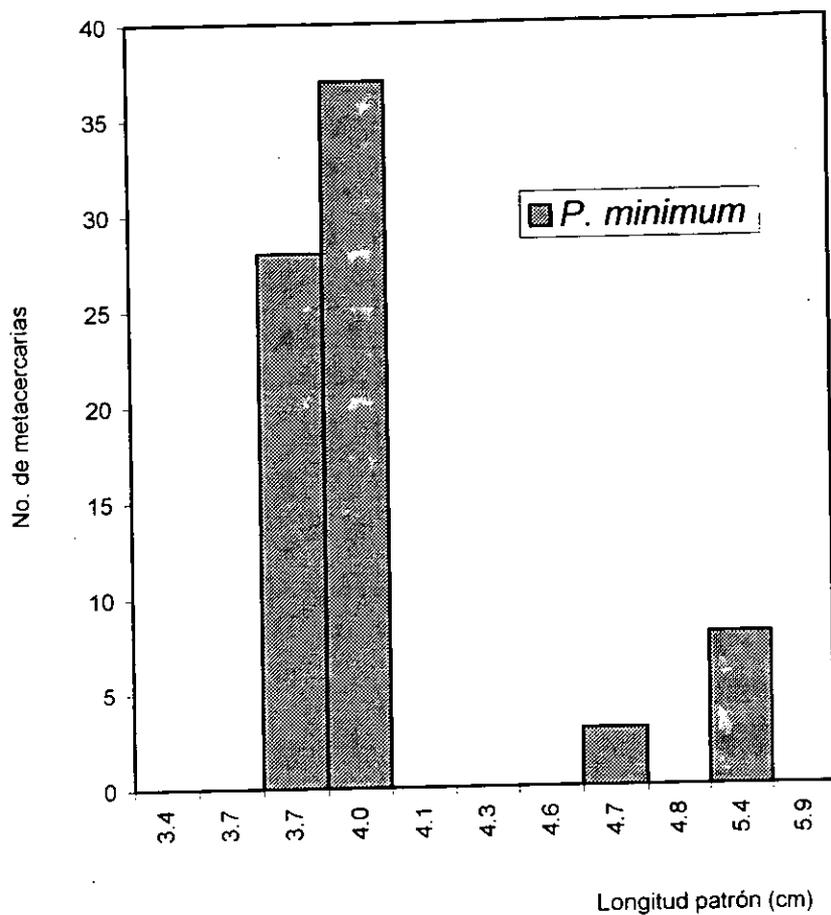
Gráfica 3. Abundancia de *P. minimum* en *P. sphenops* y *P. letholepis* en cuatro cuerpos de agua del Estado de Puebla. 1991-1992.



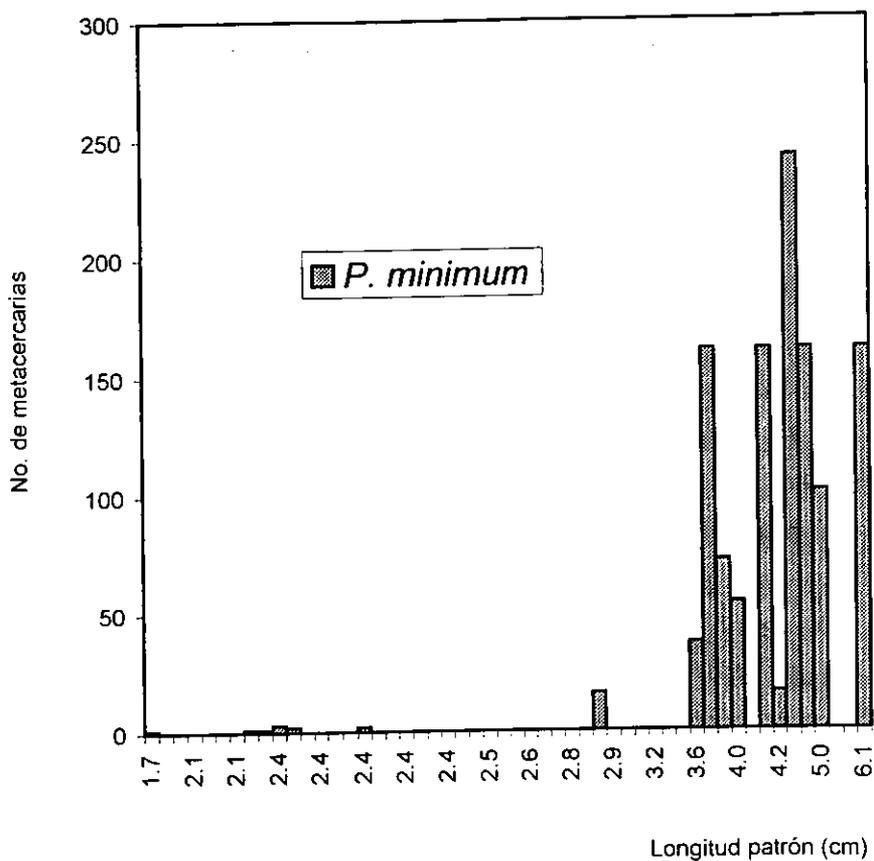
Gráfica 4. Distribución de frecuencias de *P. minimum* en *P. sphenops* y *P. letholepis* en cuatro cuerpos de agua del Estado de Puebla. 1991-1992.



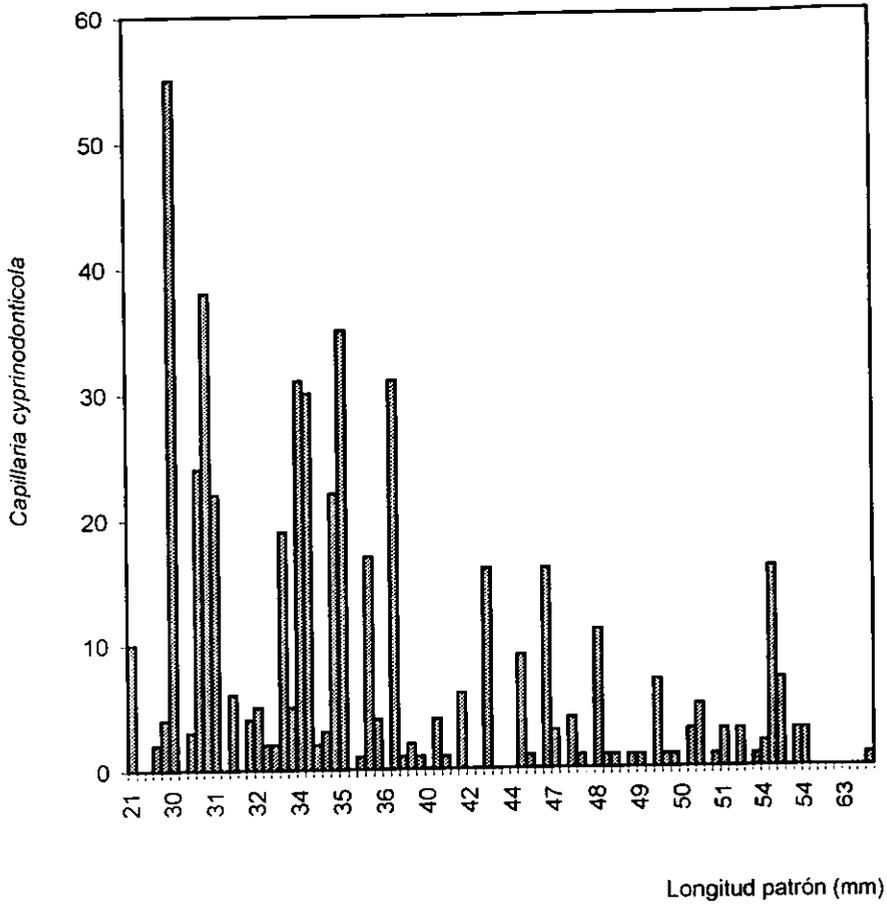
Gráfica 5. Distribución de *P. minimum* en longitudes muestreadas de *P. sphenops*. Presa Valsequillo. Puebla 1991.



