



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

MONOGÉNEOS PARÁSITOS DE PECES DE LA SUBFAMILIA  
GOODEINAE (PISCES: CYPRINODONTIFORMES) CON UN  
ANÁLISIS DE SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
(SISTEMÁTICA)**

P R E S E N T A

CARLOS ALONSO MENDOZA PALMERO

DIRECTOR DE TESIS: DR. GUILLERMO SALGADO MALDONADO

MÉXICO, D.F.

AGOSTO, 2007



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 Posgrado en Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca número 192899 otorgada durante el periodo 2004-2006.

Este proyecto fue parcialmente financiado por el proyecto PAPIIT IN 229807 a cargo del Dr. Guillermo Salgado Maldonado.

De igual manera, agradezco al Posgrado en Ciencias Biológicas por el apoyo económico otorgado para la impresión de la tesis.

A los miembros del Comité Tutoral de Maestría; Dr. Enrique Martínez Meyer, Dr. Edmundo Díaz Pardo y Dr. Guillermo Salgado Maldonado, así como a los miembros del Jurado; M. en C. Moisés Armando Luis Martínez y Dra. Ana Flisser Steinbruch.

## **EN GENERAL AGRADEZCO A:**

Todos aquellos que trabajaron conmigo en el Laboratorio de Helminología: Petrix, Guillermina, Lupita, Memo, Miriam, Rogelio, Andrés, Mirza, Jesús, Ana  
**MIL GRACIAS** por su tiempo, paciencia y esfuerzo en el campo.

A mis amigos de la Biblioteca del Instituto de Biología, Georgina, Andrés, Miguel, José, Sra. Alicia, por ese incansable trabajo que realizan para que esta biblioteca sea la mejor en la UNAM, **GRACIAS**.

A los chavos del Posgrado en Ciencias Biológicas, Lilia, Dolores, Alejandro, Ma. de Jesús, por su infinita paciencia, **GRACIAS**.

## **EN PARTICULAR AGRADEZCO A:**

Dr. Guillermo Salgado Maldonado por la dirección de este trabajo.

Al Dr. Enrique Martínez Meyer y al Dr. Edmundo Díaz Pardo por haber contribuido en gran medida en el desarrollo de este proyecto.

Al M. en C. Moisés Armando Luis Martínez por encaminarme en el largo y sinuoso camino de la Sistemática, MUCHAS GRACIAS!

A la Dra. Ana Flisser Steinbruch por sus críticas acerca de lo que debe ser un trabajo de tesis.

A la M. en C. Ana Lucía Sereno Uribe por su ayuda en la recolecta de peces y procesamiento del material utilizado en este trabajo.

Al Biólogo Andrés Martínez Aquino, uno de los principales responsables de que este proyecto se llevara a cabo, por permitirme el uso de datos valiosos y por hacerme parte sus innumerables proyectos.

Al Dr. Rogelio Aguilar Aguilar por sus comentarios y críticas a este trabajo, por siempre tratar de arreglar las ideas para que sean, en la medida de lo posible, rigurosas.

Al M. en C. Jesús Montoya Mendoza por se apoyo durante la realización de este trabajo y por hacernos parte su familia.

A la M. en C. Mirza Patricia Ortega Olivares por sufrir conmigo este trabajo, por aprender a fijar monogéneos, por caminar a mi lado durante estos años y darme lo más valioso de este mundo, su cariño y su tiempo.

Al Dr. Edgar Mendoza Franco por su tiempo e infinita paciencia, por su ayuda en la revisión del material helmintológico, por su ayuda en la construcción del manuscrito de *Gyrodactylus* y por los comentarios al trabajo.

Al Dr. Tomáš Scholz por la revisión y comentarios al manuscrito de *Gyrodactylus* y por darnos otra visión de lo que debe ser el trabajo científico.

Al M. en C. Pablo Gesundheit por proporcionarnos información muy valiosa acerca de los goodeinos.

A la Dra. Leticia Huidobro, M. en C. Héctor Espinosa y al Biólogo Edgar Ávila por su ayuda en la identificación de peces.

Al Dr. Norman Mercado Silva por el envío de literatura muy valiosa y por la revisión del trabajo de *Gyrodactylus*.

Al Señor Luís Sereno Coló por permitirnos el uso de su casa durante el trabajo de campo.

A mi hermana Claudia Elizabeth Mendoza Palmero por estar conmigo en las buenas y las malas, por escucharme y darme su apoyo en todo momento, gracias morrita!!!

A Rocío González Acosta por toda su ayuda en los trámites para que esto se terminara lo más pronto posible, gracias!!!

A todas aquellas personas que se siempre se atraviesan en nuestro camino, que casi nunca reciben ningún reconocimiento y que sin ellas nuestra búsqueda de la verdad no tendría sentido: **GRACIAS INFINITAS.**

## **DEDICATORIA**

*A mis padres Socorro Palmero Sanabría y Juan Manuel Mendoza Sánchez por siempre creer en mí y apoyarme en todas las decisiones que he tomado, aunque no siempre ha sido las correctas.*

*A aquellos que luchan contra todo y contra todos por alcanzar una meta.*

*A la fuerza creadora que hace que todo esto siga funcionando...*

## ÍNDICE

<b>RESUMEN</b> .....	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>2</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>3</b>
<b>OBJETIVOS</b> .....	<b>5</b>
<b>MATERIAL Y MÉTODOS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESULTADOS</b> .....	<b>10</b>
<b>Taxonomía de monogéneos parásitos de peces goodeinos de México</b>	<b>10</b>
<b>Inventario de monogéneos parásitos de peces goodeinos de México</b>	<b>40</b>
<b>Análisis de la distribución geográfica de <i>Salsuginus angularis</i> en peces goodeinos de México</b>	<b>47</b>
<b>DISCUSIÓN</b> .....	<b>55</b>
<b>LITERATURA</b> .....	<b>61</b>
<b>APÉNDICE 1</b> .....	<b>70</b>
<b>Trabajos científicos derivados de este estudio</b>	
<b>Two new species of <i>Gyrodactylus</i> von Nordmann, 1832 (Monogenoidea: Gyrodactylidae) parasitizing to <i>Girardinichthys multiradiatus</i> (Meek) (Cyprinodontiformes: Goodeidae), freshwater fish endemic from Central Mexico</b>	
Carlos A. Mendoza-Palmero, Guillermo Salgado-Maldonado and Ana L. Sereno-Uribe	
<b>Helminth parasite communities of <i>Characodon audax</i> and <i>C. lateralis</i> (Pisces: Goodeidae), endemic freshwater fishes from Durango, Mexico</b>	
Andrés Martínez-Aquino, Guillermo Salgado-Maldonado, Rogelio Aguilar-Aguilar, Guillermina Cabañas-Carranza and Carlos Mendoza-Palmero	



## RESUMEN

En este trabajo se abordó el estudio taxonómico y de distribución geográfica de los monogéneos parásitos de goodeinos de México. Se examinaron 13 especies de goodeinos de 11 géneros capturados en 17 localidades de los estados de Durango, Michoacán, Jalisco y Estado de México. Se recolectaron 428 monogéneos pertenecientes a las familias Gyrodactylidae y Dactylogyridae. Se identificaron cuatro especies de monogéneos del género *Gyrodactylus* y dos de *Salsuginus*. El análisis morfológico de estos ejemplares reveló que las cuatro especies de *Gyrodactylus* son nuevas para la ciencia. Adicionalmente identificamos a *Salsuginus angularis*, una especie de afinidad Neártica registrada previamente para *Fundulus diaphanus* (Fundulidae) en Estados Unidos de América y Canadá, se documentó su presencia por primera vez para peces goodeinos endémicos de México. Se elaboró un inventario de las especies de monogéneos parásitos de goodeinos, el cual reveló que estos monogéneos son poco frecuentes y que parasitan a un bajo porcentaje de hospederos. Estos datos permitieron establecer que los goodeinos albergan un número de especies de monogéneos girodactílicos comparable con otras familias de peces como los cíclidos (Cichlidae) que se han estudiado intensamente para helmintos parásitos. Por último, estudiamos la distribución geográfica de *Salsuginus angularis* por medio de un análisis de Areografía, con respecto a sus hospederos fundúlidos y goodeinos en Norteamérica. A partir de este análisis, se obtuvieron cuatro áreas de distribución para *S. angularis*; tres ubicadas en Estados Unidos de América y Canadá y una principal localizada en el centro de México. Se observó una clara separación entre estas áreas; sin embargo, es posible que la distribución geográfica de *S. angularis* forme un continuo entre Canadá, Estados Unidos y el centro de México. La historia evolutiva de monogéneos del género *Salsuginus* está estrechamente relacionada con la invasión del continente Americano por parte de sus hospederos Cyprinodontiformes, por tanto es posible que la presencia de *S. angularis* en peces goodeinos pudiera estar relacionada a este evento de invasión.

## ABSTRACT

This work was focused on the taxonomical study and geographical distribution of monogeneans parasites of goodeinae fish endemic from Mexico. Thirteen goodeinae species of 11 genera were examined; they were captured at 17 localities belonging to the states of Durango, Michoacán, Jalisco and Estado de México; 428 monogeneans belonging to Gyrodactylidae and Dactylogyridae families were collected. Four species of the genus *Gyrodactylus* and two of *Salsuginus* were identified. The morphological analysis of these specimens revealed that these four gyrodactylids are undescribed species. Additionally, we identified to *Salsuginus angularis*, a species from Nearctic affinity, previously recorded on *Fundulus diaphanus* (Fundulidae) from the United States of America and Canada; its presence was documented for the first time for goodeinae fish. A checklist of monogeneans species from goodeinae was elaborated, which revealed that these parasites have low prevalence and abundance. These data allowed establishing that goodeinae fish harbor a number of gyrodactylid species comparable to other fish families as cichlids (Cichlidae) that have been intensely studied for helminth parasites. Finally, we studied the geographical distribution of *Salsuginus angularis* by an Areographic analysis, with respect to their fundulid and goodeinae host, in North America. Four distribution areas were obtained for *S. angularis*; three located in United States of America and Canada and a one main located in central Mexico. A clear separation among these areas was observed; however, it is possible that the geographical distribution of *S. angularis* forms a continuous from Canada to central Mexico. The evolutionary history of monogeneans of the genus *Salsuginus* is closely related with the invasion of the American continent by their Cyprinodontiformes fish host therefore is possible that the presence of *S. angularis* in goodeinae fish could be related to this invasion event.

## INTRODUCCIÓN

México se localiza en una zona de transición entre dos regiones biogeográficas, la Neártica y Neotropical. Esta posición ha favorecido la mezcla de distintos componentes faunísticos con afinidades del norte y sur del continente Americano así como el establecimiento de elementos endémicos. Se ha propuesto que la diversificación de taxones terrestres y acuáticos está relacionada con la complejidad fisiográfica del territorio mexicano, producto de intensos procesos orogénicos tales como vulcanismo, levantamientos tectónicos, captura fluvial y desecación de cuerpos de agua, ocurridos desde la mitad del Terciario (hace aproximadamente 45 millones de años) hasta la actualidad. Estos eventos modificaron la configuración del centro de México, haciéndolo una zona geológicamente compleja, que comprende el Altiplano Mexicano limitado al sur por la Faja Volcánica Transmexicana, al este por la Sierra Madre Oriental y al oeste por la Sierra Madre Occidental (West, 1964 en Domínguez-Domínguez *et al.*, 2006b).

Dentro de los grupos biológicos cuya historia evolutiva ha sido influenciada por los procesos geológicos ocurridos en esta zona, se encuentran los peces dulceacuícolas de la subfamilia Goodeinae (Cyprinodontiformes: Goodeidae). Las hipótesis filogenéticas más recientes sugieren que las especies ancestrales de la familia Goodeidae fueron separadas por eventos geológicos relacionados con la formación del desierto de Sonora, separando a los goodeidos en dos subfamilias (hace aproximadamente 16.8 millones de años): Empetrichthyinae, con dos especies actuales de distribución restringida a la Gran Cuenca en el suroeste de los Estados Unidos de América, y Goodeinae integrada por 36 especies endémicas para el centro de México (Gesundheit y Macías-García, 2005; Webb *et al.*, 2004; Domínguez-Domínguez *et al.*, 2006b).

La historia geológica de esta zona pudo haber favorecido una alta diversificación en cuanto a número de especies de goodeinos y al tipo de ambientes en donde se encuentran. Los goodeinos habitan en ríos, arroyos, manantiales, lagos y cuerpos de agua artificiales como presas y la mayoría de las especies se encuentran confinadas a las cuencas de los ríos Lerma, Santiago, Pánuco, Ayuquila y San Pedro Mezquital. La distribución geográfica actual de los goodeinos muestra una coincidencia con la Faja Volcánica Transmexicana, por tanto es posible sugerir una relación histórica entre los goodeinos y esta zona. Este patrón de distribución ha hecho a los goodeinos objeto de

estudios biogeográficos y de conservación, esto último por la degradación progresiva de su hábitat debido a actividades humanas (Parenti, 1981; Domínguez-Domínguez, *et al.*, 2006a, 2006b; Gesundheit y Macías-García, 2005; Webb *et al.*, 2004; Espinosa-Pérez, *et al.*, 1998).

Otros trabajos se han enfocado al estudio de sus helmintos parásitos señalando la presencia de 41 especies para goodeinos (15 tremátodos, 12 nemátodos, 11 céstodos, dos monogéneos y un acantocéfalo), de las cuales cuatro son consideradas como específicas para estos peces, los tremátodos *Margotrema bravoae* Lamothe-Argumedo, 1970, *M. guillerminae* Pérez-Ponce de León, 2001, y los nemátodos *Rhabdochona lichtenfelsi* Sánchez-Álvarez, García-Prieto y Pérez-Ponce de León, 1998 y *R. ahuehuellensis* Mejía-Madrid y Pérez-Ponce de León, 2003 (Mejía-Madrid *et al.*, 2005; Salgado-Maldonado *et al.*, 2001). Sin embargo, el grupo de los monogéneos ha sido poco estudiado en estos peces.

Los monogéneos son platelmintos ectoparásitos de peces, aunque pueden parasitar anfibios, reptiles y algunos invertebrados: presentan un ciclo de vida directo, es decir no requieren de hospederos intermediarios para completar su reproducción y exhiben una especificidad hospedatoria mayor comparada con otros grupos de helmintos parásitos de vertebrados (Bychowsky, 1957; Euzet y Combes, 1998; Murith y Beverly-Burton, 1985; Cribb *et al.*, 2002; Bakke *et al.*, 2002; Harris *et al.*, 2004).

Los monogéneos parásitos de peces dulceacuícolas de México se han estudiado principalmente en el sureste del país en peces de las familias Cichlidae, Characidae, Poeciliidae, Eleotridae, Ictaluridae y Heptapteridae. (Kritsky *et al.*, 1994, Mendoza-Franco *et al.*, 1997, 1999; Kritsky *et al.*, 2000; Mendoza-Franco *et al.*, 2000; López-Jiménez, 2001; Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001; Vidal-Martínez *et al.*, 2001; Mendoza-Franco *et al.*, 2003b; Salgado-Maldonado *et al.*, 1997; Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2005; Salgado-Maldonado *et al.*, 2005).

En peces goodeinos del centro de México se ha documentado la presencia de monogéneos de los géneros *Salsuginus* Beverly-Burton, 1984; y *Gyrodactylus* von Nordmann, 1834 (Martínez-Aquino *et al.*, 2004, 2007a,; Sánchez-Nava *et al.*, 2004; Salgado-Maldonado, 2006). El género *Salsuginus* agrupa a 13 especies de monogéneos parásitos de peces del orden Cyprinodontiformes de Norte y Centroamérica, el Caribe y las Antillas (Murith y Beverly-Burton, 1985; Mendoza-Franco *et al.*, 2006), mientras que *Gyrodactylus* incluye a más de 400 especies que parasitan a 19 órdenes de peces con una distribución cosmopolita (Bakke *et al.*, 2002; Harris *et al.*, 2004). Sin embargo,

poco se conoce acerca de la composición taxonómica, amplitud hospedatoria y distribución geográfica de las especies de monogéneos que parasitan a peces goodeinos endémicos de México. Tomando en cuenta la historia evolutiva de estos peces y la estrecha relación parasitaria de los monogéneos hacia sus hospederos, es posible anticipar que los goodeinos alberguen una fauna particular de estos parásitos, por tanto este trabajo aborda el estudio taxonómico de monogéneos parásitos de goodeinos y su distribución geográfica.

## **OBJETIVOS**

- Realizar el estudio taxonómico y determinar la identidad específica de los monogéneos parásitos de algunas especies de goodeinos del centro de México.
- Analizar la distribución geográfica de la fauna de monogéneos que parasitan a algunas especies de goodeinos de México.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Recolección y procesamiento de helmintos

Entre enero de 2003 y septiembre de 2005 se recolectaron peces goodeinos en 17 localidades de los estados de Jalisco, Michoacán, Durango, Guanajuato y Estado de México en diversos cuerpos de agua continentales como ríos, lagos, arroyos, manantiales y presas, pertenecientes a las cuencas de los Ríos Ameca, Lerma y San Pedro Mezquital (Tabla 1). Los peces fueron capturados con chinchorro y trampas, se transportaron al laboratorio en contenedores de plástico y se mantuvieron vivos hasta su revisión helmintológica, que se llevó a cabo en las 8 horas siguientes a su captura. Se examinaron 13 especies de goodeinos pertenecientes a 11 géneros, los nombres de los hospederos fueron tomados de los trabajos de Parenti (1981), Webb *et al.* (2004) y Froese y Pauly (2007).

Los peces se sacrificaron e inmediatamente se colocaron en cajas de Petri con agua de la llave para realizar la revisión externa en busca de monogéneos, bajo microscopio estereoscópico. Se examinaron la piel y aletas, posteriormente se extrajeron los arcos branquiales y se separaron individualmente. Los monogéneos se encontraron en la base y parte media de las aletas y en los filamentos branquiales se localizaron en la región media y apical. Los parásitos recolectados se fijaron con dos técnicas propuestas para este grupo: se usó una mezcla de glicerina y ácido pícrico (1:1) para hacer preparaciones semipermanentes y estudiar estructuras esclerotizadas como macro y microganchos, barras, complejo copulador y escleritas. Después del análisis morfológico estos ejemplares se desmontaron, transfiriéndolos consecutivamente por cajas de Petri que contenían soluciones de xilol-acetona, alcohol al 96%, alcohol 70%, alcohol 96% para retirar el exceso de glicerina y ácido pícrico y por último se agregaron algunas gotas de bálsamo de Canadá (Ergens, 1969). Otros especímenes se fijaron con formol caliente al 4% (Vidal-Martínez *et al.*, 2001; Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001), posteriormente se lavaron en alcohol al 70% (5 minutos), se tiñeron con tricrómica de Gomori, en una solución madre diluída en alcohol al 96% (1:3) durante 5 minutos, se lavaron nuevamente en alcohol 70% para diferenciar estructuras (1 minuto), se transfirieron a alcohol 96% (2 minutos), se aclararon con aceite de clavo (2 minutos) y se montaron en bálsamo de Canadá.

## Taxonomía de monogéneos de goodeinos

La medición de las estructuras esclerotizadas y las dimensiones corporales para monogéneos de la familia Gyrodactylidae, se realizó con base en los métodos propuestos por Malmberg (1970), Mizelle y Kritsky (1967) y Christison *et al.* (2005) y para los monogéneos pertenecientes a la familia Dactylogyridae, se siguieron los métodos sugeridos por Kritsky *et al.* (1986) y Murith y Beverly-Burton (1985). Las medidas se realizaron por medio de un ocular calibrado, excepto por la longitud del órgano copulador masculino (a lo largo de la curvatura) en especies de Dactylogyridae, ésta se obtuvo por medio de imágenes digitales usando el programa Zeiss 3.0. Las medidas están expresadas en micrómetros, se presenta el valor promedio, entre paréntesis el intervalo es seguido por el número de especímenes medidos (n) (Kritsky *et al.*, 1986).

La identificación específica de estos monogéneos, se llevó a cabo por medio de la recopilación bibliográfica de las especies de monogéneos parásitos de peces del orden Cyprinodontiformes del continente Americano y posteriormente se comparó la morfología de nuestros ejemplares con respecto de estas especies. Con base en la especificidad hospedatoria de los monogéneos hacia sus hospederos y el hecho de que los goodeinos pertenecen a este orden de peces, se asumió que los monogéneos presentes en goodeinos podrían presentar similitudes morfológicas con otras especies de monogéneos parásitos de Cyprinodontiformes.

Se calcularon los parámetros de infección propuestos por Margolis *et al.* (1982): prevalencia (porcentaje de hospederos parasitados en la muestra por una especie de parásito), intensidad promedio (proporción de parásitos de una especie por hospedero), abundancia (proporción de monogéneos en toda la muestra de hospederos) e intervalo (número mínimo y máximo de parásitos recolectados).

## Análisis de la distribución geográfica de monogéneos

Las especies de *Salsuginus* presentan una asociación parasitaria con peces ciprinodontiformes del continente Americano, y dado que se documentó la presencia de



monogéneos de este género en goodeinos, se analizó la distribución de estos parásitos con respecto a la de sus hospederos en Norteamérica por medio de un análisis de Areografía, que se define como el estudio de la forma, tamaño y distribución espacial de las áreas donde habitan las especies y otros taxones de jerarquía menor (subespecies) o mayor (i.e. géneros, familias), así como la ubicación de las barreras o corredores que influyen en su distribución (Rapoport, 1975; Espinosa-Organista y Llorente-Bousquets, 1993; Rapoport y Monjeau, 2003). Se recolectaron ejemplares de *Salsuginus angularis* de 12 especies de goodeinos en 12 localidades en la parte central de México (Tabla 2); adicionalmente recabamos datos bibliográficos de la presencia de esta especie en los Estados Unidos de América y Canadá, así como de las especies reconocidas dentro de *Salsuginus*.

Con base en los puntos de recolecta se elaboraron mapas de distribución con el programa ArcView GIS 3.2 (ESRI, 2000). Para delimitar el área de distribución de *S. angularis*, se compactaron las áreas individuales de la especie por medio del Método de Propinuidad Media (MPM). Este consistió en unir cada punto individual de recolecta con el punto más cercano por medio de una línea recta o trazo, obteniendo así el árbol de tendido mínimo. Cada trazo fue medido y se calculó el doble de la desviación estándar para todos los trazos. Posteriormente, se trazó una circunferencia cuyo centro representa cada localidad de recolecta de la especie, el radio de la circunferencia es igual al doble de la desviación estándar calculada para el árbol de tendido mínimo.

Cada circunferencia representa la unidad elemental del área de distribución de *S. angularis*, es decir el espacio geográfico a partir del punto de recolecta que la especie es capaz de ocupar. El área obtenida se sobrepuso en mapas cartográficos digitales del continente Americano incluidos en el programa ArcView GIS 3.2, y mapas digitales de hidrología de México (escala 1:4,000,000) obtenidos de la Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. La utilidad de la Areografía radica en maximizar la información de presencia de la especie y predecir el área en donde no se ha recolectado la especie. Para organismos de vida libre, la delimitación del área de distribución de una especie considera su presencia en una o varias regiones geográficas, sin embargo en organismos simbiotes como los parásitos, la delimitación de su área de distribución debe tomar en cuenta la distribución geográfica de sus hospederos.

Tabla 1. Especies de peces goodeinos examinadas, número de hospederos examinados en cada localidad de muestreo y abreviaturas con las que refiere cada localidad en este trabajo.

Especie	N	Localidad	Abreviaturas	Georreferencia
<i>Allotoca dugesi</i>	22	Manantial Chapultepec, Michoacán	Mcha	19° 34' 20" N; 101° 31' 18.7" W
<i>Ameca splendens</i>	35	Balneario "El Rincón" Teuchitlán, Jalisco	Teuc	20° 41' 32" N; 103° 50' 41" W
<i>Chapalichthys encaustus</i>	55	Lago de Chapala, Jalisco	Lcha	20° 14' 95" N; 103° 10' 19" W
<i>Characodon audax</i>	30	Manantial El Toboso, Durango	Tobo	24° 16' 30.7" N; 104° 34' 52.8" W
<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	258	Lago de Chicahuapán, Estado de México	Chic	19° 11' 20"N; 99° 29' 30" W
<i>Goodea atripinnis</i>	13	Manantial Chapultepec, Michoacán	Mcha	19° 34' 20" N; 101° 31' 18.7" W
	32	Río La Laja (Rincón de los Remedios), Guanajuato	Rinc	20° 47' 20" N; 100° 48' 25" W
	10	Río La Laja (Atotonilco), Guanajuato	Atot	21° 00' 7.8" N; 100° 47' 58.1" W
	24	Río La Laja, Guanajuato	Laja	21° 12' 26" N; 100° 55' 20" W
	5	Manantial La Mintzita, Michoacán	Mint	19° 38' 40" N; 101° 16' 28" W
	29	Presa Trinidad Fabela, Estado de México	Fabe	19° 48' N; 99° 46' W
	7	Río Las Zúñigas, Querétaro	Zuñi	20° 16' N; 100° 48' 45" W
<i>Ilyodon furcidens</i>	3	Río Puente La Rosa, Jalisco	Rosa	19° 27' 46" N; 104° 19' 8" W
<i>Skiffia multipunctata</i>	8	Río Duero, Michoacán	Duer	19° 53' 3.6" N; 102° 08' 53.1" W
<i>Skiffia lermae</i>	19	Manantial Chapultepec, Michoacán	Mcha	19° 34' 20" N; 101° 31' 18.7" W
	6	Manantial La Mintzita, Michoacán	Mint	19° 38' 40" N; 101° 16' 28" W
<i>Xenotaenia resolanae</i>	36	Arroyo El Durazno, Jalisco	Durz	19° 30' 33" N; 104° 17' 39.9" W
<i>Xenotoca melanosoma</i>	38	Manantial La Noria, Jalisco	Nori	20° 35' 45" N; 103° 46' 54" W
	5	Manantial Ramón Simón, Jalisco	Rsim	20° 35' 44" N; 103° 46' 33" W
<i>Xenotoca variata</i>	144	Río La Laja (Presa Ignacio Allende), Guanajuato	Igna	20° 55' N; 100° 50' W
	40	Manantial La Mintzita, Michoacán	Mint	19° 38' 40" N; 101° 16' 28" W
	27	Río La Laja (Cieneguita), Guanajuato	Cien	20° 57' 08.7" N; 100° 47' 42.7" W
	8	Río Los Galvanes, Guanajuato	Galv	21° 03' N; 100° 48' 45" W
<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	20	Manantial Chapultepec, Michoacán	Mcha	19° 34' 20" N; 101° 31' 18.7" W
	45	Manantial La Mintzita, Michoacán	Mint	19° 38' 40" N; 101° 16' 28" W

N = Peces examinados

## RESULTADOS

### Taxonomía de monogéneos parásitos de peces goodeinos de México

Se recolectaron un total de 428 ejemplares de monogéneos que corresponden a cuatro especies del género *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Gyrodactylidae) y dos del género *Salsuginus* Beverly-Burton, 1984 (Dactylogyridae) (Tabla 2). El estudio taxonómico de estos helmintos reveló que las especies de *Gyrodactylus* representan taxones no descritos con características morfológicas particulares entre las especies del género que parasitan a peces ciprinodontiformes de América, como macroganchos alargados con raíces superficiales bien desarrolladas, microganchos alargados con un ligamento proximal, así como la disposición de éstos en el haptor y procesos laterales en la barra ventral poco desarrollados.

Los resultados de este trabajo muestran que los goodeinos albergan un componente faunístico particular de monogéneos girodactílidos, con una morfología altamente diferencial con respecto a otras especies registradas para México y el resto del continente Americano. Adicionalmente identificamos a *Salsuginus angularis* (Mueller, 1934) Beverly-Burton, 1984, una especie de afinidad Neártica previamente registrada para *Fundulus diaphanus* (Cyprinodontiformes: Fundulidae) en Estados Unidos y Canadá (Mueller, 1934; Beverly-Burton, 1984; Murith y Beverly-Burton, 1985). Con el hallazgo de este parásito en peces de México, se amplía su distribución geográfica y se establece un patrón de distribución discontinuo entre Canadá, Estados Unidos y el centro de México. Otros monogéneos encontrados en los goodeinos *Characodon audax*, *Ilyodon furcidens*, *Xenotoca variata*, *Goodea atripinnis*, *Ameca splendens*, *Skiffia multipunctata* (Tabla 2) fueron designados como *Salsuginus* cf. *angularis* porque presentan morfológicas con los especímenes identificados como *S. angularis* sin embargo no fue posible ubicarlos dentro de esta especie porque el estado de conservación y cantidad de material helmintológico no fue suficiente, si se realizaran recolectas adicionales de este material se podría corroborar esta identificación.

Tabla 2. Especies de monogéneos de *Gyrodactylus* y *Salsuginus* parásitos de goodeinos de México.

Especie	Hospedero	Localidad	Fecha de colecta		
<b>Gyrodactylidae</b>					
<i>Gyrodactylus</i> sp. 1	<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	Chic	enero a octubre 2005		
	<i>Skiffia lermae</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>Allotoca dugesi</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>Xenotoca variata</i>	Igna	octubre 2002		
	<i>Goodea atripinnis</i>	Mcha	agosto 2005		
		Atot	enero 2003		
		Rinc	junio 2003		
<i>Gyrodactylus</i> sp. 2		Laja	enero 2003		
	<i>G. multiradiatus</i>	Chic	enero a octubre 2005		
	<i>A. dugesi</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>Goodea atripinnis</i>	Zuñi	octubre 1997		
<i>Gyrodactylus</i> sp. 3	<i>G. multiradiatus</i>	Chic	enero a octubre 2005		
	<i>Z. quitzeoensis</i>	Mint	agosto 2005		
	<i>Skiffia lermae</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>A. dugesi</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>X. melanosoma</i>	Nori	septiembre 2005		
		Rsim	septiembre 2005		
		Fabe	enero 1997		
<i>Gyrodactylus</i> sp. 4	<i>G. atripinnis</i>				
	<i>Z. quitzeoensis</i>	Mcha	agosto 2005		
	<i>S. lermae</i>	Mcha	agosto 2005		
<b>Dactylogyridae</b>					
<i>Salsuginus angularis</i> (Mueller, 1934)	<i>Xenotoca melanosoma</i>	Nori	septiembre 2005		
		Rsim	septiembre 2005		
Beverly-Burton, 1984	<i>X. variata</i> <i>S. lermae</i> <i>Z. quitzeoensis</i>  <i>Allotoca dugesi</i> <i>Xenotaenia resolanae</i> <i>Chapalichthys encaustus</i>	Mint	agosto 2005		
		Mint	agosto 2005		
		Mint	agosto 2005		
		Mcha	agosto 2005		
		Mcha	agosto 2005		
		Durz	julio 2003		
		Lcha	marzo 2003		
		<i>Salsuginus</i> cf. <i>angularis</i>	<i>Characodon audax</i> <i>Ilyodon furcidens</i> <i>Xenotoca variata</i>	Tobo	noviembre 2003
				Rosa	julio 2003
				Cien	enero 2003
	<i>Goodea atripinnis</i> <i>Ameca splendens</i> <i>S. multipunctata</i>	Galv	octubre 1997		
		Mint	agosto 2003		
		Teuc	agosto 2003		
		Duer	enero 2004		

A continuación se presenta una diagnosis de los géneros de monogéneos, la descripción morfológica de cada especie de parásito, los registros de hospedero, localidad y fecha de recolecta de los monogéneos y el tratamiento taxonómico de los mismos.

