



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICA

PROTOZOARIOS Y HELMINTOS EN PECES BAJO
RÉGIMEN DE CULTIVO EN EL ESTADO DE PUEBLA

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADA EN BIOLOGÍA

PRESENTA:

LUCIA LUZHELI NAVA SIERRA

DIRECTOR: DR. JOSÉ LINO ZUMAQUERO RIOS

MARZO 2018



Agradecimientos

Mi agradecimiento al Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Puebla. Que me brindó la oportunidad y el apoyo para realizar el presente trabajo de tesis. Y gracias al magnifico equipo de profesionales que hay labora por su disponibilidad y conocimientos.

Gracias a mis tutores, Dr. José Lino Zumaquero Ríos, profesora de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y a la QFB. Liliana Hernández Mendoza Jefe de laboratorio del Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Puebla. Por dirección, asesorías y comentarios para alcanzar los objetivos de este trabajo.

A la doctora M. en C. María Concepción López Téllez, profesora de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Por sus asesorías, comentarios y brindarme su tiempo.

A la MVZ. Martha Isabel Del Corral González. Técnico de Laboratorio del Comité Estatal de Sanidad Acuícola del Estado de Puebla. Por su apoyo y asesoría en las identificaciones parasitas.

Mi agradeciendo especial a mis padres, Efraín Nava Visoso y Luz Sierra Rodríguez, por haberme brindado la oportunidad de estudiar, por su dedicación y esfuerzo.

Gracias a mis hermanos, de los cuales siempre recibí su apoyo a lo largo de la carrera.

Finalmente, a todos mis amigos y compañeros que durante la carrera, me brindaron su apoyo, conocimientos y su amistad sincera.

Índice

i Resumen.....	4
1. Introducción.....	5
2. Objetivos.....	9
2.1. Objetivo general.....	9
2.2. Objetivos particulares.....	9
3. Hipótesis.....	9
4. Materiales y métodos.....	10
4.1. Área de estudio	10
4.2. Obtención de muestras en campo para determinar la diversidad de protozoarios y helmintos.....	12
4.3. Obtención de muestras en laboratorio para determinar la diversidad de protozoarios y helmintos.....	13
4.4. Identificación de los parásitos.....	15
4.5. Obtención de muestras en campo para determinar la carga parasitaria.....	17
4.6. Obtención de muestras de laboratorio para determinar la carga parasitaria.....	18
5. Análisis de datos.....	20
6. Resultados y discusión.....	21
6.1. Composición taxonómica.....	21
6.2. Riqueza de géneros.....	23
6.3. Abundancia.....	25
6.4. Diversidad de géneros.....	28
6.5. Carga parasitaria.....	30
6.6. Conteo de huevos y larvas parasitarias, técnica de Stoll (1923).....	33
7. Conclusiones.....	34
8. Bibliografía.....	36
9. Anexos.....	41

***i* Resumen**

En el mundo el crecimiento de la acuicultura ha sido constante en; sin embargo, las infecciones parasitarias sobre las especies de mayor importancia para el consumo humano generan enfermedades y mortalidad, lo cual ocasionan pérdidas económicas importantes. En el Estado de Puebla se notificado especies de protozoarios parásitos que afectan la salud de varias especies de peces (*Poecilia*, *Heterandria*, *Poeciliopsis*, etc) en ecosistemas acuáticos, no obstante, este tema ha sido escasamente tratado. Los estudios más completos sobre protozoarios en Puebla corresponden a las especies de importancia médica. En el Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Puebla están registradas unidades de producción de especies como: *Oreochromis niloticus* (tilapia), *Ictalurus punctatus* (bagre de canal) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris). En este trabajo se obtuvo una abundancia total de 1997 organismos parásitos distribuidos en 22 géneros: 15 protozoos y 7 helmintos, siendo el más abundante el parásito helminto Acanthocephala: *Girodactilidae* con 299 individuos. Todas las unidades de producción registran infecciones de parásitos que comprometen la salud de los peces, siendo la de mayor diversidad la región Sierra Nororiental y la de mayor abundancia la región Sierra Norte; existe una carga parasitaria total en las unidades de producción significativamente mayor en la especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) del parásito helminto genero *Cichlidogyrus*. La estimación del número de huevos y larvas fueron leves en las especies *Oreochromis niloticus* (tilapia) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris), mientras que *Ictalurus punctatus* (bagre de canal) no se halló ningún tipo de huevo o larva en muestras de sedimento de los estanques debido a que la reinfección es un mecanismo establecido en el ecosistema.

1. Introducción

La acuicultura es el sector productor de alimentos de crecimiento más rápido a nivel mundial, constituye el 50% del alimento acuático en el mundo y se percibe como la actividad con el mayor potencial para satisfacer la demanda de alimento (FAO, 2016). Desempeña un papel importante en la seguridad alimenticia, diversificación de oportunidades económicas de países en desarrollo; generación de empleos, reduce la migración y contribuye a mejorar la calidad de vida principalmente en comunidades rurales (García *et al.*, 2013). La acuicultura proporcionó solo el 7% del pescado para consumo humano en 1974, este porcentaje aumentó al 26% en 1994 y al 39% en 2004 (FAO, 2016). Durante el periodo 2000-2015 presentó un crecimiento anual de 6.2%, y alcanzó una producción de 90.4 millones de toneladas a nivel mundial (Bostcok *et al.*, 2016).

La producción acuícola global está representada por especies dulceacuícolas y marinas en México, las especies que destacan son: tilapia (*Oreochromis spp*), carpa (*Cyprinus spp*), trucha (*Oncorhynchus spp*), bagre (*Ictalurus spp*), ostión (*Crassostrea spp*) y camarón (*Caridea spp*) (Álvarez *et al.*, 1999; FAO, 2005). México se encuentra entre los primeros países en producción acuícola de América. En 2002, se obtuvieron más de \$3,309 millones de pesos por acuicultura, ya que se produjeron 45,853 toneladas de camarón blanco, 91,434 toneladas de peces de agua dulce (mojarra, bagre, carpa, trucha, lobina y charal) y 48,878 toneladas de ostión (Casas y Dettme, 2007).

En el 2011, el 84.2% de la producción correspondió a captura (marina y continental) y el restante 15.8% a la acuicultura (SEMARNAT, 2013). La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2014) hace una estimación de un aumento en la producción acuícola mundial del 62% para el 2030.

El Estado de Puebla está localizado en la Meseta Central de México, con un gran potencial para el desarrollo de la acuicultura dulceacuícola ya que dispone de corrientes y cuerpos de agua dulce, lagunas, presas y terrenos susceptibles de

estanquería para el aprovechamiento del agua que en conjunto representan recursos hídricos y suelos aptos para la acuicultura, aunado a la diversidad de climas, especialmente cálidos, templados y húmedos (SAGARPA, 2009). Puebla contribuyo con un 0.36% de la producción total nacional, por detrás del Estado de México e Hidalgo (SAGARPA, 2009). El Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Puebla (CESAPUE) tiene registrados 278 unidades de producción en 52 municipios en la que se producen tres especies como son: trucha, tilapia y bagre de canal (CESAPUE, 2017).

Los peces de interés acuícola están sujetos a una amplia gama de enfermedades (Espinosa y Labarta, 1988). El CESAPUE menciona que el 27% de los productores sufrieron alguna enfermedad durante el año 2008 (SAGARPA, 2009).

Diversos eventos relacionados al medio ambiente acuático o el manejo de los peces pueden conducir a alteraciones en la salud de los peces; especialmente por enfermedades de tipo infecciosas y no infecciosas (Palacios *et al.*, 2015). Este manejo de altas densidades de organismos por unidad de superficie favorece el que con frecuencia se rompa el equilibrio establecido entre patógenos y huéspedes, trayendo como consecuencias la aparición de enfermedades infecciosas y parasitarias (Flores y Flores, 2003).

Esch y Fernández (1993) evidenciaron claramente que muchos parásitos tienen la capacidad de inducir morbilidad y algunos incluso mortalidad en los peces. En la producción de peces las enfermedades pueden darse por diferentes causas:

- **Fisicoquímicas**, que son intervalos inadecuados de los parámetros ambientales como la temperatura, el nivel de oxígeno disuelto, el pH, la concentración de solutos suspendidos, la concentración de compuestos nitrogenados, principalmente.
- **Nutricionales**, sub-alimentación por cantidad o calidad; toxicidad generada por manejo inadecuado de alimentos.
- **Denso-dependientes**, densidades de cultivos inadecuadas.

- **Biológicas**, causada por protozoarios y helmintos (FAO, 2011).

Cuando se producen altas mortalidades súbitas en especies cultivadas, casi siempre los primeros sospechosos en la búsqueda de causas son los patógenos: los parásitos (Espinosa *et al.*, 1988). El parasitismo es una asociación heterotípica negativa, temporal o permanente, externa o interna, entre una especie, el parásito, normalmente más pequeña, menos organizada o de menor nivel zoológico y otra especie, el hospedador, mayor, más organizada (Cordero del Campillo *et al.*, 2000); en el parasitismo, el grado de dependencia metabólica determina la obligatoriedad de la relación del parásito con su hospedero (Wisnivesky, 2003).

Según Rodríguez (2001) el parasitismo por protozoarios (por ejemplo, genero *Trichodina*, *Ichthyophthirius*, *Myxobolus*, etc.) y helmintos (*Tremátodos*, *Céstodos*, *Nemátodos*, *Acantocéfalos*, etc.), es un fenómeno frecuente, en los peces, sin embargo, las enfermedades parasitarias se manifiestan cuando las condiciones del medio ambiente permiten la proliferación del parásito (Pérez, 1996).

A lo señalado anteriormente, el conocimiento de los helmintos parásitos de peces de agua dulce ha sido motivo de estudio y preocupación desde hace mucho tiempo en varios países, especialmente por la fuente de alimentación humana (Lamothe, 1994; MAPAMA, 2012; Salgado y Rubio, 2014; Lagunas *et al.*, 2016). No obstante, el entendimiento del grupo de los protozoos es escaso, existe poca literatura en el país que involucran factores morfológicos microscopias descriptiva para la determinación taxonómica (Caballeros *et al.*, 2009). Se ha demostrado, en el campo y en el laboratorio, que los parásitos pueden jugar un papel determinante en la estructuración de las comunidades de sus hospederos (Salgado *et al.*, 2014).