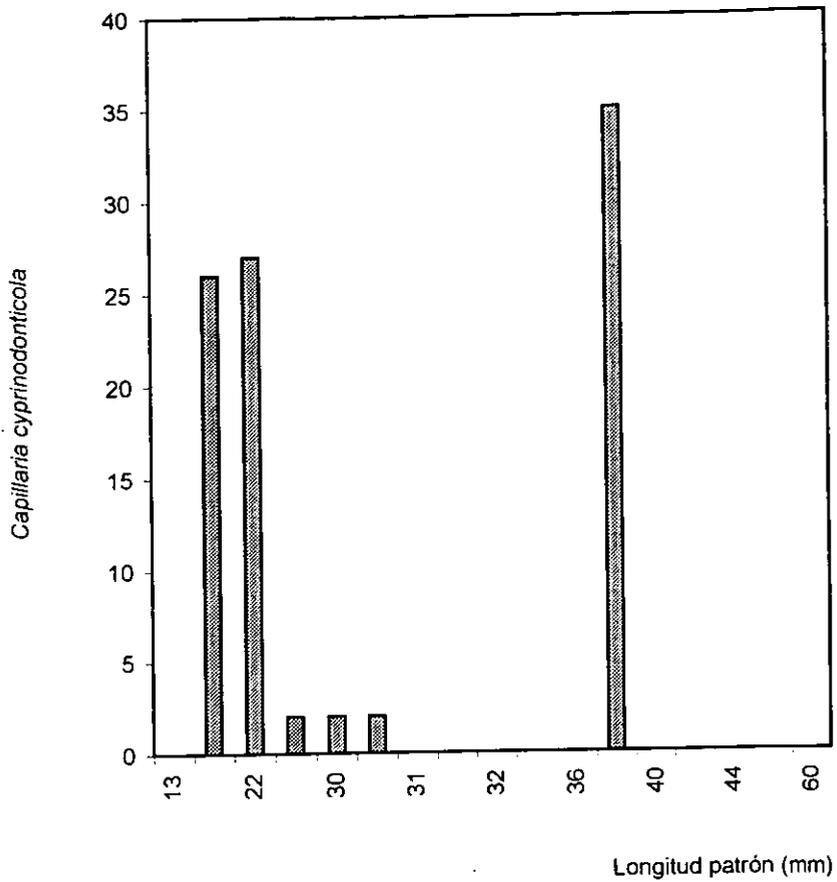
Gráfica 6. Distribución de *P. minimum* en longitudes muestreadas de *P. sphenops*. Río San Marcos. Puebla 1991.



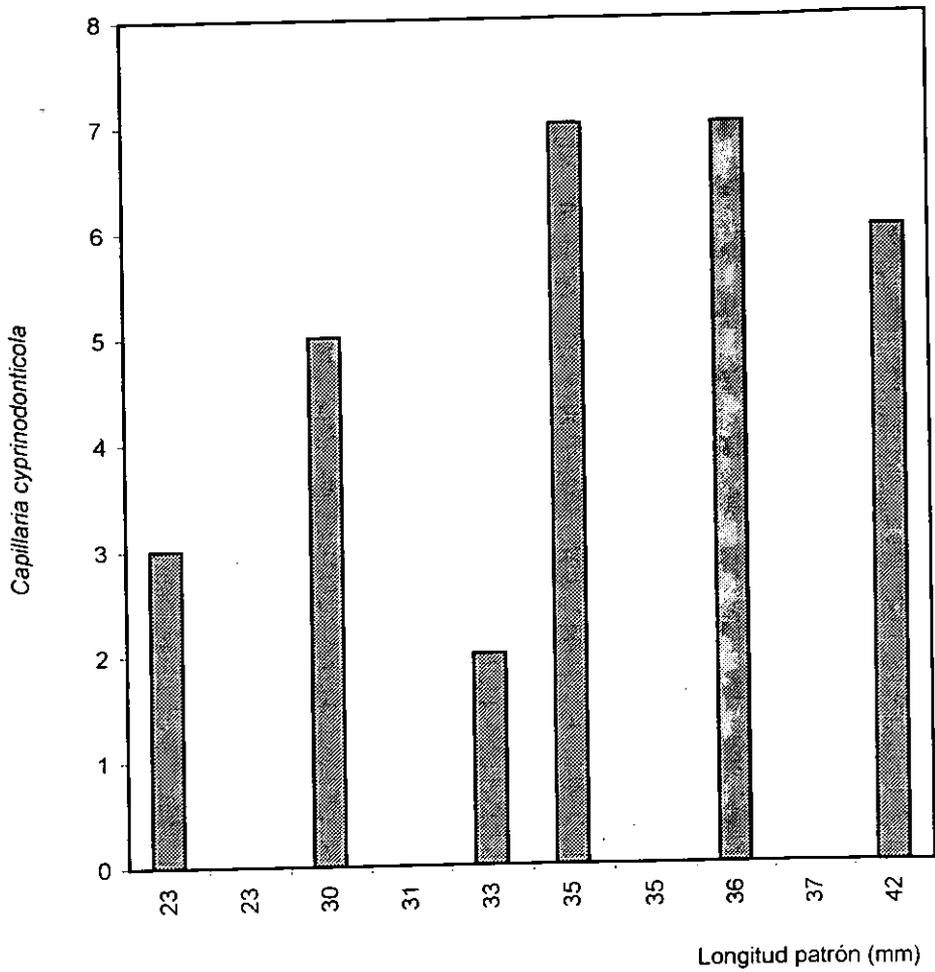
Gráfica 7. Distribución de *P. minimum* en longitudes muestreadas de *Poblana letholepis*. La Mina. Puebla 1991.



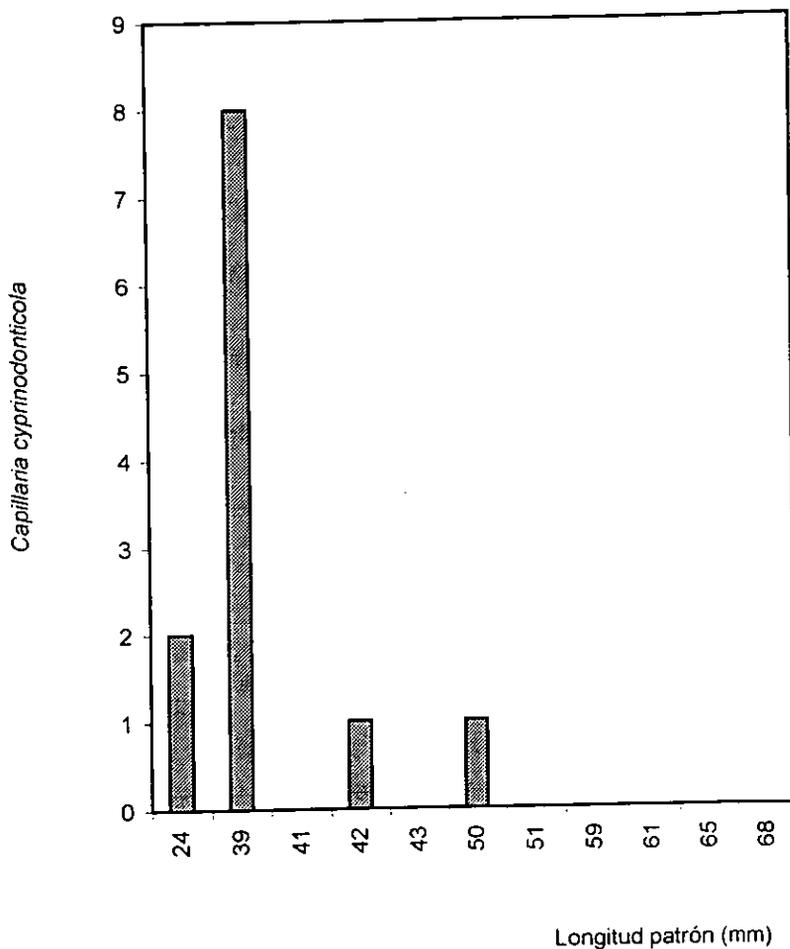
Gráfica 8. Distribución de *C. cyprinodonticola* en longitudes muestreadas de *P. sphenops*. Río Nexapa, Chietla, Puebla 1991.



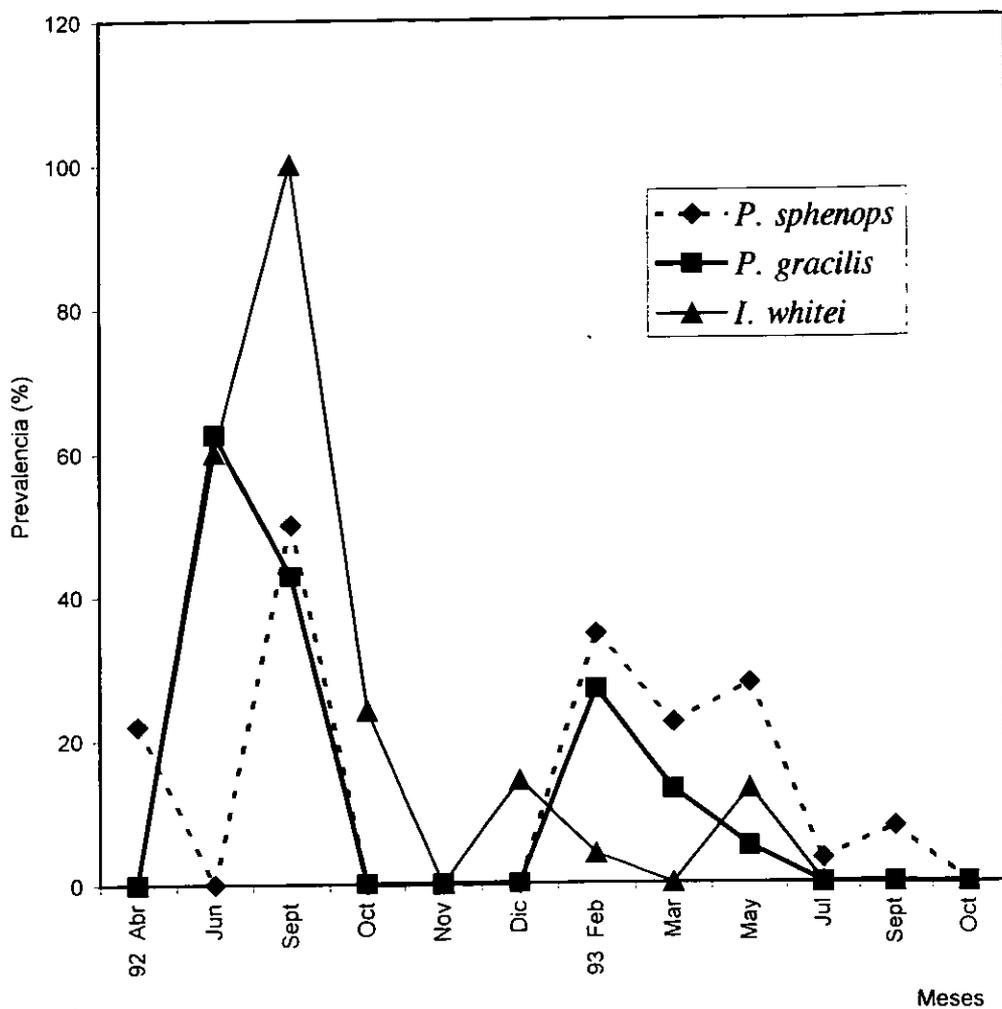
Gráfica 9. Distribución de *C. cyprinodonticola* en longitudes muestreadas de *P. gracilis*. Río Nexapa, Chietla, Puebla 1991.