### **Familia Gyrodactylidae Van Beneden y Hesse, 1863**

#### **Género *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832**

**Diagnosis** (según Mizelle y Kritsky, 1967).

Monogéneos de cuerpo alargado, dividido en región cefálica o anterior, tronco, pedúnculo y haptor. La región cefálica tiene dos lóbulos cefálicos que contienen una o más espículas. Los lóbulos cefálicos poseen un conjunto de órganos cefálicos que desembocan al exterior en la región anterior de los lóbulos cefálicos. No presentan manchas oculares. La faringe está compuesta por dos bulbos semiesféricos, uno anterior y otro posterior. El esófago es corto, se continúa en dos ciegos intestinales sin divertículo que terminan en la región posterior del tronco y pueden invadir la región del pedúnculo.

El testículo está sobre la línea media del cuerpo, posterior al útero e intercecal. El órgano copulador está situado sobre el eje principal del cuerpo, se sitúa a nivel de la faringe, está armado con una espina central y algunas espineletas periféricas. El poro genital es ventral, submedio o posfaríngeo. El ovario generalmente está sobre la línea media del cuerpo en posición postesticular. El útero es central, generalmente contiene una o varias generaciones de embriones en su interior.

Las glándulas vitelógenas se componen de masas individuales y se sitúan a nivel o posterior de la terminación cecal. No tienen vagina. El haptor está orientado ventralmente con un par de macroganchos conectados en sus bases por una barra profunda y presenta una barra superficial que no se conecta con las bases de los macroganchos. Presentan 16 microganchos generalmente dispuestos en los márgenes del haptor de igual forma y tamaño. Son parásitos de la superficie externa y branquias de peces dulceacuícolas y marinos.

#### ***Gyrodactylus* sp. 1**

**Descripción** (Figuras 1–5). Basada en 73 monogéneos (40 ejemplares fijados en GAP y 33 teñidos con tricrómica de Gomori) recolectados de *Girardinichthys multiradiatus* del Lago de Chicahuapan, Estado de México.

Cuerpo alargado, 336 (239–425; n = 18) largo por 57 (40–68; n = 13) de ancho, anchura máxima a nivel del útero, el cual contiene un embrión. Lóbulos cefálicos poco desarrollados, cada uno presenta un órgano sensorial. Las glándulas cefálicas están distribuidas anterior, lateral y posterior a la faringe. Faringe con dos bulbos semiesféricos, bulbo anterior, 16 (13–19; n = 18) ancho, bulbo posterior, 20 (17–23; n = 18) ancho; la faringe muestra algunas pústulas alrededor del bulbo posterior. Dos grupos de glándulas esofágicas localizadas lateralmente al esófago. El esófago es moderadamente largo. Los ciegos intestinales no son confluentes; éstos llegan hasta la región posterior de las gónadas. No se observaron el testículo y la región proximal del vaso deferente. La vesícula seminal desemboca en el órgano copulador, la vesícula está doblada anterodorsalmente. Dos glándulas prostáticas bilaterales localizadas a cada lado de la vesícula seminal, ambas desembocan en el órgano copulador. Órgano copulador, 12 (10–15; n = 23) ancho, está armado con una espina central y dos espineletas periféricas con base irregular. Ovario, 21 (13–28; n = 26) largo por 23 (16–30; n = 26) de ancho. El útero puede contener en su interior una o dos generaciones de embriones. Masas glandulares localizadas en la región posterior del tronco. El haptor es subrectangular, 81 (64–100; n = 22) largo por 45 (25–65; n = 12) de ancho. Macrogancho, 62 (60–66; n = 34) largo, mango curvado, punta recta; raíz superficial, 29 (26–32; n = 34) largo, bien desarrollada, doblada posteriormente con un surco longitudinal. Barra superficial, 31 (28–33; n = 29) largo por 33 (31–35; n = 27) de ancho, posee dos proyecciones anterolaterales poco desarrolladas y un proceso medio delicado; el escudo es piramidal, 22 (20–23; n = 27) largo, con dos estrías evidentes en su parte media, el escudo se extiende hacia el final del macrogancho. Barra profunda, 28 (25–32; n = 23) largo, es recta con terminaciones adelgazadas, que se insertan en la base del macrogancho. Microganchos, 55 (54–60; n = 20) largo total, son alargados con el mango recto, punta recurvada, pulgar deprimido, talón convexo, el pie del microgancho es delgado y discontinuo, en su región proximal tienen un ligamento; gancho, 5 (5–6; n = 25) largo por 4 (4–5; n = 25) de ancho en la base; los microganchos están orientados posteriormente, en forma de brocha. El domus comprende 1/5 de la longitud total del microgancho.

**Sitio de Infección:** aletas y piel.

**Hospederos y localidades:** ver Tabla 2.

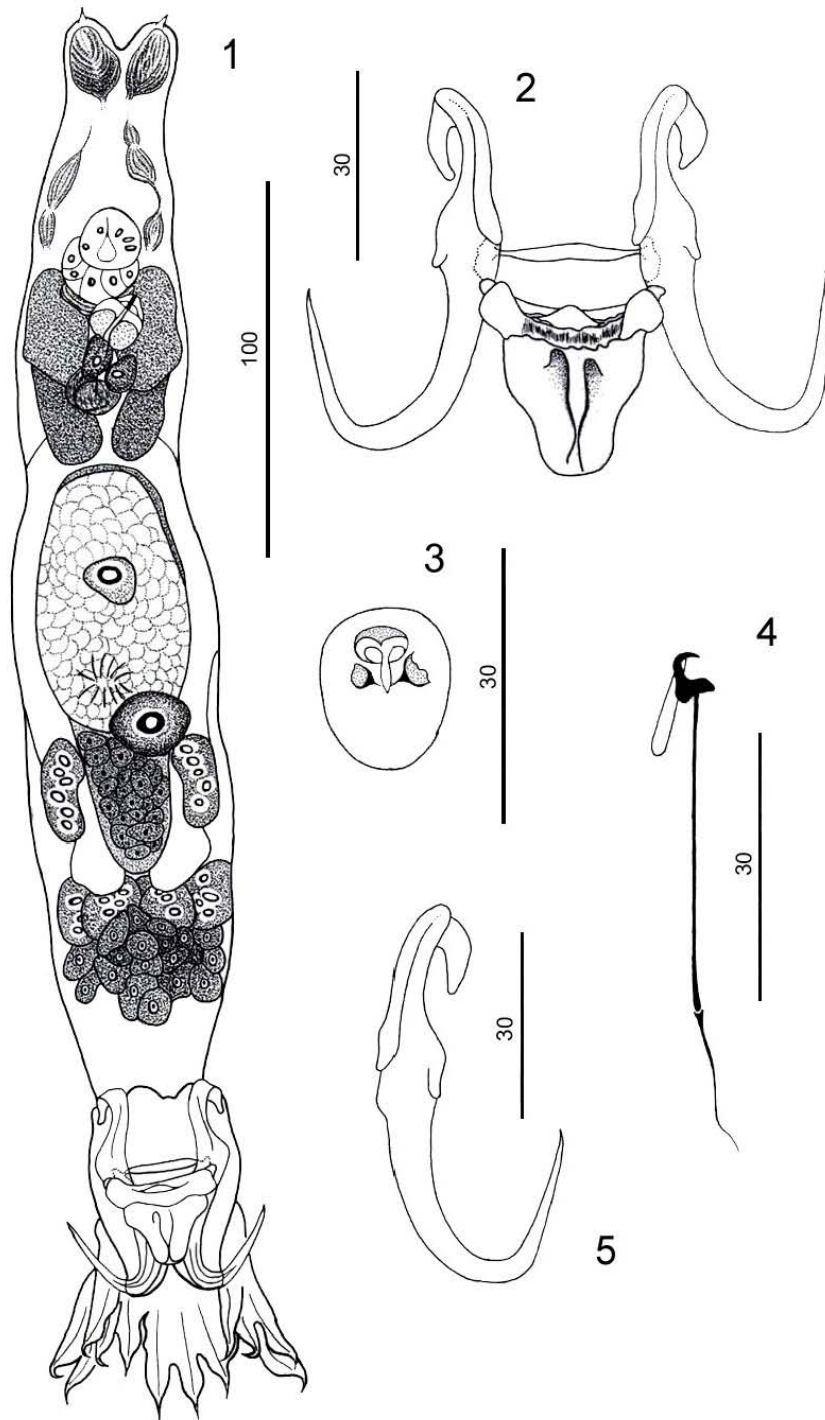


Figura 1–5. *Gyrodactylus* sp. 1 de *Girardinichthys multiradiatus*. 1. Especimen completo en posición ventral. 2. Complejo Macroganchos–barras. 3. Órgano copulador. 4. Microgancho. 5. Macrogancho. Escalas: figura 1, 100 µm; figuras 2–5, 30 µm.

**Comparaciones:** Los monogéneos recolectados de goodeinos fueron asignados dentro del género *Gyrodactylus* con base en la presencia de un haptor (órgano de fijación) con un par de macroganchos orientados ventralmente, una par de barras, superficial y profunda; ésta última con las terminaciones unidas a la base de los macroganchos y 16 microganchos dispuestos en los márgenes del haptor (Mizelle y Kritsky, 1967); útero central alojando algunas generaciones de embriones (vivíparos), dos lóbulos cefálicos bien desarrollados, cada uno con un órgano sensorial terminal, faringe compuesta por dos bulbos subesféricos y un par de ciegos intestinales terminando ciegos en la región posterior del tronco.

Comparamos los girodactílicos recolectados de goodeinos, particularmente con especies que parasitan a peces la familia Fundulidae, ya que las hipótesis filogenéticas más recientes del orden Cyprinodontiformes proponen una estrecha relación entre Fundulidae, Goodeidae y Profundulidae (Costa, 1998). Hasta la fecha, no existe información acerca de los helmintos que parasitan a las especies de Profundulidae, por esta razón comparamos nuestros ejemplares con girodactílicos parásitos de Fundulidae.

Existen cinco especies de *Gyrodactylus* que parasitan a especies de *Fundulus* en Norteamérica: *G. stegurus* Mueller, 1937 y *G. avalonia* Hanek y Threlfall, 1969, parásitos de *Fundulus diaphanus*; *G. stephanus* Mueller, 1937 parásito de *F. heteroclitus*; *G. funduli* Hargis, 1955 parásito de *F. similis* y *G. bulbacanthus* Mayes, 1977 parásito de *F. kansase*. Los ejemplares identificados como *Gyrodactylus* sp. 1, pueden diferenciarse de estas especies con base en la forma y tamaño de las macroganchos, barras y microganchos (ver Apéndice 1, página 84). Una de las características más distintivas de *Gyrodactylus* sp. 1 es la forma y estructura de los microganchos, estos son muy alargados y presentan un ligamento en su región proximal, mientras que en el resto de las especies parásitas de *Fundulus* los microganchos son cortos y carecen de este ligamento.

Encontramos similitudes morfológicas en las estructuras esclerotizadas del haptor, entre *Gyrodactylus* sp. 1 y cuatro especies que parasitan a anfibios y peces marinos de Norteamérica (Tabla 3.), específicamente con *G. aurorae* Mizelle, Kritsky y McDougal, 1969 parásito de *Rana aurora*; *G. ensatus* Mizelle, Kritsky y Bury, 1968 parásito de la salamandra *Dicamptodon ensatus*; y con especies parásitas de peces, *G. alexanderi* Mizelle y Kritsky, 1967 de *Gasterosteus aculeatus* (Gasterosteiformes) y *G. mirabilis* Mizelle y Kritsky, 1967 de *Cottus asper* (Scorpaeniformes). Estas especies muestran un estructura



similar de sus microganchos, alargados con un ligamento proximal, sin embargo la morfometría de los macroganchos y barras es diferencial con respecto a *Gyrodactylus* sp. 1. La morfología del armamento haptoral de *Gyrodactylus* sp. 1 muestra más similitudes morfológicas con especies del norte que con otras especies del continente Americano.

### ***Gyrodactylus* sp. 2**

**Descripción** (Figuras 6–11). Basada en 35 monogéneos (18 ejemplares fijados en GAP y 17 teñidos con tricrómica de Gomori) recolectados de *Girardinichthys multiradiatus* del Lago de Chicahuapan, Estado de México.

Cuerpo alargado, 260 (182–335; n = 17) largo por 53 (35–83; n = 14) de ancho, anchura máxima cerca de la región media del cuerpo. Lóbulos cefálicos bien desarrollados, cada uno con un órgano sensorial. Las glándulas cefálicas están distribuidas anterior, lateral y posterior a la faringe. Dos grupos de glándulas esofágicas en los costados de la faringe, ésta última está compuesta por dos bulbos subsféricos; bulbo anterior, 15 (13–19; n = 12) ancho; bulbo posterior, 20 (16–25; n = 11) ancho, con proyecciones digitiformes en la abertura bucal y algunas pústulas alrededor del bulbo posterior. Posee dos grupos grandes de folículos a cada lado del esófago. El esófago es moderadamente largo, los ciegos intestinales no confluyen posteriormente. No se observaron el testículo y la porción proximal del vaso deferente. La vesícula seminal es ovoide y desemboca en el órgano copulador. Dos glándulas prostáticas anteriores a la vesícula seminal que desembocan en el órgano copulador. Órgano copulador, 8 (7–10; n = 10) ancho, está armado con una espina central y cuatro espineletas periféricas. Ovario, 15 (7–23; n = 7) largo por 19 (14–25; n = 7) de ancho. El útero puede estar vacío o presentar hasta dos generaciones de embriones. Masas sinciciales localizadas en la región posterior del tronco. El haptor es subcircular, 76 (57–95; n = 11) largo por 81 (50–100; n = 9) de ancho. Macrogancho, 65 (61–70; n = 15) largo, la curvatura es alargada y la punta es recta; presenta una pequeña indentación en la unión de la curvatura y la punta. Raíz superficial, 31 (29–36; n = 13) largo, presenta una esclerita distal. Barra superficial, 26 (21–32; n = 15) largo por 24 (20–30; n = 12) de ancho, tiene dos pequeñas proyecciones anterolaterales; escudo, 18 (14–23; n = 12) largo, en forma de lengua con estriaciones finas y se extiende hasta la mitad de la curvatura del macrogancho. Barra profunda, 25 (18–35; n = 20) largo, es relativamente robusta con terminaciones delgadas las cuales se insertan en la base del macrogancho. Microganchos,

29 (26–32; n = 17) largo total, son cortos y robustos, la curvatura es alargada y perpendicular, la punta es recurveada, el pulgar es ligeramente estrecho, el talón es globoso y el pie es alargado; gancho, 9 (7–10; n = 18) largo por 5 (5–6; n = 18) de ancho en la base; el domus corresponde a 3/4 de la longitud del macrogancho.

**Sitio de Infección:** Branquias, aletas y piel.

**Hospederos y localidades:** ver Tabla 2.

**Comparaciones:** A la fecha, se han registrado 18 especies de *Gyrodactylus* en peces ciprinodontiformes de América (Tabla 3); 12 para Norteamérica y 6 para Centro y Sudamérica (Mueller, 1937; Hargis, 1955; Rogers y Wellborn, 1965; Hanek y Therlfall, 1969; Hanek y Fernando, 1971; Williams y Rogers, 1971; Mayes, 1977; Harris, 1986; Boeger y Popazoglo, 1995; Hoffman, 1999; Harris y Cable, 2000; Popazoglo y Boeger, 2000; Cable *et al.*, 2005; Kritsky y Stockwell, 2005). Podemos diferenciar a *Gyrodactylus* sp. 2 de estas especies con base en la forma alargada de sus macroganchos, la presencia de una esclerita sobre la raíz superficial y la forma robusta de sus microganchos. Estas características se reconocen por primera vez entre las especies de *Gyrodactylus* del continente Americano.

Podemos separar a *Gyrodactylus* sp. 1 y *Gyrodactylus* sp. 2 con base en las siguientes características: *Gyrodactylus* sp. 2 presenta una esclerita sobre la raíz superficial mientras que en *Gyrodactylus* sp. 1 la raíz superficial está doblada posteriormente y carece de esclerita distal; *Gyrodactylus* sp. 2 tiene microganchos robustos y cortos, mientras que en *Gyrodactylus* sp. 1 los microganchos son delicados y alargados con un ligamento en su región proximal, además los microganchos en *Gyrodactylus* sp. 2 están dispuestos concéntricamente en el haptor, muestran que en *Gyrodactylus* sp. 1 están agrupados posteriormente. Con base en la morfología resulta difícil determinar alguna afinidad geográfica de *Gyrodactylus* sp. 2 con otras especies del mismo género, al menos para América (ver Apéndice 1). Sin embargo, podemos señalar que *Gyrodactylus* sp. 2 es un taxón no descrito.



Tabla 3. Especies de *Gyrodactylus* registradas para peces Cyprinodontiformes de América.

<b>Neárticas</b>			
<i>G. avalonia</i> Hanek y Threlfall, 1969	<i>Fundulus diaphanus</i>	Lago West, Ontario, Canadá Lago Ontario, Canadá	Hanek y Fernando, 1971b Dechtiar y Christie, 1988
<i>G. bulbacanthus</i> Mayes, 1977	<i>F. zebrinus</i>	Río Republicano, Nebraska	Mayes, 1977 Janovy y Hardin, 1987
<i>G. cyprinodontis</i> Mizelle y Kritsky, 1967	<i>Cyprinodon nevadensis</i>	Manantiales de Saratoga, California	Mizelle y Kritsky, 1967b
<i>G. fundulli</i> Hargis, 1955	<i>F. similis</i>  <i>F. diaphanus</i>	Puerto Alligator, Florida Bahía Boca Ciega, Florida Lago Huron, Ontario, Canadá	Hargis, 1955a Hutton, 1964 Dechtiar <i>et al.</i> , 1988
<i>G. gambusiae</i> Rogers y Wellborn, 1965	<i>Gambusia affinis</i>	Welaka National Fish Hatchery, Florida	Rogers y Wellborn, 1965
<i>G. hargisi</i> Williams y Rogers, 1971	<i>C. variegatus</i>	Isla Dauphin, Alabama	Williams y Rogers, 1971
<i>G. mobilensis</i> Williams y Rogers, 1971	<i>C. variegatus</i>	Isla Dauphin, Alabama	Williams y Rogers, 1971
<i>G. nevadensis</i> Mizelle y Kritsky, 1967	<i>C. nevadensis</i>	Manantiales de Saratoga, California	Mizelle y Kritsky, 1967b
<i>G. saratogensis</i> Mizelle y Kritsky, 1967	<i>C. nevadensis</i>	Manantiales de Saratoga, California	Mizelle y Kritsky, 1967b
<i>G. stegurus</i> Mueller, 1937	<i>F. diaphanus</i>	Constantia, Nueva York	Mueller, 1937a

Tabla 3. Continuación.

<i>G. stephanus</i> Mueller, 1937	<i>F. heteroclitus</i>	Baltimore, Maryland Newfoundland, Canadá Río York, Virginia Acuario en Gloucester Point, Virginia Arroyo Canary Marsh, Delaware	Mueller, 1937a Dichinson y Threlfall, 1975 Dillon, 1966 Lawer, 1982 Billeter <i>et al.</i> , 2000
	<i>F. grandis</i>	Puerto Alligator, Florida	Hargis, 1955a
<i>G. tularosae</i> Kritsky y Stockwell, 2005	<i>C. tularosae</i>	Arroyo Salt, Nuevo Mexico	Kritsky y Stockwell, 2005
<b>Neotropicales</b>			
<i>G. costaricensis</i> Kritsky y Fritts, 1970	<i>Poecilia sphenops</i>	Puntarenas, Costa Rica	Kritsky y Fritts, 1970
<i>G. bullatarudis</i> Turnbull, 1956	<i>P. reticulata</i>	No especificada	Turnbull, 1956
	<i>P. sphenops</i>	Puntarenas, Costa Rica	Kritsky y Fritts, 1970
	<i>P. reticulata</i>	Montañas del Norte, Trinidad	Harris y Lyles, 1992
<i>G. turnbulli</i> Harris, 1986	<i>P. reticulata</i>	Importado a Inglaterra de Singapur	Harris, 1986
<i>G. poeciliae</i> Harris y Cable, 2000	<i>P. caucana</i>	La Concepción, Venezuela	Harris y Cable, 2000
<i>G. milleri</i> Harris y Cable, 2000	<i>P. caucana</i>	La Concepción, Venezuela	Harris y Cable, 2000
<i>G. pictae</i> Cable, van Oosterhout, Barson y Harris, 2005	<i>P. picta</i>	Río Lower Marianne, Trinidad	Cable <i>et al.</i> , 2005

### ***Gyrodactylus* sp. 3**

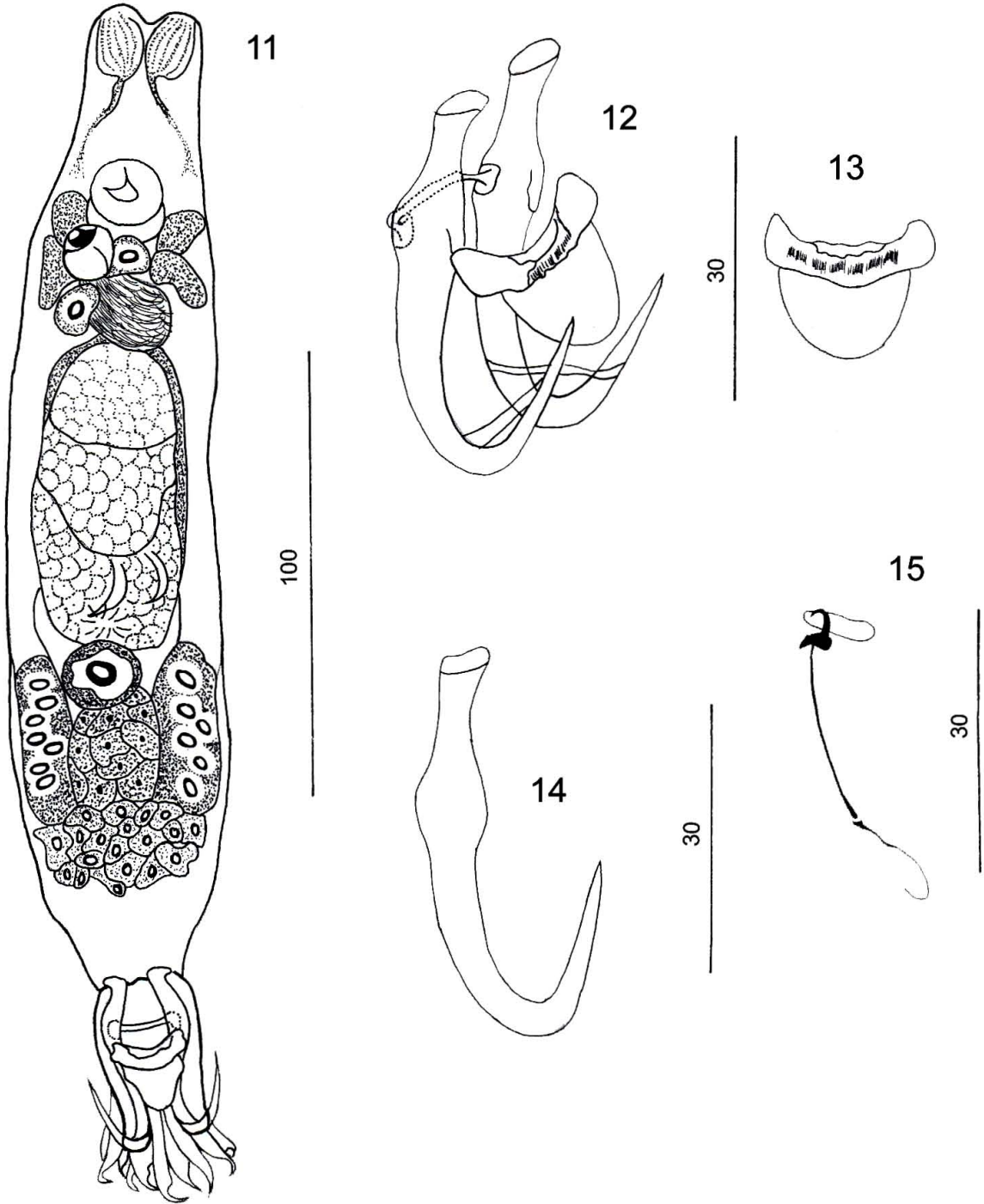
**Descripción** (Figuras 11–15, Tabla 4). Basada en 14 monogéneos (siete ejemplares fijados en GAP y siete teñidos con tricrómica de Gomori) recolectados de *G. multiradiatus* del Lago de Chicahuapan, Estado de México.

Cuerpo alargado, fusiforme; anchura máxima a nivel del útero. Lóbulos cefálicos bien desarrollados, cada uno presenta una espina sensorial. Dos pares de glándulas cefálicas poco desarrolladas posteriores a la faringe. Faringe con dos bulbos semiesféricos, bulbo anterior más pequeño que el posterior; presenta algunas pústulas alrededor del bulbo posterior. El esófago es corto. Los ciegos intestinales llegan hasta la región posterior de las gónadas y no son confluentes. No se observaron el testículo y la región proximal del vaso deferente. La vesícula seminal es ovoide y desemboca en el órgano copulador. Dos glándulas prostáticas bilaterales, anteriores a la vesícula seminal, ambas desembocan en el órgano copulador. Órgano copulador esférico, armado con una espina central. Ovario ovoide. El útero puede presentar en su interior una o dos generaciones de embriones. Masas glandulares localizadas en la región posterior del tronco. El haptor es subrectangular. Los macroganchos tienen un mango curvado y robusto, la punta es recta; la raíz superficial está bien desarrollada y se ensancha ligeramente en su región distal. La barra superficial carece de proyecciones anterolaterales; el escudo es corto, redondeado y presenta estrías finas, el escudo se extiende hacia el final del macrogancho. La barra profunda es recta con terminaciones adelgazadas, que se insertan en la base del macrogancho. Microganchos alargados, presentan un mango recto y ligeramente alargado, punta recurvada, pulgar deprimido, talón convexo, el pie del microgancho es delgado y discontinuo, en su región proximal tiene un ligamento; los microganchos están posteriormente orientados en forma de copa. El domus comprende 1/5 de la longitud total del microgancho.

**Sitio de Infección:** Branquias, aletas y piel.

**Hospederos y localidades:** ver Tabla 2.

**Comparaciones:** De las 18 especies de *Gyrodactylus* que parasitan a peces ciprinodontiformes de América (ver Tabla 3), *Gyrodactylus* sp. 3 es morfológicamente más parecida a *G. bulbacanthus* Mayes, 1977 parásito de *Fundulus kansae* y *F. zebrinus*, *G. stegurus* Mueller, 1937 parásito de *F. diaphanus*, *G. cyprinodontis* Mizelle y Kritsky, 1967



Figuras 11–15. *Gyrodactylus* sp. 3 de *Skiffia lermae*. 11. Especimen completo en posición ventral. 12. Complejo Macroganchos–barras. 13. Barra profunda. 14. Macrogancho. 15. Microgancho. Escalas: figura 11, 100  $\mu\text{m}$ ; figuras 12–15, 30  $\mu\text{m}$ .

parásito de *Cyprinodon nevadensis*, *G. tularosae* Kritsky y Stockwell, 2005 parásitos de *C. tularosae* y *G. gambusiae* Rogers y Wellborn, 1965 parásito de *Gambusia affinis*. Estas especies y *Gyrodactylus* sp. 3 presentan macroganchos de tamaño similar (de 40 a 47  $\mu\text{m}$ , ver Tabla 4), pero *Gyrodactylus* sp. 3 puede diferenciarse de ellas ya que las raíces superficiales de sus macroganchos están bien desarrolladas, mientras que en *G. bulbacanthus* y *G. stegurus* son cortas; además en *G. cyprinodontis* y *G. tularosae* las raíces superficiales están dobladas posteriormente, mientras que en *Gyrodactylus* sp. 3 son rectas. Las cinco especies presentan barras superficiales con procesos laterales bien desarrollados, mientras que en *Gyrodactylus* sp. 3 estos procesos están drásticamente reducidos casi ausentes. Los microganchos en *Gyrodactylus* sp. 3 son alargados con un ligamento proximal, mientras que en *G. bulbacanthus*, *G. stegurus*, *G. cyprinodontis*, *G. tularosae*, *G. gambusiae* los microganchos son cortos y carecen de este ligamento.

*Gyrodactylus* sp. 3 y *Gyrodactylus* sp. 1 presentan características morfológicas en común: ambas especies tienen microganchos alargados con un ligamento proximal, están orientados posteriormente formando una copa, las raíces superficiales de los macroganchos están bien desarrolladas, el mango es curvado y la punta es recta, la barra superficial tiene procesos laterales poco desarrollados y la barra profunda es recta con terminaciones atenuadas. No obstante, se puede separar a *Gyrodactylus* sp. 3 de *Gyrodactylus* sp. 1 de la siguiente manera: en la primera especie los macroganchos son más cortos, además de que las raíces superficiales son más cortas, estas últimas se ensanchan distalmente y no están dobladas posteriormente. En *Gyrodactylus* sp. 3 la puntas de los macroganchos son más robustas que en *Gyrodactylus* sp. 1; en *Gyrodactylus* sp. 3 el escudo de la barra superficial tiene estrías delicadas mientras que en *Gyrodactylus* sp. 1 el escudo es más largo y presenta dos estrías medias muy evidentes; los procesos laterales de la barra superficial en *Gyrodactylus* sp. 3 están más reducidos que en *Gyrodactylus* sp. 1 y los microganchos de *Gyrodactylus* sp. 3 son más cortos que en *Gyrodactylus* sp. 1.

Esta combinación de características fue constante en la mayoría de los ejemplares identificados como *Gyrodactylus* sp. 3, tanto de distintos hospederos como distintas localidades (ver Tabla 4), por tanto proponemos que *Gyrodactylus* sp. 3 representa un taxón no descrito para peces cipridontiformes de América.



#### ***Gyrodactylus* sp. 4**

**Descripción** (Figuras 16–18, Tabla 4). Basada en 10 monogéneos fijados en GAP recolectados de *Skiffia lermae* (seis ejemplares) y *Zoogoneticus quitzeoensis* (cuatro ejemplares) del Manantial Chapultepec, Michoacán.