La mayoría de los estudios en el país han abordado temas de los grupos que se distribuyen en ambientes terrestres y solo recientemente se han elaborado estudios considerando grupos distribuidos en sistemas acuáticos (Rosas y Pérez, 2008). Si se hace una comparación de Puebla con otros Estados (Bueno *et al.*, 2005; Alemán *et al.*, 2008; Pulido *et al.*, 2015) revela que la información y la contribución al desarrollo de investigaciones en el conocimiento de los helmintos y

protozoos de peces de agua dulce son muy escasas. Por lo que es de gran interés registrar la incidencia de parásitos que poseen los cultivos de *Oreochromis niloticus* (tilapia), *Ictalurus punctatus* (bagre de canal) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) del Estado de Puebla. En particular los helmintos y protozoos parásitos, con el fin de proporcionar conocimiento de la biodiversidad biológica de estos organismos que existen en el Estado.

Se prevé que la población a nivel nacional e internacional continúe aumentando en las décadas futuras, en el caso de Puebla se ha calculado que alcanzará en 2020 un total de 6 481 536 personas con una tasa de crecimiento de 0.83% anual (CONAPO, 2016); de manera que es necesario considerar cómo alimentar a todos los habitantes y la acuicultura es considerada como una vía con el potencial de ser una fuente de proteína de alta calidad y a un bajo costo (Newman, 2016). Sin embargo el crecimiento de esta actividad se enfrenta al surgimiento de enfermedades parasitarias que se pueden desarrollar en los peces produciendo diversas lesiones e incluso la muerte; por ello la importancia de la identificación de parásitos protozoos y helmintos que afectan las especies de importancia acuícola en este Estado es relevante, por lo que este trabajo pretende contribuir con la información de posibles responsables de estos padecimientos para así aplicar un diagnóstico y tratamiento a tiempo en los organismo acuáticos de las unidades de producción acuícola del Estado.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Determinar la diversidad de los parásitos protozoarios y helmintos que afectan los cultivos de *Oreochromis niloticus* (tilapia), *Ictalurus punctatus* (bagre de canal) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) bajo régimen de cultivo en el Estado de Puebla.

2.2. Objetivos particulares

Identificar los géneros de protozoarios y helmintos que parasitan a la tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y bagre de canal (*Ictalurus punctatus*).

Determinar la riqueza y abundancia de protozoarios y helmintos que parasitan a la tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y bagre de canal (*Ictalurus punctatus*).

Calcular la carga parasitaria que afectan los cultivos de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y bagre de canal (*Ictalurus punctatus*).

3. Hipótesis

Las unidades de producción acuícola de tilapia (*Oreochromis niloticus*), trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y bagre de canal (*Ictalurus punctatus*) originan parásitos protozoos y helmintos.

4. Material y métodos

4.1. Área de estudio

Para la realización de este trabajo se contó con información de la base de datos de casos de enfermedades por parasitismo en las unidades de producción de: tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal de las unidades de producción registradas en el CESAPUE durante el periodo comprendido entre los años 2013 al 2016 en las siete regiones del Estado de Puebla que son: 1. Región Sierra Norte: Región Sierra Norte: Huauchinango (071), Zacatlán (208) y Ahuacatlán (006). 2. Región Sierra Nororiente: Acateno (002), Cuetzalan del Progreso (043), Hueytamalco (076), Tlatlauquitepec (186), Xochiapulco (200), Zacapoaxtla (207) y Zautla (212). 3. Región Serdán: Chilchotla (058), Quimixtlán (116). Región Angelópolis: Calpan (026), Puebla (114), San Salvador el Verde (143), San Matías Tlalancaleca (134), Tlahuapan (180) y Tochimilco (188). 4. Región Tehuacán y Sierra Negra: Ajalpan (010), Altepexi (103), Cañada Morelos (099), Coxcatlán (035), General Felipe Ángeles (065), Tehuacán (156) y Tepanco de López (161). 5. Región Valle Atlixco y Matamoros: Atlixco (019), Chietla (051), Epatlán (062), Huaquechula (069), Izúcar de Matamoros (085), Tepeojuma (166), Tilapa (176) y Tlapanalá (185). 7. Región Mixteca: Acatlán (003), Chiantla de Tapia (047), Coatzingo (031), Cohetzalan (032), Cuayuca de Andrade (042), Chinantla (059), Guadalupe (066), Ixcaquixtla (082), Jolalpan (087), Piaxtla (113), Tecomatlan (155), Tehuizingo (157), Teotlalco (160), San Jerónimo Xayacatlán (127) y Totoltepec de Guerrero (190). (Figura 1; Anexo 1).

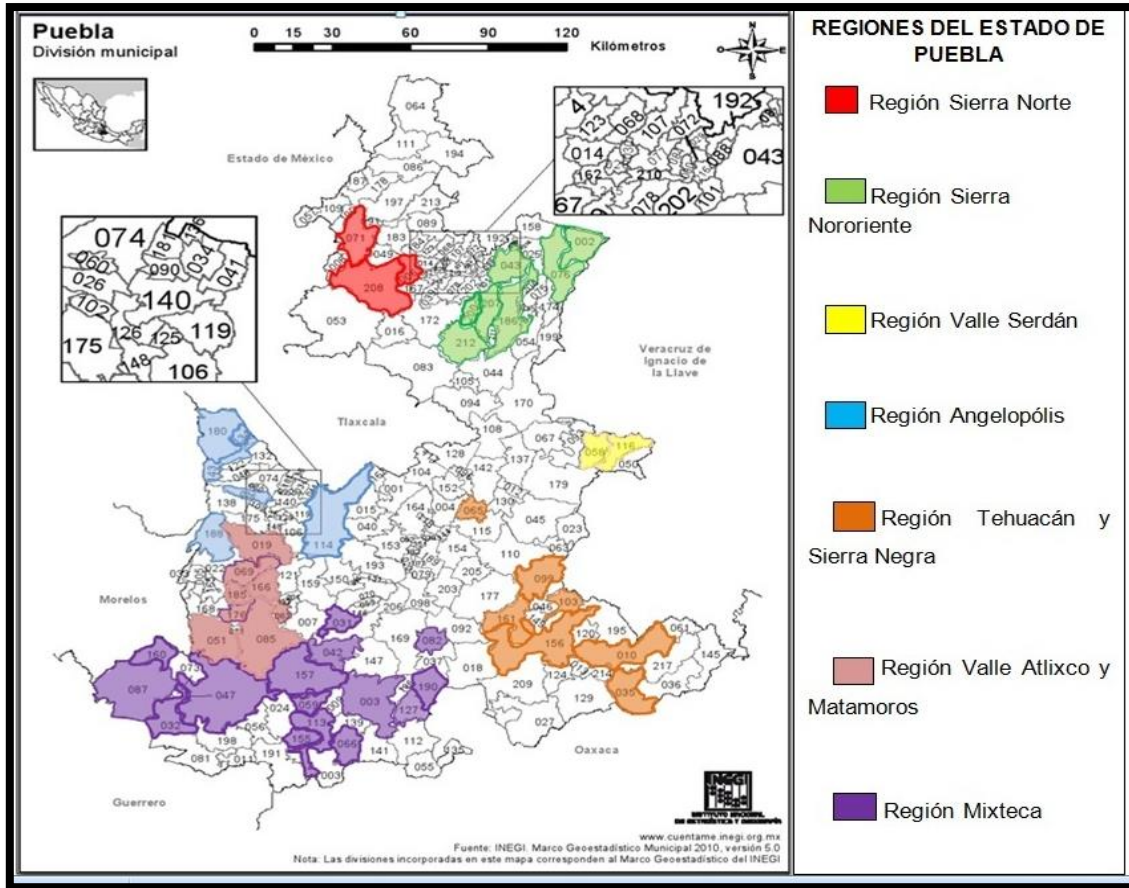


Figura 1. Ubicación de los Municipios del Estado de Puebla con unidades de producción acuícola que fueron analizadas durante el periodo 2013-2016.

4.2. Obtención de muestras en campo para determinar la diversidad de protozoarios y helmintos.

Las unidades de producción acuícola (UPA) de especies acuícolas en el estado están distribuidas de la siguiente manera:

Especies	Tilapia	Trucha arcoíris	Bagre de canal
Regiones de producción	Sierra Norte (3 UPA)	Sierra Nororiental (7 UPA)	Valle Atlixco y Matamoros (8 UPA)
	Sierra Nororiental (7 UPA)	Sierra Negra (7 UPA)	Mixteca (15 UPA)
	Valle Serdán (2 UPA)	Valle Serdán (8 UPA)	
	Angelópolis (6 UPA)	Mixteca (15 UPA)	

Se considera la elección de 15 individuos para cada una de las especies de pez cultivadas en las unidades de producción (trucha, tilapia y bagre). Dando un total de 48 UPA analizadas, donde se colecta: 270 organismos de tilapia, 555 de trucha arcoíris y 345 organismos de bagre de canal, dando un total de 1170 individuos colectados por año. Los organismos fueron colectados al presentar signos de enfermedad y que aun estuvieran vivos (moribundos), se colocaron en bolsas plásticas limpias con agua del mismo estanqué y llevadas al laboratorio del CESAPUE inmediatamente para ser procesados (Figura 2).



Figura 2. Colecta de los peces en las unidades de producción acuícola del estado de Puebla.

4.3. Obtención de muestras en laboratorio para determinar la diversidad de protozoarios y helmintos.

En el laboratorio del CESAPUE cada uno de los organismos se sacrificó mediante aturdimiento por percusión (de acuerdo con el Código de Ética para sacrificio de animales con fines de investigación). Posteriormente se tomaron muestras externas e internas a través del siguiente procedimiento:

a) Toma de muestras externas

- El organismo es puesto en una charola con el vientre de frente
- Se obtuvo muestras del mucus donde se hizo un leve raspado con un cubreobjetos sobre la superficie de la epidermis del organismo (anterior a posterior) y fue colocado sobre un portaobjetos con una gota de agua del medio del pez.
- Se retiró el opérculo para tomar muestras de branquias y filamentos, estas fueron puestas en portaobjetos con una gota de agua salina y para luego ser observadas al microscopio (10x) (Figura 3).



Figura 3. Toma de muestras externas de los organismos acuáticos.

b) Toma de muestras internas

Se realizó un primer corte en la parte ventral, iniciando en el orificio anal hasta la zona inferior del opérculo. En seguida se hizo un segundo corte comenzando en el orificio anal con dirección dorso-craneal pasando por la línea lateral hacia la comisura superior del opérculo, esto nos permite exponer los órganos internos. Tomándose muestras de órganos tales como: hígado, bazo, riñón y adicional heces del interior del intestino.