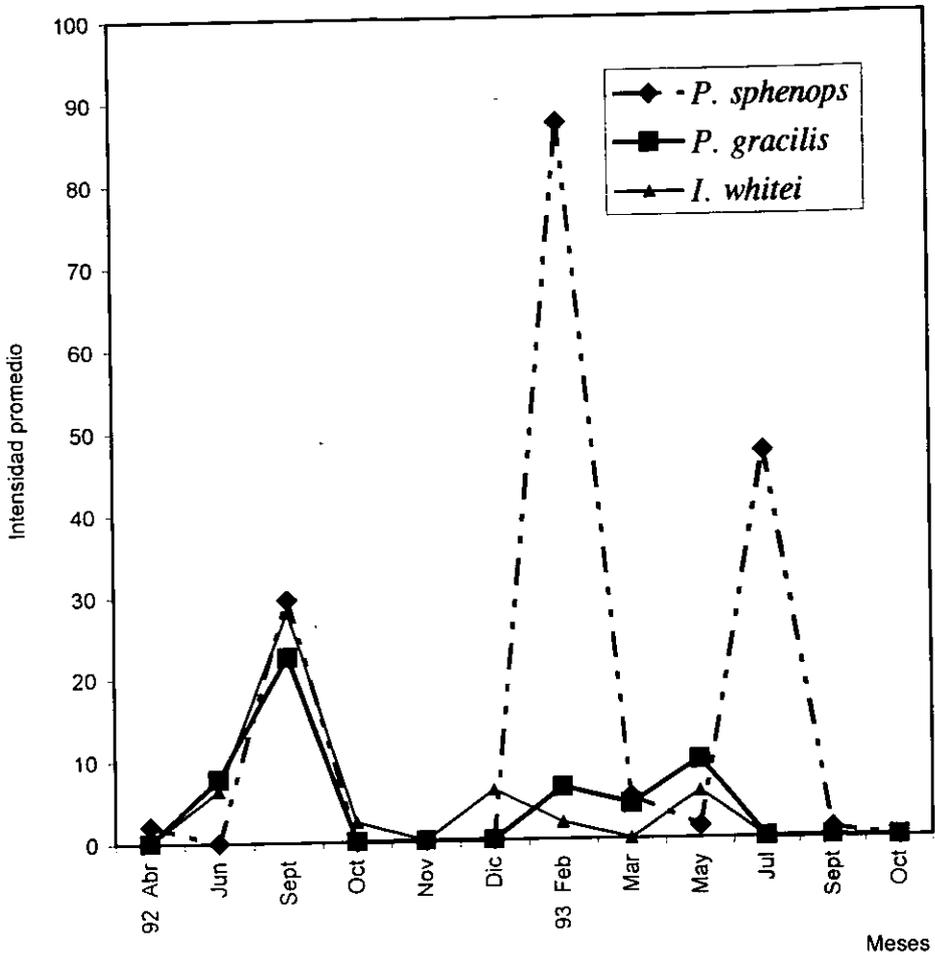
Gráfica 10. Distribución de *C. cyprinodonticola* en longitudes muestreadas de *P. mexicana*. Río Nexapa, Chietla, Puebla 1991.



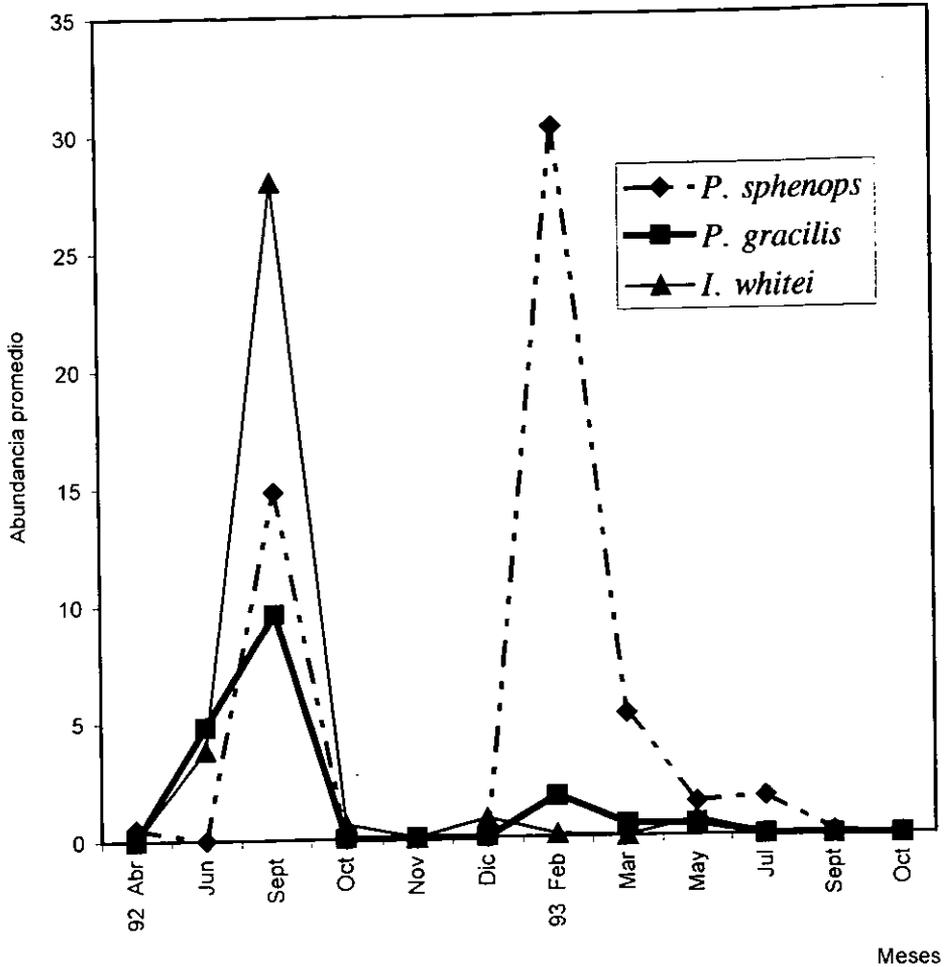
Gráfica 11. Distribución de *C. cyprinodonticola* en longitudes muestreadas de *I. whitei*. Río Nexapa, Chietla, Puebla 1991.



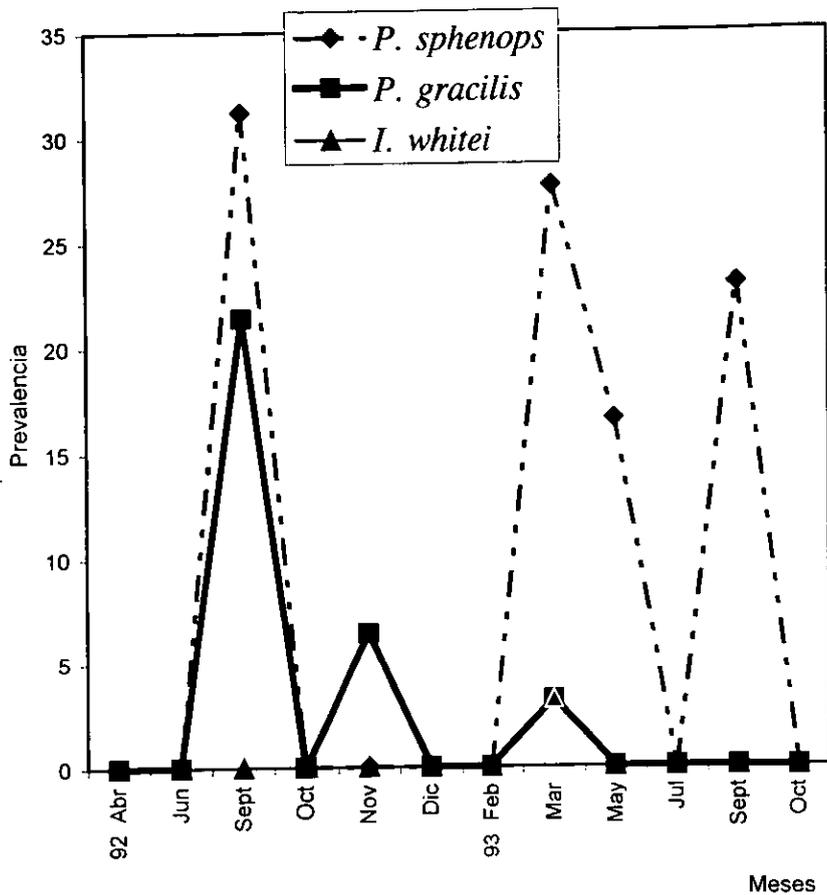
Gráfica 12. Prevalencia de *Posthodiplostomum minimum* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



