

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



MONITOREO Y DISTRIBUCIÓN DE INFECCIONES BACTERIANAS
Y PARASITARIAS EN EL CULTIVO DE BAGRE *Ictalurus punctatus*
EN TAMAULIPAS

Por

JAIME LUIS RÁBAGO CASTRO

Como requisito parcial para obtener el Grado de

DOCTOR EN CIENCIAS

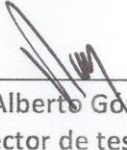
CON ACENTUACIÓN EN MICROBIOLOGÍA

D i c i e m b r e, 2010

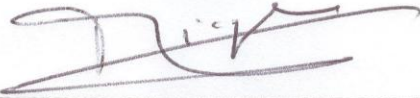
MONITOREO Y DISTRIBUCION DE INFECCIONES BACTERIANAS Y
PARASITARIAS EN EL CULTIVO DE BAGRE *Ictalurus punctatus* EN

TAMAULIPAS


Comité de Tesis



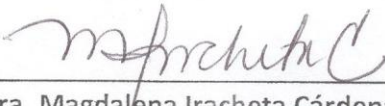
Dr. Ricardo Alberto Gómez Flores
Director de tesis



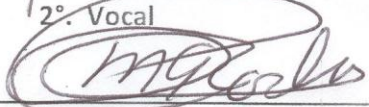
Dr. Denis Ricque Marie
Secretario



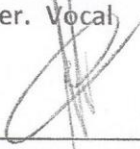
Dra. Patricia Tamez Guerra
1er. Vocal



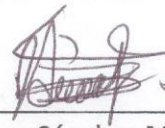
Dra. Magdalena Iracheta Cárdenas
2º. Vocal



Dr. Mario Rocha Peña
3er. Vocal



Dr. Carlos Ramírez Pfeiffer
Director externo



Dr. Jesús Genaro Sánchez Martínez
Director Externo

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, Dr. Ricardo Alberto Gómez Flores, Dr. Carlos Ramírez Pfeiffer y Dr. Jesús Genaro Sánchez Martínez por su valiosa y fina ayuda en la realización de esta investigación, así como por su ejemplo y calidad como personas.

A mi Comité de Tesis: Presidente, Dr. Ricardo Alberto Gómez Flores, Secretario, Dr. Denis Ricque Marie, 1er. Vocal, Dra. Patricia Tamez Guerra, 2o. Vocal, Dra. Magdalena Iracheta Cárdenas, 3er. Vocal, Dr. Mario Alberto Rocha Peña por su ayuda, observaciones y sugerencias en la revisión de la tesis.

A mi Comité Tutorial, Dra. Licet Villarreal Treviño, Dra. Norma Laura Heredia Rojas y Dra. Lydia Guadalupe Rivera Morales, por sus sugerencias y consejos que enriquecieron esta investigación

A la Universidad Autónoma de Nuevo León, a la Facultad de Ciencias Biológicas y a la Subdirección de Postgrado, por haberme brindado la oportunidad de estudiar en esta institución.

A la Secretaría de Educación Pública y al Programa de Mejoramiento del Profesorado, por haberme otorgado la beca de doctorado.

A la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación y a la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca, que financiaron la primera fase de investigación de esta tesis a través del Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Tamaulipas A.C.

A la Universidad Autónoma de Tamaulipas, a su representación del Programa de Mejoramiento del Profesorado, y a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Dr. Norberto Treviño Zapata, por toda la ayuda brindada.

Al Comité de Sanidad Acuícola del Estado de Tamaulipas A.C., por permitirme el uso de la información para el trabajo de la primera fase de este estudio, a sus directivos y personal técnico por su invaluable ayuda, así como al Comité Sistema Producto Bagre de Tamaulipas, por el apoyo recibido en este período de actividades.

Al personal docente, técnicos y alumnos de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia Dr. Norberto Treviño Zapata por su apoyo y ayuda en la realización de la presente investigación.