Macroganchos cortos, el mango y la punta están curvados uniformemente, la punta es alargada y llega a la base de la raíz superficial, ésta última es ligeramente desarrollada, ensanchada en su región proximal y se adelgaza distalmente. La barra superficial es corta, carece de proyecciones anterolaterales; el escudo es corto y redondeado, se extiende hacia la mitad de la curvatura del macrogancho. La barra profunda es recta con terminaciones adelgazadas que se insertan en la base del macrogancho. Los microganchos son alargados, el mango y la punta presentan una curvatura uniforme, pulgar deprimido, talón convexo, el pie del microgancho es delgado y discontinuo, en su región proximal presenta un ligamento; los microganchos están posteriormente orientados en forma de copa. El domus comprende 1/5 de la longitud total del microgancho. No se observaron los órganos reproductores ni otras estructuras internas, como faringe, ciegos intestinales y glándulas cefálicas.

**Sitio de Infección:** branquias.

**Hospederos y localidad:** ver Tabla 2.

**Comparaciones:** La descripción anterior se basó en ejemplares fijados en GAP, este método de fijación no permite la diferenciación de órganos internos (Kritsky *et al.*, 2000), por lo que no fueron observados. La morfología de los macroganchos de *Gyrodactylus* sp. 4 se asemeja a dos especies parásitas de *Fundulus* y cuatro de *Cyprinodon* de Norteamérica: *G. stephanus* Mueller, 1937 parásito de *Fundulus heteroclitus*, *G. funduli* Hargis, 1955 parásito de *F. similis*, *G. mobilensis* Williams y Rogers, 1971 y *G. hargisi* Williams y Rogers, 1971 ambas especies parásitas de *C. variegatus*, *G. nevadensis* Mizelle y Kritsky, 1967 y *G. saratogensis* Mizelle y Kritsky, 1967 especies parásitas de *C. nevadensis*. En *Gyrodactylus* sp. 4 las raíces superficiales de los macroganchos están bien desarrolladas y los procesos laterales de la barra superficial están muy reducidos mientras que en *G. stephanus*, *G. funduli*, *G. hargisi*, *G. nevadensis* y *G. saratogensis* las raíces superficiales están dobladas posteriormente y los procesos laterales están bien desarrollados.

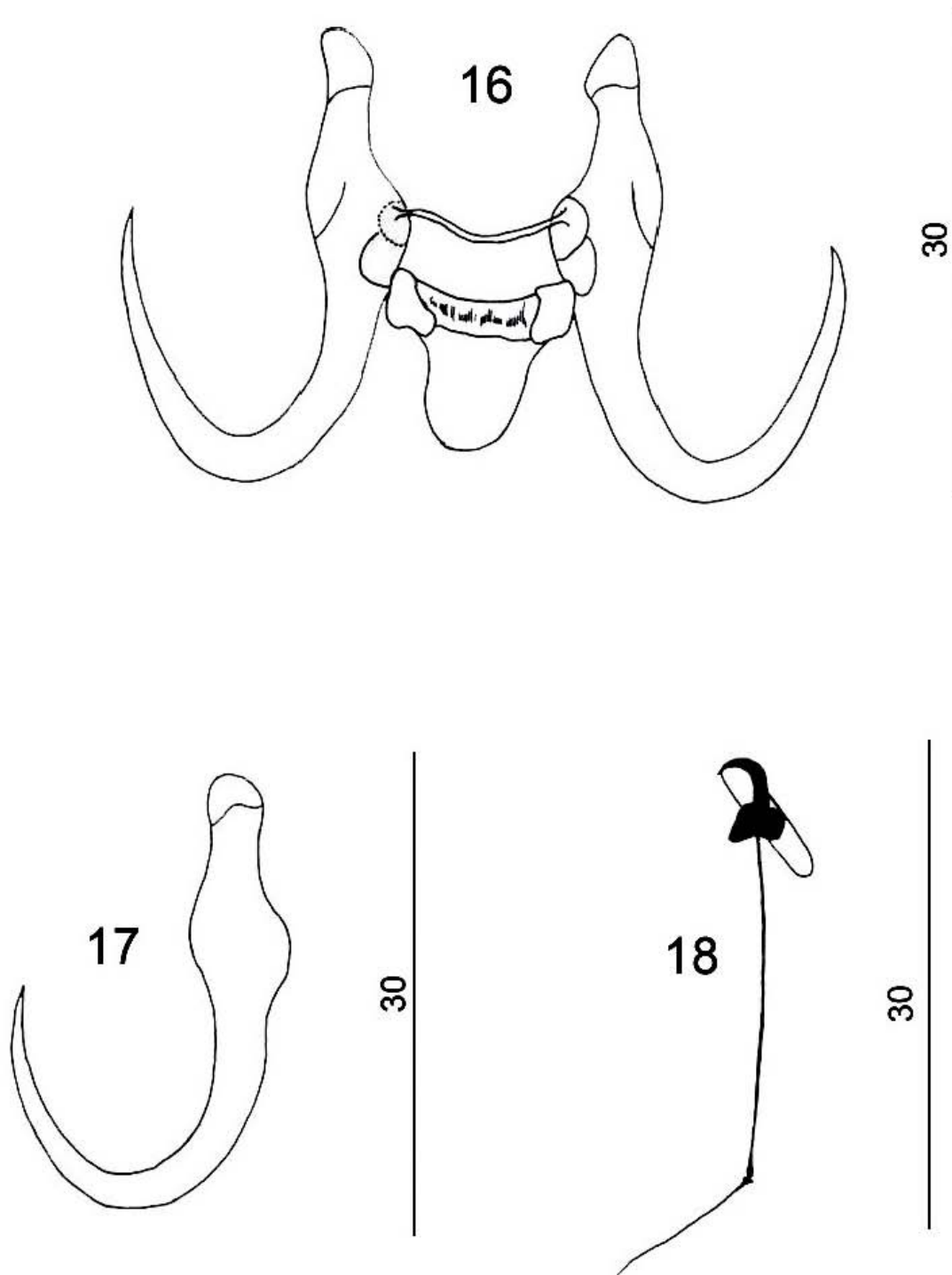


Figura 16–18. *Gyrodactylus* sp. 4 de *Zoogoneticus quitzeoensis*. 16. Complejo Macroganchos–barras. 17. Macrogancho. 18. Microgancho. Escala: figuras 16–18, 30 µm.

*Gyrodactylus* sp. 4 comparte más características morfológicas con *G. mobilensis*; ambas especies presentan en promedio tamaños similares de macroganchos (30  $\mu\text{m}$  [n = 10] para *Gyrodactylus* sp. 4 y 29  $\mu\text{m}$  [n = 6] para *G. mobilensis*, ver Tabla 4). Sin embargo, en *G. mobilensis* la base del macrogancho es más delgada que en *Gyrodactylus* sp. 4; en *G. mobilensis* el mango y la punta de los macroganchos son rectos, mientras que en *Gyrodactylus* sp. 4 son recurvados uniformemente formando una “U”. En *G. mobilensis* la barra superficial tiene procesos laterales bien desarrolladas y en *Gyrodactylus* sp. 4 estos procesos son muy reducidos; en *Gyrodactylus* sp. 4 los microganchos son alargados con un ligamento proximal mientras que en *G. mobilensis* los microganchos son cortos y carecen de esta estructura.

De las especies de girodactílicos recolectadas de goodeinos, *Gyrodactylus* sp. 4 presenta una estructura similar de microganchos entre *Gyrodactylus* sp. 1 y *Gyrodactylus* sp. 3, es decir alargados con un ligamento proximal y orientados posteriormente, sin embargo *Gyrodactylus* sp. 4 tiene macroganchos más cortos, con el mango y la punta uniformemente curvados, llegando hasta la base del macrogancho.

Estas comparaciones reflejan características morfológicas diferenciales entre *Gyrodactylus* sp. 4 y los girodactílicos registrados para las familias Fundulidae y Cyprinodontidae en América, los grupos de hospederos más relacionados filogenéticamente a Goodeinae (Parenti, 1981; Costa, 1998), por tanto proponemos a *Gyrodactylus* sp. 4 como un taxón no descrito.

Tabla 4. Comparación merística entre algunas especies de *Gyrodactylus* de Norteamérica y con especies de goodeinos del centro de México.

**Nota:** La Tabla 4 se extiende de la página 27 a la 31.

	<i>G. bulbacanthus</i> <sup>1</sup> Mayes, 1977 <i>Fundulus kansae</i> Río Republicano, Nebraska n = 18	<i>G. stephanus</i> <sup>2</sup> Mueller, 1937 <i>F. heteroclitus</i> Baltimore, Maryland n = ?	<i>G. stegurus</i> <sup>3</sup> Mueller, 1937 <i>F. diaphanus</i> Constantia, Nueva York n = ?	<i>G. funduli</i> <sup>4</sup> Hargis, 1955 <i>F. similis</i> Puerto Alligator, Florida n = 3	<i>G. mobilensis</i> <sup>5</sup> Williams y Rogers, 1971 <i>Cyprinodon variegatus</i> Isla Dauphin, Alabama n = 10
Cuerpo Largo	335 (280-365)	200	310	261 (255-268)	262 (232-302)
Cuerpo ancho	58 (53-66)	71	75	51	60 (53-71)
Haptor largo	58 (53-66)	-	-	49 (44-51)	41 (34-45)
Haptor ancho	66 (53-75)	39	71	35 (32-38)	46 (38-56)
Faringe	26 (24-29)	25	53	14 (12-18)	20 (19-25)
bulbo anterior ancho	-	-	-	-	-
bulbo posterior ancho	-	-	-	-	-
OCM diámetro	12 (11-13)	-	18	-	9-10
OCM ancho	-	-	-	-	-
Macrogancho largo	40 (38-42)	39	47	32 (31-34)	30 (29-31)
raíz superficial largo	8 (7-10)	-	-	8	-
Barra superficial largo	17 (16-19)	19	21	12 (11-13)	19 (18-21)
Barra superficial ancho	14 aprox.	-	-	-	-
Barra profunda largo	16 (15-18)	-	-	10 (8-12)	17 (16-19)
Microgancho largo total	27 (26-28)	23	26	21 (20-22)	18 aprox.
Gancho largo	-	-	-	-	4-5
Gancho base ancho	-	-	-	-	-

OCM = Órgano Copulador Masculino

Referencias

1 Mayes, 1977

2 Mueller, 1937

3 Mueller, 1937

4 Hargis, 1955

5 Williams y Rogers, 1971

Tabla 4. Continuación.

	<i>G. hargisi</i> <sup>6</sup> Williams y Rogers, 1971 <i>C. variegatus</i> Isla Dauphin, Alabama n = 10	<i>G. cyprinodontis</i> <sup>7</sup> Mizelle y Kritsky, 1967 <i>C. nevadensis</i> Manantiales de Saratoga, California n = 8	<i>G. nevadensis</i> <sup>8</sup> Mizelle y Kritsky, 1967 <i>C. nevadensis</i> Manantiales de Saratoga, California n = 3	<i>G. saratogensis</i> <sup>9</sup> Mizelle y Kritsky, 1967 <i>C. nevadensis</i> Manantiales de Saratoga, California n = 3	<i>G. tularosae</i> <sup>10</sup> Kritsky y Stockwell, 2005 <i>C. tularosa</i> Arroyo Salt, Nuevo México n = 21?
Cuerpo Largo	201 (147-266)	353 (322-407)	400 (326-447)	202 (158-236)	366 (322-400; n = 13)
Cuerpo ancho	45 (40-49)	72 (53-85)	74 (61-90)	59 (46-82)	72 (62-91; n = 14)
Haptor largo	41 (33-54)	67 (60-73)	52 (49-55)	43 (35-52)	60 (51-68; n = 14)
Haptor ancho	46 (40-56)	70 (58-84)	57 (55-59)	57 (44-74)	64 (57-72; n = 14)
Faringe	20 (15-26)	23 (20-25)	21 (20-23)	17 (12-20)	24 (21-27; n = 15)
bulbo anterior ancho	-	-	-	-	-
bulbo posterior ancho	-	-	-	-	-
OCM diámetro	10 (8-13)	-	11	-	15 (13-17; n = 12)
OCM ancho	-	12 (11-13)	-	10-11	-
Macrogancho largo	30 (29-31)	49 (45-50)	33 (32-34)	26 (24-27)	42 (39-45; n = 17)
raíz superficial largo	-	12 (11-13)	8 (7-9)	7-8	-
Barra superficial largo	18-20	23 (21-25)	25-26	21	20 (18-22; n = 9)
Barra superficial ancho	-	-	-	-	-
Barra profunda largo	14-16	15 (12-17)	12-13	10	14 (12-17; n = 6)
Microgancho largo total	16 aprox.	24 (22-25)	17 (16-18)	20-21	21-22 ( n = 19)
Gancho largo	6-7	6-7	5	4-5	5 (4-6; n = 17)
Gancho base ancho	-	-	-	-	-

Referencias

6 Williams y Rogers, 1971

7 Mizelle y Kritsky, 1967

8 Mizelle y Kritsky, 1967

9 Mizelle y Kritsky, 1967

10 Kritsky y Stockwell, 2005

Tabla 4. Continuación

	<i>G. gambusia</i> <sup>11</sup> Rogers y Wellborn, 1965 <i>Gambusia affinis</i> Welaka Nat. Fish Hatch., Florida n = 18	<i>G. aurorae</i> <sup>12</sup> Mizelle, Kritsky y McDougal, 1969 <i>Rana aurora</i> Klamath, California n = 21	<i>G. ensatus</i> <sup>13</sup> Mizelle, Kritsky y Bury, 1968 <i>Dicamptodon ensatus</i> Parque Redwood, California n = 11	<i>G. alexanderi</i> <sup>14</sup> Mizelle y Kritsky, 1967 <i>Gasterosteus aculeatus</i> Lago Stow, San Francisco n = 19
Cuerpo Largo	293 (250-380)	459 (314-582)	583 (474-708)	698 (598-841)
Cuerpo ancho	63 (40-90)	105 (85-147)	130 (88-172)	128 (97-204)
Haptor largo	60	65 (55-75)	86 (69-103)	101(81-130)
Haptor ancho	58	104 (82-115)	116 (101-134)	131 (98-151)
Faringe	25 (18-29)	42 (37-49)	52 (41-62)	63 (57-71)
bulbo anterior ancho	-	-	-	-
bulbo posterior ancho	-	-	-	-
OCM diámetro	7-8	-	19 (18-21)	-
OCM ancho	-	-	-	20
Macrogancho largo	47 (44-50)	58 (55-62)	69 (64-72)	79 (72-82)
raíz superficial largo	-	13 (10-16)	15 (12-17)	15 (12-19)
Barra superficial largo	24 (22-26)	27 (26-29)	35 (31-38)	40 (37-44)
Barra superficial ancho	5	-	-	-
Barra profunda largo	20 (18-24)	20 (15-23)	17 (13-21)	18 (14-27)
Microgancho largo total	30 aprox.	40 (37-45)	43 (41-44)	43 (42-44)
Gancho largo	10	9 (8-10)	9-10	11 (10-12)
Gancho base ancho	-	-	-	-

Referencias

- 11 Rogers y Wellborn, 1965  
 12 Mizelle, Kritsky y McDougal, 1969  
 13 Mizelle, Kritsky y Bury, 1968  
 14 Mizelle y Kritsky, 1967

Tabla 4. Continuación

	<i>G. mirabilis</i> <sup>15</sup> Mizelle y Kritsky, 1967 <i>Cottus asper</i> Río Elk, California n = 11	<i>Gyrodactylus</i> sp. 1 Presente trabajo <i>Girardinichthys multiradiatus</i> Chic n = 73	<i>Gyrodactylus</i> sp. 2 Presente trabajo <i>G. multiradiatus</i> Chic n = 35	<i>Gyrodactylus</i> sp. 3 Presente trabajo <i>G. multiradiatus</i> Chic n = 14	<i>Gyrodactylus</i> sp. 3 Presente trabajo <i>Zoogoneticus quitzeoensis</i> Mint n = 2
Cuerpo Largo	608 (540-723)	336 (239-425; n = 18)	275 (178-335; n = 10)	298 (239-447; n = 7)	-
Cuerpo ancho	143 (84-204)	57 (40-68; n = 13)	57 (43-83; n = 9)	54 (45-72; n = 7)	-
Haptor largo	105 (87-127)	81 (64-100; n = 22)	76 (57-95; n = 11)	71 (63-71; n = 7)	-
Haptor ancho	129 (115-153)	45 (25-65; n = 12)	81 (50-100; n = 9)	45 (41-50; n = 3)	-
Faringe	61 (46-71)	-	-	-	-
bulbo anterior ancho	-	16 (13-19; n = 18)	15 (13-19; n = 12)	18 (16-23; n = 7)	-
bulbo posterior ancho	-	20 (17-23; n = 18)	20 (16-25; n = 11)	22 (20-30; n = 7)	-
OCM diámetro	15 (13-17)	-	-	-	-
OCM ancho	-	12 (10-15; n = 23)	8 (7-10; n = 10)	10 (n = 1)	-
Macrogancho largo	86 (82-92)	62 (60-66; n = 34)	65 (61-70; n = 15)	48 (46-51; n = 7)	(45-46)
raíz superficial largo	16 (14-17)	29 (26-32; n = 34)	15 (12-19; n = 15)	20 (20-21; n = 7)	(19-21)
Barra superficial largo	39	31 (28-33; n = 29)	26 (21-32; n = 15)	21 (20-23; n = 4)	20 (n = 2)
Barra superficial ancho	-	33 (31-35; n = 27)	24 (20-30; n = 12)	20 (19-22; n = 3)	(15-18)
Barra profunda largo	22 (20-23)	28 (25-32; n = 23)	25 (18-35; n = 20)	19 (17-23; n = 5)	(17-18)
Microgancho largo total	44 (43-45)	55 (54-60; n = 20)	29 (26-32; n = 17)	39 (35-42; n = 6)	44 (n = 1)
Gancho largo	9-10	5 (5-6; n = 25)	9 (7-10; n = 18)	6 (5-7; n = 7)	6 (n = 2)
Gancho base ancho	-	4 (4-5; n = 25)	5 (5-6; n = 18)	4 (3-4; n = 6)	(4-5)

Referencias

15 Mizelle y Kritsky, 1967

Tabla 4. Continuación.

	<i>Gyrodactylus</i> sp. 3 Presente trabajo <i>Skiffia lermæ</i> Mcha n = 10	<i>Gyrodactylus</i> sp. 3 Presente trabajo <i>Allotoca dugesi</i> Mcha n = 3	<i>Gyrodactylus</i> sp. 3 Presente trabajo <i>Xenotoca melanosoma</i> Rsim n = 2	<i>Gyrodactylus</i> sp. 3 Presente trabajo <i>X. melanosoma</i> Nori n = 8	<i>Gyrodactylus</i> sp. 4 Presente trabajo <i>Z. quitzeoensis</i> Mcha n = 2
Cuerpo Largo	-	-	-	-	-
Cuerpo ancho	-	-	-	-	-
Haptor largo	-	-	-	-	-
Haptor ancho	-	-	-	-	-
Faringe	-	-	-	-	-
bulbo anterior ancho	-	-	-	-	-
bulbo posterior ancho	-	-	-	-	-
OCM diámetro	-	-	-	-	-
OCM ancho	-	-	-	-	-
Macrogancho largo	46 (45-48; n = 10)	48 (46-50; n = 3)	(40-42)	41 (39-42; n = 8)	29 (28-29; n = 3)
raíz superficial largo	20 (19-21; n = 10)	20 (19-21; n = 3)	18 (n = 2)	18 (17-19; n = 8)	11 (10-12; n = 3)
Barra superficial largo	20 (19-22; n = 10)	21 (20-22; n = 3)	17 (n = 2)	18 (16-21; n = 8)	13 (13-14; n = 3)
Barra superficial ancho	18 (17-20; n = 9)	17 (n = 1)	17 (n = 1)	16 (15-17; n = 6)	(10-11)
Barra profunda largo	17 (15-20; n = 9)	18 (15-21; n = 3)	(14-15)	16 (14-20; n = 8)	12 (12-13; n = 3)
Microgancho largo total	37 (35-42; n = 7)	(38-41)	(35-38)	38 (35-42; n = 4)	35 (n = 1)
Gancho largo	5 (5-6; n = 8)	(5-6)	(5-6)	6 (5-6; n = 4)	5 (4-6; n = 3)
Gancho base ancho	4 (3-5; n = 8)	(3-4)	(3-4)	4 (4-5; n = 4)	4 (n = 2)



## **Familia Dactylogyridae Bychowsky, 1934**

### **Género *Salsuginus* Beverly-Burton, 1984**

**Diagnosis** (según Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001).

Monogéneos de cuerpo fusiforme, dividido en región anterior, tronco, pedúnculo y haptor. El tegumento es liso y delgado. En la región anterior tienen dos pares de lóbulos cefálicos, un par terminal y otro bilateral. Los órganos cefálicos están presentes. Las glándulas cefálicas son unicelulares, en posición lateral o posterolateral a la faringe. Manchas oculares presentes. La boca es subterminal y se sitúa sobre la línea media del cuerpo. La faringe es muscular, el esófago es corto con un par de ciegos intestinales que confluyen en la región posterior a las gónadas y carecen de divertículo.

Las gónadas son intercecales, dispuestas una seguida de la otra (tandem) o claramente sobrepuestas. El testículo es dorsal al ovario. El vaso deferente rodea el ciego intestinal izquierdo, la vesícula seminal está formada por una dilatación del vaso deferente y pueden tener uno o dos reservorios prostáticos. El complejo copulador está compuesto por un Órgano Copulador Masculino (OCM) y una pieza accesorio no articulada con el OCM, éste es tubular y forma un enrollamiento sencillo. La pieza accesorio tiene un surco en su parte media que sirve de guía a la parte distal del OCM.

El receptáculo seminal se localiza anterior al ovario y la vagina no está esclerotizada. El poro genital se localiza sobre la línea media del cuerpo a nivel de la bifurcación cecal. Los folículos vitelinos se extienden al mismo nivel del intestino. El haptor tiene forma subhexagonal a suboval, con dos pares de macroganchos (uno dorsal y otro ventral) de forma similar, barras transversales no articuladas con los macroganchos, siete pares de microganchos marginales con distribución característica de la subfamilia Ancyrocephalinae. Los microganchos son iguales en forma y tamaño, cada uno con una curvatura bien desarrollada y una proyección en forma de pulgar. El filamento del microgancho se extiende  $\frac{3}{4}$  partes del pie del microgancho. Son parásitos de las branquias de peces Cyprinodontiformes de Norteamérica, Centroamérica, el Caribe y las Antillas.

### ***Salsuginus angularis* (Mueller, 1934) Beverly-Burton, 1984**

**Descripción** (Figuras 18–26, Tabla 5). Basada en 30 monogéneos (20 ejemplares fijados en GAP y 10 teñidos con tricrómica de Gomori) recolectados de *Xenotoca melanosoma* del Manantial La Noria, Jalisco.

Cuerpo alargado, dividido en región anterior, tronco, pedúnculo y haptor, la parte más ancha se localiza cerca de la región media del cuerpo. En la región anterior se localizan dos pares de lóbulos cefálicos poco desarrollados. Posee tres pares de órganos cefálicos bien desarrollados y un par de glándulas cefálicas poco desarrolladas anteriores a la faringe. Presenta un par de manchas oculares compuestas por gránulos subesféricos, algunos gránulos están dispersos en la región anterior. La boca es ventral y está rodeada por la faringe, ésta última es esférica y se localiza en la región anterior del cuerpo. El esófago es corto. Los ciegos intestinales están dispuestos paralelamente. La bifurcación cecal se localiza por debajo de la faringe y los ciegos intestinales son confluentes en la región posterior del tronco. El pedúnculo es ancho. El haptor es subhexagonal. El macrogancho ventrale tiene una raíz superficial bien desarrollada, el mango es curvado uniformemente, la punta es alargada y la raíz profunda es corta. El macrogancho dorsal es más pequeño que el ventral, el mango es curvado y la punta es delicada con raíces bien desarrolladas y la base es estrecha; Las barras están ligeramente curvadas, en forma de “V” abierta, con terminaciones ensanchadas y tienen una comisura a cada lado de las terminaciones. Los microganchos son similares en forma y tamaño, presentan una punta delicada, un pulgar bien desarrollado y el pie es uniforme; el domus comprende 1/3 de la longitud total del microgancho. Las gónadas están dispuestas una tras otra (tandem). El testículo es subesférico y se localiza posterior al ovario. No se observó el vaso deferente. La vesícula seminal tiene forma de cono y está doblada anterodorsalmente, se localiza posterior al complejo copulador y sobre la línea media del cuerpo. El reservorio prostático es recurvado, está asociado a la vesícula seminal y se localiza anterior a esta última. El complejo copulador está constituido por un órgano copulador masculino (OCM) y una pieza accesoria. El OCM es tubular, forma un anillo incompleto, tiene una base circular y se encuentra anterior a la vesícula seminal. La pieza accesoria es recta, su parte distal termina en punta, ligeramente ramificada en la región proximal, con un surco medio el cual sirve de guía al OCM y presenta pequeñas protuberancias a cada lado. El ovario es subromboidal, los márgenes son irregulares. No se observaron el ootipo, oviducto y poro genital. El útero en ocasiones contiene un solo huevo en su interior.

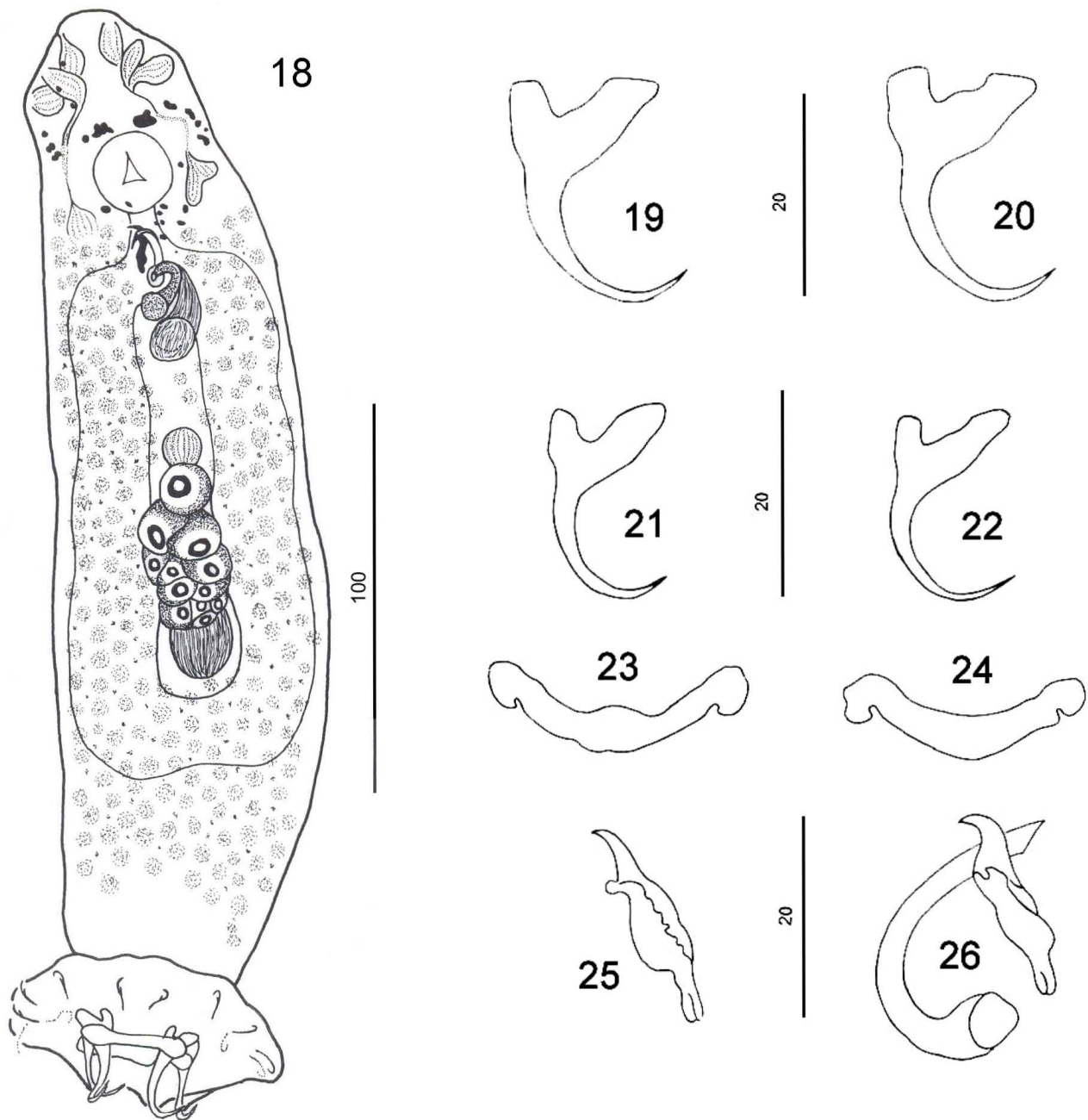


Figura 18–26. *Salsuginus angularis* (Mueller, 1934) Beverly-Burton, 1984 de *Xenotoca melanosoma*. 18. Especimen completo en posición ventral. 19 y 20. Macroganchos ventrales. 21 y 22. Macroganchos dorsales. 23. Barra ventral. 24. Barra dorsal. 25. Pieza accesoria. 26. Complejo copulador. Escalas: figura 18, 100  $\mu\text{m}$ ; figuras 19–26, 20  $\mu\text{m}$ .

La abertura vaginal (solo se observó en ejemplares vivos, no ilustrada) está localizada cerca de la región media del cuerpo, en posición ventral al receptáculo seminal y no presenta esclerotización; no se observaron los conductos vaginales. El receptáculo seminal es esférico y se localiza anterior al ovario. Los folículos vitelinos son densos, se extienden a lo largo del tronco invadiendo parte del pedúnculo, excepto en la región de los órganos reproductores.

**Sitio de Infección:** branquias

**Hospederos y localidades:** ver Tabla 2.

**Comparaciones:** Se ubicaron a los monogéneos dactilogíridos parásitos de peces goodeinos dentro del género *Salsuginus* con base en la presencia de un complejo copulador compuesto por un OCM tubular que forma un anillo incompleto y una pieza accesoria recta no articulada con la base del OCM con un surco en su parte media que sirve de guía a la parte distal del OCM; además de 14 microganchos de igual forma y tamaño (Beverly-Burton, 1984; Murith y Beverly-Burton, 1985; Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001).