Se colocó un corte de cada órgano con una gota de solución salina isotónica o agua del medio del pez sobre un portaobjetos y se examinó al microscopio con objeto 10X y 40X.

Para la obtención de preparaciones permanentes de un parásito vivo, el ejemplar se introduce en un tubo de ensaye con agua o solución salina al 0.6%, para ayudar a su relajamiento, se comprime entre portaobjetos y es colocada en una caja de Petri a la que se agrega formol al 10%.

Cada muestra fue lavada con agua destilada para ser teñido con eosina al 2%, enseguida de pasa a la deshidratación de 5 min en etanol 96°.

Se procedió a su montaje, donde los organismos o los cortes se cubre con resina sobre un portaobjetos y se coloca un cubreobjetos para su fijación, eliminando la

presencia de burbujas con una leve presión. Se observa bajo el microscopio en ocular en 100X (Jiménez, 2005) (Figura 4).



Figura 4. Toma de muestras internas de los organismos acuáticos.

4.4. Identificación de los parásitos

Los parásitos se identificaron con base en la morfología descriptiva y con láminas de referencia de la literatura ya publicada (Jiménez *et al.*, 1986; Klinger y Floyd, 1987; Jiménez *et al.*, 1998; Cordero del Campillo *et al.*, 2000; Vidal *et al.*, 2002; Gerard y Larry, 2009; Jiménez, 2007; Bunkeley y Williams, 1995; Poudel *et al.*, 2005) (Figura 5).

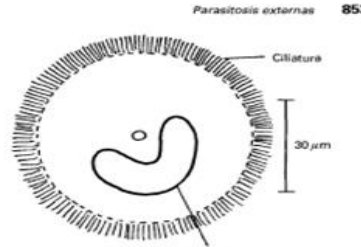
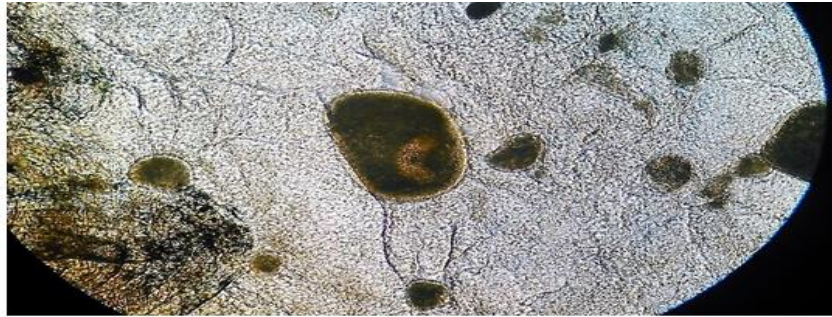


Figura 47-5. Esquema de algunos ciliados ectoparásitos de peces. (a) *Ichthyophthirius multifiliis*; (b) *Trichodina* sp.; (c) *Chilodonella* sp (figs. 1a) y (c) según Reichenbach-Klinke, 1976; (b) de acuerdo con Roberts, 1978.

Figura 47-4. Reproducción al MO de ciliados de la piel de peces. (a) *Ichthyophthirius multifiliis* (preparación en fresco de la piel de *Leuciscus cephalus cabedai*); (b) *Tripartiella* sp (preparación en fresco de la piel de *Cyprinus carpio*) (microfotografías originales) (véase pliego de color).

Figura 5. Se muestra la lámina tomada del libro de Cordero del Campillo *et al.* (2000) donde se hace la comparación de una muestra de parásito *Ichthyophthirius* colectada para su identificación.

Para cada individuo de las tres especies de peces se tuvo un valor de referencia de los agentes patógenos:

- *Trichodina*= 1-10 leve, 11-100 moderada, >100 alta o severa (según: Hans C. K. Madse; Kurt Buchmann; Stig Møllergaard).
- *Ichthyophthirius*= < 50 leve, 50-100 moderada, >100 alta o severa (según: J. L. Tojo, M. T. Santamarina).
- *Apiosoma* y *Ambiphrya* = 1-15 leve, 16-30 moderada, >30 alta o severa (según: Instituto Tecnológico de Boca del Río).
- Monogeneos = 1-10 leve, 10-50 moderada, >50 alta o severa (según: J. L. Tojo, M. T. Santamarina).
- Flagelados = 1-15 leve, 16-30 moderada, >31 alta o severa (según: Edward J. Noga).

4.5. Obtención de muestras en campo para determinar la carga parasitaria.

Para la obtención de las muestras para realizar la determinación de la carga parasitaria, se tomaron las muestras de una unidad de producción acuícola por especies: trucha arcoíris, tilapia y bagre de canal registradas en el CESAPUE.

Los tipos de instrumentos para la toma de muestra de sedimentos son los de tipo "recogedor" y los de tipo de "cilindro", en este trabajo se optó por los dos tipos: una red y sifón de acuario, con el fin de obtener las heces de los organismos; se llenó una garrafa de 10 litros de estos sedimentos y agua de los estanques que posteriormente fue llevada a laboratorio para ser procesada y analizada (CSN, 2007).

La muestra de sedimento de los estanques con tilapia se obtuvo de la granja piscícola "Saltillo" en el municipio de Hueytamalco, ubicada en la zona Noroeste del Estado de Puebla con las coordenadas geográficas 19° 51' 03" y 20° 12' 42" de latitud Norte y los meridianos 97° 12' 48" y 97° 22' 42" de longitud Occidental.

Una segunda muestra de sedimento de los estanques con trucha arcoíris se realizó en la granja piscícola "Isquiti" en el municipio de Zacatlán, se localiza en la parte Noroeste del Estado, sus coordenadas geográficas son los paralelos 19° 50' 06" y 20° 08' 12" de latitud Norte de los meridianos 97° 51' 06 y 98° 12' 36", de longitud Occidental.

La tercera y última muestra de sedimento de los estanques con bagre de canal se obtuvo de la granja piscícola "Loma Bonita" en el municipio de Tlapanalá, se localiza en la región Valle Atlixco y Matamoros del Estado de Puebla con las coordenadas geográficas son los paralelos 18° 38' 24" y 18° 44' 06" de latitud norte y los meridianos 98° 28' 18" y 98° 35' 36" de longitud occidental (Figura.6).



Figura 6. Estanques de la granja piscícola “Loma Bonita” en el municipio de Tlapanalá ubicada en la región Valle Atlixco y Matamoros del Estado de Puebla.

Una vez colectado el sedimento se trasladó al laboratorio de parasitología y vectores de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP).

4.6. Obtención de muestras de laboratorio para determinar la carga parasitaria.

Se utilizó la técnica de flotación de Willis modificada según Nuñez *et al.* (1999). Método basado en la propiedad que tiene las soluciones de densidad mayor de hacer flotar objetos menos densos. Consiste en preparar la materia fecal con solución saturada de cloruro de sodio. Este método es de alta sensibilidad en el diagnóstico de huevos livianos y larvas. Cada una de las muestras de las tres unidades de producción se sometió a dicha técnica y se determinó el número de individuos por género para caracterizar la población de hospederos infectados, que se define como el número de parásitos conspecíficos que viven en (o sobre) un hospedero infectado. Esta medida individual cuantifica la infrapoblación de parásitos (Wisnivesky., 2003).

Para la evaluación de conteo de huevos y larvas en sedimento, se aplicó la técnica de Stoll (1923), este método se basa en los principios de disolución y

saponificación. Fundamento de su cálculo es básicamente aritmético, tomando en consideración las diluciones empleadas (Ortigoza y Cruz, 2012).

Cálculos de resultados:

1. El número de huevos contados en toda la preparación se multiplican por 200 y se registra como huevos/ ml., sin corrección.
2. Corregir de acuerdo con el siguiente factor la consistencia de la muestra:

Heces, tipo	Muestras, ml	Factor
Duras	0.075	1
Pastosas	0.075	2
Blandas	0.075	3
Líquidas o diarreicas	0.075	4

Las cifras corregidas se informan como huevo/ ml (García y Jiménez, 1967).

En este trabajo la consistencia de la muestra se consideraron pastosas (x2), se tuvo valores de referencia para cada huevo y parásitos encontrados: género *Ascaridida* (huevo) = ≤ 5.000 huevos por ml. de heces, leve; 5.000- 20.000 huevos, moderado; >20.000 huevos, intensa (estas cifras se basan en un cálculo de aproximadamente 1.000 huevos por ml). García., Jiménez. C., Larvas (*Syphacia* Filariforme, Rabditiforme) = <5 larvas/mg heces, Leve, moderada (5-20 larvas/mg heces, moderada, >20 larvas/mg heces, intensa. Figuera, L.; Ramírez, E. & Merchán, E.

5. Análisis de datos

Composición taxonómica. Para cada uno de los parásitos registrados se agruparon según su estructura taxonómica desde el nivel Subreino hasta género, así como el nombre común de hospedero (s) en cual fue encontrado y el porcentaje representativo por cada familia registrada (Rosas y Pérez, 2007).

Diversidad alfa. Representa la diversidad de especies a lo largo de todas las subunidades locales relevantes. Se analizó la diversidad de parásitos presentes en tres especies de hospedero, abarcando dos variables: riqueza de géneros y la abundancia de géneros: diversidad de géneros (Carmona y Carmona, 2013).

Riqueza de géneros. Se realizó un conteo del número de géneros parasitarias presentes en la infrapoblación (hospederos: tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal) (Morenor, R, 2005. Moreno, C. E, 2001).

Abundancia. Se determinó el número de parásitos protozoos y helmintos de un género en particular, así como su abundancia con cada región de producción acuícola del Estado de Puebla (Moreno, C. E, 2001).

Diversidad de géneros. Calculada mediante el índice de Shannon-Wiener (H') (equidad) en el programa PAST para: la infrapoblación de parásitos protozoos y helmintos, para los tres tipos de hospederos (tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal) y para unidades de producción acuícola del Estado de Puebla. Este índice mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especies (en este caso géneros) pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. El valor del índice de diversidad de Shannon suele estar entre 1,5 y 3,5 y raramente sobrepasa 4,5. Cuanto mayor sea el valor del índice, mayor es la diversidad (García-Nieto, 2014) mediante la fórmula: $H' = -\sum p_i \ln p_i$. Dónde: H' = índices de Shannon-Wiener. p_i = proporción de la abundancia relativa de la especie "i" en la muestra.