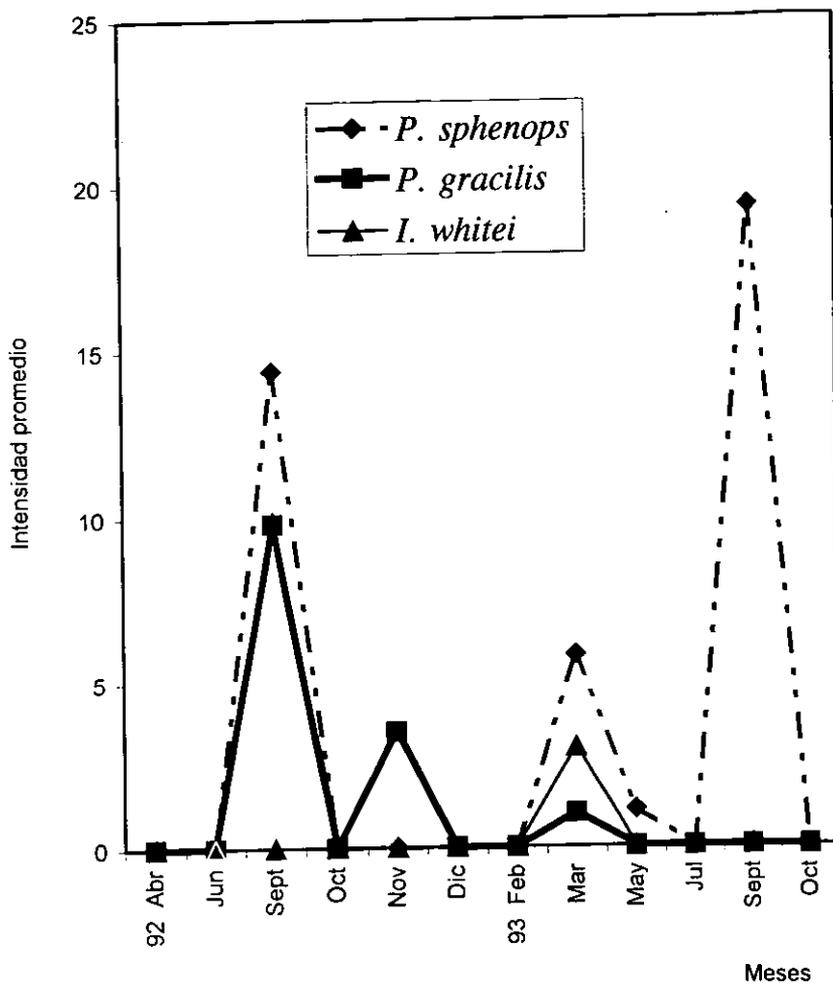
Gráfica 13. Intensidad promedio de *Posthodiplostomum* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



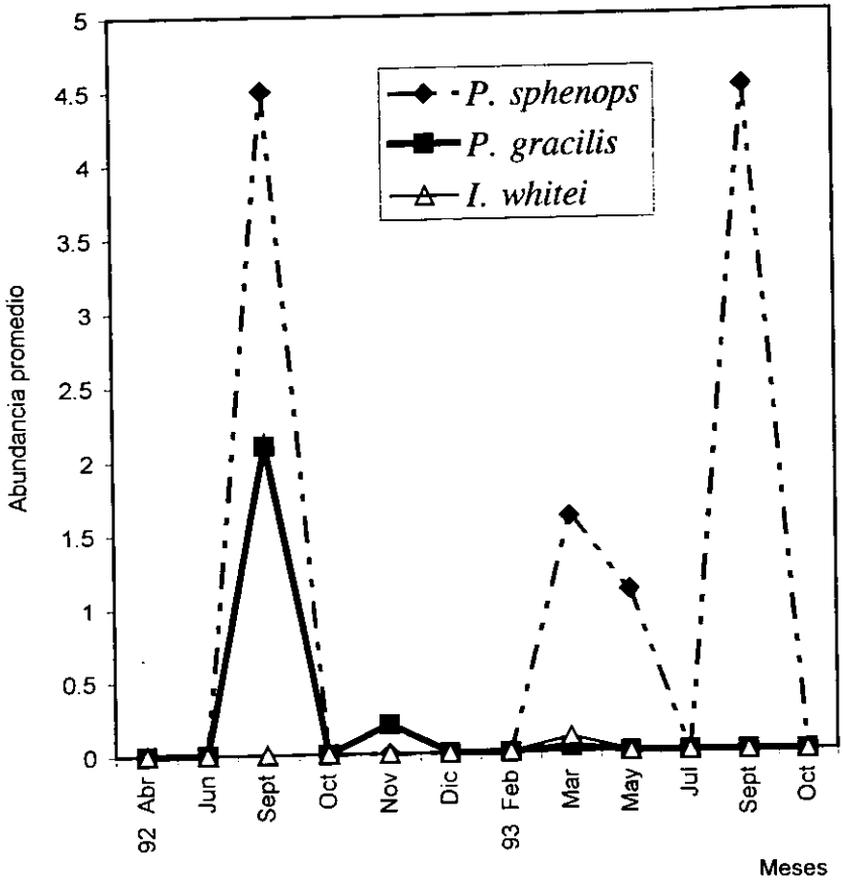
Gráfica 14. Abundancia promedio de *Poshtodiplostomum minimum* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



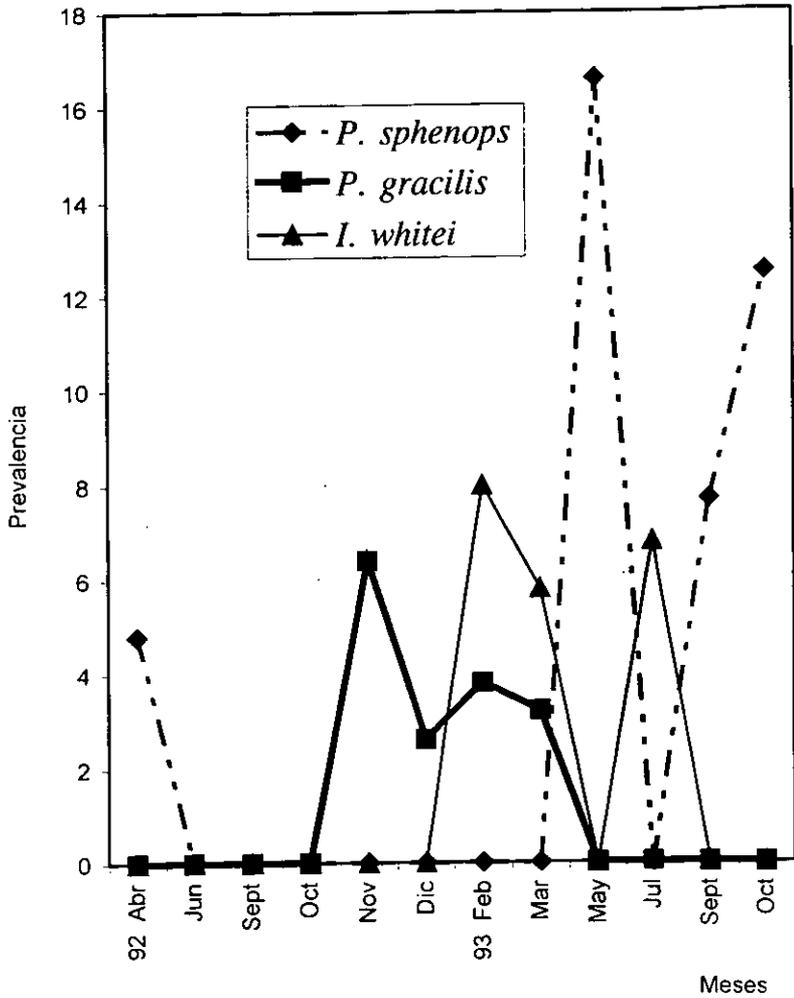
Gráfica 15. Prevalencia de *Capillaria cyprinodonticola* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