TABLA DE CONTENIDO

| Sección | Página |
|---|--------|
| AGRADECIMIENTOS..... | ii |
| LISTA DE TABLAS..... | vi |
| LISTA DE FIGURAS..... | viii |
| NOMENCLATURA..... | x |
| RESUMEN..... | xi |
| ABSTRACT..... | xii |
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 3. JUSTIFICACIÓN..... | 5 |
| 4. HIPÓTESIS..... | 6 |
| 5. OBJETIVOS..... | 7 |
| Objetivo General..... | 7 |
| Objetivos Específicos..... | 7 |
| 6. ANTECEDENTES..... | 9 |
| 6.1. Generalidades..... | 9 |
| 6.2. Cultivo del bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> | 10 |
| 6.3. Importancia de las enfermedades en el cultivo de peces..... | 11 |
| 6.4. Enfermedades bacterianas en el bagre..... | 12 |
| 6.5. Enfermedades parasitarias en el bagre..... | 14 |
| 6.6. Efecto de factores bióticos y abióticos sobre las infecciones y enfermedades en peces..... | 15 |
| 6.7. Enfermedades en el cultivo de peces en jaulas..... | 17 |

| | |
|--|-----|
| 6.8. Infecciones mixtas entre parásitos y bacterias..... | 19 |
| 7. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 20 |
| 8. RESULTADOS..... | 30 |
| 9. DISCUSIÓN..... | 64 |
| 9.1 Primera fase..... | 64 |
| 9.2. Segunda fase..... | 70 |
| 10. CONCLUSIONES..... | 86 |
| 11. APÉNDICE..... | 89 |
| 12. LITERATURA CITADA..... | 91 |
| 13. RESUMEN BIOGRÁFICO..... | 112 |
| 14. PRESENTACIONES Y ARTICULOS..... | 113 |

LISTA DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Número de bagres analizados en localidades y periodos correspondientes a la primera fase en el ciclo 2007-2008..... | 31 |
| 2. Prevalencia anual de especies de parásitos en granjas de bagres de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> , en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008..... | 34 |
| 3. Rango de intensidad de especies de parásitos en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008..... | 38 |
| 4. Prueba de Kruskal-Wallis para determinar el efecto de la localidad y período sobre la prevalencia parasitaria, y prueba de correlación de Spearman para determinar la asociación de la prevalencia parasitaria con la longitud del hospedero, con las especies <i>C. formosanus</i> , <i>E. cerastes</i> , <i>H. exilis</i> y <i>L. floridanus</i> . en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008..... | 39 |
| 5. Prueba de χ^2 para determinar la independencia de infecciones parasitarias de <i>C. formosanus</i> , <i>E. cerastes</i> , <i>H. exilis</i> y <i>L. floridanus</i> , en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008..... | 40 |
| 6. Número de bagres analizados en localidades y períodos correspondientes a la segunda fase en el ciclo 2009-2010..... | 41 |
| 7. Prevalencia anual de bacterias en branquia y riñón en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 42 |
| 8. Prueba de Kruskal-Wallis sobre el efecto de la localidad y período sobre la prevalencia bacteriana en branquias y riñón, en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 46 |

| | |
|---|----|
| 9. Prueba de correlación de Spearman sobre el grado de asociación entre las prevalencias bacterianas y la profundidad del sitio de muestreo, temperatura del agua y longitud del hospedero, en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 47 |
| 10. Tipos de infección, morfometría de esporas maduras en fresco (promedio \pm DE) y de quistes de <i>Henneguya</i> spp., detectadas en granjas de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 50 |
| 11. Prevalencia anual de especies de parásitos en granjas de bagres de canal <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 51 |
| 12. Rangos de intensidad de especies de parásitos detectados en la segunda fase en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 59 |
| 13. Prueba de Kruskal-Wallis para determinar el efecto de la localidad y período sobre la prevalencia parasitaria, y prueba de correlación de Spearman para determinar la asociación de la prevalencia parasitaria con la longitud del hospedero, en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 60 |
| 14. Prueba de correlación de Spearman para determinar la asociación entre la profundidad del sitio (m) y la temperatura del agua (°C) con la prevalencia parasitaria del hospedero, en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 61 |
| 15. Prueba de χ^2 para determinar la independencia de infecciones parasitarias de <i>C. formosanus</i> , <i>Diplostomulum</i> sp. <i>E. cerastes</i> , <i>H. exilis</i> y <i>L. floridanus</i> , en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 62 |
| 16. Prueba de χ^2 para determinar la independencia de infecciones de <i>L. floridanus</i> y <i>E. cerastes</i> con respecto a <i>C. piscicola</i> , en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 63 |