Posteriormente se aplicó el análisis de uniformidad de Pielou en la infrapoblación de géneros, para medir la proporción de la diversidad observada con relación a la máxima diversidad esperada. Su valor va de 0 a 0.1, de forma que 0.1 corresponde a situaciones donde todas las especies son igualmente abundantes (Moreno, 2001). Bajo la siguiente fórmula: $J = H'/H'_{\max}$. Donde: $H'_{\max} = \ln(S)$ S= número de especies. H' = media logarítmica de la diversidad.

Se realizó análisis de varianza no paramétrico de rangos mediante la prueba de Kruskal-Wallis utilizando el paquete estadístico PAST (Paleontological statistics Versión 3.16) para tres especies de hospedero para ver si existía diferencias estadísticamente significativas entre los distintos tipos de hospederos sobre la variable riqueza total de géneros con la fórmula (Muro, O, 2003):

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum \frac{(\sum Ri)^2}{n} - 3(n+1)$$

Donde: H= valor estadístico de la prueba Kruskal-Wallis. N= el número total de casos. n= el número de casos en una muestra dada. $\sum Ri$ = la suma de todos los rangos para cada muestra dada.

6. Resultados y discusión

6.1. Composición taxonómica

Se registró un total de 22 géneros de parásitos pertenecientes a 16 familias y 13 ordenes (Anexo 2). De estos 22 géneros 15 corresponden a los parásitos protozoos (71%) y siete a los parásitos helmintos (29%). Con respecto a las 16 familias de parásitos, 11 pertenecen a los parásitos protozoos distribuyéndose de la siguiente manera: *Epistylididae* con tres géneros (20%), *Hexamitidae* y *Trichodinidae* con dos géneros cada uno (13.33%), *Bodonaceae*, *Chilodonellidae*, *Scyphidiidae*, *Cryptobiaceae*, *Ichthyophthiriidae*, *Oodinales*, *Tetrahymenidae* y *Aploporidae* con un solo género (6.66%) respectivamente del total de protozoos. En el caso de los helmintos se registraron cinco familias de las 16 totales de parásitos, de las cuales las más representativa son *Acytocephalidae* y *Proteocephalidae* con dos géneros cada una

(28.57%), y tres familias como *Dactylogyrydae*, *Gyrodactylidae* y *Allocreadiidae* con un solo género (14.28%) respectivamente del total de helmintos (Tabla.1).

Se aprecia una mayor riqueza de géneros para los parásitos protozoarios comparado con los helmintos, coincidiendo que actualmente se reportan 1,014 especies protozoarias descritas en México (CONABIO, 2011), existe una carencia y falta de divulgación de referencia bibliográficas sobre la riqueza de parásitos protozoos y helmintos en peces de importancia acuícola en el Estado de Puebla. Por lo que este trabajo significa el inicio para futuros trabajos en relación con este tema.

Tabla.1 Géneros de parásitos protozoos y helmintos registrados en el estudio.

Subreino	Filo	Clase	Orden	Familia	Género	Hospeder o
Protozoa 71%	Ciliophora	Oligohymenophorea	Sessilida	<i>Scyphidiidae</i> (6.66%)	<i>Ambiphrya</i>	Tilapia Bagre
				<i>Epistylidae</i> (20%)	<i>Apiosoma</i>	Tilapia Trucha Bagre
					<i>Epistylis</i>	Tilapia Trucha Bagre
					<i>Heteropolaria</i>	Tilapia
			Mobilida	<i>Trichodinidae</i> (13.33%)	<i>Trichodina</i>	Tilapia Trucha Bagre
					<i>Trichodinella</i>	Tilapia Trucha Bagre
			Hymenostomadia	<i>Ichthyophthiriidae</i> (6.66%)	<i>Ichthyophthirius</i>	Tilapia Trucha Bagre
	Tetrahymenida	<i>Tetrahymenidae</i> (6.66%)	<i>Tetrahymena</i>	Tilapia Trucha		
	Cyrtophoria	Cyrtophorida	<i>Chilodonellidae</i> (6.66%)	<i>Chilodonella</i>	Tilapia Trucha	
	Euglenozoa	Kinetoplastea	Eubodonida	<i>Bodonaceae</i> (6.66%)	<i>Bodo</i>	Tilapia Trucha
				<i>Cryptobiaceae</i> (6.66%)	<i>Cryptobia</i>	Tilapia Trucha Bagre
			Prokinetoplastida	<i>Aploporidae</i> (6.66%)	<i>Ichthyobodo</i>	Tilapia Trucha Bagre
	Metamonada	Trepomonadea	Distomatida	<i>Hexamitidae</i> (13.33%)	<i>Hexamita</i>	Tilapia Trucha
					<i>Spironucleus</i>	Tilapia

	Myzozoa	<i>Dinophyceae</i>	<i>Blastodinales</i>	<i>Oodinales</i> (6.66%)	<i>Oodinium</i>	Tilapia
Helmintho 29%	Platyhelminthes	<i>Monogenea</i>	<i>Dactylogyridea</i>	<i>Acytocephalidae</i> (28.57%)	<i>Cichlidogyrus</i>	Tilapia Trucha
					<i>Enterogyrus</i>	Tilapia Trucha
			<i>Dactylogyrydae</i> (14.28%)	<i>Dactylogyrus</i>	Tilapia Bagre	
			<i>Gyrodactylidae</i> (14.28%)	<i>Gyrodactylus</i>	Tilapia Trucha	
	<i>Cestoda</i>	<i>Proteocephalidea</i>	<i>Proteocephalidae</i> (28.57%)	<i>Corallobothrium</i>	Bagre	
				<i>Proteocephalus</i>	Bagre	
		<i>Trematoda</i>	<i>Plagiorchiida</i>	<i>Allocreadiidae</i> (14.28%)	<i>Crepidostomum</i>	Tilapia Trucha

6.2. Riqueza de géneros

La riqueza de los géneros parásitos en los tres diferentes tipos de hospederos: tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal fue de 22 géneros de parásitos protozoos y helmintos donde la especie tilapia se encuentra mejor representada a nivel de géneros, familias y órdenes (Cuadro 2). Se sabe que el sistema inmunológico de la tilapia la hace más resistente a las enfermedades (Saavedra, 2006), por lo que se puede intuir que la manifestación de enfermedades por parásitos es más tardía, por tanto la acumulación de variedad de parásitos en su organismos será mayor. El hospedero bagre de canal presenta la menor riqueza de géneros, con 11 géneros, sin embargo, representando el 50% del total de los géneros registrados, mientras que las más alto se encuentra en tilapia con 20 géneros, representando el 90.91% del total de géneros registrados, y trucha arcoíris se registraron 15 géneros, 68.18% del total registrado (Cuadro 1). Cabe mencionar la presencia de parásitos son un componente natural en los ecosistemas. Pauli (1999) dice que es difícil encontrar poblaciones de seres vivos que carezcan de parásitos, lo normal es

pensar que cada especie de vida libre al menos tiene una especie de parasito asociado a ella.

Cuadro 1. Riqueza de géneros parasitarios en los tres diferentes hospederos en las unidades de producción acuícola del Estado de Puebla (los valores reportados en porcentaje con respecto al total registrado).

Hospedero	Ordenes	Familias	Géneros
Tilapia	12 (92.3%)	15 (93.8%)	20 (90.9%)
Trucha arcoíris	11 (84.6 %)	11 (68.8%)	15 (68.2%)
Bagre de canal	6 (46.1%)	8 (50%)	11 (50%)
Totales	13	16	22

La riqueza de parásitos protozoos y helmintos registrados por región fue mayor en la región Mixteca y región Nororiente del Estado de Puebla con 18 géneros de parásitos cada una, para la Mixteca fueron seis géneros de helmintos y 12 de protozoos, en el caso de la Nororiente fueron cuatro géneros de helmintos y 14 de protozoos (Cuadro 2). Las regiones con menos riqueza de parásitos fueron la Sierra Norte con 9 géneros totales: 8 de protozoos y uno de helminto. Los parásitos son utilizados como indicadores de la presencia de contaminantes en el ambiente acuático derivados de derrames petroleros, hidrocarburos policíclicos aromáticos y metales pesados (Salgado *et al.*, 2014), por tanto, es importante estudiar la calidad del agua de estas regiones. Los ambientes acuáticos, dulceacuícolas y marinos, son particularmente susceptibles, pues reciben descargas industriales, desechos agrícolas y domésticos que contienen muchos tipos de sustancias químicas. Los niveles de contaminación pueden ser algunas veces indicadores muy precisos de la presencia o ausencia de ciertas especies de parásitos en un cuerpo de agua determinado (Marcogliese y Price, 1997).

Cuadro 2. Las tres primeras regiones más ricas en cuanto el número de géneros parasitarios de protozoos y helmintos registrados en las unidades de producción acuícola del Estado de Puebla.

Región	Géneros Protozoos	Géneros de Helmintos
Mixteca	12	6
Nororiente	14	4
Sierra Norte	8	1

6.3. Abundancia

Se registró un total de 1997 parásitos (Anexo 3): 1420 protozoos y 577 helmintos, encontrando una mayor abundancia total en helmintos Acantocephala: *Gyrodactylidae* con 299 individuos, seguido del parasito protozoos *Ambiphrya* con 289 individuos. Los helmintos *Crepidostomum* y *Proteocephalus* así como los protozoos *Heteropolaria* y *Oodinium* fueron los géneros con menor abundancia, todos estos con un solo individuo (Figura 7). La considerable abundancia de *Gyrodactylus* se debe a que estos tienen un ciclo de vida directo, lo que permite un crecimiento rápido de la población y confiere la capacidad de transferirse a un nuevo hospedero en todo momento durante su ciclo de vida (Grano *et al.*, 2016).