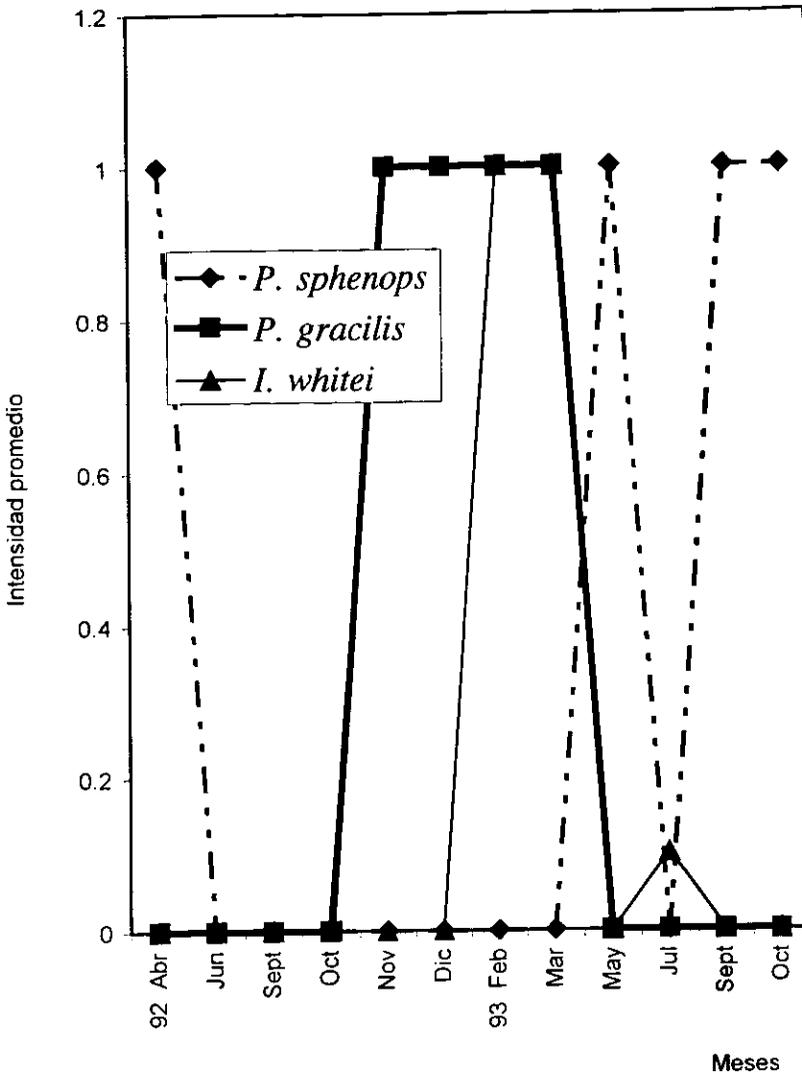
Gráfica 16. Intensidad promedio de *Capillaria cyprinodonticola* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



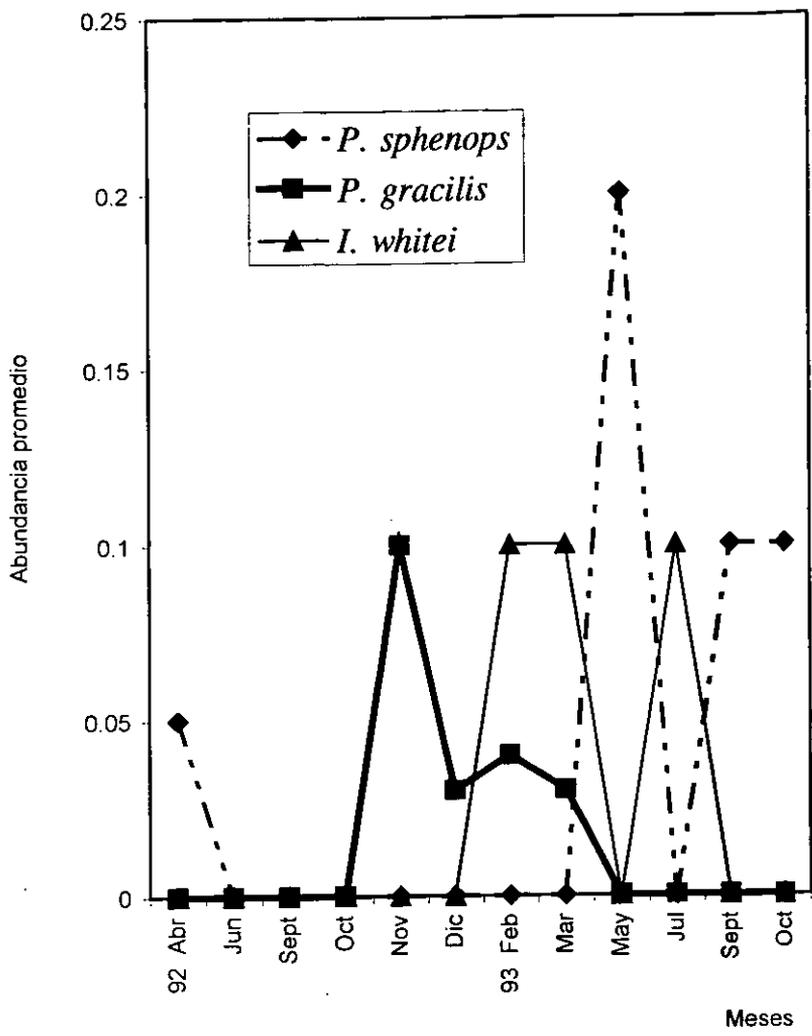
Gráfica 17. Abundancia promedio de *Capillaria cyprinodonticola* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



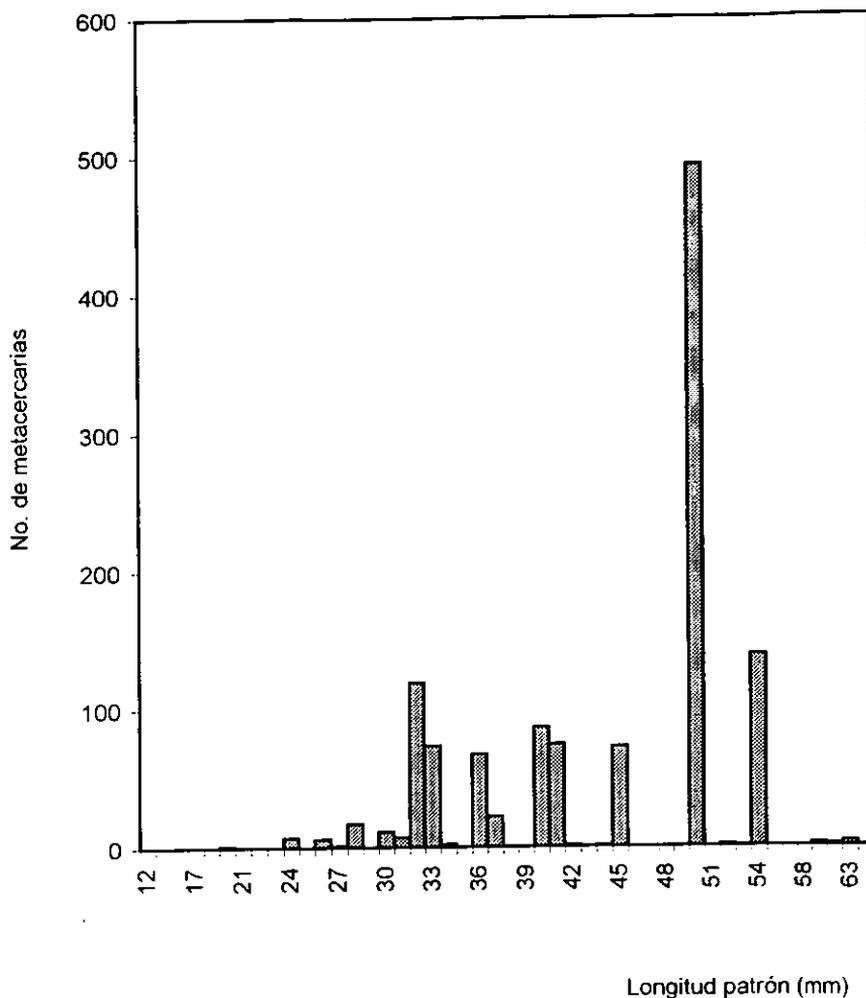
Gráfica 18. Prevalencia de *Eustrongylides* sp. en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



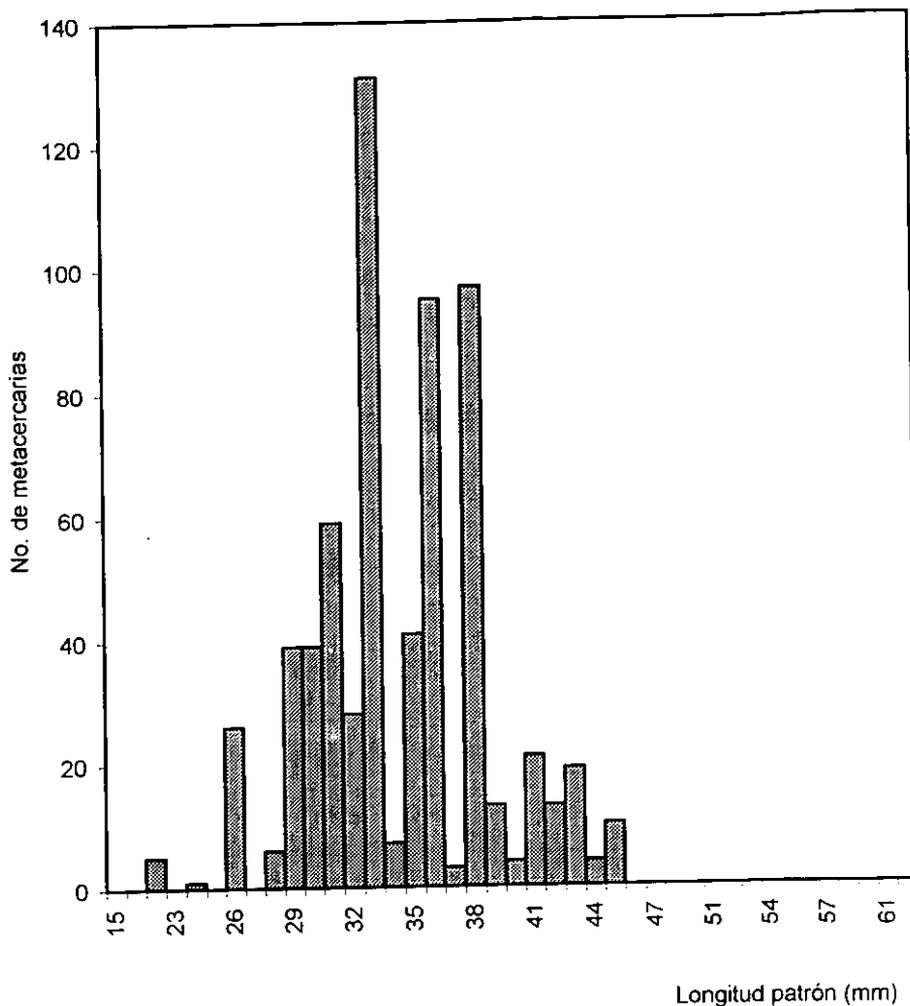
Gráfica 19. Intensidad promedio de *Eustrongylides* sp. en tres especies de peces: Río Nexapa, Puebla.