LISTA DE FIGURAS

| Figura | | Página |
|--------|---|--------|
| 1. | <p>a, <i>Ligictaluridus floridanus</i>, barra 100 μ; b metacercaria desenquistada de <i>Centrocestus formosanus</i>, barra 100 μ; c <i>Ergasilus cerastes</i>, barra 1 mm, especimen transparentado con KOH; d <i>Corallobothrium</i> sp., barra 1 mm, tinción con carmín bórax; e, quistes de <i>Henneguya exilis</i>, barra 100 μ, f, espora de <i>H. exilis</i>, tinción con azul de metileno (3.5%), barra 10 μ.....</p> | 33 |
| 2. | <p>Prevalencia temporal, intensidad media y abundancia temporal de <i>Centrocestus formosanus</i>, <i>Corallobothrium</i> sp., <i>Ergasilus cerastes</i> y <i>Ligictaluridus floridanus</i>, y prevalencia temporal de <i>Henneguya exilis</i> en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008. Prevalencia temporal , intensidad media y abundancia</p> | 35 |
| 3. | <p>Prevalencia espacial de metacercarias de <i>Centrocestus formosanus</i>, <i>Corallobothrium</i> sp., <i>Ergasilus cerastes</i>, <i>Henneguya exilis</i> y <i>Ligictaluridus floridanus</i> en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008.....</p> | 36 |
| 4. | <p>Prevalencia (%) temporal: I julio-agosto, II septiembre-octubre, III noviembre-diciembre, IV enero-febrero, V marzo-abril y VI mayo-junio de bacterias en branquias y riñón posterior en granjas de bagres de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Branquias , riñón posterior</p> | 43 |
| 5. | <p>Prevalencia (%) espacial de bacterias de branquias en granjas de bagres de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Branquias , riñón posterior</p> | 44 |
| 6. | <p>a <i>Gyrodactylus</i> sp., barra 200 μ; b <i>Spiroxys</i> sp., fase larvaria, barra 200 μ; c <i>Diplostomulum</i> sp., barra 200 μ, d <i>Alloglosidium</i> sp., barra 200 μ; e <i>Epistylis</i> sp., barra 30 μ, f <i>Ichthyophthirius multifiliis</i>, barra 1000 μ.....</p> | 48 |

| | |
|---|----|
| 7. a Quistes de <i>Henneguya</i> sp. forma visible (➡), barra 1 cm; b espora de <i>Henneguya</i> sp. forma visible, barra 10 μ; c quiste de <i>Henneguya sutherlandi</i> , forma epitelial o tegumentaria (➡); d espora de <i>H. sutherlandi</i> , barra 10 μ; e quiste de <i>H. adiposa</i> (➡); f, espora de <i>H. adiposa</i> , barra 10 μ..... | 49 |
| 8. Prevalencia temporal, intensidad media y abundancia de <i>Alloglossidium</i> sp., <i>Centrocestus formosanus</i> , <i>Corallobothrium</i> sp., <i>Diplostomulum</i> sp., <i>E. cerastes</i> y <i>L. floridanus</i> en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Prevalencia temporal ■■■ , intensidad media ———, abundancia ——— . | 54 |
| 9. Prevalencia temporal, intensidad media y abundancia de <i>Spiroxys</i> sp., <i>Gyrodactylus</i> sp., <i>Epistylis</i> sp., <i>Trichodina</i> sp. e <i>I. multifiliis</i> en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Prevalencia temporal ■■■ , intensidad media ——— , abundancia ——— | 55 |
| 10. Prevalencia espacial de <i>Alloglossidium</i> sp., <i>C. formosanus</i> , <i>Corallobothrium</i> sp., <i>Diplostomulum</i> sp., <i>E. cerastes</i> y <i>L. floridanus</i> en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 56 |
| 11. Prevalencia espacial de <i>Spiroxys</i> sp., <i>Gyrodactylus</i> sp., <i>Epistylis</i> sp., <i>Trichodina</i> sp. e <i>I. multifiliis</i> en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 57 |
| 12. Prevalencia temporal de tipos de infección por <i>Henneguya</i> spp. en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 57 |
| 13. Prevalencia espacial anual de infecciones por <i>Henneguya</i> spp. en granjas de engorda de bagre de canal, <i>Ictalurus punctatus</i> en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010..... | 58 |