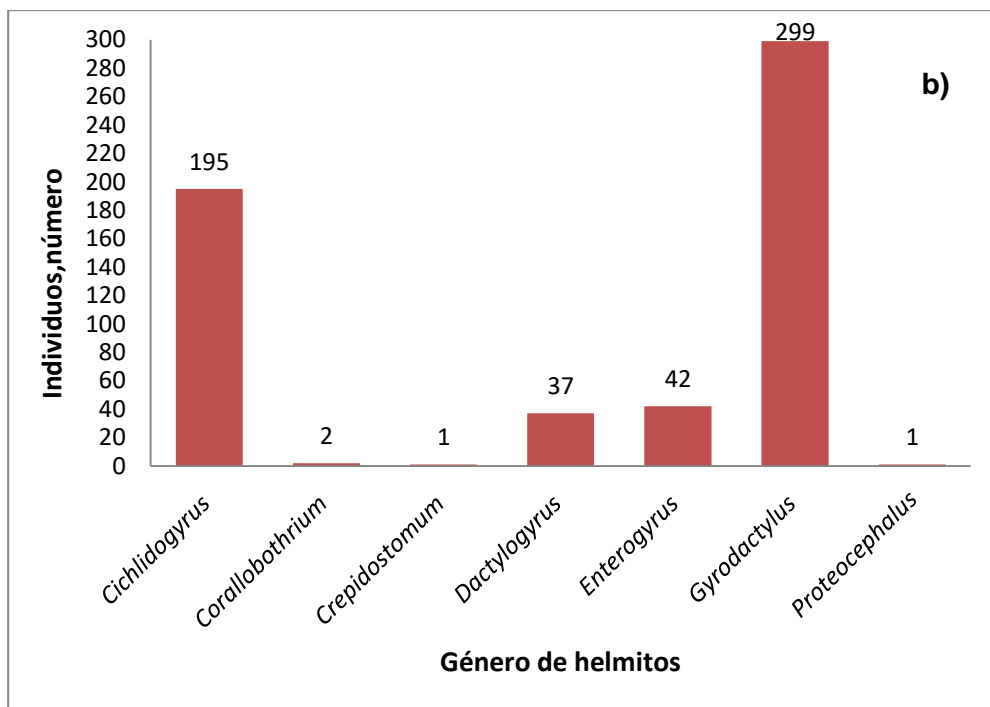
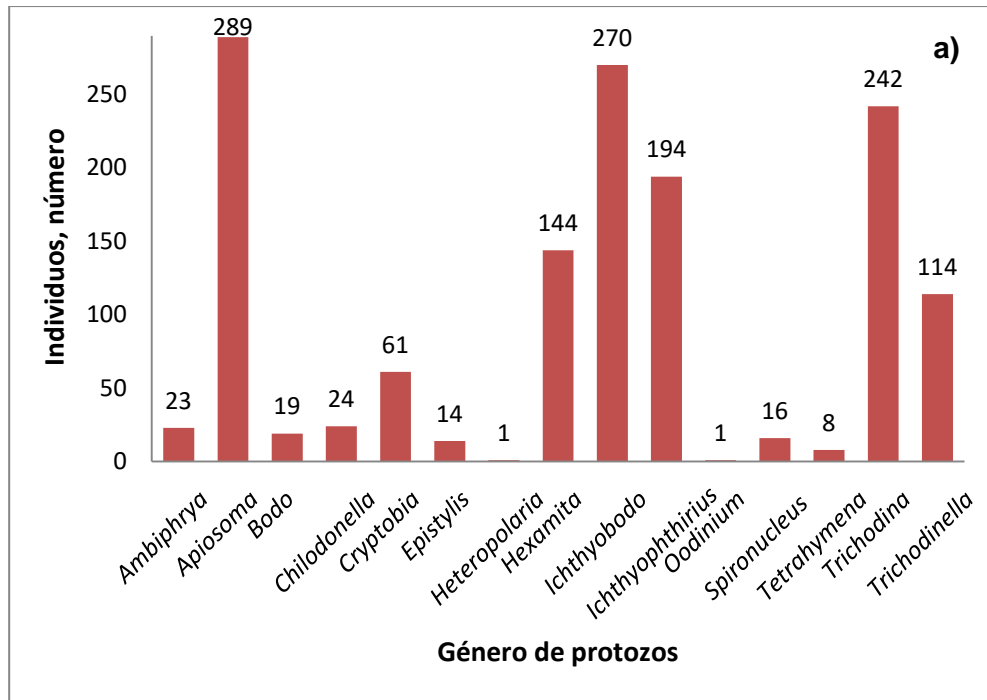


Figura 7. Abundancia total de los géneros a) protozoos y b) helmintos unidades en peces bajo régimen de cultivo en el Estado de Puebla.

El hospedero trucha arcoíris tuvo una mayor abundancia con un total de 1033 individuos de parásitos (Figura 9), seguido de tilapia (n=908) y bagre de canal (n=56). Se ha confirmado que los parásitos influyen sobre el comportamiento, la demanda energética, la reproducción, sobrevivencia, y la selección de parejas de sus hospederos (Salgado *et al.*, 2014).

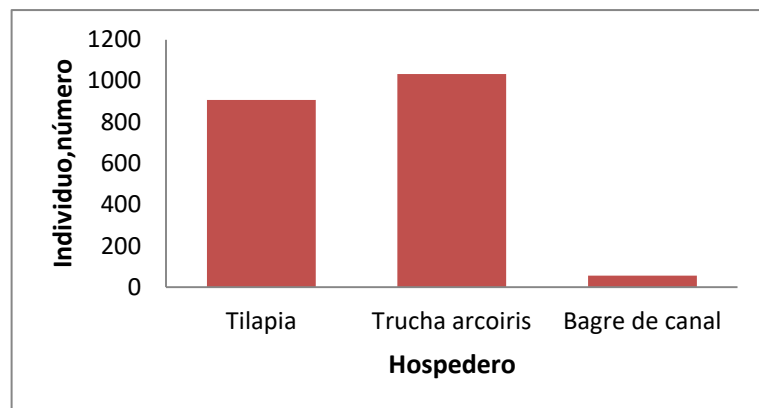


Figura 9. Abundancia en los tres tipos de hospederos: tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal.

Con respecto a las regiones (Figura 8), Sierra Norte obtuvo la mayor abundancia con 444 parásitos totales: 359 protozoos y 85 helmintos, seguido de la región Valle Serdán con 382 parásitos totales: 264 protozoos y 118 helmintos. La menor abundancia total la tienen las regiones Angelópolis (n=129) y la región Tehuacán (n=194). Existen pérdidas económicas, debido a los altos índices de mortalidad de peces en granjas acuícolas a causa de parásitos.

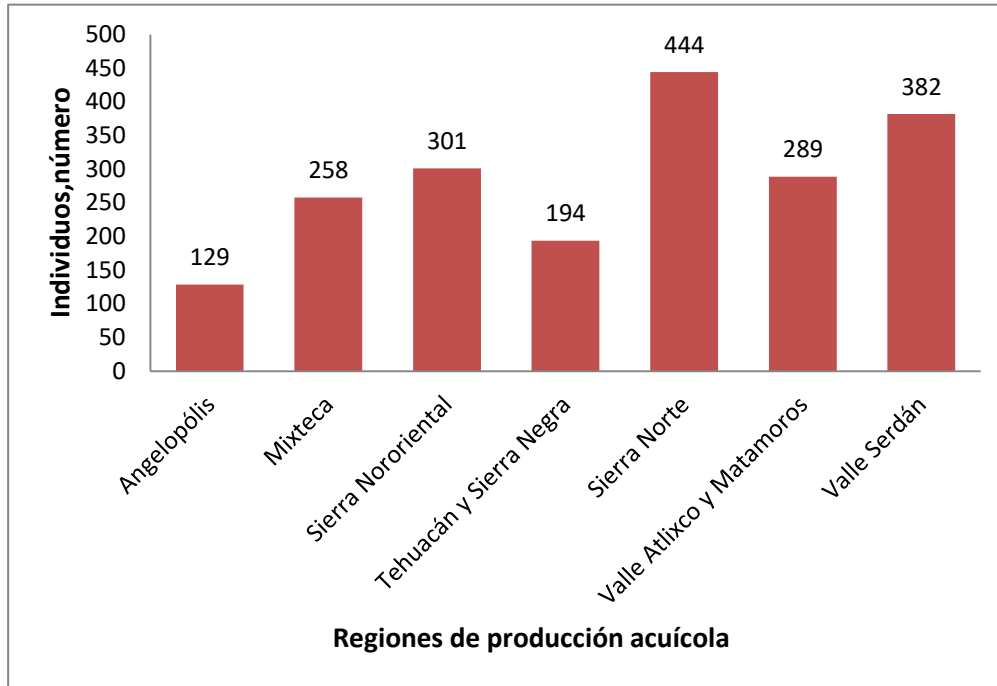


Figura 8. Abundancia total de parásitos por regiones de producción acuícola en el Estado de Puebla.

6.4- Diversidad de géneros

Para el total de 22 géneros de parásitos se obtuvo un valor de $H' = 2.425$ con una $H'_{max} = 3.09$, esto indica que la diversidad de parásitos protozoos y helmintos es alto. Puebla muestra una importante fauna de protozoarios como agentes etiológicos de enfermedades de los animales y el hombre (CONABIO, 2011). México destaca por la diversidad de parásitos de hospederos de agua dulce (Salgado y Rubio, 2014).

Los géneros de protozoos son más diversos con una $H' = 2.112$ en comparación a helmintos con $H' = 1.116$. Los protozoarios son quizá el grupo más importante de parásitos que afectan a todos los tipos de peces en general (Rodríguez *et al.*, 2001). El análisis de equidad de Pielou nos arrojó un valor de $E = 0.78$, con esto se asume que la diversidad de los géneros parásitos es relativamente uniforme al tener una probabilidad alta de encontrarlos.

De acuerdo con este índice de Shannon se encontró que la tilapia tiene una mayor diversidad de géneros ($H' = 2.269$) seguido de bagre de canal ($H' = 1.910$) mientras

que trucha arcoíris posee la menor diversidad ($H' = 1.843$) (Cuadro 3). Silva (2016) menciona que los parásitos homogéneos y protozoos ciliados son los más comunes parásitos asociados a las tilapias.

Cuadro 3. Índice de Shannon para la diversidad de parásitos en especies: tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal en el Estado de Puebla.

	Tilapia	Trucha arcoíris	Bagre de canal
Riqueza	20	15	11
Diversidad Shannon (H')	2.269	1.843	1.910

La región Sierra Nororiental presentó el valor más alto de diversidad ($H' = 2.471$) mientras que el menor valor lo presentó la región Sierra Norte ($H' = 1.668$) (Cuadro 4). Con respecto a este último, en el estado y según los estudios practicados en ecosistemas acuáticos, como la cuenca del río Apulco (región Norte), existe una biodiversidad importante de protozoarios que requieren una mayor atención, así como la incidencia de estos organismos como agentes causales de problemas de salud (CONABIO, 2011).

Cuadro 4. Índice de Shannon para la diversidad de parásitos en especies: tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal en el Estado de Puebla.

Región	Angelópolis	Mixteca	Sierra Nororiental	Tehuacán y Sierra Negra	Sierra Norte	Valle de Atlixco y Matamoros	Valle Serdán
Diversidad Shannon (H')	2.048	2.23	2.471	2.295	1.668	2.253	1.701

La prueba no paramétrica Kruskal-Wallis entre los tres diferentes tipos de hospederos, mostro que hay una diferencia significativa entre medianas de muestra en la riqueza en al menos una de las tres infrapoblacional de parásitos (tilapia, trucha arcoíris y bagre de canal) (Cuadro 5).