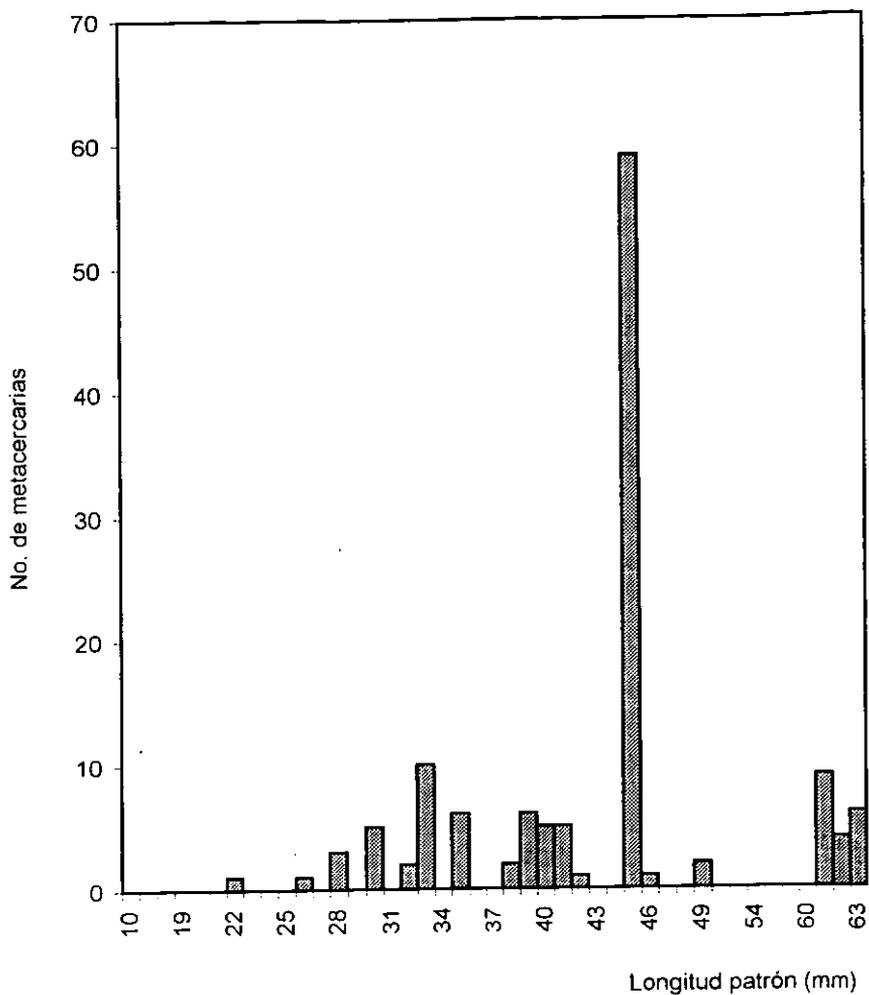
Gráfica 20. Abundancia promedio de *Eustrongylides* en tres especies de peces. Río Nexapa, Puebla.



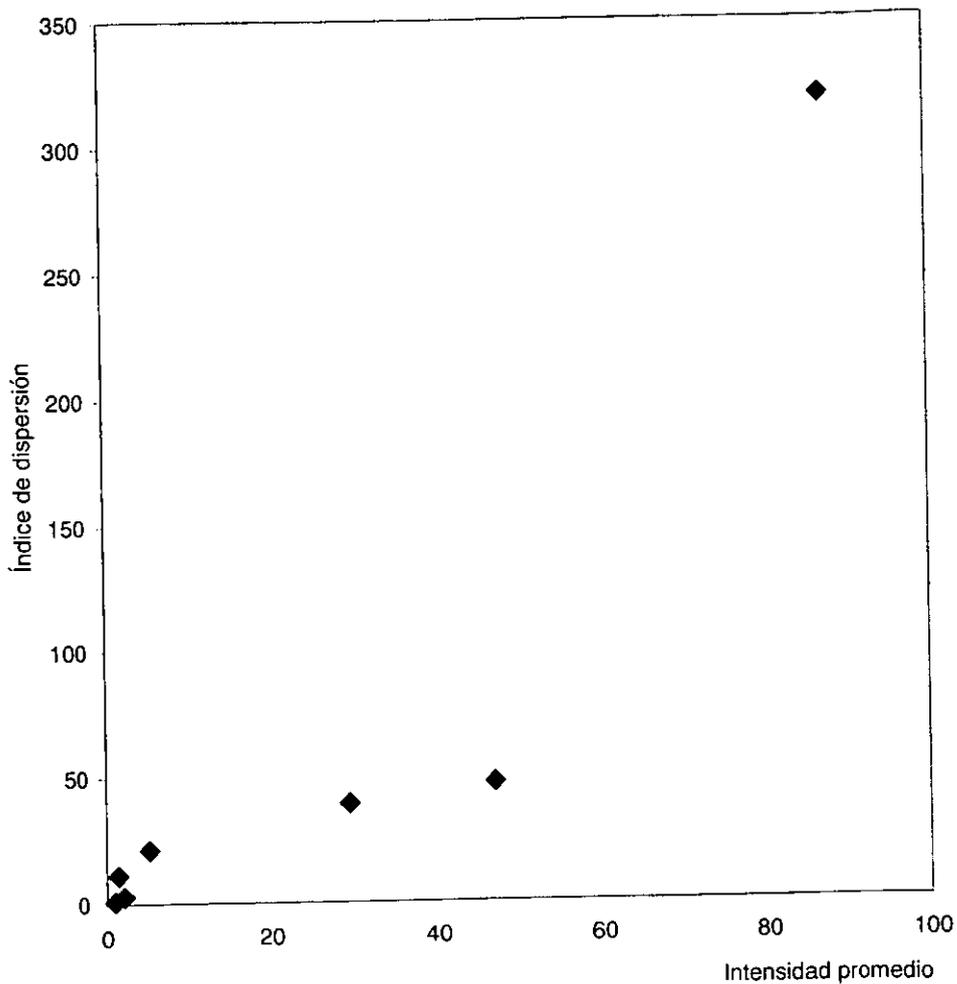
Gráfica 21. Distribución de *P. minimum* en longitudes de la muestra total anual de *P. sphenops*. Río Nexapa 1992-93.



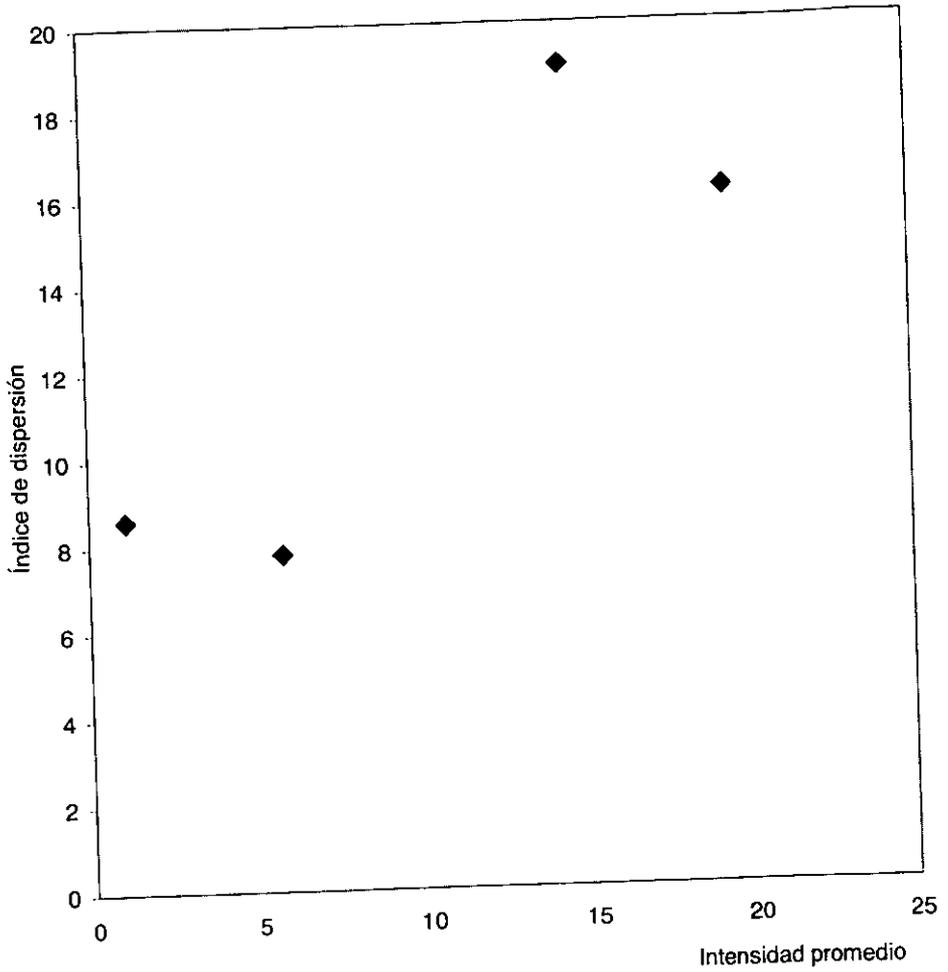
Gráfica 22. Distribución de *P. minimum* en longitudes de la muestra total anual de *P. gracilis*. Río Nexapa 1992-93.