NOMENCLATURA

| | |
|--------|---|
| m | metro |
| °C | Grados centígrados |
| cm | centímetro |
| ton/ha | toneladas por hectárea |
| kg | kilogramos |
| km | kilómetro |
| AFA | Solución de alcohol, formaldehído, glicerina y ácido acético. |
| min | minutos |
| h | horas |
| μ | micrómetro |
| KOH | hidróxido de potasio |
| OF | Oxidación fermentación |
| MIO | Motilidad indol ornitina |
| SIM | Sulfuro indol motilidad |
| TSI | Hierro triple azúcar |
| MR/VP | Rojo de metilo/Voges Proskauer |
| DE | Desviación estándar |

RESUMEN

Por su volumen y valor el bagre de canal es una de las principales especies piscícolas cultivadas en el continente americano y los EE.UU. En México el primer estado productor es Tamaulipas, donde a diferencia de los EE. UU., la engorda se realiza en jaulas flotantes. El propósito del presente estudio fue determinar infecciones parasitarias y bacterianas, así como evaluar el efecto de factores abióticos y bióticos, y monitorear la distribución espacio-temporal de tales infecciones en dos periodos anuales, en el cultivo de bagre *Ictalurus punctatus* en jaulas flotantes en Tamaulipas. En una primera fase se detectaron los parásitos *Ligictaluridus floridanus*, *Ergasilus cerastes*, *Corallobothrium* sp., *Centrocestus formosanus*, *Henneguya exilis* y *Trichodina* sp., encontrándose un efecto espacial sobre *L. floridanus* y *E. cerastes*. En la segunda fase, de los tres principales agentes bacterianos con incidencia mayor en EE.UU., no se detectó *Edwardsiella ictaluri* o *Aeromonas hydrophila*, y *Flavobacterium columnare* se halló en una baja prevalencia; además se detectaron los parásitos *Diplostomulum* sp., *Epistylis* sp., *Alloglossidium* sp., *Dactylogyrus* sp. e *Ichthyophthirius multifiliis*, y dos especies más de *Henneguya*. Se hallaron diferencias temporales y espaciales para *C. formosanus* y *Diplostomulum* sp. y una correlación entre la profundidad del sitio y *E. cerastes*, una correlación negativa entre temperatura del agua y *C. formosanus*, una correlación positiva entre longitud del hospedero y *C. formosanus*, un efecto temporal sobre las bacterias *Bacillus* sp, *Aeromonas sobria*, *Corynebacterium* sp., *Flavobacterium columnare*, *Carnobacterium piscicola*, *Pseudomonas fluorescens* y *Staphylococcus* sp., y un efecto espacial sobre *C. piscicola*. Asimismo se halló una correlación entre la temperatura del agua y la prevalencia bacteriana. Se encontraron dependencias entre especies de parásitos, pero no entre ectoparásitos y *C. piscicola*. En conclusión las granjas de bagre en jaulas presentan infecciones continuas de parásitos branquiales con altas prevalencias de ciertas especies, que responden en algunos casos a variaciones espaciales y temporales, así como una prevalencia discontinua bacteriana, con variaciones temporales. Comparado con el sistema de estanquería de EE.UU., los bagres en el sistema en jaulas en México tienen mayor prevalencia y riesgo de infecciones de tipo parasitario que bacteriano.