Cuadro 5. La aplicación de la prueba Kruskal-Wallis a los datos de los tres hospederos, se decide rechazar la hipótesis nula con nivel de significación 0.05 ($p=0.001441$).

(p) $0.001441 \leq 0.05$ (rechaza hipótesis nula)

H (chi2):	12.67
Hc (valor corregido):	13.08
p:	0.001441

Una vez rechazado H_0 , se aplicó la prueba Kruskal-Wallis por pares con la intención de apreciar estas diferencias mediante el análisis de prueba pareadas: 1) tilapia y trucha arcoíris. 2) tilapia y bagre de canal 3) trucha arcoíris y bagre de canal.

Se obtuvo que las especies tilapia y bagre son diferentes ($p < 0.05$), mientras que las especies tilapia y trucha arcoíris no presentaron diferencias ($p > 0.05$) al igual que las especies trucha arcoíris y bagre de canal ($p > 0.05$) (Anexo 4).

6.5.- Carga parasitaria

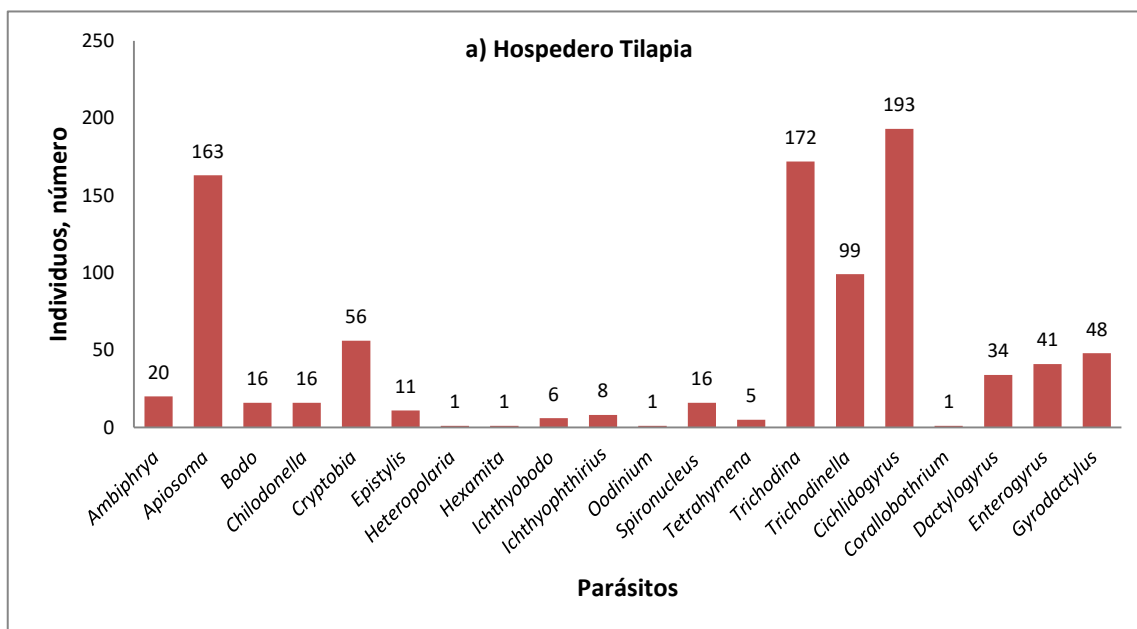
La trucha arcoíris obtuvo una mayor intensidad de parásitos protozoos ($n=778$) y tilapia fue mayor en parásitos helmintos ($n=255$). El bagre de canal tuvo la menor intensidad en los dos tipos de parásitos con 51 individuos protozoos y cinco individuos helmintos (Cuadro 7). La prevalencias y abundancias medias varían de acuerdo con la piscicultura, el depósito y el manejo del productor (Silva, 2016). Por ello es importante tomar en cuenta el número de peces sembrados, número de recambios por día de los

estanques, la alimentación y tratar con cuidado a los peces cuando se hacen muestreos o selección de peces, para prevenir la aparición de enfermedades parasitarias.

Cuadro 7. Intensidad de parásitos por hospederos de peces de las unidades de producción acuícola del estado de Puebla.

Hospedero	N (protozoos)	%	N (helmintos)	%
Tilapia	591	42%	317	55%
Trucha arcoíris	778	55%	255	44%
Bagre de canal	51	4%	5	1%
TOTAL	1420		577	

El género *Cichlidogyrus* en hospedero tilapia tuvo más intensidad con 193 individuos., en trucha arcoíris el género *Ichthyobodo* (n=262) y en bagre de canal el género *Trichodina* (n=16) (Anexo 3) (Figura 10). En el estado de Puebla no existen investigaciones sobre el número de individuos parásitos en peces de importancia acuícola.



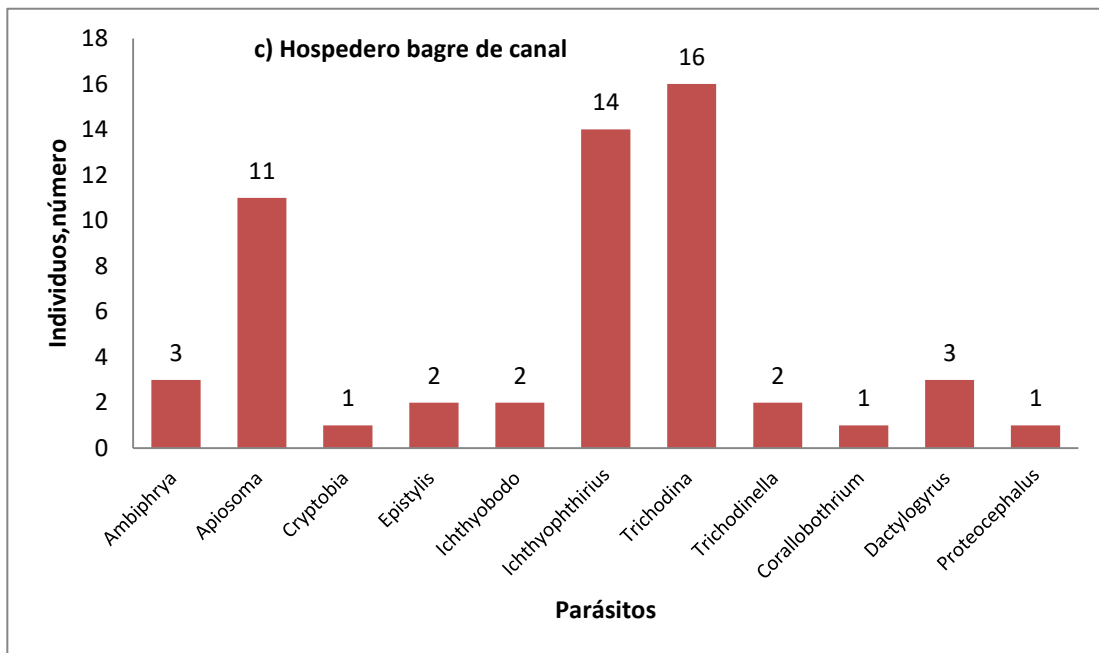
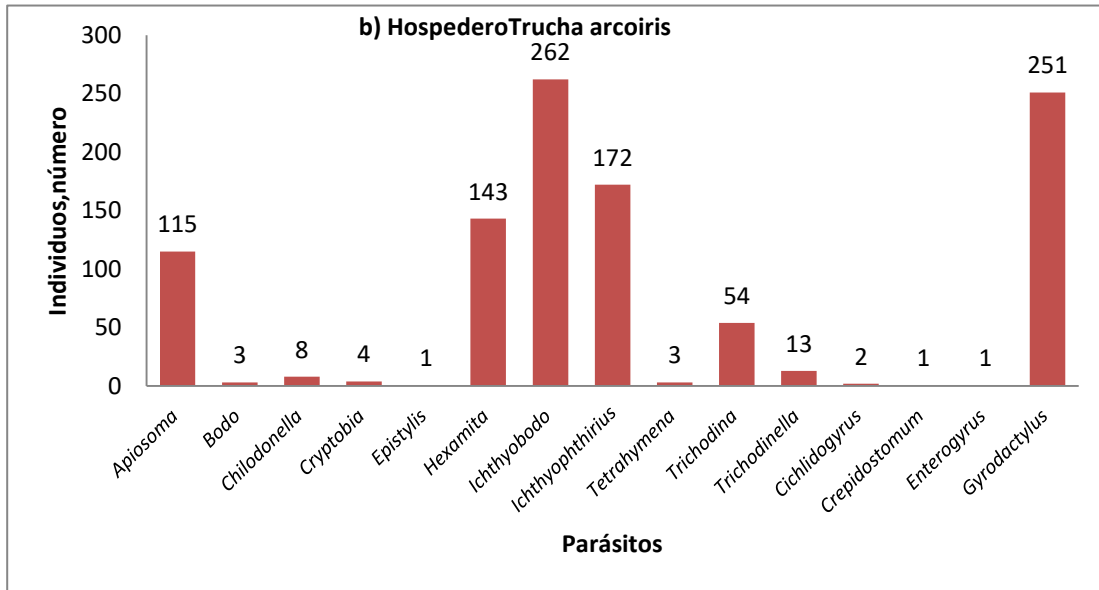


Figura 10. Intensidad de géneros en a) tilapia b) trucha arcoiris y c) bagre de canal en las unidades de producción del Estado de Puebla.

6.6. Conteo de huevos y larvas parasitas, técnica de Stoll (1923)

Se reportó un total de cuatro huevos de *Ascaridida*, uno en tilapia y tres en trucha arcoíris; y tres larvas de helmintos en tilapia en estado Filariforme, Rabditiforme y *Syphacia* una para cada estado (Anexo 5). Para el bagre de canal no se encontró ningún tipo de parasito huevo o larva. Todas estas con un valor de infección leves, lo que indica que la cantidad de nuevos casos de enfermedades por parasitismo será baja (Cuadro 8). Con estos resultados podemos hacer una estimación de los futuros géneros de parásitos que podrían manifestarse en estos hospederos. Hay especies de parásitos que producen huevos que soportan temperaturas extremas, estos huevos permanecen en el fondo de los estanques para eclosionar en la primavera siguiente y así continuar el ciclo (Flores y Flores, 2003).