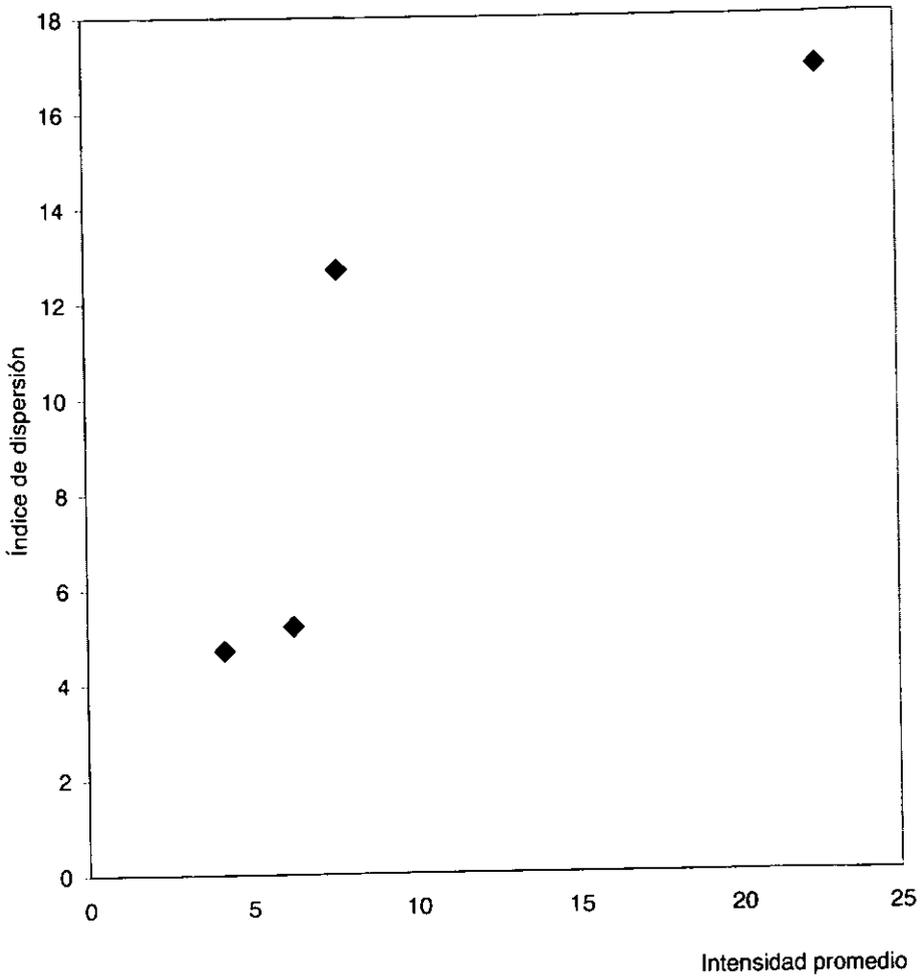
Gráfica 23. Distribución de *P. minimum* en longitudes de la muestra total anual de *I. whitei*. Río Nexapa 1992-93.



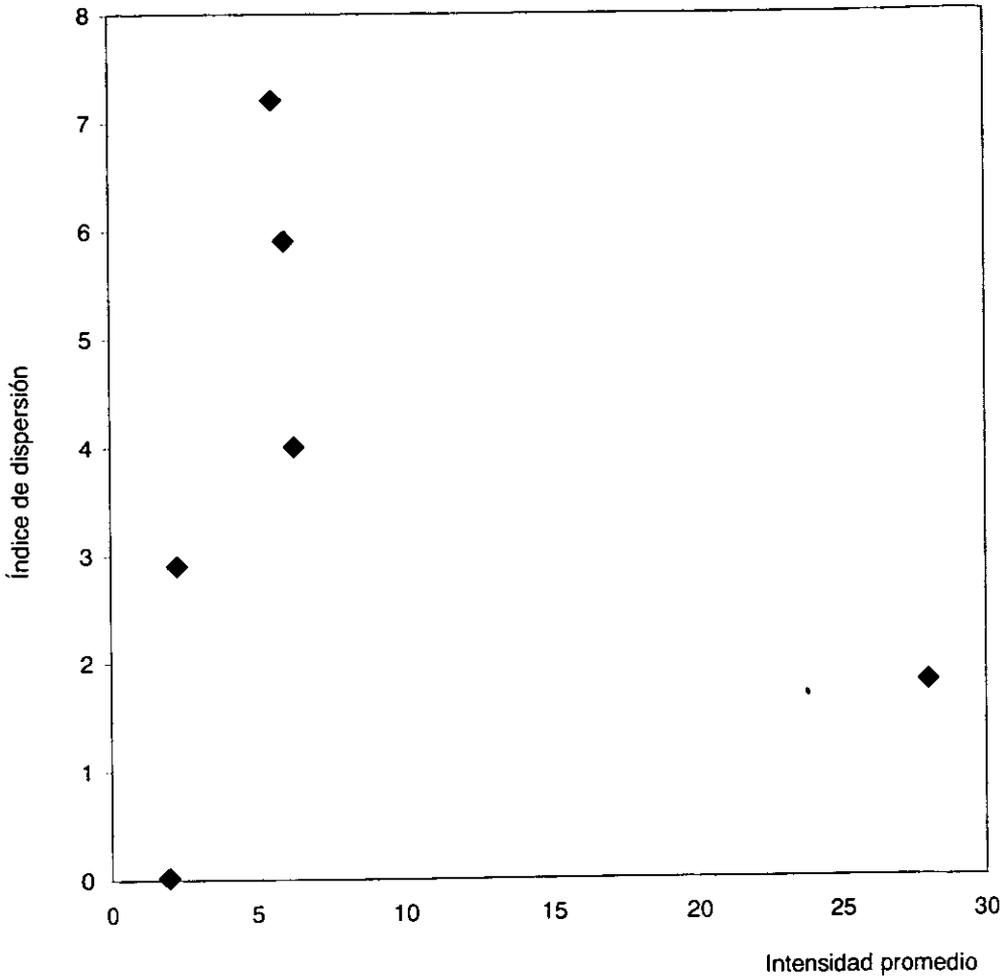
Gráfica 24. Relación entre intensidad promedio e índice de dispersión de *P. minimum* en *P. sphenops*. Río Nexapa 1992-93.