ABSTRACT

Channel catfish, *Ictalurus punctatus* is one of the main cultured species in the USA and in the American continent. In Mexico, the main producer is the state of Tamaulipas, but contrary to USA, the catfish culture to a marketable size is done in floating cages. The aim of this study was to determine bacterial, protozoan and metazoan infections and to monitor their spatio-temporal distribution within catfish floating cage culture in Tamaulipas during two annual periods, as well as determine the effects of biotic and abiotic factors. In a first phase, the following parasites were detected: *Ligistaluridus floridanus*, *Ergasilus cerastes*, *Corallobothrium* sp., *Centrocestus formosanus*, *Henneguya exilis* and *Trichodina* sp. and a spatial trend was observed for *L. floridanus* and *E. cerastes*. In the second phase, two of the three mainly expected bacterial agents (as of major incidence in USA) were not detected (*Edwardsiella ictaluri* or *Aeromonas hydrophila*), while *Flavobacterium columnare* was found at a low prevalence. Otherwise, the parasites *Diplostomulum* sp., *Epistylis* sp., *Alloglossidium* sp., *Dactylogyrus* sp., and *Ichthyophthirius multifiliis*, and two additional species of *Henneguya*, were detected. Temporal and spatial differences for *C. formosanus* and *Diplostomulum* sp., and a correlation between depth of site and *E. cerastes* were observed. A negative correlation between water temperature and *C. formosanus* was detected. In regard to bacterial monitoring and distribution, temporal effects were found for *Bacillus* sp, *Aeromonas sobria*, *Corynebacterium*, *F. columnare*, *Carnobacterium piscicola*, *Pseudomonas fluorescens* and *Staphylococcus* sp., and a spatial effect for *C. piscicola*. A dependency between parasite species, but not between ectoparasites and *C. piscicola*, was observed. In conclusion channel catfish cultured in floating cages have continuous parasitic infections of gills with high prevalence of certain species, which respond to temporal and spatial variations; also they have discontinuous bacteria prevalence with temporal variations. When compared with the pond culture system of USA, the floating cage culture system used in Mexico seems to induce a higher prevalence and risk of parasitic than bacterial infections.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de productos pesqueros se ha incrementado en los últimos años, pero al mismo tiempo las capturas en aguas marinas y continentales han llegado a su límite de extracción. Este déficit productivo alimenticio ha sido compensado al mismo tiempo por la acuicultura. El crecimiento de esta tecnología ha sido constante durante los últimos treinta años, logrando porcentajes de crecimiento por encima de otros sectores como la agricultura y ganadería. En el caso de nuestro país los niveles de producción por acuicultura ya superan en algunas especies a los de captura. Tamaulipas no ha sido la excepción en este desarrollo en donde la principal especie piscícola cultivada es el bagre de canal, ocupando esta entidad el primer lugar en México en la producción de esta especie (CESATAM, 2007).

Al igual que en otras partes del mundo el cultivo de esta especie no está exento de problemas, entre los que se encuentran las infecciones por patógenos, las cuales generan graves pérdidas económicas. Debido a que la mayor parte de las engordas en Tamaulipas se realiza en cuerpos de agua, espacios que están naturalmente expuestos a diversas variables ambientales y biológicas, es indudable el riesgo que representa para los piscicultores, ya que no se cuenta con información sobre la presencia estacional y temporal de patógenos, así como la relación que guarda con las variables ambientales.

Para entender las causas de la enfermedad es necesario realizar muestreos de rutina en campo a largo plazo, requiriendo de la identificación de los agentes etiológicos y el entendimiento de los factores epizootiológicos que desencadenan y agravan las enfermedades en las granjas acuícolas (Wendover, 2009).

De acuerdo con Johnston (1971) un control eficiente del parasitismo, tiene como premisa un conocimiento completo del comportamiento ambiental de cada parásito, y en este sentido el conocimiento sobre la presencia estacional y temporal de los principales patógenos en los cultivos de las distintas especies acuícolas y la forma como se asocian entre sí, puede contribuir a un mejor entendimiento de su dinámica, contando con herramientas para lograr la prevención, control y tratamiento de las enfermedades.