Se identificó específicamente a los ejemplares recolectados de las branquias de *Xenotaenia resolanae*, *Xenotoca melanosoma*, *Chapalichthys encaustus*, *Skiffia lermae*, *Zoogoneticus quitzeoensis* y *Allotoca dugesi* como *S. angularis* con base en las siguientes características: un OCM tubular, el cual forma un anillo incompleto, con una base circular y termina en punta; pieza accesoria recta con una ligera ramificación en su base y pequeñas proyecciones laterales (Figuras 25 y 26). Otras estructuras esclerotizadas del haptor como macroganchos y barras presentaron variaciones morfológicas entre especies de hospederos y localidades, como se ha documentado en otras especies de *Salsuginus* (Murith y Beverly-Burton, 1985; Janovy *et al.*, 1989; Ferding *et al.*, 1991, 1993; Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001; Mendoza-Franco *et al.*, 2006). A pesar de esta variación, los ejemplares recolectados de goodeinos se encuentran dentro del intervalo morfométrico propuesto para *S. angularis* por Murith y Beverly-Burton (1985).

Las estructuras esclerotizadas de nuestros ejemplares (complejo copulador, macroganchos y barras) son morfológicamente similares a las que presenta *S. heteroclitii* Murith y Beverly-Burton, 1985 parásito de *Fundulus heteroclitii* de Canadá. Sin embargo *S. heteroclitii* posee un OCM más estrecho, menos enrollado y más largo que *S. angularis*,

adicionalmente Murith y Beverly-Burton (1985) mencionaron que *S. heteroclitii* no presenta proyecciones laterales en la pieza accesorio.

En México se ha descrito a *S. neotropicalis* Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001 parásito de *Belonesox belizanus* de la Península de Yucatán. Los ejemplares recolectados de peces goodeinos difieren de esta especie en que no presentan terminaciones globosas en la barra ventral y la pieza accesorio está ramificada proximalmente.

En conjunto, la morfometría del complejo copulador y estructuras esclerotizadas del haptor de nuestros ejemplares se encuentran dentro de los intervalos de la diagnosis de *S. angularis*, por tanto se registra por primera vez a esta especie parasitando goodeinos de México.

Tabla 5. Comparación merística de *Salsuginus angularis* de *Fundulus diaphanus* de Norteamérica y de peces goodeinos del centro de México.

	<i>F. diaphanus menona</i> <sup>1</sup> Mueller (1934) Lago Oneida, Nueva York n = 9	<i>F. diaphanus menona</i> <sup>2</sup> Murith y Beverly-Burton (1985) Lago Oneida, Nueva York n = 9	<i>F. diaphanus</i> <sup>3</sup> Murith y Beverly-Burton (1985) Ontario, Canadá n = 15	<i>F. diaphanus diaphanus</i> <sup>4</sup> Murith y Beverly-Burton (1985) New Brunswick, Canadá n = 10
Cuerpo largo	206-420	301 (232-426)	300 (193-427)	310 (193-427)
Cuerpo ancho	69-75	88 (61-124)	146 (85-214)	148 (88-210)
Haptor largo	–	37 (26-47)	43 (32-63)	46 (35-56)
Haptor ancho	–	47 (26-61)	62 (30-81)	62 (30-81)
Faringe diámetro	25	23 (17-27)	27 (26-29)	26 (25-28)
OCM, largo curvatura, base-punta	–	–	35 (33-39)	33 (26-28)
OCM largo recto, base-punta	–	23 (21-27)	25 (21-26)	23 (21-27)
Pieza accesoria largo	–	17 (14-20)	22 (18-24)	19 (17-20)
Macrogancho ventral largo	19	23 (22-24)	22 (21-24)	22 (19-25)
Macrogancho base ancho	–	–	–	–
Macrogancho dorsal largo	19	20 (19-21)	20 (19-22)	20 (18-22)
Macrogancho base ancho	–	–	–	–
Barra ventral largo	–	22 (20-24)	35 (31-40)	31 (29-35)
Barra dorsal largo	–	22 (20-24)	34 (27-39)	29 (26-36)
Microgancho largo	–	13 (12-13)	13 (12-13)	13 (12-13)
Ovario largo	–	–	–	–
Ovario ancho	–	–	–	–
Testículo largo	–	–	–	–
Testículo ancho	–	–	–	–

OCM = Órgano Copulador Masculino

† Medidas del material tipo de *S. angularis*

Referencias

1 Mueller (1934)

2 Murith y Beverly-Burton (1985)

2 Murith y Beverly-Burton (1985)

4 Murith y Beverly-Burton (1985)

Tabla 5. Continuación.

	<i>Xenotaenia resolanae</i>	<i>Xenotoca melanosoma</i>	<i>X. melanosoma</i>	<i>Chapalichthys encaustus</i>
	Presente trabajo	Presente trabajo	Presente trabajo	Presente trabajo
	Durz	Nori	Rsim	Lcha
	n = 3	n = 20	n = 1	n = 19
Cuerpo largo	194 (155-260; n = 10)	292 (229-360; n = 10)	–	298 (250-350; n = 4)
Cuerpo ancho	61 (40-81; n = 8)	76 (59-101; n = 8)	–	82 (73-94; n = 4)
Haptor largo	34 (27-40; n = 6)	44 (33-50; n = 8)	–	48 (41-55; n = 4)
Haptor ancho	55 (50-60; n = 6)	73 (57-85; n = 8)	–	68 (60-75; n = 4)
Faringe diámetro	20 (16-24; n = 11)	24 (21-29; n = 8)	–	25 (22-30; n = 4)
OCM, largo curvatura, base-punta	32 (30-35; n = 3)	35 (31-38; n = 15)	36	33 (29-39; n = 6)
OCM largo recto, base-punta	20 (n = 1)	23 (21-25; n = 16)	25 (n = 1)	22 (21-27; n = 6)
Pieza accesoria largo	18 (n = 1)	20 (17-22; ; n = 17)	20	20 (n = 1)
Macrogancho ventral largo	24 (24-25; n = 3)	26 (25-28; n = 17)	28	25 (22-29; n = 15)
Macrogancho base ancho	16 (16-17; n = 3)	17 (15-19; n = 17)	18	16 (15-17; n = 15)
Macrogancho dorsal largo	22 (21-22; n = 3)	24 (23-26; n = 17)	24	20 (18-22; n = 15)
Macrogancho base ancho	13 (n = 3)	15 (14-17; n = 17)	15	14 (12-15; n = 15)
Barra ventral largo	27 (25-29; n = 3)	31 (27-36; n = 16)	-	32 (29-36; n = 15)
Barra dorsal largo	29 (28-30; n = 3)	29 (25-31; n = 16)	30	29 (29-31; n = 15)
Microgancho largo	11 (11-12; n = 3)	12 (11-13; n = 17)	11	12 (11-14; n = 10)
Ovario largo	28 (23-31; n = 4)	46 (40-49; n = 4)	–	30 (n = 1)
Ovario ancho	20 (18-22; n = 4)	23 (20-25; n = 4)	–	20 (n = 1)
Testículo largo	–	–	–	–
Testículo ancho	–	–	–	–

Tabla 5. Continuación.

	<i>Skiffia lermæ</i>	<i>X. variata</i>	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	<i>Z. quitzeoensis</i>	<i>Allotoca dugesi</i>
	Presente trabajo	Presente trabajo	Presente trabajo	Presente trabajo	Presente trabajo
	Mint	Mint	Mint	Mcha	Mcha
	n = 2	n = 3	n = 15	n = 5	n = 13
Cuerpo largo	–	–	219 (179-276; n = 16)	305 (260-350; n = 7)	–
Cuerpo ancho	–	–	61 (48-86; n = 14)	92 (74-110; n = 7)	–
Haptor largo	–	–	36 (32-41; n = 12)	42 (36-48; n = 7)	–
Haptor ancho	–	–	57 (45-66; n = 12)	68 (63-75; n = 7)	–
Faringe diámetro	–	–	18 (55-22; n = 20)	24 (21-29; n = 12)	–
OCM, largo curvatura, base-punta	36 (n = 1)	39 (n = 1)	33 (28-39; n = 19)	37 (33-40; n = 5)	34 (31-38; n = 12)
OCM largo recto, base-punta	21 (20-23; n = 3)	21 (n = 1)	20 (19-21; n = 21)	22 (20-23; n = 5)	21 (20-22; n = 13)
Pieza accesoria largo	16 (16-17; n = 2)	20 (n = 1)	17 (15-19; n = 15)	16 (15-17; n = 4)	17 (14-18; n = 7)
Macrogancho ventral largo	24 (23-25; n = 3)	24 (23-25; n = 3)	22 (21-26; n = 17)	22 (22-23; n = 5)	22 (22-23; n = 13)
Macrogancho base ancho	15 (15-16; n = 3)	17 (16-17; n = 3)	15 (14-16; n = 17)	15 (14-16; n = 5)	15 (14-16; n = 13)
Macrogancho dorsal largo	22 (21-23; n = 3)	22 (21-23; n = 3)	21 (20-22; n = 17)	20 (20-21; n = 5)	20 (19-21; n = 13)
Macrogancho base ancho	14 (14-15; n = 3)	14 (13-15; n = 3)	13 (12-13; n = 17)	14 (12-15; n = 5)	14 (12-14; n = 13)
Barra ventral largo	31 (30-32; n = 3)	29 (27-32; n = 3)	28 (25-31; n = 17)	30 (27-34; n = 5)	29 (27-34; n = 13)
Barra dorsal largo	30 (n = 3)	28 (27-30; n = 3)	26 (23-30; n = 17)	28 (26-29; n = 5)	28 (26-33; n = 13)
Microgancho largo	11 (11-12; n = 2)	11 (11-12; n = 2)	11 (11-12; n = 17)	12 (11-12; n = 5)	12 (11-12; n = 11)
Ovario largo	–	–	35 (28-38; n = 4)	44 (36-55; n = 8)	–
Ovario ancho	–	–	22 (15-25; n = 4)	34 (25-44; n = 8)	–
Testículo largo	–	–	33 (30-37; n = 5)	46 (40-55; n = 3)	–
Testículo ancho	–	–	24 (20-30; n = 5)	28 (22-32; n = 3)	–



## Inventario de monogéneos parásitos de peces goodeinos de México

Se presenta el inventario de monogéneos que parasitan a peces de la subfamilia Goodeinae. En total registramos seis especies de monogéneos, cuatro del género *Gyrodactylus* (Gyrodactylidae) y dos especies de Dactylogyridae; *Salsuginus angularis* y *S. cf. angularis* en 13 especies de goodeinos, es decir 38% de las especies incluidas en la subfamilia, en 18 localidades pertenecientes a las cuencas de los ríos Lerma, Pánuco, Ameca y San Pedro Mezquital, en los estados de Jalisco, Michoacán, Guanajuato, Querétaro, Durango y Estado de México, (Tablas 1, 2 y 6).

Se aportaron siete nuevos registros de hospederos goodeinos para *Gyrodactylus* spp., siete registros para *S. angularis* y ocho para *S. cf. angularis*. De igual manera se aportaron datos en nueve localidades para cuatro especies de *Gyrodactylus*, seis nuevas localidades para *S. angularis* y siete para *S. cf. angularis*. Se registró por primera vez para México a *S. angularis* (Dactylogyridae), que se registró anteriormente en *Fundulus diaphanus* (Fundulidae) de Norteamérica.

Las seis especies de monogéneos de goodeinos registradas en este trabajo tienen una baja prevalencia; en promedio solo la cuarta parte de los hospederos examinados de cada especie presentaron infecciones de monogéneos. Del mismo modo, se observaron abundancias bajas en estos peces, es decir a cada hospedero examinado le corresponde en promedio menos de un monogéneo (ver Tabla 6). A pesar de que los valores de prevalencia y abundancia fueron bajos, se logró recolectar monogéneos, tanto dactilógridos como girodactílicos, en todas las localidades visitadas.

Los tamaños de muestra de cada especie de goodeino varían, van desde tres (*Ilyodon furcidens*) hasta 235 (*Girardinichthys multiradiatus*), sin embargo los valores reducidos de prevalencia y abundancia se repiten en cada especie de hospedero y localidad. Por ejemplo, en *Xenotoca melanosoma* (n = 38) y *Xenotaenia resolanae* (n = 36), ambas especies parasitadas por *S. angularis*, los tamaños de muestra son estadísticamente representativos. Las prevalencias para *S. angularis* en estos hospederos son de 50 y 69.44%, pero la abundancia de monogéneos para cada uno es de 1.78 y 1.8 respectivamente (Tabla 6). Este patrón se repite para las cuatro especies de *Gyrodactylus*. Esto indica que el tamaño de muestra no es un factor determinante en la baja prevalencia y abundancia de monogéneos de goodeinos.

Se detectó que las localidades de recolecta de monogéneos se encuentran dentro la Faja Volcánica Transmexicana y la región más sureña del Altiplano Sur-Central (Figura 27). Dos localidades se encuentran relativamente alejadas de estas regiones, una al norte entre la Sierra Madre Occidental y el Altiplano Sur y la otra en la Costa del Pacífico. La distribución geográfica de los monogéneos registrados en este trabajo se encuentra circunscrita en la de sus hospederos goodeinos (Webb *et al.*, 2004; Gesundheit y Macías-García, 2005).

Se observó que todas las especies de monogéneos estudiadas en este trabajo no muestran una especificidad hospedatoria marcada, es decir no se restringen a una especie o a un género particular de hospedero. Tal es el caso de *Gyrodactylus* sp. 1, *Gyrodactylus* sp. 2 y *Gyrodactylus* sp. 3, los cuales parasitan a *Allotoca dugesi* (Manantial Chapultepec, Michoacán), *Girardinichthys multiradiatus* (Lago de Chicahuapan, Estado de México) y *Goodea atripinnis* (Manantial Chapultepec, Michoacán y Río La Laja, Guanajuato), mientras que *Gyrodactylus* sp. 3 y *Gyrodactylus* sp. 4 parasitan a *Skiffia lermæ* (y *Zoogoneticus quitzeoensis* (ambos hospederos de Manantial Chapultepec, Michoacán) (ver Tabla 6).

Tabla 6. Inventario de monogéneos *Gyrodactylus* y *Salsuginus* parásitos de goodeinos de México.

Especie	Hospedero	Hábitat	Localidad	P % / IP / A / I	Fecha de colecta
<b>Gyrodactylidae</b>					
<i>Gyrodactylus</i> sp. 1	<i>Girardinichthys multiradiatus</i>	B, A, P	Chic	24 / 7 / 1.8 / 1-56	enero a octubre 2005
	<i>Skiffia lermæ</i>	B	Mcha	5.26 / 1 / 0.05 / 1	agosto 2005
	<i>Allotoca dugesi</i>	B	Mcha	9.52 / 1 / 0.09 / 1	agosto 2005
	<i>Xenotoca variata</i>	B	Igna	3.5 / 4 / 0.14 / 4	octubre 2002
	<i>Goodea atripinnis</i>	B	Mcha	50 / 1 / 0.5 / 1	agosto 2005
		B	Atot	10 / 1 / 0.1 / 1	enero 2003
		B	Rinc	11.76 / 1 / 0.11 / 1-2	junio 2003
		B	Laja	12.5 / 1 / 0.04 / 1	enero 2003
<i>Gyrodactylus</i> sp. 2	<i>G. multiradiatus</i>	B, A, P	Chic	14 / 1.6 / 0.2 / 1-4	enero a octubre 2005
	<i>A. dugesi</i>	A	Mcha	14.28 / 2.66 / 0.38 / 1-6	agosto 2005
	<i>Zoogoneticus quitzeoensis</i>	A	Mcha	10 / 1 / 0.1 / 1	agosto 2005
	<i>Goodea atripinnis</i>	A	Zuñi	14.28 / 1 / 0.142 /	octubre 1997
<i>Gyrodactylus</i> sp. 3	<i>G. multiradiatus</i>	A	Chic	8.35 / 0.7 / 0.26 / 1-3	enero a octubre 2005
	<i>Z. quitzeoensis</i>	A	Mint	13.33 / 1 / 0.13 / 1	agosto 2005
		B	Mcha	5 / 1 / 0.05 / 1	
	<i>Skiffia lermæ</i>	B, A	Mcha	47.36 / 1.66 / 0.78 / 1-3	agosto 2005
	<i>A. dugesi</i>	B, A	Mcha	19.04 / 1.5 / 0.28 / 1-2	agosto 2005
	<i>X. melanosoma</i>	B	Nori	10.52 / 2 / 0.21 / 1-4	septiembre 2005
		B	Rsim	20 / 2 / 0.4 / 2	septiembre 2005
	<i>G. atripinnis</i>	A	Fabe	3.44 / 1 / 0.034 / 1	enero 1997
		B	Mcha	50 / 1 / 0.5 / 1	
	<i>Gyrodactylus</i> sp. 4	<i>Z. quitzeoensis</i>	B	Mcha	10 / 1 / 0.1 / 1
	<i>S. lermæ</i>	B	Mcha	26.31 / 1.2 / 0.31 / 1-2	agosto 2005

Tabla 6. Continuación.

Especie	Hospedero	Hábitat	Localidad	P % / IP / A / I	Fecha de colecta	
<b>Dactylogyridae</b>						
<i>Salsuginus angularis</i> (Mueller, 1934)	<i>Xenotoca melanosoma</i>	B	Nori	50 / 1.78 / 0.89 / 1-5	septiembre 2005	
		B	Rsim	20 / 1 / 0.2 / 1	septiembre 2005	
Beverly-Burton, 1984	<i>X. variata</i>	B	Mint	7.69 / 1 / 0.07 / 1	agosto 2005	
		B	Mint	33.33 / 2.5 / 0.83 / 2-3	agosto 2005	
		B	Mint	100 / 2.8 / 2.8 / 1-11	agosto 2005	
	<i>Z. quitzeoensis</i>	B	Mcha	65 / 1.46 / 0.95 / 1-3	agosto 2005	
		B	Mcha	41 / 2.4 / 1 / 1-6	agosto 2005	
		B	Durz	69.44 / 1.8 / 1.27 / 1-7	julio 2003	
	<i>Xenotaenia resolanae</i>	B	Durz	69.44 / 1.8 / 1.27 / 1-7	julio 2003	
		B	Lcha	14.54 / 3.12 / 0.45 / 1-6	marzo 2003	
		B	Lcha	14.54 / 3.12 / 0.45 / 1-6	marzo 2003	
	<i>Salsuginus cf. angularis</i>	<i>Characodon audax</i>	B	Tobo	43.33 / 1.84 / 0.8 / 1-4	noviembre 2003
			B	Rosa	33.33 / 4 / 1.33 / 4	julio 2003
		<i>Ilyodon furcidens</i>	B	Rosa	33.33 / 4 / 1.33 / 4	julio 2003
			B	Cien	5 / 1 / 0.05 / 1	enero 2003
<i>Xenotoca variata</i>		B	Cien	5 / 1 / 0.05 / 1	enero 2003	
		B	Galv	12.5 / 1 / 0.125 / 1	octubre 1997	
		B	Mint	4.54 / 6 / 0.27 / 1-6	agosto 2003	
<i>Goodea atripinnis</i>	<i>Ameca splendens</i>	B	Teuc	5.71 / 1 / 0.05 / 1	agosto 2003	
<i>S. multipunctata</i>	<i>S. multipunctata</i>	B	Duer	12.5 / 1 / 0.12 / 1	enero 2004	

B = braquias, A = aletas, P = piel

P % = Prevalencia expresada en porcentaje.

IP = Intensidad promedio

A = Abundancia

I = Intervalo

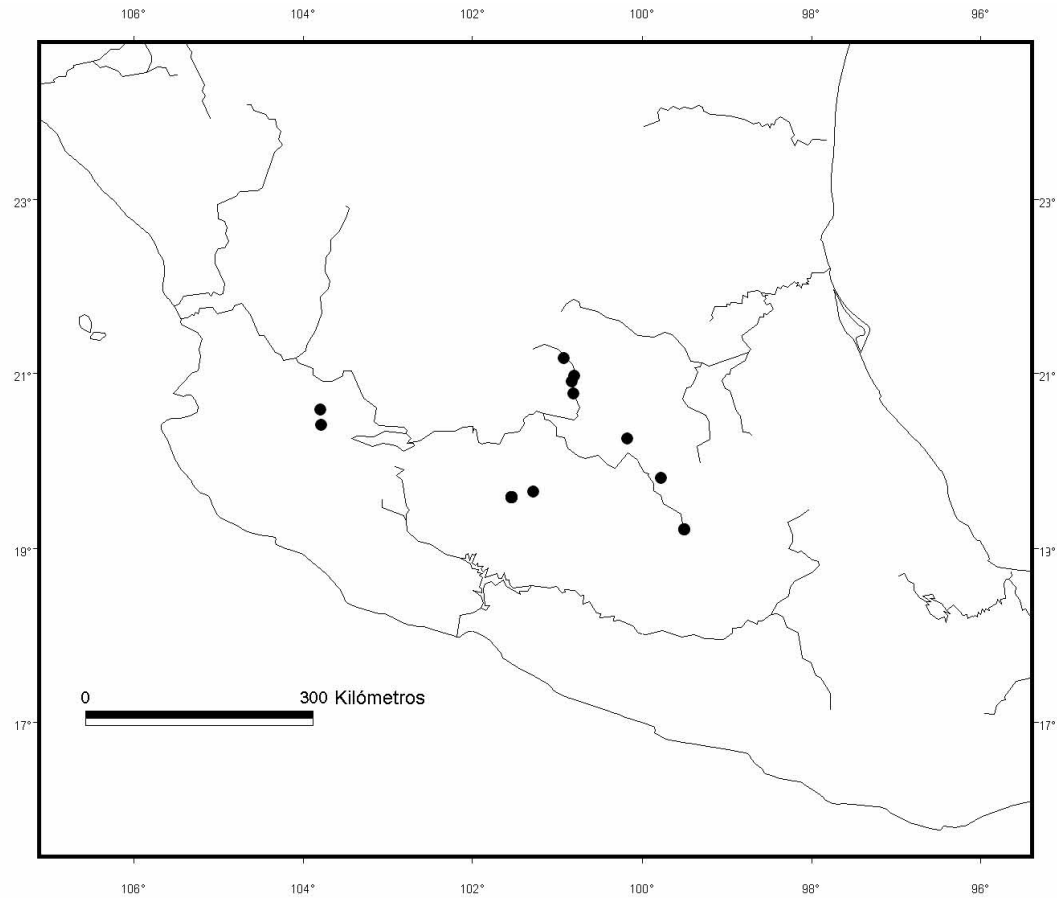


Figura 25. Distribución geográfica de especies del género *Gyrodactylus* parásitos de godeinos de México

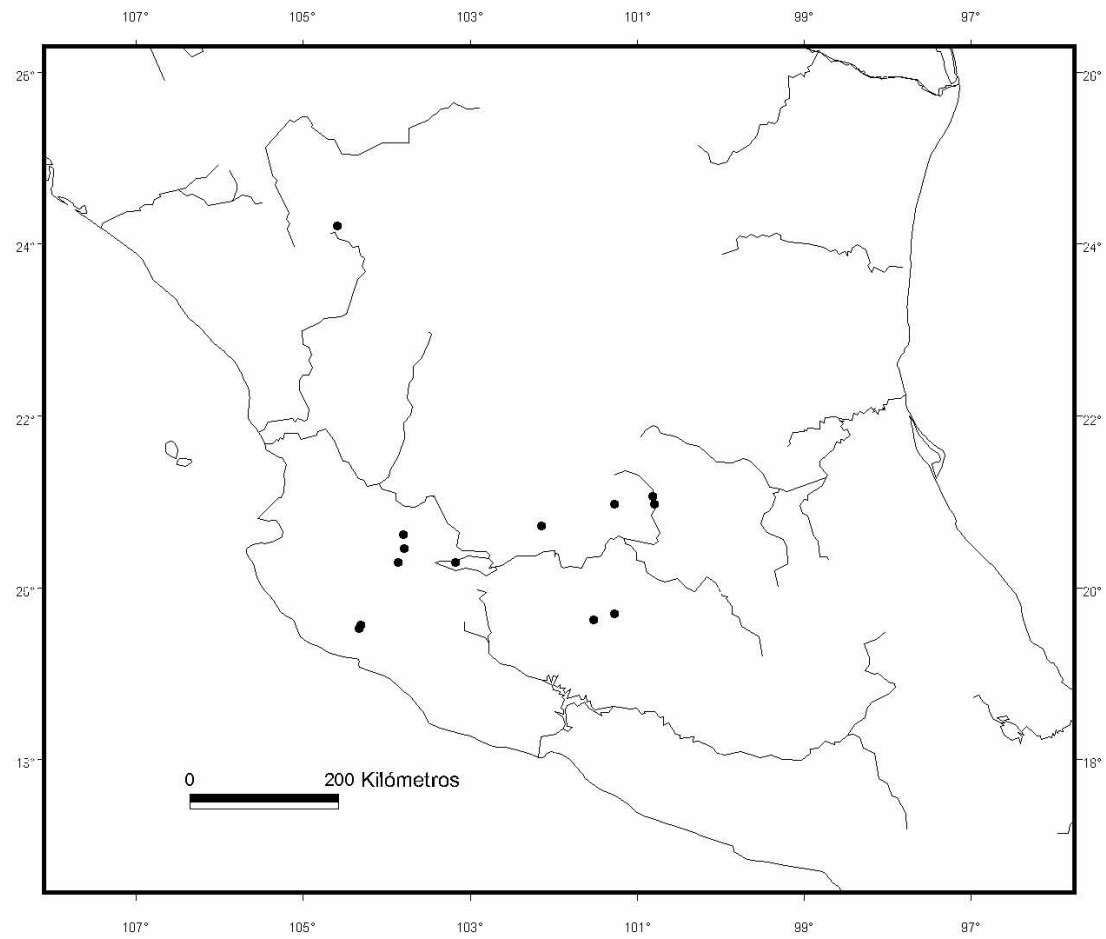


Figura 26. Distribución geográfica de monogéneos del género *Salsuginus* parásitos de goodeinos de México.

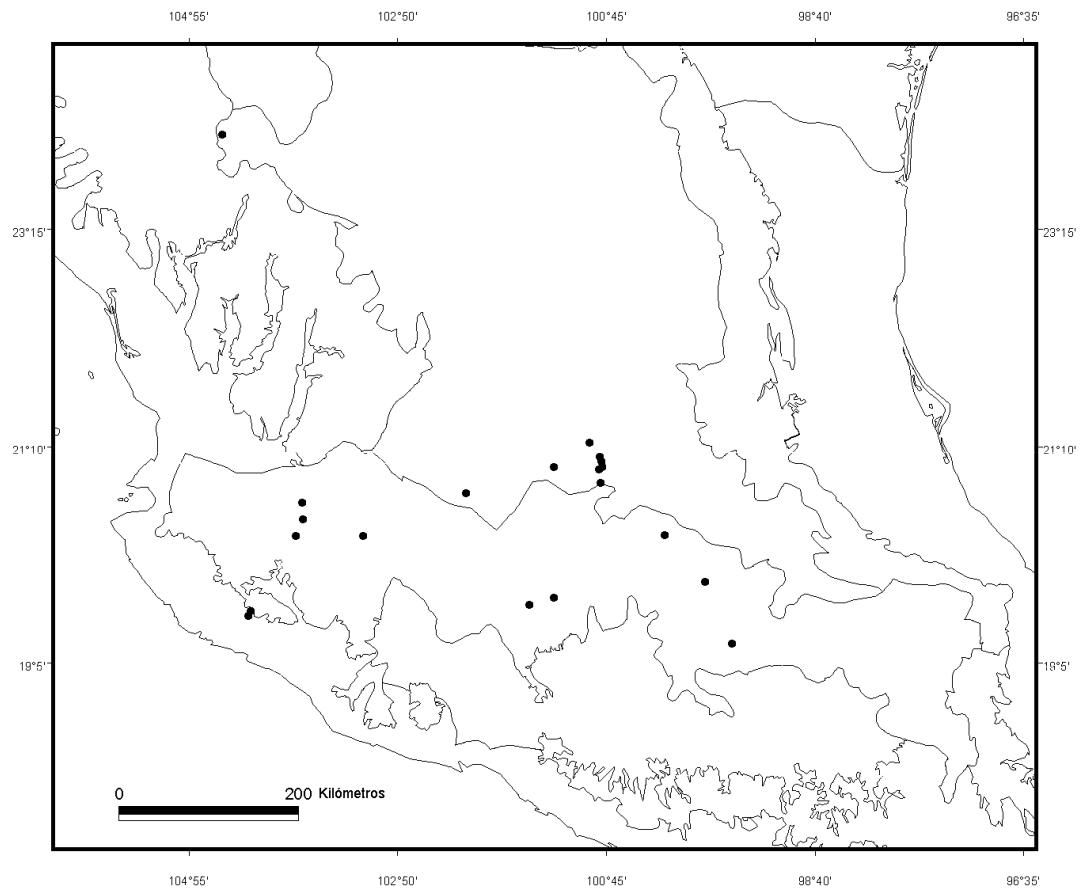


Figura 27. Localidades de recolecta de monogéneos parásitos de goodeinos sobre las provincias biogeográficas del Centro de México.

## **Análisis de la distribución geográfica de *Salsuginus angularis* en peces goodeinos de México.**

Se analizaron los patrones de distribución geográfica del monogéneo *S. angularis* con respecto a sus hospederos goodeinos y fundúlidos en Norteamérica por medio del método de Areografía, para ello se elaboró un árbol de tendido mínimo con base en 16 puntos de recolecta de la especie; 12 para México y cuatro para Estados Unidos y Canadá (Figura 28, Tabla 7), con base en estos registros se obtuvieron en total 15 trazos (Figura 29). La longitud promedio de los trazos fue de 393.95 km; a partir de cada punto de recolecta de *S. angularis* se trazaron circunferencias con un radio de 211.57 km, este valor representa dos veces la mitad de la desviación estándar. Se obtuvieron cuatro áreas de distribución para *S. angularis*; tres ubicadas en Canadá y Estados Unidos y una principal sin disyunciones ubicada en el centro de México. Las áreas de distribución identificadas para *S. angularis* correspondieron a la áreas de distribución de sus hospederos, *Fundulus diaphanus* en Estados Unidos y goodeinos de México. Se observó una clara separación entre las áreas de distribución de este monogéneo: las tres áreas del norte ubicadas en Canadá y Estados Unidos (Figura 30) pudieran representar un área continua, sin embargo no fue posible agruparlas debido a que se encuentran relativamente alejadas entre sí (separadas por una distancia promedio de 724 kilómetros); mientras que en el centro de México identificamos un área sin separaciones (Figura 30).



Tabla 7. Distribución geográfica actual de 13 especies de *Salsuginus*.