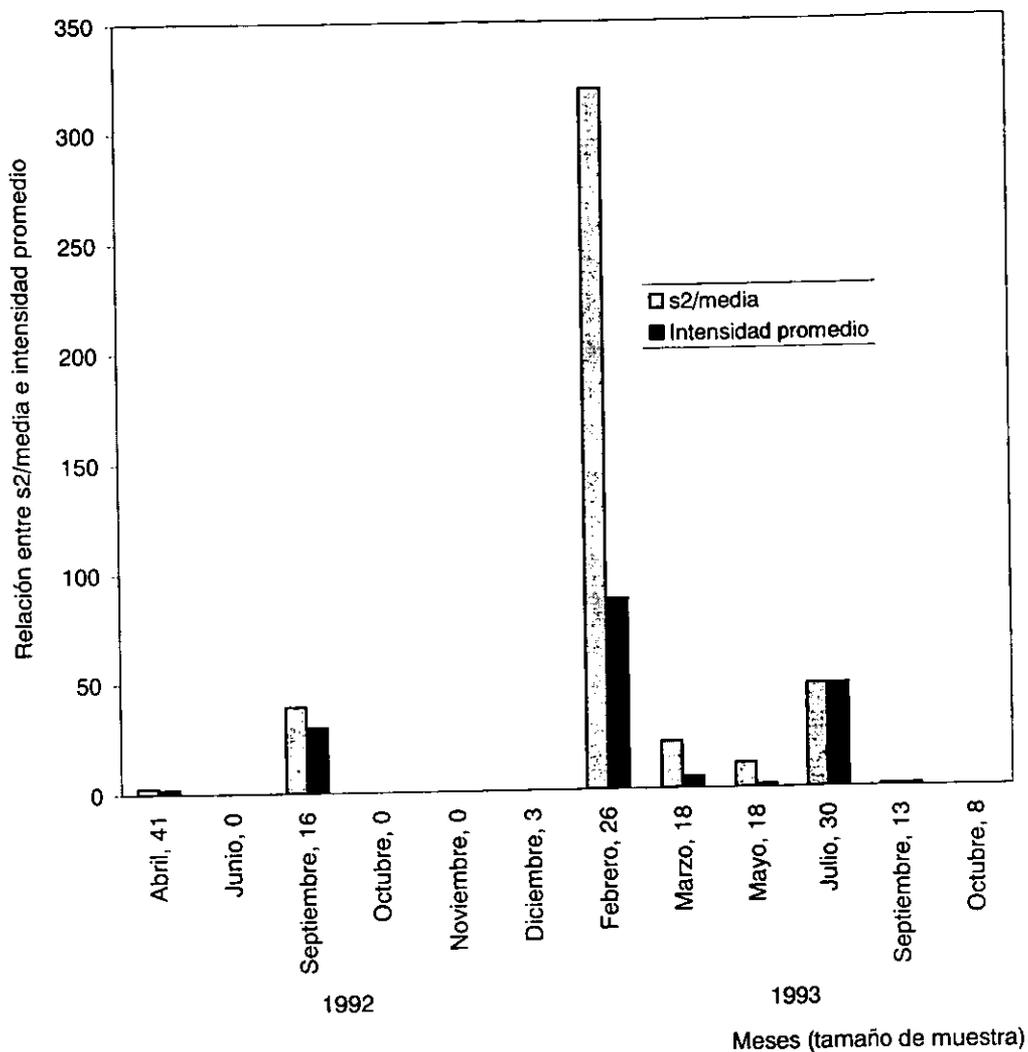
Gráfica 25. Relación entre intensidad promedio e índice de dispersión de *C. cyprinodonticola* en *P. sphenops*. Río Nexapa 1992-93.



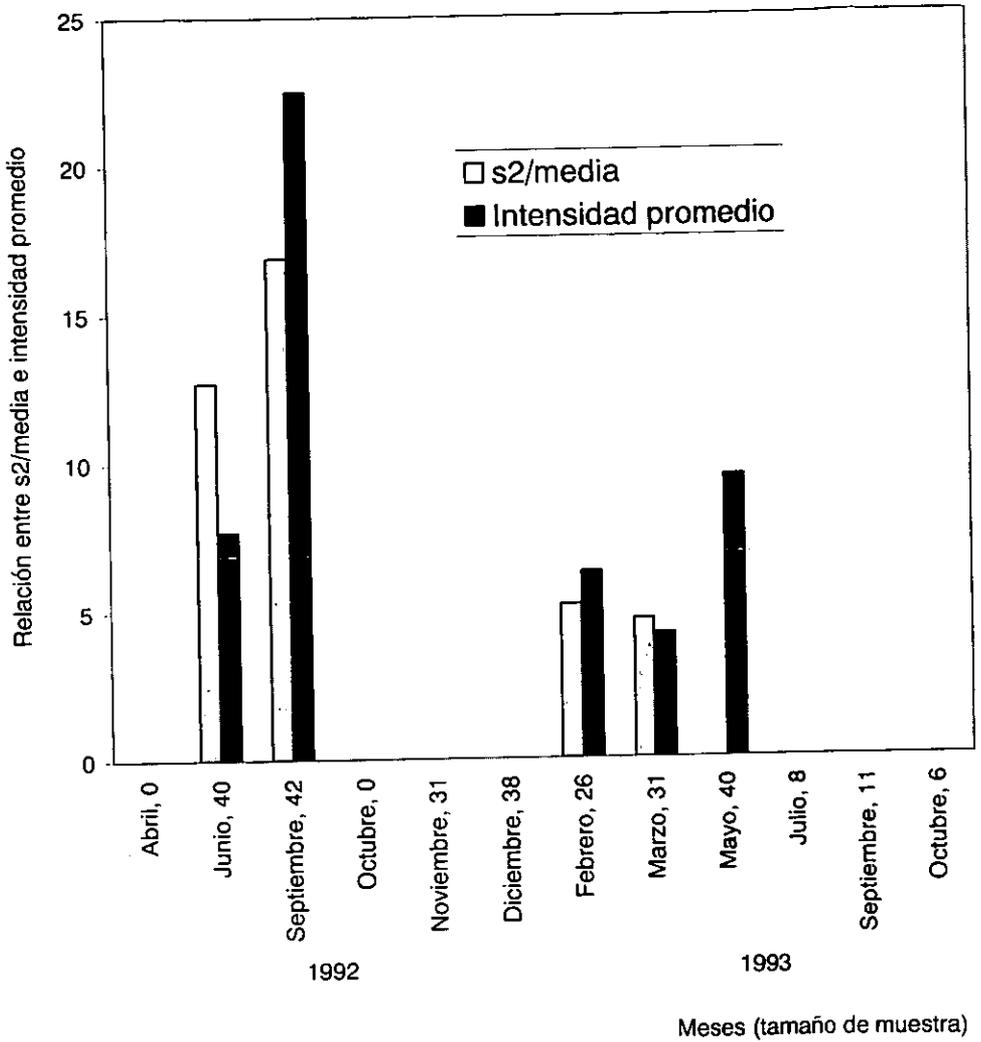
Gráfica 26. Relación entre intensidad promedio e índice de dispersión de *P. minimum* en *P. gracilis*. Río Nexapa 1992-93.



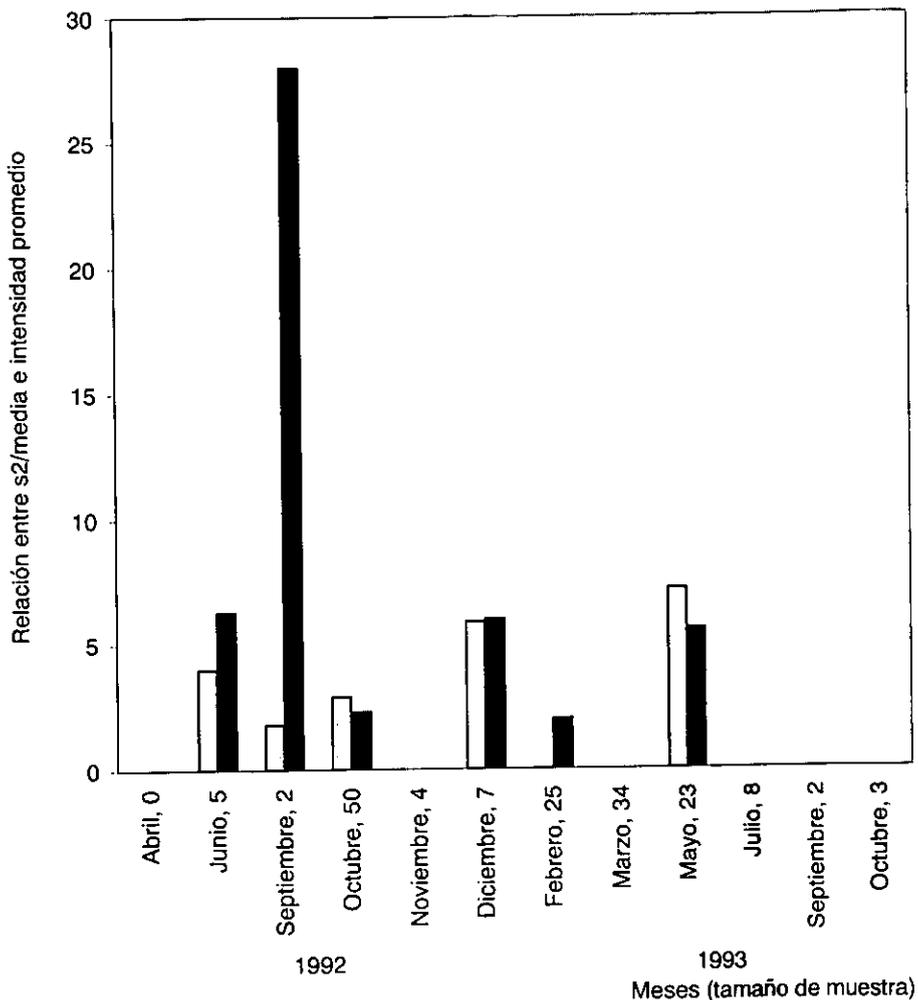
Gráfica 27. Relación entre intensidad promedio e índice de dispersión de *P. minimum* en *I. whitei*. Río Nexapa 1992-93.



Gráfica 28. Relación entre el índice de dispersión y la intensidad promedio (mensual) de *P. minimum* en *P. sphenops*. Río Nexapa, Puebla. 1992-1993.



Gráfica 29. Relación entre el índice de dispersión y la intensidad promedio (mensual) de *P. minimum* en *P. gracilis*. Río Nexapa, Puebla. 1992-1993.



Gráfica 30. Relación entre el índice de dispersión y la intensidad promedio (mensual) de *P. minimum* en *I. whitei*. Río Nexapa, Puebla. 1992-1993.