Hospedero	huevos	N	Stoll	Infección
Tilapia	<i>Ascaridida</i>	1	400 h/ml	LEVE (≤5.000 huevos por ml)
Trucha arcoíris	<i>Ascaridida</i>	3	1200 h/ml	LEVE (≤5.000 huevos por ml)
Bagre de canal	0	0		
Hospedero	Larvas	N	Infección	
Tilapia	Filariforme	1	Leve (<5 larvas/mg heces)	
	Rabditiforme	1	Leve (<5 larvas/mg heces)	
	<i>Syphacia</i>	1	Leve (<5 larvas/mg heces)	
Trucha arcoíris				
Bagre de canal				

Cuadro 8. Numero de huevos y larvas identificas en los tres hospederos.

El conocimiento de la fauna parasita de los peces del país está enfocada en su mayoría a parásitos helmintos así como parásitos en peces silvestres (Falcón *et al.*, 2015. Salgado *et al.*, 2014; Flores y Flores, 2003; Águila y Salgado, 2006; García. L., Mendoza. B., Pérez. G, 2014; Caballero y Caballero, 1974).

7. Conclusiones

El presente trabajo demuestra que la diversidad de géneros parasitarios de las especies de peces acuícolas de *Oreochromis niloticus* (tilapia), *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) e *Ictalurus punctatus* (bagre de canal) en el Estado de Puebla son altas, siendo los protozoarios más diversos que los parásitos helmintos.

Todas las unidades de producción acuícola presentan poblaciones de parásitos que comprometen la salud de los hospedadores, siendo la región Sierra Norte la más representativa en abundancia de parásitos helmintos y protozoos mientras que la región más diversa en géneros de los mismo es la región Sierra Nororiental; *Oreochromis niloticus* (tilapia) es la especie que presenta una mayor diversidad y riqueza de parásitos.

Las unidades de producción acuícola del Estado de Puebla albergan una variedad de géneros de parásitos protozoos y helmintos., sin embargo, no se cuenta con listados que nos permitan corroborar si la riqueza y abundancia de estos es sobresaliente en el país.

El helminto Acanthocephala del género *Girodactilidae* tiene la mayor abundancia total de parásitos seguido por el protozoo *Ambiphrya*.

La especie *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) presenta una carga parasitaria en cuanto protozoos, y *Oreochromis niloticus* (tilapia) tiene la mayor carga parasitaria en helmintos.

En los dos hospederos *Oreochromis niloticus* (tilapia) y *Oncorhynchus mykiss* (trucha arcoíris) el valor de infección fueron leves mientras que en *Ictalurus punctatus* (bagre de canal) no representa ningún valor de infección.

Las enfermedades de los peces causan pérdidas económicas en las granjas, aunque es muy difícil evitarlas completamente es preferible prevenirlas, esto se

puede lograr llevando a cabo buenas prácticas como son: una buena alimentación, evitar estrés por exposición a factores ambientales extremos (densidad de cultivo o mala calidad del agua).

Es importante el seguimiento de trabajos con relación a este tema, generando nuevas bases de datos a partir de una formulación hipótesis inicial, para presentar resultados más exactos.

8. Bibliografía

Aguilar, A., Salgado. M. (2006). Diversidad de helmintos parásitos de peces dulceacuícolas en dos cuencas hidrológicas de México: los helmintos y la hipótesis del México betadiverso. Laboratorio de Helminología, Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

Alemán, G., Monks, S., Pulido, F., López, J. (2008). Helmintos parásitos de peces del lago de Tecocomulco, Hidalgo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Álvarez, P., y Ramírez, M. (1999). Desarrollo de la acuicultura en México y perspectivas de la acuicultura rural. FAO

Bostcok, J., Lane, A., Hough, C., y Yamamoto, K. (2016 Septiembre). Evaluación de la contribución económica del sector acuícola en la Unión Europea y la incidencia de las políticas para su desarrollo sostenible. Panorama acuícola MAGAZINE, vol.21, pp 40-47.

Bueno, J., Álvarez, F., Santiago, S. (2005). Biodiversidad del Estado de Tabasco. México, DF. Instituto de Biología, UNAM. Editores SA de CV.

Carmona, G.V y Carmona, V. T. (2013). La diversidad de los análisis de diversidad. Departamento de Biología. Loyola Marymounr University, Los Ángeles, California, EEUU.

Casas, R., ybDettmer, J. (2007). El Sector acuícola en el noroeste de México: importancia del conocimiento y la innovación. *Ide@s CONCYTEG*, nº 19, pp 9-19.

Ceballos, G., List, R., Garduño, G., López, C., Muñozcano, M., Callado, E., & San Román, J. (2009). La diversidad biológica del Estado de México. Estado de México. Gobierno del estado de México. pp 83-88.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2011). La Biodiversidad en Puebla: Estudio de Estado. México. Comisión Nacional para el

Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Puebla, Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 440 páginas.

Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Puebla. (2017)CESAPUE/cobertura. Puebla, México. Recuperado de <http://www.cesapue.org>

Consejo de Seguridad Nucleas (CSN). (2007). Procedimiento de toma de muestras de sedimentos para la determinación de la radiactividad ambiental. Madrid, España.

Consejo Nacional de Población (CONAPO). (2016). Dinámica demográfica1990-2010 y proyecciones de población 2010-2030. Puebla, México, DF.

Cordero del
Campillo, M., Rojo, V.F.A., Sánchez, A.C.M., Hernández, R.S., Navarrete, L.C.I., Baños, D.P., Quiroz, R.H y Carvalho, V.M. (2000). *Parasitología veterinaria*. España. McGraw-HILL-Interamericana de España, S.A.U.

Da Silva., R. (2016). Parásitos asociados a *Oreochromis Niloticus* en acuicultura en estado de San Pulo. Universidad Estatal Pulista, Campus de Botucatu, Instituto de Biociencias, Departamento de Parasitología, Botucatu. San Paulo, Brasil.

Esch, W.G., y Fernandez, C.J. (1993). A functional Biology of parasitism. Malaysia. Chapman & Hall.

Espinosa, J., y Labarta, U. (1988). Patología en acuicultura. Madrid. Mundi-prensa Libros, S.A.

Falcon. O., Monks.S., Pulido.F., Gacia.P.,Lira. G. (2015).Riqueza de helmintos parásitos de vertebrados silvestres del estado de Hidalgo, México. Universidad Autónoma de Hidalgo. Estudios de Biodiversidad.

FAO. (2011). Manual básico de sanidad piscícola. pp 8-22,23.

FAO. (2016). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2016.Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos. Roma. 224 pp.

Flores, C. J., y Flores, C. R., (2003, Febrero). Monogenismos, parásitos en peces en México: estudio recapitulativo. vol. 2, pp 175-192.

García, L., Jiménez, C. (1996). Comparación del Método de Stoll y el frotis directo normalizador para la determinación cuantitativa de Helmintiasis intestinal. Universidad del Zulia, Venezuela.

García, M.D., Gallego, A.I., Espinoza, O.A., García, M.A., y Arriaga, C.J. (2013, Junio). Desarrollo de la producción de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en el Centro de México. *Revista AquaTIC*, nº 38, pp 46-56.

García. P., Mendoza. G., Pérez. (2014). Biodiversidad de platyhelminthes parásitos en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Departamento de Zoología, Instituto de Biología, UNAM. México, D.F.

García., N, H. (2014). Aportaciones sobre las distribuciones del bastón roto y de pielou. Universidad de Salamanca. Departamento de Estadística. pp 49-54.

Grano. M., Rodríguez. A., Barreto. R. (2016). Ultra estructura muscular en el ectoparásito *Gyrodactylus* sp (Monogenea: *Gyrodactylidae*).

Jiménez., G. Galaviz., L. Segovia., F. (1992). Aspectos etiológicos y patológicos de las enfermedades de peces. Parásitos y enfermedades de la trucha. Universidad Autónoma de Nuevo León. Secretaria de pesca.

Lagunas, C.O., Aguilar, A.R., Islas, O.A., & Martínez, A.A.(2016). Parásitos de peces dulceacuícolas de la porción Oaxaqueña de la provincia biogeografía. UNAM. Ciudad de México. pp 313-323

Lamothe, A.R., (1994, Junio). *Importancia de la helmintología en el desarrollo de la acuicultura*. Vol.65. pp 195-200.

Marcogliese, D.J. y Price, J.1997. The paradox of parasites. *Global Biodiversity* 7:7-15.

Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA). (2012). Guía sobre los principales parásitos presentes en productos pesqueros: técnicas de estudio e identificación.

Moreno, C. E. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.

Moreno, R.

(2005). Efecto de las perturbaciones (Cafetales) sobre la diversidad de anfibios en la reserva de la biosfera “ el triunfo”, Chapas, México. Benemérita Universidad autónoma de Puebla. Escuela de Biología.

Newman, S. (2016, julio). ¿Podemos reemplazar la harina de pescado con proteína de organismos unicelulares?. Panorama acuícola MAGAZINE, vol.21, No.5. pp 64.

Palacios, H.S., Sandoval, C.N., Bueno, M.C., y Manchego, S.A. (2015, Marzo). *Estudio Microbiológico e Histopatológico en peces Tetra NEON (Paracheirondón innesi) de la Amazonia Peruana*. Revista de investigaciones Veterinarias del Perú. Vol.26. pp 469-483.

Pérez, P. G., García, P.L., Osorio, S.D., y León, R.V. (1996). *vi. Helmintos parásitos de peces de aguas continentales de México*. Universidad Nacional Autónoma De México. pp 11-12.

Poulin, R. (1999). The functional importance of parasites in animal communities: a critical review. *International Journal for Parasitology* 25:137-1383.

Pulido, F., Monks, S., Falcón, O., Violante, G. (2015). Helmintos parásitos de fauna silvestre en las costas de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, México. *Estudios de Biodiversidad*. Vol.6.

Rodríguez, G.M., Rodríguez, C.D., Monroy, G. Y., & Mata, S. J. (2001, Septiembre) *Manual de enfermedades de peces*. vol 3. p 6.

Rosas, Valdez. R., Pérez, Ponce de León. G. (2008). Composición taxonómica de los helmintos parásitos de ictalúridos y heptaptéridos (*Osteichthyes*: Siluriformes) de México, con una hipótesis de homología biogeográfica primaria. *Revisa Mexicana de Biodiversidad*. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.vol.79.pp.473, 499.

Saavedra., M.M. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Departamento de Tecnología y Arquitectura. Facultad de Ciencia, Tecnología y Ambiente. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.

SAGARPA (2009). Los Recursos Acuícolas del Estado de Puebla. Consultores Acuícolas y Servicios Técnicos Especializados. Puebla, México.