Especie	Hospedero	Localidad	Referencia
<b>Norteamérica</b>			
<i>Salsuginus angularis</i> (Mueller, 1934) Beverly-Burton, 1984	<i>Fundulus diaphanus</i>	Lago Oneida, Nueva York	Mueller, 1934
		Bahía de Quinte, New Brunswick, Canadá	Murith y Beverley-Burton, 1985
		Lago Ontario, New Brunswick, Canadá	Murith y Beverley-Burton, 1985
		Lago Bocabe, New Brunswick, Canadá	Murith y Beverley-Burton, 1985
		Nueva Escocia, Canadá	Wiles, 1975
		Newfoundland, Canadá	Dikinson y Therlfall, 1976
	<i>Xenotoca melanosoma</i>	New Brunswick, Canadá	Cone, 1980
		Manantial La Noria, Jalisco	Presente trabajo
	<i>X. variata</i>	Manantial Ramón Simón, Jalisco	Presente trabajo
		Manantial La Mintzita, Michoacán	Presente trabajo
	<i>S. lermae</i>	Manantial La Mintzita, Michoacán	Presente trabajo
		Manantial La Mintzita, Michoacán	Presente trabajo
	<i>Z. quitzeoensis</i>	Manantial La Mintzita, Michoacán	Presente trabajo
Manantial Chapultepec, Michoacán		Presente trabajo	
<i>Allotoca dugesi</i>	Manantial Chapultepec, Michoacán	Presente trabajo	
	Manantial Chapultepec, Michoacán	Presente trabajo	
<i>Xenotaenia resolanae</i>	Arroyo El Durazno, Jalisco	Presente trabajo	
	Arroyo El Durazno, Jalisco	Presente trabajo	
<i>Chapalichthys encaustus</i>	Lago de Chapala, Jalisco	Presente trabajo	
	Lago de Chapala, Jalisco	Presente trabajo	
<i>Salsuginus cf. angularis</i>	<i>Characodon audax</i>	Manantial El Toboso, Durango	Presente trabajo
		Manantial El Toboso, Durango	Presente trabajo
	<i>Ilyodon furcidens</i>	Río Puente La Rosa, Jalisco	Presente trabajo
		Río Puente La Rosa, Jalisco	Presente trabajo
	<i>Xenotoca variata</i>	Río La Laja (Cieneguita), Guanajuato	Presente trabajo
		Los Galvanes, Guanajuato	Presente trabajo
	<i>Goodea atripinnis</i>	Manantial La Mintzita, Michoacán	Presente trabajo
		Manantial La Mintzita, Michoacán	Presente trabajo
	<i>Ameca splendens</i>	Balneario "El Rincón" Teuchitlán, Jalisco	Presente trabajo
		Balneario "El Rincón" Teuchitlán, Jalisco	Presente trabajo
<i>S. multipunctata</i>	Río Duero, Michoacán	Presente trabajo	
	Río Duero, Michoacán	Presente trabajo	
<i>Poeciliopsis infans</i>	Río La Laja (Cieneguita), Guanajuato	Presente trabajo	
	Río La Laja (Cieneguita), Guanajuato	Presente trabajo	
<i>Salsuginus neotropicalis</i> Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001	<i>Belonesox belizanus</i>	Cenote Chaamac, Península de Yucatán	Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001

Tabla 7. Continuación.

Especie	Hospedero	Localidad	Referencia
<i>Salsuginus heteroclitii</i> Murith y Beverly-Burton, 1985	<i>F. heteroclitus</i>	Bahía de Passamaquoddy, New Brunswick, Canadá New Foundland, Canadá	Murith y Beverley-Burton, 1985 Dickinson y Threllfal, 1975
<i>Salsuginus fundulus</i> (Mizelle, 1940)	<i>F. catenatus</i> <i>F. notatus</i>	Arroyo Cove, Caryville Tennessee Texas	Mizelle, 1940 Meade y Bedinger, 1972
<i>Salsuginus seculus</i> (Mizelle y Arcadi, 1945)	<i>Gambusia affinis</i>  <i>G. affinis</i>	Río San Gabriel, California Louisiana Texas Texas Humedales en Tremont, Louisiana	Mizelle y Arcadi, 1945 Seamster, 1948 Nowlin <i>et al.</i> , 1967 Meade y Bedinger, 1972 Seamster, 1948
<i>Salsuginus spirae</i> (Williams, 1980)	<i>F. similis</i>  <i>F. grandis</i>	Isla Dauphin, Alabama Parque Estatal, Mobile Causeway, Alabama Santa Rosa Island, Florida Isla Dauphin, Alabama Bahía de Pensacola, Florida	Williams, 1980 Williams, 1980 Williams, 1980 Williams, 1980 Williams, 1980
<i>Salsuginus thalkeni</i> Janovy, Ruhnke y Wheeler, 1989	<i>F. zebrinus</i>	Río South Platte, Roscoe, Nebraska Río South Platte, Roscoe, Nebraska Río South Platte, Roscoe, Nebraska	Janovy <i>et al.</i> , 1989 Janovy <i>et al.</i> , 1997 Janovy <i>et al.</i> , 1991
<i>Salsuginus umbraensis</i> (Mizelle, 1938)	<i>F. notatus</i>  <i>F. dispar</i>	Río Embarras, Urbana, Illinois Illinois Louisiana	Mizelle, 1938 Kritsky y Leiby, 1973 Summers y Bennett, 1938*

Tabla 7. Continuación.

Especie	Hospedero	Localidad	Referencia
<i>Salsuginus yutanensis</i> Ferding, McDowell y Janovy, 1991	<i>F. sciadicus</i>	Arroyo Clear, Yután Nebraska	Ferding <i>et al.</i> , 1991
		Arroyo Clear, Yután Nebraska	Ferding <i>et al.</i> , 1993
		Bull Dith, Paxton, Keith County, Nebraska	Ferding <i>et al.</i> , 1993
		Arroyo Cedar, Yutan, Saunders County, Nebraska	Ferding <i>et al.</i> , 1993
<i>Salsuginus</i> sp.	<i>F. heteroclitus</i>	Virginia	Dillon, 1966
		Arroyo Brooks, Bahía de Chesapeake, Maryland	Barse, 1998
		Arroyo Indian, Bahía de Chesapeake, Maryland	Barse, 1998
	<i>F. majalis</i>	Virginia	Dillon, 1966
<i>F. parvipinnis</i>	California	Yoshino, 1972	
<b>Centroamérica</b>			
<i>Salsuginus neotropicalis</i> Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001	<i>Belonesox belizanus</i>	Río Ron, Costa Atlántica de Nicaragua	Mendoza-Franco <i>et al.</i> , 2003
<b>El Caribe y Las Antillas</b>			
<i>Salsuginus cubensis</i> Mendoza-Franco, Vidal-Martínez, Cruz-Quintana y Prats-León, 2006	<i>Limia vittata</i> <i>Gambusia</i> sp.	Ciénega de Zapata, Provincia de Matanza, Cuba	Mendoza-Franco <i>et al.</i> , 2006
		Río Almendares, Ciudad de la Habana, Cuba	Mendoza-Franco <i>et al.</i> , 2006
<i>Salsuginus seculus</i> (Mizelle y Arcadi, 1945)	<i>G. affinis</i>	Gran Estanque, Puerto de Nassau, Bahamas	Hanek y Fernando, 1972
<i>Salsuginus bahamianus</i> (Hanek y Fernando, 1972)	<i>Cyprinodon variegatus</i>	Gran Estanque, Puerto de Nassau, Bahamas	Hanek y Fernando, 1972
		Isla Nueva Providencia, Bahamas	Hanek y Fernando, 1972
<i>Salsuginus bermudae</i> Rand y Wiles, 1987	<i>F. bermudae</i>	Lago Lover, Bermuda	Rond y Wiles, 1987
		Lago Mangrove, Bermuda	Rond y Wiles, 1987

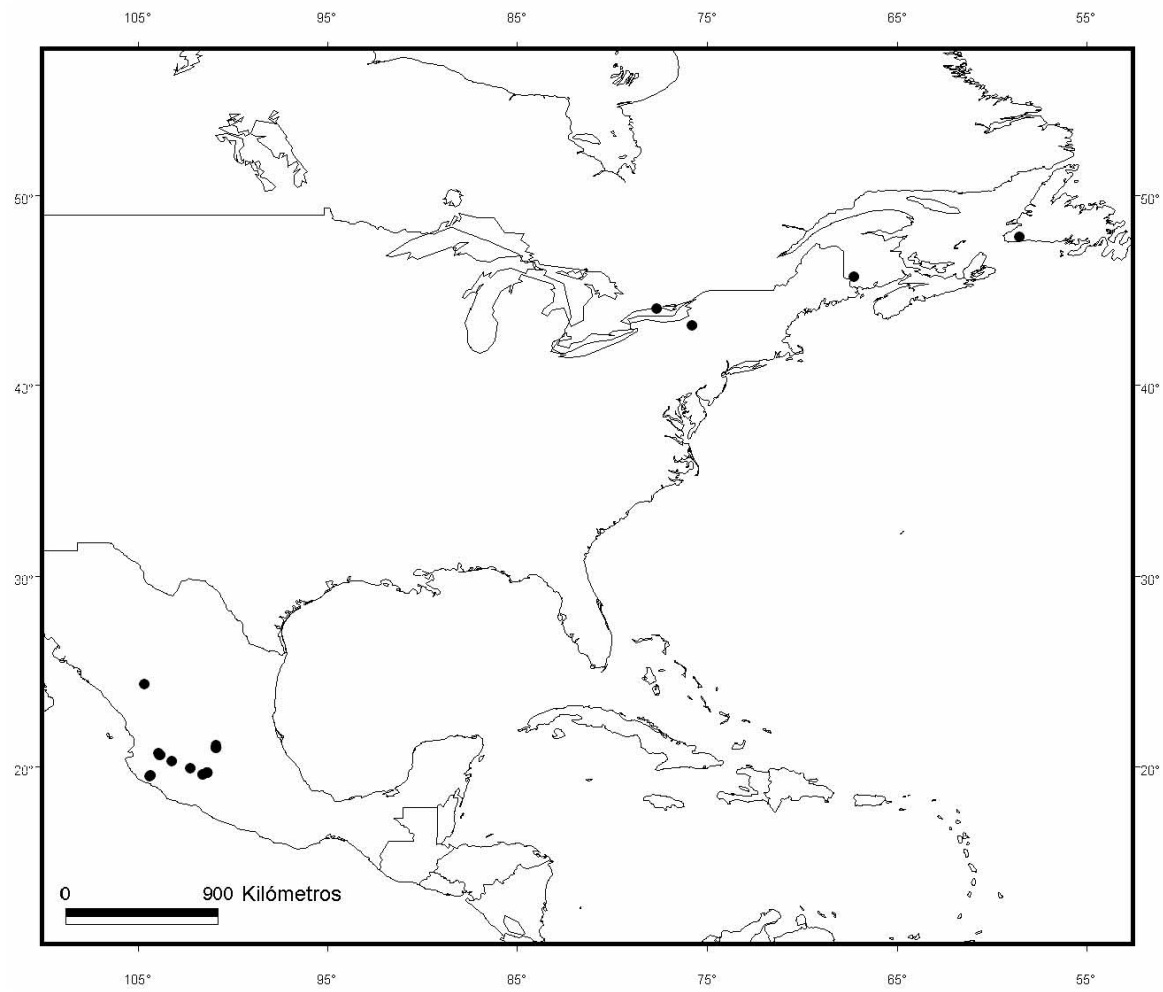


Figura 28. Distribución geográfica de *Salsuginus angularis* en el continente Americano.

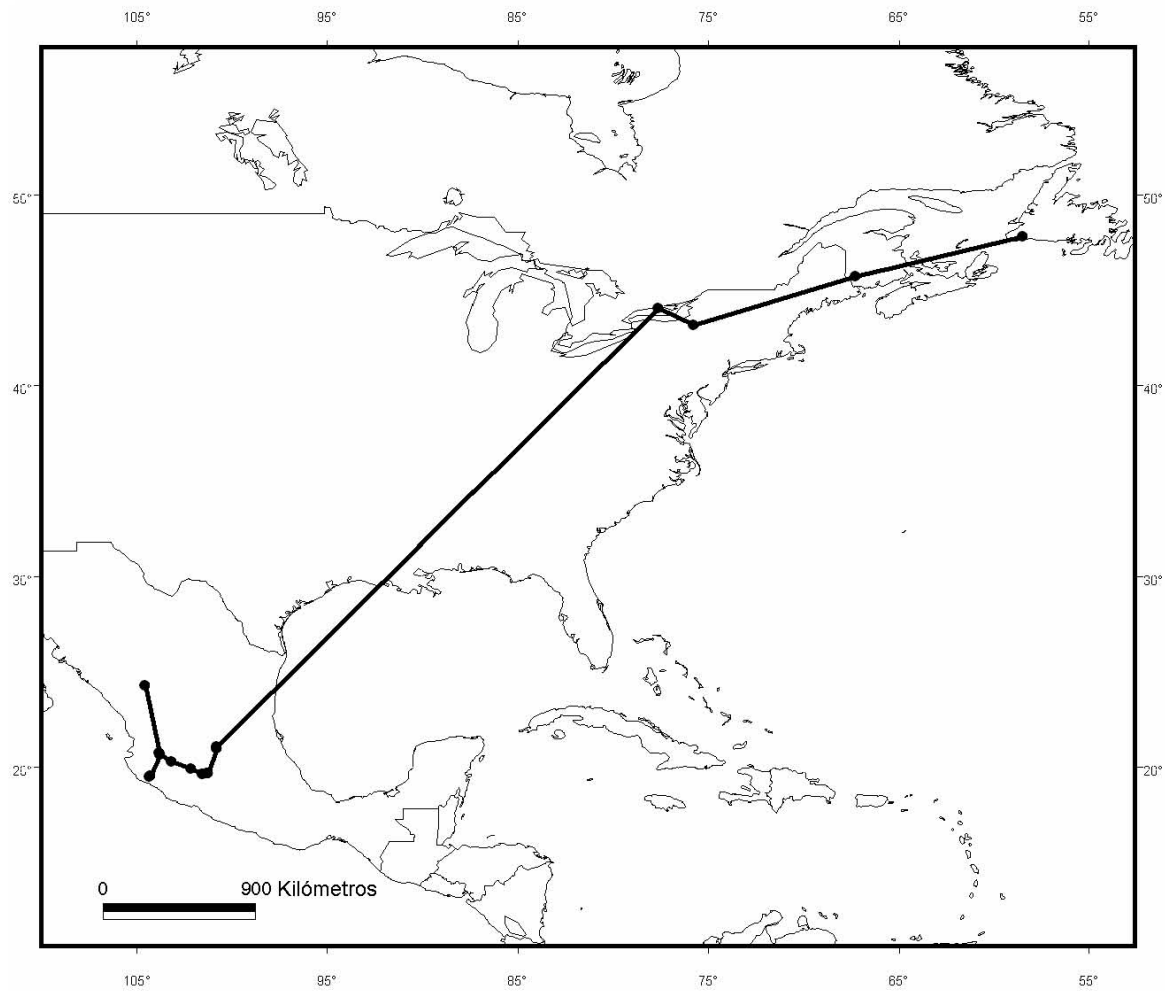


Figura 29. Árbol de tendido mínimo para *S. angularis*.

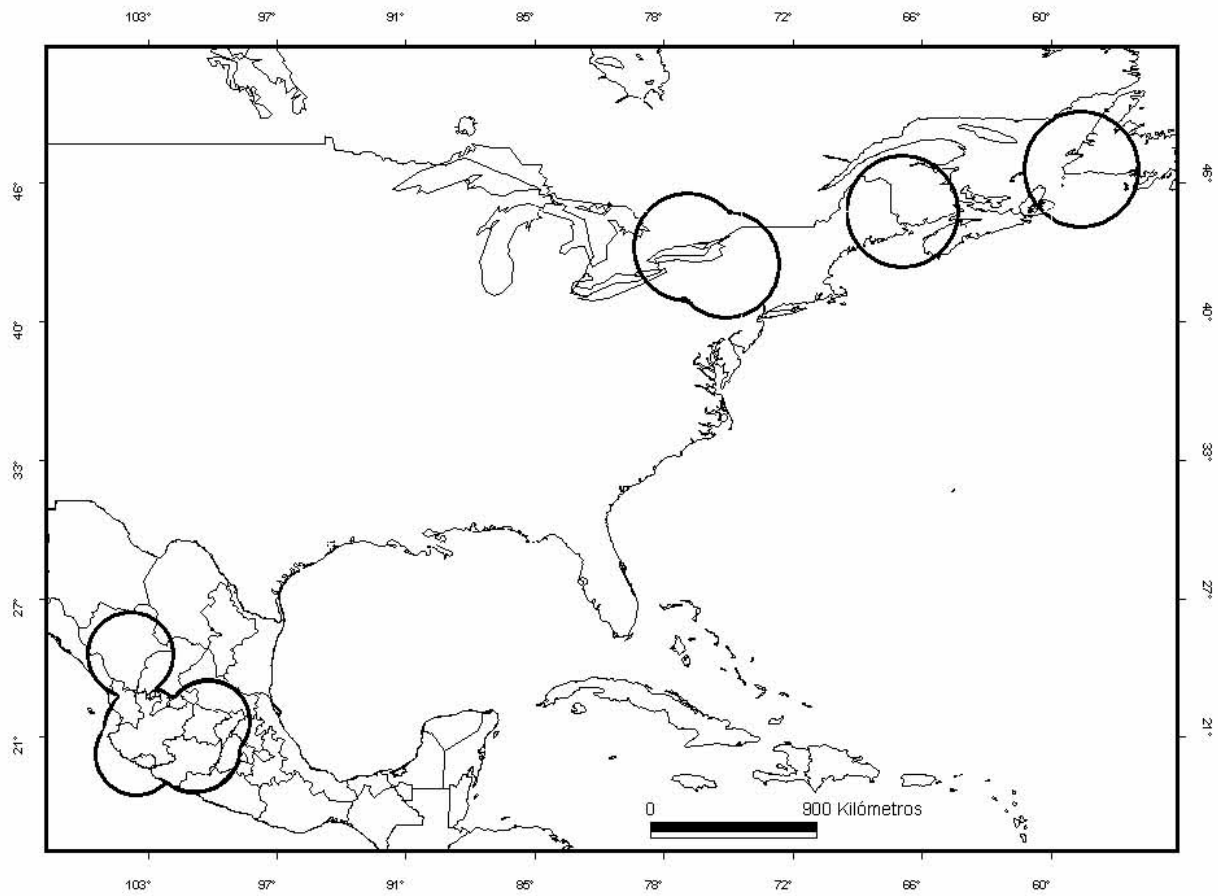


Figura 30. Áreas de distribución de *S. angularis* identificadas por medio del método de propincuidad media.

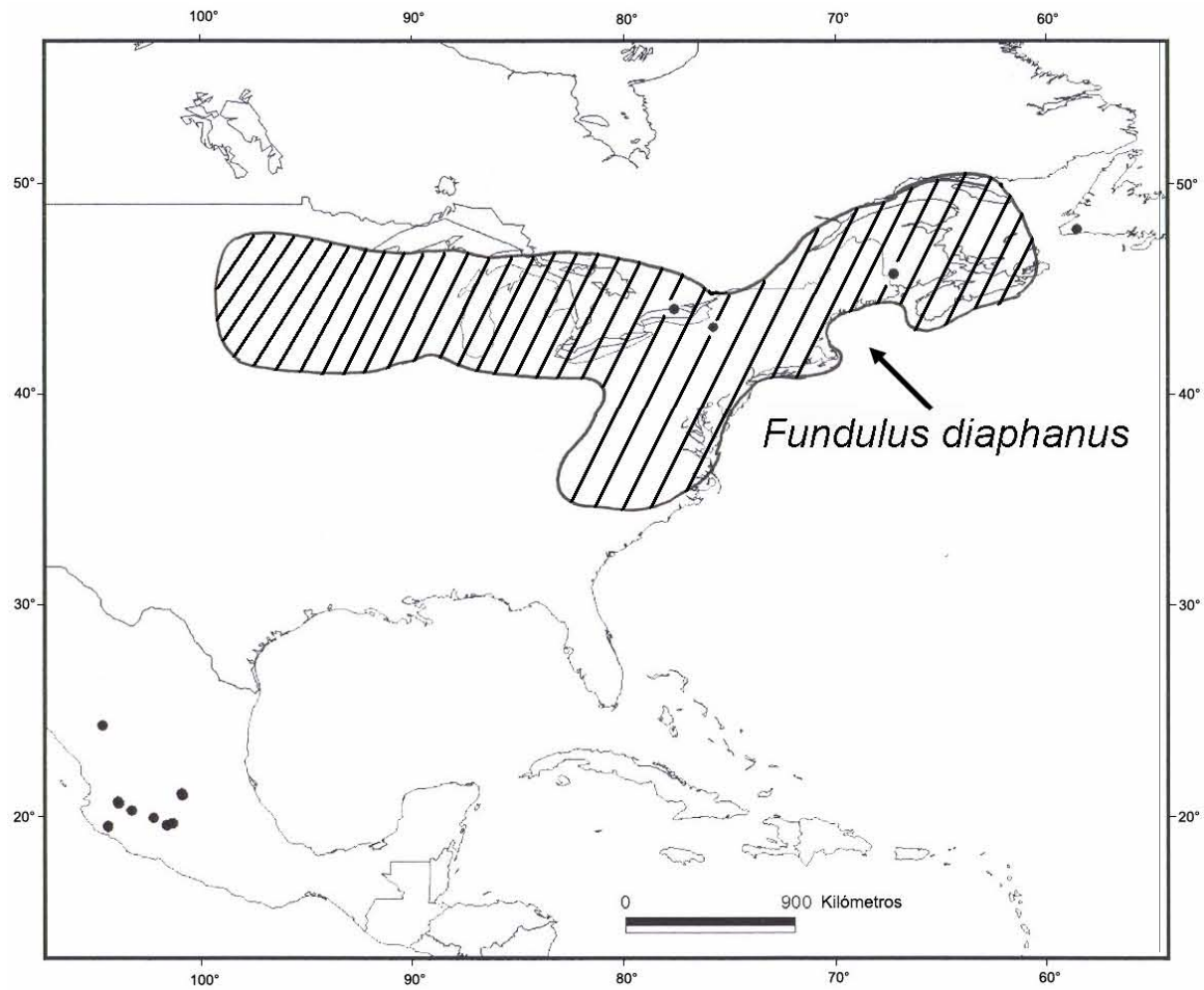


Figura 31. Distribución geográfica de *Fundulus diaphanus* y *Salsuginus angularis*.

## DISCUSIÓN

El estudio taxonómico de monogéneos parásitos de goodeinos reveló dos componentes. Un conjunto de cuatro especies de *Gyrodactylus* identificadas como taxones no descritos, al menos tres de ellas, morfológicamente más relacionadas entre sí que con sus congéneres del resto del continente Americano. La morfología diferencial que exhiben estas especies con respecto a otros girodactílicos, pudiera indicar que han evolucionado junto con sus hospederos goodeinos en cuerpos de agua continentales de México. En estudios posteriores se podrán explorar cuestiones acerca de las relaciones filogenéticas de los monogéneos parásitos de goodeinos con respecto a sus congéneres en América y estudiar los patrones evolutivos de esta fauna con respecto a la historia de sus hospederos.

Estas cuatro especies de *Gyrodactylus* ubican a los goodeinos dentro de los peces dulceacuícolas que albergan una riqueza de monogéneos comparable a la que se ha registrado en cíclidos (Cichlidae) que han sido intensamente estudiadas para helmintos (Salgado-Maldonado *et al.*, 1997; Vidal-Martínez *et al.*, 2001; Salgado-Maldonado, 2006).

Las especies de *Gyrodactylus* recolectadas de goodeinos son particulares para esta subfamilia de peces, sin embargo no muestran un patrón de parasitismo específico. A pesar de que examinamos menos de la mitad de las especies de goodeinos, nuestros datos indican que girodactílicos y dactilogíridos, se encuentran parasitando a casi todas las tribus de goodeinos, es decir que estas especies no están restringidas a una especie o género particular de hospederos y son capaces de parasitar a especies con edades de divergencia distintas (Webb *et al.*, 2004). Un patrón similar de parasitismo se presenta en *S. angularis* y *S. cf. angularis*, estas especies no están restringidas a una especie o género particular de goodeinos. Este patrón indica que *Salsuginus* puede infectar a un amplio espectro de peces ciprinodontiformes en aguas continentales de México.

El segundo componente de la fauna de monogéneos de goodeinos está integrado por *Salsuginus angularis*, una especie descrita originalmente de *Fundulus diaphanus* en la costa oriental de Estados Unidos, posteriormente redescrita a partir de ejemplares recolectados del mismo hospedero en Canadá (Mueller, 1934; Beverly-Burton, 1984; Murith y Beverly-Burton, 1985) y en el presente trabajo se registra por primera vez para peces goodeinos endémicos de México.



Se ha sugerido que la distribución actual de parásitos con ciclo de vida directo, como son los monogéneos, ha sido influenciada por eventos históricos de dispersión y vicarianza que afectaron a sus hospederos (Bentz *et al.*, 2006). Tal pudiera ser el caso de las especies de monogéneos del género *Salsuginus*. Las 13 especies de este género, parasitan a peces del orden Cyprinodontiformes dentro de los géneros *Fundulus* (Fundulidae), *Cyprinodon* (Cyprinodontidae), *Gambusia*, *Belonesox* y *Limia* (éstos tres últimos Poeciliidae), y *Characodon*, *Goodea*, *Xenotoca*, *Chapalichthys*, *Xenotaenia*, *Amea*, *Skiffia*, *Ilyodon* y *Allotoca* (Goodeidae) en Canadá, Estados Unidos de América, centro y sureste de México, Nicaragua, El Caribe y Las Antillas (Mueller, 1934, 1940; Murith y Beverly-Burton, 1985; Wiles, 1975; Dickinson y Thelfall, 1976; Cone, 1980; Mizelle, 1938, 1940; Meade y Bedinger, 1972; Seamster, 1948; Williams, 1980; Janovy *et al.*, 1989, 1997, 1991; Kritsky y Leiby, 1973; Summers y Bennett, 1938; Ferding *et al.*, 1991, 1993; Dillon, 1966; Barse, 1998; Yoshino, 1972; Mendoza-Franco y Vidal-Martínez, 2001; Mendoza-Franco *et al.*, 2003a; Mendoza-Franco *et al.*, 2006; Hanek y Fernando, 1972; Rand y Wiles, 1987; Martínez-Aquino *et al.*, 2004; Martínez-Aquino *et al.*, 2007a; 2007b).

La distribución geográfica de *Salsuginus* comprende tres regiones principales: diez especies distribuidas en Norteamérica (Estados Unidos de América, Canadá, centro y sureste de México), una en Centroamérica (costa Atlántica de Nicaragua) y cuatro en El Caribe y Las Antillas (Cuba, Bahamas y Bermuda). Este patrón de distribución pudiera explicarse con base en la historia evolutiva de los ciprinodontiformes en América. Se ha sugerido que este grupo de peces invadió el continente Americano en dos eventos independientes. Uno de ellos involucra la colonización de Las Antillas por vía oceánica y el otro corresponde a la invasión de Centroamérica probablemente por vía continental (Mendoza-Franco *et al.*, 2006; Briggs, 1984). Briggs (1984) señaló que esta invasión pudo haber iniciado durante la mitad de Terciario (aproximadamente hace 30 millones de años).

La presencia de especies de *Salsuginus* en Las Antillas y Centroamérica pudiera sugerir que los ancestros ciprinodontiformes que invadieron estas áreas, llevaron consigo a una fauna ancestral de monogéneos (p. ej. *Salsuginus*), los cuales han tenido el tiempo evolutivo suficiente para asociarse con especies de hospederos con historias evolutivas distintas (p. ej. Goodeidae, Fundulidae, Cyprinodontidae y Poeciliidae).

Los peces de la familia Goodeidae experimentaron eventos vicariantes en el norte de México, debido probablemente a la desecación gradual de los cuerpos de agua

en esta región, fragmentando a los linajes ancestrales de la familia: Empetrichthyinae y Goodeinae (Parenti, 1981; Webb *et al.*, 2004). Webb *et al.* (2004) sugirieron una edad de divergencia entre ambas subfamilias de 16.8 millones de años, aproximadamente en a la mitad Mioceno. Ambas subfamilias muestran una distribución geográfica discontinua; Empetrichthyinae se distribuye en la Gran Cuenca al Suroeste de los Estados Unidos, mientras que Goodeinae está restringida principalmente al centro de México (Parenti, 1981; Webb *et al.*, 2004; Berra, 2001).

La fragmentación de los goodeinos en el norte de México y su posterior invasión al centro del país, pudieron haber jugado un papel clave en la distribución geográfica actual del monogéneo *S. angularis*. Esta especie muestra un área de distribución más amplia que el resto de las 12 especies de *Salsuginus*, sin embargo no hay registros de monogéneos dactilogíridos en el norte del país que pudieran corroborar este patrón de distribución. Adicionalmente *S. angularis* es la única especie del género que parasita a especies de 12 géneros y dos familias de peces ciprinodontiformes.

La distribución geográfica de *S. angularis* incluye cuerpos de agua continentales en Nueva York, Estados Unidos de América y zonas salobres ubicadas en las provincias de New Brunswick y Newfoundland, Canadá (Tabla 7); mientras que en México comprende ríos, arroyos, manantiales y presas pertenecientes a las cuencas de los Ríos Lerma, Ameca y San Pedro Mezquital (Figura 28). El hecho de que las especies de *Salsuginus* habiten tanto en ambientes salobres como dulceacuícolas puede indicar que estos monogéneos se han adaptado a las distintas condiciones ambientales de sus hospederos peces.

Mediante la aplicación del MPM logramos identificar 3 áreas separadas para *S. angularis* en Canadá y Estados Unidos y un área principal en el centro de México (Figura 30). Debido a que los puntos de colecta de *S. angularis* en el norte del continente se encuentran relativamente alejados, no fue posible compactarlas en una sola área. Estas áreas coinciden con el área de distribución propuesta para su hospedero *Fundulus diaphanus* (Ariel y Turgeon, 2006; Figura 31), por tanto en este trabajo se sugiere que *S. angularis* parasita a *F. diaphanus* a lo largo de su área de distribución. En México, se identificó un área de distribución principal para *S. angularis*, la cual coincide con el área de distribución de la mayoría de las especies de goodeinos. La delimitación del área de distribución de *S. angularis* mediante el MPM sugiere que esta especie pudiera estar presente en otras especies de goodeinos que no han sido estudiadas para monogéneos como son *Allodontichthys hubbsi*, *A. polylepis*, *A. tamazule*, *A.*

*zonistius*, *Ilyodon whitei*, *Allophorus robustus*, *Chapalichthys pardalis*, *Xenophorus captivus*, *Ataenobius toweri*, *Xenotoca eiseni*, *Zoogoneticus tequila*, *Allotoca regalis*, *A. maculata*, *A. catarinae*, *A. diazi*, *Girardinichthys viviparus*, *Skiffia bilineata*, *Skiffia francesae* y *Characodon lateralis*.