Salgado, M.G., y Rubio, M.G. (2014). Helmintos parásitos de peces de agua dulce introducidos. México. Comisión Nacional y uso de la Biodiversidad. pp 269-285.

SEMARNAT (2013). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012. México. 2013.

Wisnivesky, C., (2003). Ecología y epidemiología de las infecciones parasitarias. Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica. p 400.

9. Anexo 1. Ubicación de las unidades de producción acuícola en las regiones del Estado de Puebla.

Regiones de producción acuícola en el Estado de Puebla				
Región	Municipio	Longitud	Latitud	Especies cultivada
Sierra Norte	Huachinango	97° 57' 00" O	20° 05' 30" N	Trucha
Sierra Norte	Zacatlan	97°59'34.4"O	19°59'33.3"N	Trucha
Sierra Norte	Ahuacatlán	97°51'13"O	20°00'17"N	Trucha
Sierra Nororiental	Acateno	97°12'00"O	20°08'00"N	Tilapia
Sierra Nororiental	Cuetzalan del Progreso	97°31'00"O	20°02'00"N	Trucha
Sierra Nororiental	Hueytamalco	97°17'00"O	19°56'00"N	Tilapia
Sierra Nororiental	Tlatlauquitepec	97°29'46"O	19°51'05"N	Trucha
Sierra Nororiental	Xochiapulco	97°39'00"O	19°50'00"N	Trucha
Sierra Nororiental	Zautla	97°40'20"O	19°42'53"N	Trucha
Sierra Nororiental	Zacapoaxtla	97°35'17"O	19°52'11"N	Trucha
Valle Serdán	Chilchotla	97°11'00"O	19°15'00"N	Trucha
Valle Serdán	Quimixtlan	97°07'00"O	19°16'00"N	Trucha
Angelópolis	Calpa	98°27'00"O	19°06'00"N	Trucha
Angelópolis	Puebla	98°12'22"O	19°02'29"N	Trucha
Angelópolis	San Salvador el Verde	98° 26'54" O	19° 12'18" N	Trucha
Angelópolis	San Matías Tlalancaleca	98°29'48"O	19°19'31"N	Trucha
Angelópolis	Tlahuapan	98°34'54"O	19°19'52"N	Trucha
Angelópolis	Tochimilco	98°34'00"O	18°54'00"N	Trucha
Tehuacán y Sierra Negra	Ajalpan	97°07'21"O	18°25'30"N	Tilapia
Tehuacán y Sierra Negra	Altepexi	97°18'01"O	18°22'03"N	Tilapia
Tehuacán y Sierra Negra	Cañada Morelos	99°12'02"O	19°20'33"N	Tilapia
Tehuacán y Sierra Negra	Coxcatlán	97°08'01"O	18°16'13"N	Tilapia
Tehuacán y Sierra Negra	General Felipe Ángeles	104°36'00"O	23°55'00"N	Tilapia
Tehuacán y Sierra Negra	Tehuacán	97°27'58"O	18°25'48"N	Tilapia
Tehuacán y Sierra Negra	Tepanco de López	97°O	18°N	Tilapia
Valle Atlixco y Matamoros	Atlixco	98°27'00"O	18°54'00"N	Tilapia
Valle Atlixco y Matamoros	Chietla	98°34'47"O	18°31'08"N	Bagre
Valle Atlixco y Matamoros	Epatlán	98°22'00"O	18°38'00"N	Tilapia

Valle Atlixco y Matamoros	Huaquechula	98°32'31"O	18°46'05"N	Tilapia
Valle Atlixco y Matamoros	Izúcar de Matamoros	98°27'23"O	18°32'51"N	Tilapia
Valle Atlixco y Matamoros	Tepeojuma	98°27'00"O	18°43'00"N	Tilapia
Valle Atlixco y Matamoros	Tilapa	98°33'15"O	18°35'27"N	Tilapia/Bagre
Valle Atlixco y Matamoros	Tlapanalá	96°14'00"O	16°32'00"N	Tilapia/Bagre
Mixteca	Acatlán	98°02'55"O	18°12'12"N	Tilapia
Mixteca	Chiutla de Tapia	98°36'10"O	18°17'57"N	Tilapia
Mixteca	Coatzingo	98°11'00"O	18°37'00"N	Bagre
Mixteca	Cohetzalan	98°49'00"O	18°11'00"N	Tilapia
Mixteca	Cuayuca de Andrade	98°11'31"O	18°26'39"N	Tilapia
Mixteca	Chinantla	96°O	18°N	Tilapia
Mixteca	Guadalupe	98°07'13"O	18°05'22"N	Tilapia
Mixteca	Ixcaquixtla	97°49'00"O	18°27'00"N	Tilapia
Mixteca	Jolalpan	98°50'40"O	18°19'19"N	Bagre
Mixteca	Piaxtla	98°17'13"O	18°06'17"N	Tilapia
Mixteca	Tecomatlan	98°18'50"O	18°06'55"N	Tilapia
Mixteca	Tehuizingo	98°16'32"O	18°19'55"N	Tilapia
Mixteca	Teotlalco	98°O	18°N	Tilapia
Mixteca	San Jerónimo Xayacatlán	97°54'54"O	18°13'17"N	Tilapia
Mixteca	Totoltepec de Guerrero	97°51'00"O	18°14'00"N	Tilapia

Anexo.2 Riqueza taxonómica de parásitos protozoos y helmintos.

Parasito	N	%
Protozoos		
<i>Ambiphrya</i> (Raabe, 1952)	23	1.152%
<i>Apiosoma</i> (Blanchard, 1885)	289	14.472%
<i>Bodo</i> (Ehrenberg, 1832)	19	0.951%
<i>Cryptobia</i> (Deshayes, 1863)	61	3.055%
<i>Epistilys</i> (Ehrenberg 1830)	14	0.701%
<i>Chilodonella</i> (Strand, 1928)	24	1.202%
<i>Heteropolaria</i> (Foissner & Schubert, 1977)	1	0.050%
<i>Hexamita</i> (Dujardin, 1838)	144	7.211%
<i>Ichthyobodo</i> (Pinto, 1928)	270	13.520%
<i>Ichthyophthirius</i> (Fouquet, 1876)	194	9.715%
<i>Oodinium</i> (Chatton, 1912)	1	0.050%
<i>Spironucleus</i> (Lavier, 1936)	16	0.801%
<i>Tetrahymena</i> (Furgason, 1940)	8	0.401%
<i>Trichodina</i> (Ehrenberg, 1830)	242	12.118%
<i>Trichodinella</i> (Srámek-Husek, 1953)	114	5.709%
HELMINTO	N	%
<i>Cichidogyrus</i> (Paperna, 1960)	195	9.765%

<i>Corallobothrium</i> (Fritsch, 1886)	2	0.100%
<i>Crepidostomum</i> (Braun, 1900)	1	0.050%
<i>Dactylogyrus</i> (Diesing, 1850)	37	1.853%
<i>Enterogyrus</i> (Paperna, 1963)	42	2.103%
<i>Gyrodactylus</i> (von Nordmann, 1832)	299	14.972%
<i>Proteocephalus</i> (Weinland, 1858)	1	0.050%

Anexo 3. Número de organismos por género de parásitos de protozoos y helminto en las granjas acuícolas del Estado de Puebla.

Protozoos y Helmintos en tres especies de peces				
Parasito	Tilapia	Trucha arcoíris	Bagre de canal	Total
<i>Ambiphrya</i>	20	0	3	23
<i>Apiosoma</i>	163	115	11	289
<i>Bodo</i>	16	3	0	19
<i>Chilodonella</i>	16	8	0	24
<i>Cryptobia</i>	56	4	1	61
<i>Epistylis</i>	11	1	2	14
<i>Heteropolaria</i>	1	0	0	1
<i>Hexamita</i>	1	143	0	144
<i>Ichthyobodo</i>	6	262	2	270
<i>Ichthyophthirius</i>	8	172	14	194
<i>Oodinium</i>	1	0	0	1
<i>Spironucleus</i>	16	0	0	16
<i>Tetrahymena</i>	5	3	0	8
<i>Trichodina</i>	172	54	16	242
<i>Trichodinella</i>	99	13	2	114
<i>Cichlidogyrus</i>	193	2	0	195
<i>Corallobothrium</i>	1	0	1	2
<i>Crepidostomum</i>	0	1	0	1
<i>Dactylogyrus</i>	34	0	3	37
<i>Enterogyrus</i>	41	1	0	42
<i>Gyrodactylus</i>	48	251	0	299
<i>Proteocephalus</i>	0	0	1	1
Total	908	1033	56	1997

Anexo 4. Aplicando Kruskal-Wallis se decide rechazar H_0 para la comparación de los hospederos a) tilapia y trucha arcoíris b) tilapia bagre de canal c) trucha arcoíris y bagre de canal.

a)

Kruskal-Wallis Tilapia y Trucha arcoíris	
H (chi2):	2.05
Hc (dato corregido):	2.077
p :	0.1495


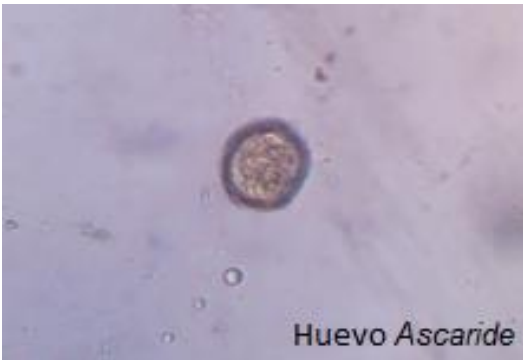




b)

Kruskal-Wallis Tilapia y bagre de canal	
H (chi2):	13.75
Hc (dato corregido):	14.19
p :	0.0001652

c)

Kruskal-Wallis Trucha arcoíris y Bagre de canal	
H (chi2):	3.141
Hc (dato corregido):	3.385
p :	0.0658

Anexo 5. Imágenes de los huevos y larvas halladas e identificadas mediante la técnica de Stoll en especies acuática: tilapia y trucha arcoíris cultivadas en las granjas del Estado de Puebla.

Huevos y larvas identificadas	
Hospedero tilapia	Hospedero trucha arcoíris
 <p>Huevo de <i>Ascaridae</i></p>	 <p>Huevo <i>Ascaride</i></p>
 <p>Larva Filariforme</p>	 <p>Huevo <i>Ascaride</i></p>
 <p>Larva Ratiforme</p>	 <p>Huevo <i>Ascaride</i></p>



Larva *Syphacia*