La distribución actual de *S. angularis* en cuencas hidrológicas Mexicanas que actualmente no presentan conexiones como el Río Lerma, Ameca y San Pedro Mezquital pudiera explicarse con base en la reconstrucción paleohidrológica del Centro de México propuesta por De Cserna y Álvarez (1995). Esta sugiere que en el Mioceno (hace aproximadamente 25 millones de años), en esta región se encontraban tres sistemas hidrológicos principales: El Río Tapalcatepec-Balsas-Mexcala, el Verde-Naranjo y el Armería. Durante el Mioceno-Tardío Plioceno-Temprano ocurrió la división del Río Verde, dando origen al Río Grande de Santiago. La actividad volcánica durante este periodo bloqueó las corrientes que drenaban hacia el Sur, incluyendo algunos tributarios del Río Balsas, formándose así el Río Lerma. Este fluía hacia el oeste conectándose con el Río Naranjo. Es posible que a lo largo del curso de este río se encontraran una serie de lagos; la parte inicial del Lerma estaba ocupada por el lago Tollocan, otras regiones adyacentes pudieron estar ocupadas por otros lagos de origen volcánico. Otras regiones como el Bajío, Chapala y Sayula pudieron estar ocupadas por otro lago de gran extensión. La mayor extensión de estos lagos probablemente ocurrió durante el Pleistoceno.

Hace aproximadamente 1 millón de años una intensa actividad volcánica separó el curso del Río Lerma del Naranjo, transformando al Lerma en una cuenca cerrada que progresivamente formó el Paleolago Jalisco. Este lago estuvo comunicado con los Ríos Ameca y Armería, además de una conexión secundaria con el Río Verde al cual capturó, provocando su retroceso, formándose así el sistema Lerma-Santiago. De acuerdo con De Cserna y Álvarez (1995) es posible que durante el Pleistoceno ocurrieran levantamientos geológicos que fragmentaron la cuenca ancestral del Paleolago Jalisco, provocando desecación de los cuerpos de agua hasta que estos desaparecieron casi por completo. Los remanentes de este antiguo lago son Chapala, Cuitzeo, Pátzcuaro, Zirahuén y otros cuerpos de agua secundarios adyacentes.

Estos procesos de captura y fragmentación de cuencas hidrológicas afectaron la distribución actual de los goodeinos y por consiguiente la distribución de *S. angularis*. La presencia de este monogéneo en fundúlidos de Norteamérica así como en prácticamente todas las tribus de goodeinos, incluyendo la más antigua Characodontini

(*Characocon audax-C. lateralis*) con una edad de divergencia aproximada de 10.5 millones de años (Webb *et al.*, 2004; Domínguez-Domínguez *et al.*, 2006b), sugiere que el origen de *S. angularis* se remonta a principios del Mioceno. Es posible que esta especie haya estado presente en goodeinos mucho antes de la ocurrencia de los eventos vicariantes y de dispersión que afectaron la distribución actual de estos peces. Al divergir los goodeidos, éstos pudieron transportar a *S. angularis* hacia el centro de México. La presencia de este monogéneo en goodeinos sugiere que los procesos vicariantes que experimentaron estos peces, no favorecieron eventos de especiación en *S. angularis*, ya que fue la única especie de dactilogrído recolectada en estos peces dentro de su área de distribución.

El patrón de distribución discontinuo de *S. angularis* en Norteamérica, sugiere que este monogéneo podría estar presente en otros fundúlidos de la Planicie Central de Estados Unidos, donde actualmente se distribuye la mayoría de las especies de *Fundulus* (Ariel y Turgeon, 2006). En esta región se han registrado nueve especies de *Salsuginus*, las cuales son morfológicamente similares a *S. angularis*. Murith y Beverly-Burton (1985) sugirieron que este complejo de especies, podría representar variaciones morfológicas de *S. angularis*, sin embargo con base en la morfología de sus estructuras esclerotizadas, no era posible establecer sinonimias. Por tanto, la distribución geográfica de este monogéneo podría ser continua en Norteamérica.

Mendoza-Franco *et al.* (2006) realizaron la revisión de ejemplares tipo de nueve especies de *Salsuginus* y mencionaron que el estado de conservación de estos ejemplares no permitió cuantificar caracteres morfológicos para una reconstrucción filogenética del género, por tanto una alternativa serían estudios moleculares. Este tipo de herramientas permitirían por un lado establecer un criterio para la separación entre especies y por otro estimar las edades de divergencia de estos monogéneos y de este modo construir una hipótesis general acerca de su evolución en el continente Americano.

Se ha sugerido que la riqueza helmintológica de una región está estrechamente relacionada su diversidad ictiológica (Salgado-Maldonado *et al.*, 2005). Este patrón parece repetirse en el caso de los goodeinos y sus monogéneos, debido a que la mayor riqueza de estos parásitos coincide con el área donde habitan la mayoría de especies de goodeinos, es decir las cuencas del Lerma y Ameca (Gesundheit y Macías-García, 2005; Webb *et al.*, 2004). Los análisis morfológicos y de distribución geográfica de monogéneos de goodeinos, presentados en este trabajo aun son limitados. Se requieren

estudios helmintológicos en cuencas hidrológicas como la del Río Panuco, Balsas y Ayuquila, con tamaños de muestra más homogéneos para establecer un inventario regional más preciso de la composición de monogéneos parásitos de estos peces.

Este trabajo pone de manifiesto, por una lado, la complejidad morfológica de las especies de monogéneos parásitos de goodeinos (*Gyrodactylus* y *Salsuginus*), la cual oscurece las posibles relaciones filogenéticas con otras especies de estos géneros, así como la necesidad de implementar otras herramientas como los estudios moleculares, que pudieran situar a este componente faunístico dentro de un contexto filogenético como se ha realizado recientemente (Harris y Cable, 2000; Huysse y Malmberg, 2004; Cable *et al.*, 1999; Cable *et al.*, 2005).

Existe una correspondencia entre la distribución geográfica de los goodeinos y la Faja Volcánica Transmexicana, en donde se encuentra la mayoría de los puntos de recolecta de la especie de esta subfamilia (Gesundheit y Macías-García, 2005). La distribución restringida de algunas de estas especies, las ha puesto en alguna categoría de riesgo, debido a la degradación y reducción de su hábitat (NOM-059-ECOL, SEMARNAT, 2001). Recientemente, se han generado estrategias de conservación para regiones de alta diversidad, principalmente de taxones endémicos, tal es el caso de los goodeinos (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2006a; Martínez-Aquino *et al.*, 2007b). Con base en los resultados obtenidos en este trabajo aun no es posible establecer con certeza que las especies de *Gyrodactylus* registradas en este trabajo sean endémicas para peces goodeinos de México, sin embargo el estudio de estos helmintos aportaría información en la conservación de ecosistemas acuáticos de México y a su vez de este importante componente de la ictiofauna mexicana que son los peces goodeinos.

## LITERATURA

- Abril, J. y J. Turgeon. 2006.** Phylogeography of the banded killifish (*Fundulus diaphanus*): glacial races and secondary contact. *Journal of Fish Biology* 69 (suplemento B): 212-228.
- An, J., C. A. Jara y D. K. Cone. 1991.** Five species of *Gyrodactylus* Nordmann, 1832 (Monogenea) from freshwater fishes of Peru. *Canadian Journal of Zoology* 69: 109-202.
- Bakke, T. A., P. D. Harris, P. A. Jansen y L. P. Hansen. 1992.** Host specificity and dispersal strategy in gyrodactylid monogeneans, with particular reference to *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea). *Diseases of Aquatic Organism* 13: 63-74.
- Bakke, T., P. D. Harris y J. Cable. 2002.** Host specificity dynamics: observations on gyrodactylid monogeneans. *International Journal for Parasitology* 32: 281-308.
- Barse, A. M. 1998.** Gill parasites of mummichogs, *Fundulus heteroclitus* (Teleostei: Cyprinodontiformes): effects of season, locality and host sex and size. *Journal of Parasitology* 84: 236-244.
- Bauer, O. N. 1991.** Spread of parasites and diseases of aquatic organisms by acclimatization: a short review. *Journal of Fish Biology* 39: 679-686.
- Bentz, S., N. D. Sinnappah-Kang, S. L. Lee-Hong, B. Lebedev, C. Combes y O. Verneau. 2006.** Historical biogeography of amphibian parasites, genus *Polystoma* (Monogenea: Polystomatidae). *Journal of Biogeography* 33: 742-749.
- Berra, T. M. 2001.** *Freshwater fish distribution*. Academic Press, USA. 604 pp.
- Beverly-Burton, M. 1984.** Monogenea and Turbellaria. En. Margolis, L. y Z. Kabata. (eds.). *Guide to the parasites of fishes of Canada. Part I*. Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences. 74: 1-209
- Boeger, W. A. y F. Popazoglo. 1995.** Neotropical Monogenoidea. 23. Two new species of *Gyrodactylus* (Gyrodactylidae) from a cichlid and erythrinid fish of southeastern Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz* 90: 689-694.
- Briggs, J. C. 1984.** Freshwater fishes and biogeography of Central America and the Antilles. *Systematic Zoology* 33: 428-435.
- Bychowsky, B. E. 1957.** *Monogenetic trematodes, their systematics and phylogeny*. Izdatel'stvo Akademiya Nauk SSSR, Moscow-Leningrad (En Ruso), Editado por Hargis W. J. Jr., Traducido al Inglés por Oustinoff, P. C. American Institute of Biological Science, Washington, D. C. 509 pp.
- Cable, J. y P. D. Harris. 2002.** Gyrodactylid developmental biology: historical review, current status and future trends. *International Journal for Parasitology* 32: 255-280.

- Cable, J., C. van Oosterhout, N. Barson y P. D. Harris. 2005.** *Gyrodactylus pictae* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae) from the Trinidadian swam guppy *Poecilia picta* Regan, with a discussion on species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 and their poeciliids hosts. *Systematic Parasitology* 60: 159-164.
- Cable, J., P. D. Harris, R. C. Tinsley y C. M. Lazarus. 1999.** Phylogenetic analysis of *Gyrodactylus* spp. (Platyhelminthes: Monogenea) using ribosomal DNA sequences. *Canadian Journal of Zoology* 77: 1439-1449.
- Christion, K. W., A. P. Shinn y J. G. van As. 2005.** *Gyrodactylus thlapi* n. sp. (Monogenea) from *Pseudocrenilabrus philander philander* (Weber) (Cichlidae) in the Okavango Delta, Botswana. *Systematic Parasitology* 60: 165-173.
- Cone, D. K. 1980.** The Monogenea of some freshwater fishes in New Brunswick, Canada. *Journal of Parasitology* 66: 178-180.
- Costa, W. J. E. M. 1998.** Phylogeny and classification of the Cyprinodontiformes (Euteleostei: Atherinomorpha): a reappraisal. *En: Malabarba, L. R., R. E. Reis, R. P. Vari, Z. M. Lucena y C. A. S. Lucena. (eds.). Phylogeny and classification of Neotropical fishes.* Edipucrs, Porto Alegre, Brasil. pp. 537-560.
- Cribb, T. H., L. A. Chisholm y R. A. Bray. 2002.** Diversity in the Monogenea and Digenea: does lifestyle matter? *International Journal for Parasitology* 32: 321-328
- De Cserna y R. Álvarez. 1995.** Quaternary drainage developmental in Central Mexico and the threat of an environmental disaster: A geological appraisal. *Environmental and Engineering Geoscience* 1: 29-34.
- Dickinson, A. B. y W. Threlfall. 1976.** Some parasites of *Fundulus diaphanus* and *Pungitius pungitius* from insular Newfoundland. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 43: 86-87.
- Dillon, W. A. 1966.** Provisional list of parasites occurring on *Fundulus* spp. *Virginia Journal of Science* 17: 21-31.
- Domínguez-Domínguez, O., E. Martínez-Meyer, L. Zambrano y G. Pérez-Ponce de León. 2006a.** Using ecological-niche modeling as a conservation tool for freshwater species: live-bearing fishes in Central Mexico. *Conservation Biology* 20: 1730-1739.
- Domínguez-Domínguez, O., I. Doadrio y G. Pérez-Ponce de León. 2006b.** Historical biogeography of some river basins in central Mexico evidenced by their goodeine freshwater fishes: a preliminary hypothesis using a secondary Brooks parsimony analysis. *Journal of Biogeography* 33: 1437-1447.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI) 2000.** *Arc View GIS Version 3.2.* Nueva York, E.U.
- Ergens, R. 1969.** The suitability of ammonium picrate-glycerin in preparing slides of lower monogenoidea. *Folia Parasitologica* 16: 320.

**Espinosa-Organista, D. y J. Llorente-Bousquets. 1993.** *Fundamentos de Biogeografías Filogenéticas*. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. 133 pp.

**Espinosa-Organista, D., J. J. Morrone, J. Llorente-Bousquets y O. Flores-Villela. 2002.** *Introducción al análisis de patrones en biogeografía histórica*. Las Prensas de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F. 133 pp.

**Espinosa-Pérez, H., P. Fuentes-Mata, M. T. Gaspar-Dillanes y V. Arenas. 1998.** Notas acerca de la ictiofauna mexicana. *En*: Ramamoorthy T. P., R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México, pp. 227-249.

**Euzet, L. y C. Combes. 1998.** The selection of habitats among the monogenea. *International Journal for Parasitology* 28: 1645-1652.

**Ferding, M. T., M. A. McDowell y J. Jr. Janovy. 1991.** *Salsuginus yutanensis* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Fundulus sciadicus* in Clear Creek of Eastern Nebraska. *Journal of Parasitology* 77: 58-61.

**Ferding, M. T., M. A. McDowell, J. Jr. Janovy y R. E. Clopton. 1993.** Patterns of morphological variation of *Salsuginus yutanensis* (Monogenea: Ancyrocephalidae) over space and time. *Journal of Parasitology* 79: 744-750.

**Ferraz, E., A. P. Shinn y C. Sommerville. 1994.** *Gyrodactylus gemini* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae), a parasite of *Semaprochilodus taeniurus* (Steindachner) from the Venezuelan Amazon. *Systematic Parasitology* 29: 217-222.

**Froese, R. y D. Pauly. 2007.** *FishBase*. World Wide Web electronic publication. <http://www.fishbase.org>

**Gsesundheit, P. y C. Macías-García. 2005.** Biogeografía cladística de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes). *En*: Llorente-Bousquets, J. y J. J. Morrone (eds.). *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F., pp. 319-338.

**Hanek, G. y G. H. Fernando. 1971.** Monogenetic trematodes from the Bay of Quinte area, Ontario. II. Genus *Gyrodactylus* Nordmann, 1832. *Canadian Journal of Zoology* 49: 1331-1341.

**Hanek, G. y G. H. Fernando. 1972a.** Monogenetic trematodes from New Providence Island, Bahamas. *Journal of Parasitology* 58: 1117-1118.

**Hanek, G. y G. H. Fernando. 1972b.** Monogenetic trematodes from the Bay of Quinte area, Ontario. III. Genera *Actinocleidus*, *Cleidodiscus*, *Urocleidus* and *Tetraoncus*. *Canadian Journal of Zoology* 50: 1303-1312.



- Hanek, G. y W. Threlfall. 1969.** Monogenetic trematodes from Newfoundland, Canada. 1. New species of the genus *Gyrodactylus* Nordmann, 1832. *Canadian Journal of Zoology* 47: 951-955.
- Hargis, W. J. 1955.** Monogenetic trematodes of Gulf of Mexico fishes. Part 1. The Superfamily Gyrodactyloidea. *Biological Bulletin* 108: 125-137.
- Harris, P. D. 1986.** Species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Monogenea Gyrodactylidae) from poeciliids fishes, with a description of *G. turnbulli* sp. nov. from the guppy, *Poecilia reticulata* Peters. *Journal of Natural History* 20: 183-191.
- Harris, P. D. y J. Cable. 2000.** *Gyrodactylus poeciliae* n. sp. and *G. milleri* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae) from *Poecilia caucana* (Steindachner) in Venezuela. *Systematic Parasitology* 47: 79-85.
- Harris, P. D., A. P. Shinn, J. Cable y T. Bakke. 2004.** Nominal species of the genus *Gyrodactylus* von Nordmann 1832 (Monogenea: Gyrodactylidae), with a list of principal host species. *Systematic Parasitology* 59: 1-27.
- Hoffman, G. L. 1999.** *Parasites of North American Freshwater Fishes*. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York. 539 pp.
- Husey, T. y G. Malmberg. 2004.** Molecular and morphological comparisons between *Gyrodactylus ostendicus* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae) on *Pomatoschistus microps* (Krøyer) and *G. harengi* Malmberg, 1957 on *Clupea harengus membras* L. *Systematic Parasitology* 58: 105-113.
- Huysse, T., V. Audenaert y F. A. M. Volckaert. 2003.** Speciation and host-parasite relationships in the parasite genus *Gyrodactylus* (Monogenea, Platyhelminthes) infecting gobies of the genus *Pomatoschistus* (Gobiidae, Teleostei). *International Journal for Parasitology* 33: 1679-1689.
- Janovy, J. Jr., M. A. McDowell y M. T. Ferding. 1991.** The niche of *Salsuginus thalkeni*, a gill parasite of *Fundulus zebrinus*. *Journal of Parasitology* 77: 697-702.
- Janovy, J. Jr., S. D. Snyder y R. E. Clopton. 1997.** Evolutionary constraints on population structure: the parasites of *Fundulus zebrinus* (Pisces: Cyprinodontidae) in the South Platte River of Nebraska. *Journal of Parasitology* 83: 584-592.
- Janovy, J. Jr., T. R. Rhunke y T. A. Wheeler. 1989.** *Salsuginus thalkeni* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Fundulus zebrinus* in the South Platte River of Nebraska. *Journal of Parasitology* 58: 1117-1118.
- Jara, C. A. 1986.** Hallazgo de *Gyrodactylus* sp. y *Anancanthocotyle* sp. (Monogenea, Gyrodactylidae) en peces del Río Moche, Trujillo-Perú. *Hidrobios* 10: 8-13.

**Kritsky, D. C. y C. A. Stockwell. 2005.** New species of *Gyrodactylus* (Monogenoidea: Gyrodactylidae) from the white sands pupfish, *Cyprinodon tularosa*, in New Mexico. *The Southwestern Naturalist* 50: 312-317.

**Kritsky, D. C. y P. D. Leiby. 1972.** Dactylogyridae (Monogenea) from the freshwater fish, *Astyanax fasciatus* (Cuvier), in Costa Rica, with descriptions of *Jainus hexops* sp. n., *Urocleidoides costaricensis*, and *U. heteroancistrum* combs. n. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 39: 227-230.

**Kritsky, D. C. y T. H. Fritts. 1970.** Monogenetic trematodes from Costa Rica with the proposal of *Anacanthocotyle* gen. n. (Gyrodactylidae: Isancistrinae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 37: 63-68.

**Kritsky, D. C., E. F. Mendoza-Franco y T. Scholz. 2000.** Neotropical Monogenoidea. 36. Dactylogyrids from the gills of *Rhamdia guatemalensis* (Siluriformes: Pimelodidae) from cenotes of Yucatan Peninsula, Mexico, with proposal of *Ameloblastella* gen. n. and *Aphanoblastella* gen. n. (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae). *Comparative Parasitology* 67: 76-84.

**Kritsky, D. C., V. E. Thatcher y W. A. Boeger. 1986.** Neotropical Monogenea. 8. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*. 53: 1-37.

**Kritsky, D. C., V. M. Vidal-Martínez y R. Rodríguez-Canul. 1994.** Neotropical Monogenoidea. 19. Dactylogyridae of cichlids (Perciformes) from the Yucatán Peninsula, with descriptions of three new species of *Sciadicleithrum* Kritsky, Thatcher and Boeger, 1989. *Journal of the Helminthological Society of Washington* 61: 26-33.

**López-Jiménez, S. 2001.** Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del estado de Tabasco. *Gaceta Sigolfo: Sistema de Investigación del Golfo de México* 2001: 8-10.

**Malmberg, G. 1970.** The excretory systems and the marginal hooks as a basis of the systematics of *Gyrodactylus* (Trematoda, Monogenea). *Arkiv för Zoologi* 23: 1-235.

**Margolis, L., G. W. Esch, J. C. Holmes, A. M. Kuris y G. A. Schad. 1982.** The use of ecological terms in Parasitology (Report of and *ad hoc* committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68: 131-133.

**Martínez-Aquino, A., G. Salgado-Maldonado, R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza y M. P. Ortega-Olivares. 2004.** Helminth parasites of *Chapalichthys encaustus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology* 90: 889-890.

**Martínez-Aquino, A., G. Salgado-Maldonado, R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza y C. Mendoza-Palmero. 2007a.** Helminth parasite communities of *Characodon audax* and *C. lateralis* (Pisces: Goodeidae) endemic freshwater fishes from Durango, Mexico. *Southwestern Naturalist* 52: 125-130

**Martínez-Aquino, A., R. Aguilar-Aguilar, H. O. Santa Anna del Conde-Juárez y R. Contreras-Medina. 2007b.** Empleo de herramientas panbiogeográficas para detectar áreas para conservar: Un ejemplo con taxones dulceacuícolas. *En:* Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa-Organista (eds.). *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Las Prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F. (en prensa).

**Mayes, M. A. 1977.** New species of *Gyrodactylus* and *Dactylogyrus* (Trematoda: Monogenea) from fishes of Nebraska. *Journal of Parasitology* 63: 805-809.

**Mejía-Madrid, H. H., O. Domínguez-Domínguez y G. Pérez-Ponce de León. 2005.** Adult endohelminth parasites of Goodeinae (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from México with biogeographical considerations. *Comparative Parasitology* 72: 200-211.

**Meade, T.G. y C.A. Bedinger. 1972.** Helminth parasitism in some species of fresh water fishes of Eastern Texas. *Southwestern Naturalist* 16:281-295.

**Mendoza-Franco, E. F. y V. M. Vidal-Martínez. 2001.** *Salsuginus neotropicalis* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalinae) from the pike killifish *Belonesox belizanus* (Atheriniformes: Poeciliidae) from southeastern Mexico. *Systematic Parasitology* 48: 41-45.

**Mendoza-Franco, E. F. y V. M. Vidal-Martínez. 2005.** Phylogeny of species of *Sciadicleithrum* (Monogeneoidea: Ancyrocephalinae) and their Historical Biogeography in the Neotropics. *Journal of Parasitology* 91: 253-259.

**Mendoza-Franco, E. F., P. Posel y S. Dumailo, 2003a.** Monogeneans (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) of freshwater fishes from Caribbean coast of Nicaragua. *Comparative Parasitology* 70: 32-41

**Mendoza-Franco, E. F., T. Scholz y G. Cabañas-Carranza. 2003b.** *Guavinella tropica* n. gen., n. sp. (Monogenea: Dactylogyridae) from the gills of the bigmouth sleeper, *Gobiomorus dormitor* (Perciformes: Eleotridae), from Mexico. *Comparative Parasitology* 70: 26-31.

**Mendoza-Franco, E. F., T. Scholz y V. M. Vidal-Martínez. 1997.** *Sciadicleithrum meekii* sp. n. (Monogenea: Ancyrocephalinae) from the gills of *Cichlasoma meeki* (Pisces: Cichlidae) from cenotes (=sinkholes) of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica* 44: 205-208.

**Mendoza-Franco, E. F., T. Scholz, C. Vivas-Rodríguez y J. Vargas-Vázquez, 1999.** Monogeneans of freshwater fishes from cenotes (sinkholes) of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica* 46: 267-273.

**Mendoza-Franco, E. F., V. M. Vidal-Martínez, Y. Cruz-Quintana y F. L. Prats León. 2006.** Monogeneans on native and introduced freshwater fishes from Cuba with description of a new species of *Salsuginus* Beverly-Burton, 1984 from *Limia vittata* (Poeciliidae). *Systematic Parasitology* 64: 181-190.

- Mendoza-Franco, E. F., V. Vidal-Martínez, L. Aguirre-Macedo, R. Rodríguez-Canul y T. Scholz. 2000.** Species of *Sciadicleithrum* (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae) of cichlid fishes from Southeastern Mexico and Guatemala: new morphological and host and geographical records. *Comparative Parasitology* 67: 85-91.
- Miller, R. R. 1986.** Composition and derivation of the freshwater fish fauna of México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 30: 121-153.
- Mizelle, J. D. 1938.** Comparative studies on trematodes (Gyrodactyloidea) from the gills of North American fresh-water fishes. *Illinois Biological Monographs* 17: 1-81.
- Mizelle, J. D. 1940.** Studies on monogenetic trematodes II. New species of Tennessee fishes. *Transactions of the American Microscopical Society* 59: 285-289.
- Mizelle, J. D. y D. C. Kritsky. 1967.** Studies on monogenetic trematodes. XXXVI. Gyrodactylid parasites of importance to California fishes. *California Fish and Game* 53: 264-272.
- Mizelle, J. D., D. C. Kritsky y H. D. McDougal. 1969.** Studies on monogenetic trematodes. XLII. New species of *Gyrodactylus* from amphibia. *Journal of Parasitology* 55: 740-741.
- Mizelle, J. D., D. C. Kritsky y R. B. Bury. 1968.** Studies on monogenetic trematodes. XLI. *Gyrodactylus ensatus* sp. n., the first species of the genus described from amphibia. *Journal of Parasitology* 54: 281-282.
- Mizelle, J. D. y J. A. Arcadi. 1945.** Studies on monogenetic trematodes XIII. *Urocleidus seculus*, a new species of Tetraonchinae from the viviparous Top Minnow, *Gambusia affinis affinis* (Baird and Girard). *Transactions of the American Microscopical Society* 64: 293-296.
- Mueller, J. F. 1934.** Parasites of the Oneida Lake. Part IV. Additional notes on parasites of Oneida Lake fishes, including descriptions of new species. *Roosevelt Wildlife Annals*. 3: 335-373.
- Mueller, J. F. 1937.** Further studies on North American Gyrodactyloidea. *American Midland Naturalist* 18: 207-219.
- Murith, D. y M. Beverly-Burton. 1985.** *Salsuginus* Beverly-Burton, 1984 (Monogenea: Ancyrocephalidae) from Cyprinodontoidei (Atheriniformes) in North America with descriptions of *Salsuginus angularis* (Mueller, 1934) Beverly-Burton, 1984 from *Fundulus diaphanus* and *Salsuginus heteroclitus* n. sp. from *Fundulus heteroclitus*. *Canadian Journal of Zoology* 63: 703-714.
- Parenti, L. R. 1981.** A phylogenetic and biogeographic analysis of cyprinodontiform fishes (Teleostei: Atherinimorfa). *Bulletin of the American Museum of Natural History* 168: 340-557.

**Pineda-López, R, G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera, N. Hernández-Camacho, A. Orozco-Zamorano, S. Contreras-Robledo, G. Cabañas-Carranza y R. Aguilar-Aguilar. 2005.** Helminth parasites of viviparous fishes in Mexico. *En: Uribe M. C. y H. J. Grier (eds.). Viviparous Fishes.* New Life Publications, Florida, USA. pp. 455-474.

**Popazoglo, F. y W. A. Boeger. 2000.** Neotropical Monogenoidea. 37. Redescription of *Gyrodactylus superbus* (Szidat, 1973) comb. n. and description of two new species of *Gyrodactylus* (Gyrodactylidea: Gyrodactylidae) from *Corydoras paleatus* and *C. ehrhardti* (Teleostei: Siluriformes: Callichthyidae) of Southern Brazil. *Folia Parasitologica* 47: 105-110.

**Rand, T. G. y M. Wiles. 1987.** *Salsuginus bermudae* sp. n. (Monogenea: Ancyrocephalidae) from *Fundulus bermudae* Günther and *Gambusia affinis* (Baird and Girard) in Bermuda. *Canadian Journal of Zoology* 65: 1847-1852.

**Rapoport, E. 1975.** *Areografía. Estrategias geográficas de las especies.* Fondo de Cultura Económica, México, D. F. 214 pp.

**Rapoport, E. H. y J. A. Monjeau, 2003.** Areografía. *En: Llorente B. J. y J. J. Morrone (eds.). Introducción a la Biogeografía en Latinoamérica: teorías, conceptos, métodos y aplicaciones.* Las prensas de Ciencias, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F., pp. 23-30.

**Rogers, W. A. y T. L. Wellborn. 1965.** Studies on *Gyrodactylus* (Trematoda: Monogenea) with descriptions of five new species from the Southeastern U. S. *Journal of Parasitology* 51: 977-982.

**Rosen, D. E. 1976.** A vicariance model of Caribbean biogeography. *Systematic Zoology* 24: 431-464.

**Salgado-Maldonado, G. 2006.** Checklist of helminth parasites of freshwater fishes. *Zootaxa* 1324: 1-357.

**Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, J. M. Caspeta-Mandujano, R. G. Moreno-Navarrete, P. Sánchez-Nava y R. Aguilar-Aguilar. 2001.** A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River basin, México. *Comparative Parasitology* 68: 204-218.

**Salgado-Maldonado, G., G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera, R. F. Pineda-López, J. M. Caspeta-Mandujano, E. Aguilar-Castellanos y N. Mercado-Silva. 2004a.** Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, east central Mexico. *Comparative Parasitology* 71: 190-202.

**Salgado-Maldonado, G., N. Mercado-Silva, G. Cabañas-Carranza, J. M. Caspeta-Mandujano, R. Aguilar-Aguilar, L. I. Iñiguez-Dávalos. 2004b.** Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila river, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, west-central Mexico. *Comparative Parasitology* 71: 67-72.

- Salgado-Maldonado, G., R. Aguilar-Aguilar, G. Cabañas-Carranza, E. Soto-Galera y C. Mendoza-Palmero. 2005.** Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research* 96: 69-89.
- Salgado-Maldonado, G., R. Pineda-López, V. M. Vidal-Martínez y C. R. Kennedy. 1997.** A checklist of metazoan parasites of cichlid fish from Mexico. *Journal of Helminthological Society of Washington* 64: 195-207.
- Sánchez-Nava, P., G. Salgado-Maldonado, E. Soto-Galera y B. Jaimes-Cruz. 2004.** Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River sub-basin, Mexico. *Parasitology Research* 93: 396-402.
- Seamster, A. 1948.** Gill parasites from Louisiana fishes with a description of *Urocleidus wadei* n. sp. *American Midland Naturalist* 39: 165-168.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), 2002.** Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2001, Protección ambiental-especies nativas de México y de flora y fauna silvestres-categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión o cambio-lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación*, México. 6 de marzo, pp. 1-80.
- Summers, W. A. y H. J. Bennet. 1938.** A preliminary survey of the trematodes from the gills of Louisiana fishes. *Proceedings of the Louisiana Academy of Sciences* 4: 247-248.
- Turnbull, E. R. 1956.** *Gyrodactylus bullatarudis* n. sp. from *Lebistes reticulatus* Peters with a study of its life cycle. *Canadian Journal of Zoology* 34: 583-594.
- Vidal-Martínez, V. M., M. L. Aguirre-Macedo, T. Scholz, D. González-Solís y E. F. Mendoza-Franco. 2001.** *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Academia, República Checa. 165 pp.
- Webb, S. A., J. A. Graves, C. Macías-García, A. E. Magurran, D. O. Foighil y M. G. Ritchie. 2004.** Molecular phylogeny of the livebearing Goodeidae (Cyprinodontiformes). *Molecular Phylogeny and Evolution* 30: 527-544.
- Wiles, M. 1975.** Parasites of *Fundulus diaphanus* (LeSueur) (Pisces: Cyprinodontidae) in certain Nova Scotian freshwater. *Canadian Journal of Zoology* 53: 1578-1580.
- Williams, E. H. Jr. 1980.** Two new species of *Ancyrocephalus* (Monogenea: Dactylogyridae) from marine fishes of the Northern Gulf of Mexico. *Proceedings of the Biological Society of Washington* 93: 383-387.
- Williams, E. H. Jr. y W. A. Rogers. 1971.** Two new species of *Gyrodactylus* (Trematoda: Monogenea) and a redescription and new host record for *G. prolongis* Hargis, 1955. *Journal of Parasitology* 57: 845-847.
- Yoshino, T. P. 1972.** Helminth parasites in the Pacific killifish *Fundulus parvipinnis*, from southern California. *Journal of Parasitology* 58: 635-636.

## APÉNDICE 1.

### Trabajos científicos derivados de este estudio

RH: MENDOZA-PALMERO ET AL. – NEW SPECIES OF *GYRODACTYLUS* ON *G. MULTIRADIATUS*

**Two new species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Monogenoidea: Gyrodactylidae) parasitizing to *Girardinichthys multiradiatus* (Meek) (Cyprinodontiformes: Goodeidae), freshwater fish endemic from Central Mexico.**

Carlos A. Mendoza-Palmero, Guillermo Salgado-Maldonado<sup>1</sup> & Ana L. Sereno-Uribe

*Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Laboratorio de Helmintología, Apartado Postal 70-153, C. P. 04510, México D. F., México.*

---

<sup>1</sup> Author for correspondence (E-mail: gsalgado@ibiologia.unam.mx)

## **Abstract**

*Gyrodactylus mexicanus* n. sp. and *G. lamothei* n. sp. are described from the fins and skin of *Girardinichthys multiradiatus* (Meek) (Cyprinodontiformes: Goodeidae) an endemic freshwater fish from Central Mexico. *Gyrodactylus mexicanus* n. sp. is compared to other *Gyrodactylus* species that parasitize *Fundulus* spp. the closest relative group to the Goodeidae, of North America. It is distinguished by having large anchors with well-developed superficial roots, enlarged hooks with a proximally disrupted shank (ligament), a superficial bar with 2 poorly-anterolateral projections and a slightly medial process. *Gyrodactylus lamothei* n. sp. is distinguished of *Gyrodactylus mexicanus* n. sp., and others species of *Gyrodactylus* in the Americas by having anchors with a sclerite on the superficial root, and robust hooks with an enlarged shaft and recurved point.

## **Introduction**

The Goodeidae (Teleostei: Cyprinodontiformes) family of freshwater fishes includes the Empetrichthyinae, with four species distributed in western Great Basin of the USA and the Goodeinae, with approximately 36 endemic species to Central Mexico (Webb et al., 2004). The monogenoids parasites of the freshwater fishes endemic to Central Mexico have received little attention (see Salgado-Maldonado, 2006), with only two records of monogenoids in Goodeinae to date: *Gyrodactylus elegans* von Nordmann, 1832 collected from *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) from Lago de Chicahuapan, Central Mexico (Salgado-Maldonado et al., 2001b; Sánchez-Nava et al., 2004), and *Salsuginus* sp. from the gills of *Chapalichthys encaustus* (Jordan & Snyder, 1899) from the Lago de Chapala in Central-Western, Mexico (Martínez-Aquino et al., 2004). The present study is a description of two new *Gyrodactylus* species collected from *G. multiradiatus* (Goodeidae: Goodeinae) from the headwaters of the Río Lerma, in Central Mexico.

## **Material and methods**

Specimens of *G. multiradiatus* were collected using hand dipnets from Lago de Chicahuapan, in the Estado de México, Mexico, between January and October 2005.



Fishes were transported live to the laboratory and kept in aquaria until examination. Once killed, they were immediately placed in Petri dishes with tap water for viewing with a stereomicroscope. The collected gyrodactylids were fixed with glycerin ammonium picrate (GAP), for the study of sclerotized structures, or with hot 4% formalin. After the morphological evaluation, the specimens fixed with GAP were remounted in Canada balsam (Ergens, 1969). All other measurements were taken on unflattened specimens fixed with hot 4% formalin, stained with Gomori's trichrome and mounted as whole mounts in Canada balsam (Mendoza-Franco & Vidal-Martínez, 2001). Illustrations were generated with the aid of a camera lucida. Measurements were taken with an ocular micrometer, and are presented in micrometers ( $\mu\text{m}$ ); the mean is followed by the range and number (n) of specimens measured in parentheses (Kritsky et al., 1986). Anatomical terminology follows that of Malmberg (1970) and Kritsky & Stockwell (2005). Type specimens were deposited in the Colección Nacional de Helmintos (CNHE), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico; and voucher specimens in the British Museum (Natural History) (BMNH) at The Natural History Museum, London, UK; and the Institute of Parasitology, Academy of Sciences of the Czech Republic (IPCAS), České Budějovice, Czech Republic, as indicated in the following descriptions.

**Family Gyrodactylidae Van Beneden & Hesse, 1863**

**Genus *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832**

***Gyrodactylus mexicanus* n. sp.**

*Type-host:* *Girardinichthys multiradiatus*.

*Site of infection:* Body surface (fins and skin).

*Type-locality:* Lago de Chicahuapan, Estado de México, headwaters of the Río Lerma, Mexico (19° 11' 20" N; 99° 29' 30" W).

*Type-material:* Holotype – CNHE (No. XXX); xxx paratypes – CNHE (No. XXX), XXX; vouchers, BMNH (XXX), IPCAS (XXX).

*Parameters of infection:* Prevalence = 24 % (63 fish infected of 258 examined between January and October 2005); mean intensity of infection = 7; abundance = 1.8.

*Etymology:* Named after country, Mexico.

*Description* (Figures 1–5)

[Based on 73 specimens.] Body elongate, 336 (239–425; n = 18) long; greatest width 57 (40–68; n = 13) at level of uterus containing embryo. Cephalic lobes moderately developed each containing spike sensilla. Cephalic glands distributed anterior, lateral and posterior to pharynx. Pharynx with two sub-spherical bulbs; anterior bulb 16 (13–19; n = 18) wide; posterior bulb 20 (17–23; n = 18) wide; several pustules present around posterior bulb. Two groups of esophageal glands located lateral to esophagus. Esophagus moderately long. Intestinal ceca non-confluent posterior to gonads. Testis, proximal portion of vas deferens not observed. Seminal vesicle emptying into copulatory organ, folded anterodorsally. Two bilateral prostatic glands, 1 lying on each side of seminal vesicle, emptying into copulatory organ. Copulatory organ 12 (10–15; n = 23) wide, armed with 1 large spine and two spinelets with irregular base. Ovary 21 (13–28; n = 26) long, 23 (16–30; n = 26) wide. Uterus with 1 or 2 generations of embryos. Gland-like masses located in posterior trunk. Haptor sub-rectangular 81 (64–100; n = 22) long, 45 (25–65; n = 12) wide. Anchor 62 (60–66; n = 34) long, with curved shaft, straight point; well-developed superficial root folded posteriorly and with a groove; superficial root 29 (26–32; n = 34) long. Superficial bar 31 (28–33; n = 29) long, 33 (31–35; n = 27) wide, with 2 poorly developed anterolateral projections, and a slightly medial process; pyramidal shield 22 (20–23; n = 27) long, medially striated, extending to the end of anchor. Deep bar 28 (25–32; n = 23) long, straight with attenuated ends inserted into anchor base. Hooks 55 (54–60; n = 20) long, with straight shaft, recurved point, depressed toe, convex heel; shank slightly proximal disrupted, hooklet 5 (5–6; n = 25) long, 4 (4–5; n = 25) base; Filamentous Hook (FH) loop 1/5 of shank length.

#### *Remarks*

Over 400 *Gyrodactylus* species have been described to date (Harris et al., 2004). Many have been recorded in one or only a few host species, whereas others are less specific, although they still parasitize the same family (Bakke et al., 1992, 2002; Huysse et al., 2003). Given this high host specificity and that we described *Gyrodactylus* parasites in fish species endemic to Central Mexico, we compared the specimens collected here with *Gyrodactylus* species that parasitize cyprinodontiform fishes, and particularly the Fundulidae, the freshwater fish family phylogenetically closest to the Goodeidae (see Costa, 1998).

Five *Gyrodactylus* species have been recorded parasitizing *Fundulus* spp. (Fundulidae) in North America: *G. stegurus* Mueller, 1937 and *G. avalonia* Hanek & Threlfall, 1969, parasites of *Fundulus diaphanus*; *G. stephanus* Mueller, 1937 parasite of *F. heteroclitus*; *G. funduli* Hargis, 1955 parasite of *F. similis* and *G. bulbacanthus* Mayes, 1977 parasite of *F. kansae* (Hoffman, 1999; Harris et al., 2004). Of these species, *Gyrodactylus mexicanus* resembles to *G. bulbacanthus*, *G. stegurus* and *G. stephanus* due to the development of its superficial roots and its bars morphology. It can be differentiated from them by its larger anchors (Table 1), and the slight medial process on superficial bar, which is lacking in the other mentioned species. *Gyrodactylus mexicanus* resembles to *G. stegurus* and *G. stephanus* due to the shape of deep bar, but can be differentiated from them because the bar is shorter in *G. stegurus* and *G. stephanus* (Table 1). The deep bar of *G. bulbacanthus* has a medial notch and terminal projections directed posteriorly, whereas the deep bar in *G. mexicanus* is naked.

In *G. stegurus*, *G. stephanus* and *G. bulbacanthus*, possesses two long anterolateral processes, which *G. mexicanus* lacks. The hooks of *G. mexicanus* are the largest of these species (Table 1), and are apparently disrupted proximally (like a ligament *sensu* Mizelle & Kritsky, 1967; Mizelle et al., 1968, 1969). This contrasts with the smaller (i.e. shorter) hooks of other species, which also lack the disruption.

The general morphology of the haptoral structures of *G. mexicanus* resembles to four *Gyrodactylus* species that parasitize North American amphibians and marine fishes: *G. aurorae* Mizelle, Kritsky & McDougal, 1969, a parasite of *Rana aurora*; *G. ensatus* Mizelle, Kritsky & Bury, 1968, a parasite of salamander *Dicamptodon ensatus*; *G. alexanderi* Mizelle & Kritsky, 1967, a parasite of the fish *Gasterosteus aculeatus* (Gasterosteiformes) and *G. mirabilis* Mizelle & Kritsky, 1967, a parasite of fish *Cottus asper* (Scorpaeniformes). *Gyrodactylus mexicanus* can be differentiated from the previous four species by a slightly medial over the superficial bar, and the end of the superficial bar in these four species is covered by folds from the anchors; whereas the superficial bar in *G. mexicanus* does not covered by these folds. Moreover, the deep bar in these North American species, save for that of *G. mirabilis*, is short and robust with attenuated ends, and has a medial notch, whereas the deep bar in *G. mexicanus* the deep bar is less robust and lacks the notch.

***Gyrodactylus lamothei* n. sp.**

*Type-host: Girardinichthys multiradiatus.*

*Site of infection:* Body surface (fins and skin).

*Type-locality:* Lago de Chicahuapan, Estado de México, headwater of the Río Lerma, Mexico.

*Type-material:* Holotype – CNHE (No. XXX); xxx paratypes – CNHE (No. XXX), XXX; vouchers, BMNH (XXX), IPCAS (XXX).

*Parameters of infection:* Prevalence = 14% (37 fish infected of a total 258 examined between January and October 2005); mean intensity of infection = 1.6; abundance = 0.2.

*Etymology:* This species is named in honor to Dr. Rafael Lamothe–Argumedo, a pioneer in the study of the monogenoids in Mexico.

#### *Description* (Figures 6–11)

[Based on 35 specimens.] Body elongate, 260 (182–335; n = 17) long; greatest width 53 (35–83; n = 14) near midlength. Cephalic lobes well–developed, each containing sensory organ. Cephalic glands distributed anterior, lateral and posterior to pharynx. Two groups of pharyngeal glands lateral to esophagus. Pharynx with two sub–spherical bulbs; anterior bulb 15 (13–19; n = 12) wide; posterior bulb 20 (16–25; n = 11) wide, with digitiform projections on pharyngeal mouth; several pustules around posterior bulb. Two groups of large follicles on each side of esophagus. Esophagus moderately long; intestinal caeca non–confluent posteriorly. Testis, proximal portion of vas deferens not observed. Seminal vesicle ovoid, emptying into copulatory organ. Two bilateral prostatic glands, lying anterior of seminal vesicle, emptying into copulatory organ. Copulatory organ 8 (7–10; n = 10) wide, armed with 1 large spine and 4 spinelets. Ovary 15 (7–23; n = 7) long, 19 (14–25; n = 7) wide. Uterus with 1 or 2 generations of embryos (or empty). Syncitial masses located in posterior trunk. Haptor sub–circular 76 (57–95; n = 11) long, 81 (50–100; n = 9) wide. Anchor 65 (61–70; n = 15) long, with elongated shaft, straight point, and a small indentation at the union of shaft and point; superficial root with a distal sclerite; superficial root 31 (29–36; n = 13) long. Superficial bar 26 (21–32; n = 15) long, 24 (20–30; n = 12) wide, with 2 short anterolateral projections; shield 18 (14–23; n = 12) long, tongue–shaped posteriorly, extending to midlength of anchor shaft. Deep bar 25 (18–35; n = 20) long, relatively robust with slender ends inserted into anchor base. Hooks 29 (26–32; n = 17) long, robust with enlarged and perpendicular straight shaft and curved point, toe slightly

tapered, heel globose; slender shank; hooklet 9 (7–10; n = 18) long, 5 (5–6; n = 18) base; FH loop 3/4 of shank length.

### *Remarks*

To date, 18 species of *Gyrodactylus* are known to parasitize cyprinodontiform fish in the Americas: 12 from North America and 6 from Central and South America (Mueller, 1937; Hargis, 1955; Rogers & Wellborn, 1965; Hanek & Therlfall, 1969; Hanek & Fernando, 1971; Williams & Rogers, 1971; Mayes, 1977; Harris, 1986; Boeger & Popazoglo, 1995; Hoffman, 1999; Harris & Cable, 2000; Popazoglo & Boeger, 2000; Cable et al., 2005; Kritsky & Stockwell, 2005). The combination of features of the anchors and hooks found in *Gyrodactylus lamothei* is highly distinctive in this species, and is exclusive among gyrodactylids recorded from the Americas.

*Gyrodactylus lamothei* and *G. mexicanus* are sympatric species simultaneously inhabiting the same host species. These two species can be distinguished based in follow characteristics: *G. lamothei* is smaller than *G. mexicanus*; *G. lamothei* has a sub-circular haptor with concentrically disposed hooks, while *G. mexicanus* has a sub-rectangular haptor with the hooks grouped in a brush-like pattern. The anchors of *G. lamothei* have a straight shaft and its superficial root is short and poorly developed with a distal sclerite, while the anchors of *G. mexicanus* have a curved shaft, superficial root is enlarged, well-developed, folded posteriorly, and lacks a distal sclerite. The superficial bar of *G. lamothei* lacks a medial process, and has a rectangular shaped shield with fine streaks, while the superficial bar of *G. mexicanus* has a medial process anteriorly directed, and an inverted-pyramid shaped shield with two conspicuous medial streaks. The hooks of *G. lamothei* are short and robust, and its shank is continuous, while in *G. mexicanus* the hooks are long and delicate, and the shank disrupted proximally.

### **Discussion**

Based on reports of gyrodactylids monogenoideans in the fish families Characidae, Cichlidae, Cyprinidae, Eleotridae, Ictaluridae, Heptapteridae and Poeciliidae, a number of species of *Gyrodactylus* are apparently widely distributed in the freshwater fish of Mexico. Only three unidentified *Gyrodactylus* spp. parasites of cichlid fishes

(Cichlidae) in Southeast Mexico, have been briefly described (see Vidal-Martínez et al., 2001), these specimens are morphologically distinct from those studied here. In most cases identifications or descriptions of specimens has not been generated (Price & Henderson, 1969; Hernández-Martínez, 1992; Mendoza-Franco et al., 1999; López-Jiménez, 2001; Salgado-Maldonado et al., 2001a; 2001b; Vidal-Martínez et al., 2001; Salgado-Maldonado et al., 2005). Only three *Gyrodactylus* species have been identified from freshwater fish in Mexico: *Gyrodactylus neotropicalis* Kritsky & Fritts, 1970 from *Astyanax fasciatus* (Characidae) on the Yucatan Peninsula (Mendoza-Franco et al., 1999); *G. niloticus* Cone, Arthur & Bondad-Reantaso, 1995, introduced with the tilapias *Oreochromis aureus* (Cichlidae) into Southeast Mexico (López-Jiménez, 2001); and *G. elegans* von Nordmann, 1832 recorded in *G. multiradiatus* from Central Mexico (Salgado-Maldonado et al., 2001b; Sánchez-Nava et al., 2004). Examination of the *Gyrodactylus* specimens collected by Salgado-Maldonado et al. (2001b) and Sánchez-Nava et al. (2004) of *G. multiradiatus* and identified as *G. elegans*, it showed that these specimens were *G. mexicanus*, meaning their identification was erroneous. The gyrodactylid *G. elegans* only parasitizing cyprinids from Europe (Harris et al., 2004) and is not present in Mexico.

The haptoral structures of *G. mexicanus*, suggest that this species is more closely related to other North American *Gyrodactylus* species than to Neotropical species (see Turnbull, 1956; Kritsky & Fritts, 1970; Harris, 1986; Jara, 1986; An et al., 1991; Ferraz et al., 1994; Boeger & Popazoglo, 1995; Harris & Cable, 2000; Popazoglo & Boeger, 2000; Vidal-Martínez et al., 2001; Cable et al., 2005).

The haptoral structures of *G. lamothei*, in contrast, are very particular and different from those of other *Gyrodactylus* species parasites of cypridodontiform fish in the Americas, and do not present similarity with *Gyrodactylus* fauna of the Americas. Therefore, based only on comparative morphology, is difficult to determine relationships of *G. lamothei* with other species of the genus, at least with those from the American Continent. The present study described two new *Gyrodactylus* monogenoideans parasitizing a single fish species endemic to Central Mexico, suggesting that other *Gyrodactylus* species exist in the freshwater fish of Mexico.

## Acknowledgements

This work was funded by CONACyT grant no. 2004-C01-47339/A-1 from to GSM, and CONACyT scholarship no. 192899 to CAMP. Special thanks to Dr. Edgar F. Mendoza-Franco (CINVESTAV-IPN Unit Mérida, México) and Dr. Delane C. Kritsky (Idaho State University, USA) for the revising and commenting on the manuscript. Thanks are also due Mirza P. Ortega-Olivares, Rogelio Aguilar-Aguilar, Andrés Martínez-Aquino and Norman Mercado-Silva (University of Wisconsin-Madison, USA) for their help in the field and the laboratory, and valuable suggestions on the manuscript. This study forms part of the M.Sc. thesis of CAMP.

## Legends figures

Figures 1–5. *Gyrodactylus mexicanus* n. sp. from *Girardinichthys multiradiatus* 1. Whole-mount (ventral view). 2. Anchor–bar complex. 3. Copulatory organ. 4. Hook. 5. Anchor. *Scale bars*: 1, 100  $\mu\text{m}$ ; 2–5, 30  $\mu\text{m}$ .

Figures 6–10. *Gyrodactylus lamothei* n. sp. from *Girardinichthys multiradiatus* 6. Whole-mount (composite, ventral view). 7. Anchor–bar complex. 8. Copulatory organ. 9. Hook. 10. Anchor. *Scale bars*: 6, 100  $\mu\text{m}$ ; 7–10, 30  $\mu\text{m}$ .

## References

- An, J, Jara, C.A. & Cone, D.K. (1991) Five species of *Gyrodactylus* Nordmann, 1832 (Monogenea) from freshwater fishes of Peru. *Canadian Journal of Zoology*, **69**, 109–202.
- Bakke, T.A., Harris, P.D. & Cable, J. (2002) Host specificity dynamics: observations on gyrodactylid monogeneans. *International Journal for Parasitology*, **32**, 281–308.
- Bakke, T.A., Harris, P.D., Jansen, P.A. & Hansen, L.P. (1992) Host specificity and dispersal strategy in gyrodactylid monogeneans, with particular reference to *Gyrodactylus salaris* (Platyhelminthes, Monogenea). *Diseases of Aquatic Organism*, **13**, 63–74.

- Boeger, W.A. & Popazoglo, F. (1995) Neotropical Monogenoidea. 23. Two new species of *Gyrodactylus* (Gyrodactylidae) from a cichlid and erythrinid fish of southeastern Brazil. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, **90**, 689–694.
- Cable, J., van Oosterhout, C, Barson, N. & Harris, P.D. (2005) *Gyrodactylus pictae* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae) from the Trinidadian swam guppy *Poecilia picta* Regan, with a discussion on species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 and their poeciliids hosts. *Systematic Parasitology*, **60**, 159–164.
- Costa, W.J.E.M. (1998) Phylogeny and classification of the Cyprinodontiformes (Euteleostei: Atherinomorpha): a reappraisal. In: Malabarba, L.R., Reis, R.E., Vari, R.P., Lucena, Z.M. & Lucena, C.A.S. (Eds) *Phylogeny and classification of Neotropical fishes*. Porto Alegre: Edipucrs, pp. 603.
- Ergens, R. (1969) The suitability of ammonium picrate-glycerin in preparing slides of lower monogenoidea. *Folia Parasitologica*, **16**, 320.
- Ferraz, E., Shinn, A.P. & Sommerville, C. (1994) *Gyrodactylus gemini* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae), a parasite of *Semaprochilodus taeniurus* (Steindachner) from the Venezuelan Amazon. *Systematic Parasitology*, **29**, 217–222.
- Hanek, G. & Fernando, C.H. (1971) Monogenetic trematodes from the Bay of Quinte area, Ontario. II. Genus *Gyrodactylus* Nordmann, 1832. *Canadian Journal of Zoology*, **49**, 1331–1341.
- Hanek, G. & Threlfall, W. (1969) Monogenetic trematodes from Newfoundland, Canada. 1. New species of the genus *Gyrodactylus* Nordmann, 1832. *Canadian Journal of Zoology*, **47**, 951–955.
- Hargis, W.J. (1955) Monogenetic trematodes of Gulf of Mexico fishes. Part 1. The Superfamily Gyrodactyloidea. *Biological Bulletin*, **108**, 125–137.
- Harris, P.D. & Cable A.P. (2000) *Gyrodactylus poeciliae* n. sp. and *G. milleri* n. sp. (Monogenea: Gyrodactylidae) from *Poecilia cuacana* (Steindachner) in Venezuela. *Systematic Parasitology*, **47**, 79–85.
- Harris, P.D. (1986) Species of *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Monogenea Gyrodactylidae) from poeciliids fishes, with a description of *G. turnbulli* sp. nov. from the guppy, *Poecilia reticulata* Peters. *Journal of Natural History*, **20**, 183–191.
- Harris, P.D., Shinn, A.P., Cable, J. & Bakke, T.A. (2004) Nominal species of the genus *Gyrodactylus* von Nordmann, 1832 (Monogenea: Gyrodactylidae), with a list of principal host species. *Systematic Parasitology*, **59**, 1–27.



- Hernández-Martínez, M. (1992) Estudio helmintológico de tres especies de peces cultivados en dos centros acuícolas del Estado de Sonora, México. *Universidad y Ciencia*, **9**, 111–115.
- Hoffman, G.L. (1999) *Parasites of North American Freshwater Fishes* (Second Edition). New York: Cornell University Press, 539 pp.
- Huysse, T., Audenaert, V. & Volckaert, F.A.M. (2003) Speciation and host–parasite relationships in the parasite genus *Gyrodactylus* (Monogenea, Platyhelminthes) infecting gobies of the genus *Pomatoschistus* (Gobiidae, Teleostei). *International Journal for Parasitology*, **33**, 1679–1689.
- Jara, C.A. (1986) Hallazgo de *Gyrodactylus* sp. y *Anacanthocotyle* sp. (Monogenea, Gyrodactylidae) en peces del Río Moche, Trujillo–Perú. *Hidrobios*, **10**, 8–13.
- Kritsky, D.C. & Stockwell, C.A. (2005) New species of *Gyrodactylus* (Monogenea: Gyrodactylidae) from the white sands pupfish, *Cyprinodon tularosa*, in New Mexico. *The Southwestern Naturalist*, **50**, 312–317.
- Kritsky, D.C. & Fritts, T.H. (1970) Monogenetic trematodes from Costa Rica with the proposal of *Anacanthocotyle* gen. n. (Gyrodactylidae: Isancistrinae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, **37**, 63–68.
- Kritsky, D.C., Thatcher, V.E. & Boeger, W.A. (1986) Neotropical Monogenea. 8. Revision of *Urocleidoides* (Dactylogyridae: Ancyrocephalinae). *Proceedings of the Helminthological Society of Washington*, **53**, 1–37.
- López-Jiménez, S. (2001) Estudio parasitológico de los peces de aguas dulces del estado de Tabasco. *Gaceta Sigolfo: Sistema de Investigación del Golfo de México* 2001: 8–10.
- Malmberg, G. (1970) The excretory systems and the marginal hooks as a basis of the systematics of *Gyrodactylus* (Trematoda, Monogenea). *Arkiv för Zoologi*, **23**, 1–235.
- Martínez-Aquino, A., Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G. & Ortega-Olivares, M.P. (2004) Helminth parasites of *Chapalichthys encaustus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology*, **90**, 889–890.
- Mayes, M.A. (1977) New species of *Gyrodactylus* and *Dactylogyrus* (Trematoda: Monogenea) from fishes of Nebraska. *Journal of Parasitology*, **63**, 805–809.
- Mendoza-Franco, E.F. & Vidal-Martínez, V.M. (2001) *Salsuginus neotropicalis* n. sp. (Monogenea: Ancyrocephalinae) from the pike killifish *Belonesox belizanus*

- (Atheriniformes: Poeciliidae) from Southeastern Mexico. *Systematic Parasitology*, **48**, 41–45.
- Mendoza-Franco, E.F., Scholz, T., Vivas-Rodríguez, C. & Vargas-Vázquez, J. (1999) Monogeneans of freshwater fishes from cenotes (sinkholes) of the Yucatan Peninsula, Mexico. *Folia Parasitologica*, **46**, 267–273.
- Mizelle, J.D. & Kritsky, D.C. (1967) Studies on monogenetic trematodes. XXXVI. Gyrodactylid parasites of importance to California fishes. *California Fish and Game*, **53**, 264–272.
- Mizelle, J.D., Kritsky, D.C. & Bury, R.B. (1968) Studies on monogenetic trematodes. XLI. *Gyrodactylus ensatus* sp. n., the first species of the genus described from amphibia. *Journal of Parasitology*, **54**, 281–282.
- Mizelle, J.D., Kritsky, D.C. & McDougal, H.D. (1969) Studies on monogenetic trematodes. XLII. New species of *Gyrodactylus* from amphibia. *Journal of Parasitology*, **55**, 740–741.
- Mueller, J.F. 1937. Further studies on North American Gyrodactyloidea. *American Midland Naturalist*, **18**, 207–219.
- Popazoglo, F. & Boeger, W.A. (2000) Neotropical Monogenoidea. 37. Redescription of *Gyrodactylus superbus* (Szidat, 1973) comb. n. and description of two new species of *Gyrodactylus* (Gyrodactyloidea: Gyrodactylidae) from *Corydoras paleatus* and *C. ehrhardti* (Teleostei: Siluriformes: Callichthyidae) of Southern Brazil. *Folia Parasitologica*, **47**, 105–110.
- Price, C.E. & Henderson, A. (1969) Monogeneans parasites of Mexican freshwater fishes. I. Introductory remarks, with an account of the parasite genus *Dactylogyrus* Diesing, 1850. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Zoología*, **2**, 195–204.
- Rogers, W.A. & Wellborn, T.L. (1965) Studies on *Gyrodactylus* (Trematoda: Monogenea) with descriptions of five new species from the Southeastern U. S. *Journal of Parasitology*, **51**, 977–982.
- Salgado-Maldonado, G. (2006) Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. *Zootaxa*, **1324**, 1–357.
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Caspeta-Mandujano, J.M., Soto-Galera, E., Mayén-Peña, E., Brailovsky, D. & Báez-Valé, R. (2001a) Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas River drainage basin of southwestern Mexico. *Comparative Parasitology*, **68**, 196–203.

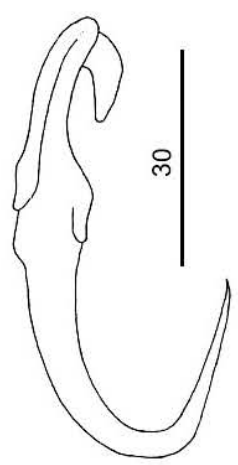
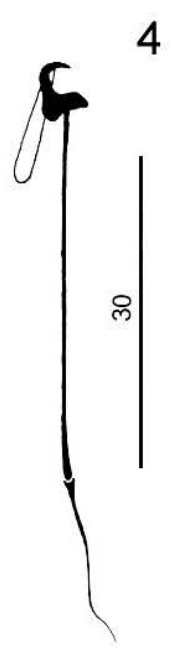
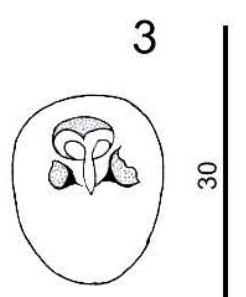
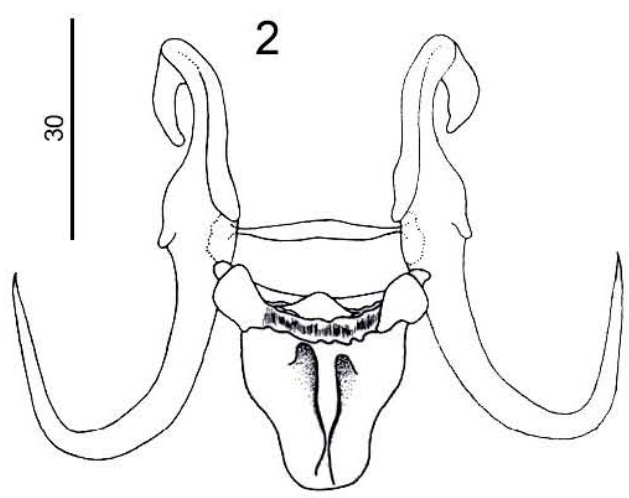
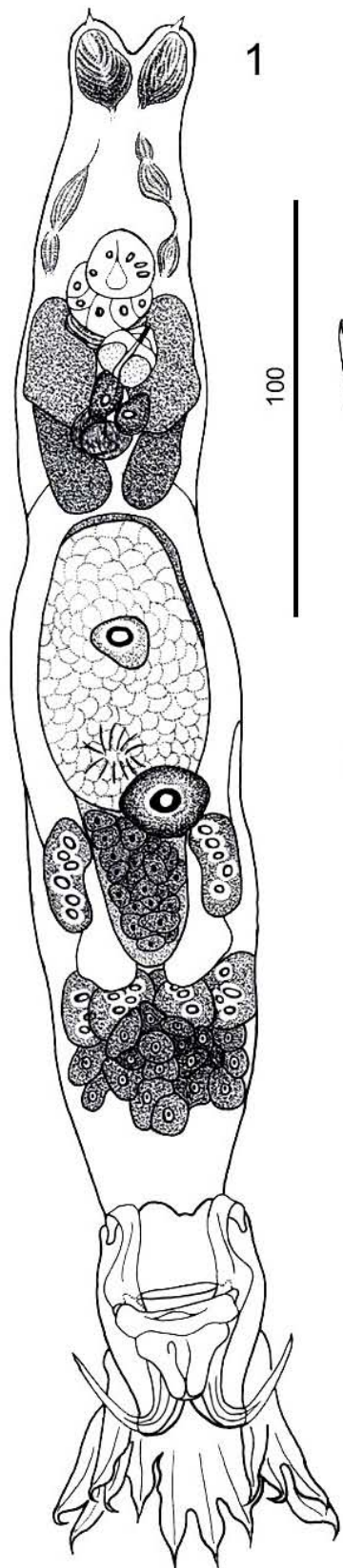
- Salgado-Maldonado, G., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E., Caspeta-Mandujano, J. M., Moreno-Navarrete, R. G., Sánchez-Nava, P. & Aguilar-Aguilar, R. (2001b) A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago River basin, México. *Comparative Parasitology*, **68**, 204–218.
- Salgado-Maldonado, G., Aguilar-Aguilar, R., Cabañas-Carranza, G., Soto-Galera, E. & Mendoza-Palmero, C. (2005) Helminth parasites in freshwater fish from the Papaloapan river basin, Mexico. *Parasitology Research*, **96**, 69–89.
- Sánchez-Nava, P., Salgado-Maldonado, G., Soto-Galera, E. & Jaimes-Cruz, B. (2004) Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the upper Lerma River sub-basin, Mexico. *Parasitology Research*, **93**, 396–402.
- Turnbull, E.R. (1956) *Gyrodactylus bullatarudis* n. sp. from *Lebistes reticulatus* Peters with a study of its life cycle. *Canadian Journal of Zoology*, **34**, 583–594.
- Vidal-Martínez, V.M., Aguirre-Macedo, M.L., Scholz, T., González-Solís, D. & Mendoza-Franco, E.F. (2001) *Atlas of the helminth parasites of cichlid fish of Mexico*. Czech Republic: Academia, 165 pp.
- Webb, S.A., Graves, J.A., Macias-Garcia, C., Magurran, A.E., Foighil, E.Ó. & Ritchie, M.G. (2004) Molecular phylogeny of the livebearing Goodeidae (Cyprinodontiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **30**, 527–544.
- Williams, E.H. & Rogers W.A. (1971) Two new species of *Gyrodactylus* (Trematoda: Monogenea) and a redescription and new host record for *G. prolongis* Hargis, 1955. *Journal of Parasitology*, **57**, 845–847.

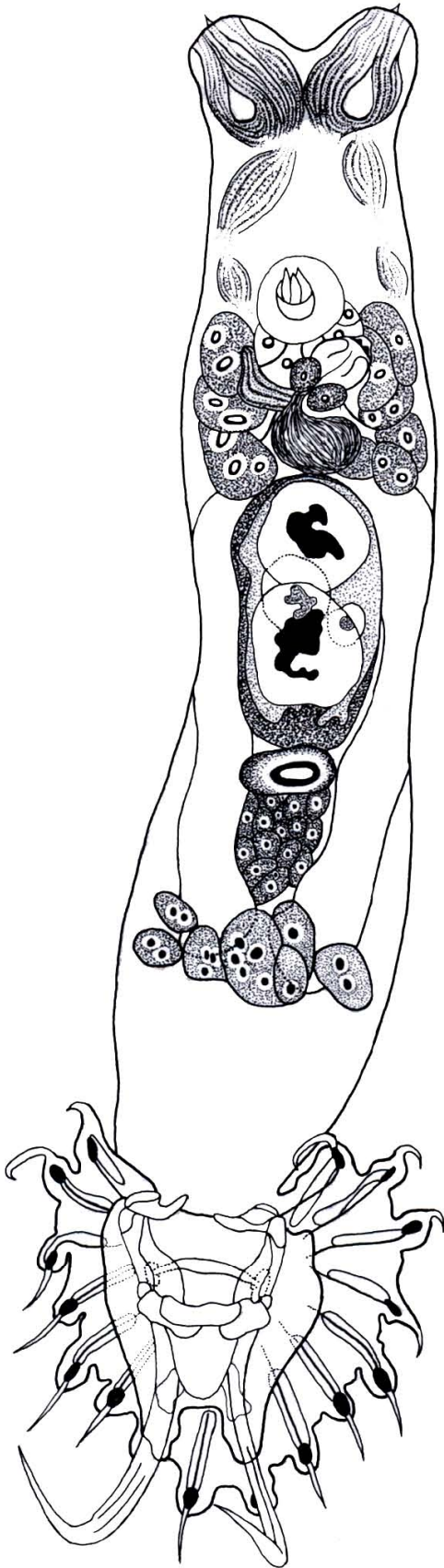
Table 1. Comparative measurements of several *Gyrodactylus* species parasitize *Fundulus* spp. from North America.

	<i>G. bulbacanthus</i> <sup>1</sup> Mayes, 1977 <i>Fundulus kansae</i> Republican River, Nebraska n=18	<i>G. stegurus</i> <sup>1</sup> Mueller, 1937 <i>Fundulus diaphanus</i> Constantia, New York n=?	<i>G. stephanus</i> <sup>1</sup> Mueller, 1937 <i>Fundulus kansae</i> Baltimore, Maryland n=18
Body length	335 (280–365)	310	200
Body width	58 (53–66)	75	71
Haptor width	66 (53–75)	71	53
Pharynx <sup>2</sup>	26 (24–29)	–	25
Copulatory organ diameter	–	18	–
Copulatory organ width	12 (11–13)	–	–
Anchor length	40 (38–42)	47	39
Anchor base	8 (7–10)	–	–
Superficial bar length	17 (16–19)	–	–
Superficial bar width	–	21	19
Shield length	9 (8–11)	–	–
Deep bar length	16 (15–18)	–	–
Hook length	27 (26–28)	26	23

<sup>1</sup>Original description.

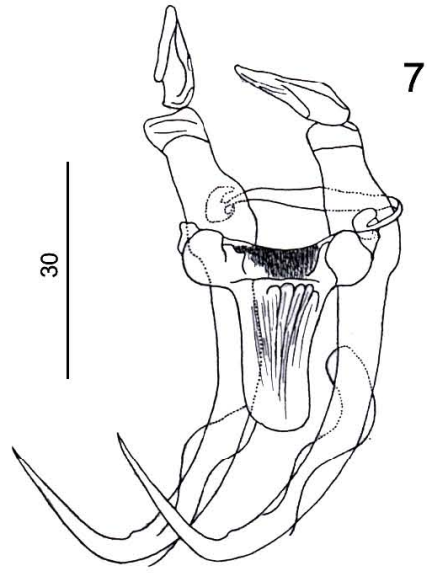
<sup>2</sup>Measurement criterion of pharynx, i. e. width or diameter, was not specified.





6

100



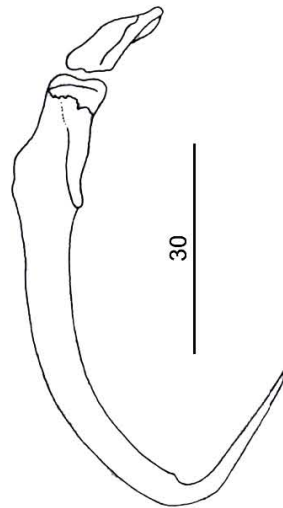
7

30



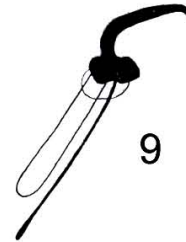
8

30



10

30



9

30

HELMINTH PARASITE COMMUNITIES OF *CHARACODON AUDAX* AND  
*C. LATERALIS* (PISCES: GOODEIDAE), ENDEMIC FRESHWATER FISHES  
FROM DURANGO, MEXICO

ANDRÉS MARTÍNEZ-AQUINO, GUILLERMO SALGADO-MALDONADO,\* ROGELIO AGUILAR-AGUILAR,  
GUILLERMINA CABAÑAS-CARRANZA, AND CARLOS MENDOZA-PALMERO

Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología, Laboratorio de Helmintología, A.P. 70-153,  
C.P. 04510, México, D.F., Mexico

\*Correspondent: gsalgado@mail.ibiologia.unam.mx

ABSTRACT—We examined *Characodon audax* ( $n = 30$ ) and *C. lateralis* ( $n = 27$ ) (Pisces: Goodeidae), endemic freshwater fishes from Durango, Mexico. We recorded 8 helminth species, and metacercariae of *Posthodiplostomum minimum* had the highest prevalence and highest mean intensity of infection. Specialist species included *Salsuginus* sp. (an undescribed monogenean) and the intestinal trematode *Margotrema bravoae*. These 3 species and larvae of the nematode *Spiroxys* sp. were the most frequent and abundant species. The remaining species were rare and found at low mean intensities. Intestinal helminth communities were comprised primarily *M. bravoae*, though most host intestines were free of macroscopic parasites. These data confirm the depauperate nature of the helminth communities of Goodeidae fish species in Nearctic Mexico. Helminth host specificity is suggested as an important factor for explaining the observed richness, and host feeding habits and local habitat characteristics are suggested as the main factors contributing to the variability observed in community composition and richness.

RESUMEN—Examinamos *Characodon audax* ( $n = 30$ ) y *C. lateralis* ( $n = 27$ ) (Pisces: Goodeidae), especies de peces dulceacuícolas endémicas de Durango, México. Registramos 8 especies de helmintos, y la metacercaria de *Posthodiplostomum minimum* fue la especie dominante y alcanzó las mayores intensidades de infección. Especies especialistas incluyeron *Salsuginus* sp. (un monogéneo no descrito) y el trematodo intestinal *Margotrema bravoae*. Estas 3 especies y la larva del nematodo *Spiroxys* sp. fueron las más frecuentes y abundantes. Las demás especies fueron raras y se presentaron en bajas intensidades promedio. Las comunidades de helmintos intestinales fueron constituidas principalmente por *M. bravoae*, aunque la mayoría de los intestinos resultaron vacíos de parásitos macroscópicos. Los datos confirman la naturaleza pobre de las comunidades de helmintos parásitos de los Goodeidae del Neártico de México. La especificidad hospedaria se sugiere como un factor importante para explicar la riqueza observada y los hábitos alimenticios del hospedero y las características locales del hábitat se sugieren como los factores principales que contribuyen a la variabilidad observada en la composición y riqueza de la comunidad.

Freshwater fish species of the family Goodeidae (Pisces: Cyprinodontiformes) include those in the subfamilies Empetrichthyinae and Goodeinae (Webb et al., 2004). The Goodeinae includes 17 genera and 36 species, which are

primarily restricted to the Mexican Highland Plateau (Berra, 2001; Webb et al., 2004). Several Goodeinae species have been examined to date for helminth parasites (Salgado-Maldonado et al., 2001a, 2001b, 2004a; Martínez-Aquino et al.,



2004; Mejía-Madrid et al., 2005; Pineda-López et al., 2005). Data on the helminth parasites of the Goodeinae can be useful in addressing questions about the composition, ecology, zoogeography, origin, and evolution of helminth communities in freshwater fish from the Mexican Highland Plateau and other Nearctic areas of Mexico.

The genus *Characodon* Günther (Goodeinae) includes 2 species, *C. audax* Smith and Miller and *C. lateralis* Günther, currently restricted to small springs in the states of Coahuila and Durango in northern Mexico. These species are currently listed as at risk (Contreras-Balderas et al., 2003), and a third species, *C. germani* Jordan and Evermann, formerly found in the Nazas River basin of Coahuila, Mexico, is now considered extinct (Espinosa-Pérez et al., 1993). The present report provides data on the helminth communities of both extant species of *Characodon* from their current distribution area, including taxonomic composition, richness, and diversity characteristics.

Samples were taken in November 2003 from 2 freshwater springs in the state of Durango, Mexico. Thirty *C. audax* specimens were caught using gill nets in the El Toboso spring (24°16'45"N, 104°34'41"W) and 27 *C. lateralis* specimens were collected from Abraham González spring (24°12'45"N, 104°31'48"W). These springs are independent, approximately 9 km apart, but belong to the same watershed. Fish specimens were taken live to the laboratory and examined within 24 h after capture using standard procedures. All the external surfaces, mouth, gills, and eyes, as well as body cavity and viscera, including liver, kidney, gut, mesenteries, and musculature of each host were examined under a stereomicroscope. All helminths encountered in each fish were counted and then fixed with hot 4% formalin. Monogeneans, digeneans, and cestodes were stained with Meyer's paracarmin or Ehrlich's haematoxylin, dehydrated using a graded alcohol series, cleared in methyl salicylate, and whole-mounted. Nematodes were cleared with glycerin for light microscopy and stored in 70% ethanol. Voucher specimens of all taxa were deposited in the Colección Nacional de Helmintos (CNHE), Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Mexico City.

Terminology of parasite infections follows definitions given by Bush et al. (1997), i.e.,

prevalence (% infected) and mean intensity of infection (mean number of parasites per infected fish).

Analyses were carried out at the component community level (i.e., all the helminths in all of the individuals of each species of *Characodon*), and at the infracommunity level (i.e., all the helminths in each individual) (Holmes and Price, 1986). A species richness sample effort curve was used to determine if sample size was sufficient to produce an accurate estimate of the pool of helminths parasitizing *C. audax* and *C. lateralis* from each locality (Salgado-Maldonado et al., 2004b). A cumulative species curve was plotted and the observed values fitted to the Clench model to assess an asymptotic trend (Clench, 1979). The nonparametric species richness estimator bootstrap was calculated from the observed data to extrapolate the number of missing species at the component community level (Poulin, 1998). Helminth species were separated as dominant (high prevalence and abundance) and rare (low prevalence and abundance) after an Olmstead-Tukey corner test of association (Steel and Torrie, 1981). Moreover, numerical dominance at the component community and infracommunity levels was determined using the Berger-Parker dominance index (Southwood, 1978). Infracommunities were described by the mean number of parasite species per fish, the mean number of helminth individuals per fish, and the mean value of the Brillouin diversity index per fish. Infracommunities within individual fish were compared qualitatively within localities using the Jaccard similarity index, and quantitatively using the Morisita-Horn index, as calculated in Magurran (1998). All correlations were carried out using Spearman's Rank test.

Total lengths of the examined *C. audax* ranged from 27 to 79 mm (mean  $39 \pm 9.7$  SD), and those of the examined *C. lateralis* ranged from 25 to 49 mm (mean  $36 \pm 6.4$  SD). Examination of the gonads indicated that all collected host specimens were sexually mature adults. A total of 1,713 individuals from 8 helminth species were collected from *C. audax*, while only 11 nematode larvae of one species were collected from *C. lateralis*.

The helminth species recovered from *C. audax* included an undescribed monogenean species, *Salsuginus* sp.; the adult digenean *Margotrema bravoae* Lamothe-Argumedo, 1970; metacercariae



TABLE 1.—Number of individuals, prevalence (% infected), mean intensity of infection (MI), and site of infection for helminth parasites of 2 *Characodon* species (Pisces: Goodeidae) from 2 springs in Durango, Mexico.

Helminth (site of infection <sup>1</sup> )	<i>C. audax</i> (n = 30) El Toboso			<i>C. lateralis</i> (n = 27) Abraham González		
	n	%	MI ± SD	n	%	MI ± SD
Adult trematodes						
Family Allocreadiidae						
<i>Margotrema bravoae</i> (i)	35	63.3	1.8 ± 1.2			
Metacercariae						
Family Clinostomidae						
<i>Clinostomum complanatum</i> (l, m)	2	6.7	1			
Family Diplostomidae						
<i>Posthodiplostomum minimum</i> (l, m)	1,609	100	53.6 ± 41.2			
Monogenea						
Family Dactylogyridae						
<i>Salsuginus</i> sp. (g)	24	43.3	1.8 ± 0.9			
Metacestodes						
Caryophylloidea gen. sp. (m)	10	20	1.7 ± 0.8			
Larval nematodes						
Family Anisakidae						
<i>Contracaecum</i> sp. (l, m)	4	6.7	2.0 ± 1.4			
Family Camallanidae						
<i>Serpinema trispinosum</i> (s)	1	3.3	1			
Family Gnathostomatidae						
<i>Spiroxys</i> sp. (bc)	28	50	1.9 ± 1.5	11	29.6	1.4 ± 1.0

<sup>1</sup> bc = body cavity; g = gills; i = intestine; l = liver; m = mesentery; s = scrota.

of *Clinostomum complanatum* (Rudolphi, 1814) and of *Posthodiplostomum minimum* (MacCallum, 1921); an unidentified metacestode of the order Caryophylloidea; and larvae of the nematodes *Contracaecum* sp., *Serpinema trispinosum* (Leidy, 1852), and *Spiroxys* sp. Two of these helminth species, *Salsuginus* sp. and *M. bravoae*, are considered goodeid specialists, the latter being the only helminth species found in the intestine of this fish species. Larvae of *Spiroxys* sp. were the only species collected from *C. lateralis*. Infection sites of each helminth species, number of helminths recovered, prevalence, and mean intensity are shown in Table 1.

Based on the cumulative species curve and the nonparametric species richness estimator value for *C. audax* and *C. lateralis* (bootstrap = 8.7 and 1.8, respectively), the inventory presented here for both species can be considered nearly complete. The richness estimator suggested one more species remains to be found at the component community level for each fish species.

The Olmstead-Tukey corner test showed 4 of the 8 helminth species from *C. audax* to be frequent and abundant. The metacercariae of *P.*

*minimum* was the most abundant, accounting for 94% of the collected individual helminths, and was the dominant species in the component community (Berger-Parker index = 0.94). The data indicated that *Salsuginus* sp., as well as *M. bravoae* and *Spiroxys* sp., were frequent (prevalence > 40%) and abundant (mean intensity > 1.8). The remaining species were rare, infrequent, and of low mean intensity (Table 1).

All *C. audax* hosts were infected with at least one helminth species, with the number of helminth species per host ranging from 1 to 6. Six hosts had just one helminth species, 3 had 2 species, 13 had 3, 4 had 4, 3 had 5, and one had the maximum of 6. Total number of helminth individuals of all species per host varied from 1 to 152, with a mean ( $\pm$  SD) number of helminth individuals per host of  $57.1 \pm 42.4$ . Mean number of species per host was  $2.9 \pm 1.3$ . The Brillouin index varied from 0.05 to 1.1, with a mean diversity value of  $0.3 \pm 0.3$ . The Berger-Parker dominance index values varied from 0.4 to 1, with a mean of  $0.9 \pm 0.1$ . The metacercariae of *P. minimum* was the most abundant species occurring in 100% of the hosts. One of 3 host

intestines was free of large parasites, because only 19 of the 30 hosts examined had the intestinal helminth *M. bravoae*.

The helminth infracommunities of *C. audax* from El Toboso spring displayed a relatively medium level of similarity. The corresponding Jaccard index varied from 0.1 to 1 (mean of  $0.5 \pm 0.2$  SD) and the Morisita-Horn index varied from 0.7 to 1 (mean of  $0.96 \pm 0.06$  SD). Not surprisingly, the infracommunities of *C. lateralis* from Abraham González spring had low comparative similarity because 19 of these hosts were helminth-free, while the rest were only infected by *Spiroxyis* sp. Low similarity was also observed when comparing component communities between *C. audax* and *C. lateralis* (Jaccard index = 0.1; Morisita-Horn index = 0.02).

No differences were observed in helminth species prevalences, mean intensity, or richness between host sexes for any of the recorded helminth species. No significant correlation was observed between host size and total number of individual helminths, though a significant correlation between richness and fish size ( $r = 0.2$ ,  $t = 0.05(1)$ ,  $\alpha = 1.08 < 1.7$ ) was recorded.

The data presented here constitute a complete helminthological record for *C. audax*. All the helminths identified in the present study, except *S. trispinosum*, have been recorded previously in goodeids from other bodies of water in Mexico (Pérez et al., 2000; Salgado-Maldonado et al., 2001b, 2004a; Martínez-Aquino et al., 2004; Pineda-López et al., 2005). The nematode *S. trispinosum* parasitizes freshwater fishes in several Neotropical basins of Mexico (Aguilar-Aguilar et al., 2003), though the present finding constitutes its first record from a Nearctic locality, though with minimum abundance.

The present data confirm that host specificity is important for explaining helminth community composition, because 25% of the taxa recorded (2 of 8) are specialists to goodeid fishes. Most of the species, however, were generalists. This pattern has been recorded previously for the helminth communities of Mexican freshwater fish species (Salgado-Maldonado and Kennedy, 1997; Salgado-Maldonado et al., 2001a, 2001b, 2004a, 2004b; Martínez-Aquino et al., 2004; Sánchez-Nava et al., 2004), and it suggests opportunistic colonization of available habitats by generalist parasites with a wide distribution range, generally transported by piscivorous birds.

The helminth communities of the 2 *Characodon* species studied here are depauperate and dominated by single generalist helminth species. Indeed, the intestines of both host species were either free of parasites or contained only a single helminth species at low densities. Reports exist of rich helminth communities parasitizing freshwater Neotropical fishes in Mexico (Salgado-Maldonado and Kennedy, 1997; Vidal-Martínez et al., 1998; Vidal-Martínez and Kennedy, 2000), but the present findings confirm the generally impoverished nature of helminth communities in the Nearctic freshwater fish of Mexico (Pérez et al., 2000; Martínez-Aquino et al., 2004). This suggests that different processes operate in the Nearctic and Neotropical areas of Mexico. However, a dominance pattern exerted by a single helminth species is common to fish in both the Neotropical and Nearctic areas of Mexico, notwithstanding community richness. *Posthodiplostomum minimum* is one of the most abundant and widely distributed helminth species on the Mexican Highland Plateau and in Mexico overall (Salgado-Maldonado et al., 2001a).

Although both of the host species examined in this study inhabited localities forming part of the same watershed, their helminthological communities were different. These differences can be at least partially explained by the feeding habits of each species because 4 of the 8 helminth species recorded from *C. audax* infect their host through its food. *Characodon audax* is an omnivorous species (pers. observ.), while *C. lateralis* is an herbivorous species (Fitzsimons, 1972), meaning it is potentially less exposed to intermediate hosts. Other important factors contributing to the observed differences in community composition must be related to habitat characteristics, such as availability of appropriate intermediate hosts, as well as habitat and host population sizes.

Thus, the data presented here confirm the depauperate and dominated nature of helminth communities in the Goodeinae fish species of Nearctic Mexico. Helminth host specificity is an important factor explaining the observed richness, and the data suggest host feeding habits and local habitat characteristics are the main factors contributing to the observed variability in community composition and richness.

This study was supported by Project no. CN-02-82 from UC MEXUS-Consejo Nacional de Ciencia y

Tecnología (CONACYT), Mexico to GSM. We thank E. Ávila-Luna (Instituto de Ecología, UNAM) for suggestions to get the hosts; E. Soto-Galera (Instituto Politécnico Nacional, México) and J. Lyons of Wisconsin Department of Natural Resources for identification of hosts; and N. Mercado-Silva, H. L. Bart Jr., and M. Cabañas for technical assistance in the field. This study is part of a Bachelor thesis of the first author. Special thanks to 2 anonymous reviewers for their suggestions to improve the manuscript.

## LITERATURE CITED

- AGUILAR-AGUILAR, R., R. BÁEZ-VALÉ, C. MENDOZA-PALMERO, G. SALGADO-MALDONADO, AND G. BARRIOS-QUIROZ. 2003. Nuevos registros de *Serpinema trispinosum* (Leidy, 1852) (Nematoda: Camallanidae) para México. *Universidad y Ciencia* 19:62-65.
- BERRA, T. M. 2001. Freshwater fish distribution. Academic Press, San Diego, California.
- BUSH, A. O., K. D. LAFFERTY, J. M. LOTZ, AND A. W. SHOSTAK. 1997. Parasitology meets ecology on its own terms: Margolis et al. revisited. *Journal of Parasitology* 65:667-669.
- CLENCH, H. K. 1979. How to make regional lists of butterflies: some thoughts. *Journal of the Lepidopterological Society* 33:215-231.
- CONTRERAS-BALDERAS, S., P. ALMADA-VILLELA, M. L. LOZANO-VILANO, AND M. E. GARCÍA-RAMÍREZ. 2003. Freshwater fish at risk or extinct in Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 12:241-251.
- ESPINOSA-PÉREZ, H., M. T. GASPÁR-DILLANÉS, AND P. FUENTES-MATA. 1993. Listados Faunísticos de México III. Los peces dulceacuáticos mexicanos. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- FITZSIMONS, J. M. 1972. A revision of two genera of goodcid fishes (Cyprinodontiformes, Osteichthyes) from the Mexican Plateau. *Copeia* 1972:728-756.
- HOLMES, J. C., AND P. W. PRICE. 1986. Communities of parasites. In: J. Kikkawa and D. J. Anderson, editors. *Community ecology patterns and processes*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, United Kingdom. Pages 187-213.
- MAGURRAN, A. 1988. *Ecological diversity and its measurement*. Croom Helm, London, United Kingdom.
- MARTÍNEZ-AQUINO, A., G. SALGADO-MALDONADO, R. AGUILAR-AGUILAR, G. CABAÑAS-CARRANZA, AND M. P. ORTEGA-OLIVARES. 2004. Helminth parasites of *Chapalichthys encastus* (Pisces: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Lake Chapala, Jalisco, Mexico. *Journal of Parasitology* 90:889-890.
- MEJÍA-MADRID, H., O. DOMÍNGUEZ-DOMÍNGUEZ, AND G. PÉREZ. 2005. Adult endohelminth parasites of Goodeinae (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from México with biogeographical considerations. *Comparative Parasitology* 72:200-211.
- PÉREZ, P. G., L. GARCÍA-PRÍETO, V. LEÓN-RÉGAGNON, AND A. CHOUDHURY. 2000. Helminth communities of native and introduced fishes in Lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Fish Biology* 57:303-325.
- PINEDA-LÓPEZ, R., G. SALGADO-MALDONADO, E. SOTO-GALERA, N. HERNÁNDEZ-CAMACHO, A. OROZCO-ZAMORANO, S. CONTRERAS-ROBLEDO, G. CABAÑAS-CARRANZA, AND R. AGUILAR-AGUILAR. 2005. Helminth parasites of viviparous fishes in Mexico. In: H. J. Grier and M. C. Uribe, editors. *Viviparous fishes*. New Life Publications, Homestead, Florida. Pages 437-456.
- POULIN, R. 1998. Comparison of three estimators of species richness in parasite component communities. *Journal of Parasitology* 84:485-490.
- SALGADO-MALDONADO, G., G. CABAÑAS-CARRANZA, E. SOTO-GALERA, J. M. CASPETA-MANDUJANO, E. MAYÉN-PEÑA, D. BRAILOVSKY, AND R. BÁEZ-VALÉ. 2001a. Helminth parasites of freshwater fishes of the Balsas River drainage basin of southwestern Mexico. *Comparative Parasitology* 68:196-203.
- SALGADO-MALDONADO, G., G. CABAÑAS-CARRANZA, E. SOTO-GALERA, J. M. CASPETA-MANDUJANO, R. G. MORENO-NAVARRETE, P. SÁNCHEZ-NAVA, AND R. AGUILAR-AGUILAR. 2001b. A checklist of helminth parasites of freshwater fishes from the Lerma-Santiago river basin, México. *Comparative Parasitology* 68:204-218.
- SALGADO-MALDONADO, G., AND C. R. KENNEDY. 1997. Richness and similarity of helminth communities in the tropical cichlid fish *Cichlasoma urophthalmus* from the Yucatán Peninsula, Mexico. *Parasitology* 114:581-590.
- SALGADO-MALDONADO, G., N. MERCADO-SILVA, G. CABAÑAS-CARRANZA, J. M. CASPETA-MANDUJANO, R. AGUILAR-AGUILAR, AND L. I. INIGUEZ-DÁVALOS. 2004a. Helminth parasites of freshwater fishes of the Ayuquila River, Sierra de Manantlán Biosphere Reserve, west central Mexico. *Comparative Parasitology* 71: 67-72.
- SALGADO-MALDONADO, G., F. MORAVEC, G. CABAÑAS-CARRANZA, R. AGUILAR-AGUILAR, P. SÁNCHEZ-NAVA, R. BÁEZ-VALÉ, AND T. SCHOLZ. 2004b. Helminth parasites of the tropical gar, *Atractosteus tropicus* Gill from Tabasco, Mexico. *Journal of Parasitology* 90: 260-265.
- SÁNCHEZ-NAVA, P., G. SALGADO-MALDONADO, E. SOTO-GALERA, AND B. JAIMES-CRUZ. 2004. Helminth parasites of *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) in the Upper Lerma River sub-basin, Mexico. *Parasitology Research* 93:396-402.
- SOUTHWOOD, T. R. 1978. *Ecological methods*, second edition. Chapman and Hall, London, United Kingdom.
- STEEL, R. G. D., AND J. H. TORRIE. 1981. *Principles and procedures of statistics: a biometrical approach*, second edition. McGraw-Hill International Book Company, London, United Kingdom.
- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M., AND C. R. KENNEDY. 2000. Potential interactions between the intestinal hel-

- minthes of the cichlid fish *Cichlasoma synspilum* from southeastern Mexico. *Journal of Parasitology* 86:691–695.
- VIDAL-MARTÍNEZ, V. M., C. R. KENNEDY, AND M. L. AGUIRRE-MACEDO. 1998. The structuring process of the macroparasite community of an experimental population of *Cichlasoma urophthalmus* through time. *Journal of Helminthology* 72:199–207.
- WEBB, S. A., J. A. GRAVES, C. MACÍAS-GARCÍA, A. E. MAGURRAN, D. Ó. FOIGHIL, AND M. G. RITCHIE. 2004. Molecular phylogeny of the livebearing Goodeidae (Cyprinodontiformes). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 30:527–544.

*Submitted 13 July 2005. Accepted 28 April 2006.*  
*Associate Editor was Gary Garrett.*