En la actualidad, muchas de las investigaciones relacionadas con la dinámica de patógenos en peces se realizan en poblaciones silvestres, y en piscicultura éstas se limitan básicamente a la detección de patógenos o a la emisión de diagnósticos, por lo que a nivel mundial y en particular en nuestro país son escasos los estudios estacionales sobre agentes infecciosos en granjas piscícolas.

La tecnología para la engorda de bagre en México presenta características distintas a la de los EE.UU., en donde se realiza en sistemas de estanquería, mientras que en México se realiza principalmente en jaulas flotantes. Debido a ello, la información con que se cuenta es muy limitada y se requiere efectuar estudios para detectar cuáles son los principales agentes infecciosos que existen en los organismos y cuál es su comportamiento en tiempo y espacio para poder sugerir acciones de prevención y control basados en estos resultados.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las transformaciones en los procesos de producción mundial de hoy en día, exigen el cumplimiento de normas y procedimientos internacionales en la elaboración de insumos o la prestación de servicios, permitiendo bajo los estándares establecidos una mayor competencia en el ámbito local e internacional y una mayor facilidad para acceder a esos mercados. Bajo esta perspectiva se deben de implementar estrategias para elevar la productividad en las diferentes fases de producción acuícola, garantizando la inocuidad a los consumidores (CIAD y SENASICA, 2008).

Debido que existen proyectos en el estado de Tamaulipas y en otras entidades del norte, centro y sur del país para establecer granjas de engorda de bagre, se espera que los volúmenes de producción de la especie continúen incrementándose. La capacidad productiva en México dependerá de varios factores, pero uno de los más importantes será el impacto ambiental y el espacio disponible para la instalación de las jaulas flotantes en las presas; además, ya que existe una gran cantidad de espacio no utilizado en las aguas continentales, se pronostica un aumento en la oferta de esta especie y con ello un incremento también de enfermedades, por lo que es necesario realizar estudios para conocer la dinámica de bacterias y parásitos en granjas de bagre, así como su relación con factores bióticos y abióticos ya que se desconocen actualmente.

Al entender los factores ambientales que impactan en el parasitismo de peces se podría ayudar a mejorar su control, ya que el conocimiento de su ecología ayudaría en la aplicación de estrategias de prevención durante el cultivo (Douglas-Helders *et*

al., 2005). Asimismo, los patrones aplicados en la acuicultura a un patógeno podrían explicar y predecir la prevalencia u otros índices en diferentes granjas o sitios (Taylor *et al.*, 2006; McClure *et al.*, 2005).

La reproducción y las fases de desarrollo de alevín y juvenil de bagre se efectúan de forma similar en EE.UU. y México, pero no su engorda, llevándose a cabo en nuestro país en sistemas de jaulas flotantes, contrario a los EE.UU. donde los bagres son finalizados en estanques de tierra. Esta diferencia implica que la engorda de esta especie en México debe de ser abordada de una manera distinta a la que se hace en los EE.UU., incluyendo las actividades de prevención, control y tratamiento de las enfermedades. Lo anterior debe de establecerse tomando en consideración varios factores, como el conocimiento de los patógenos que se encuentren infectando a los organismos en esta etapa de desarrollo, su dinámica tanto temporal como espacial, así como el efecto de factores bióticos o abióticos sobre las infecciones.

Por lo anterior el objetivo de este estudio fue el realizar un monitoreo temporal y espacial sobre los agentes infecciosos bacterianos y parasitarios en bagre de canal engordado en jaulas en distintas localidades en Tamaulipas, el principal estado productor de bagre en México, determinar la prevalencia de estos agentes, su abundancia, intensidad, así como su asociación, y el efecto de algunos factores bióticos y abióticos.

3. JUSTIFICACIÓN

La acuacultura del bagre representa casi el 100% de la acuacultura de peces en Tamaulipas, equivalente al 50 % del volumen en México, y que alcanzó en 2008 un valor total de \$ 57.3 millones de pesos, además de ser el primer Estado proveedor de crías y juveniles a otras entidades. Sin embargo, en la actualidad no existen estudios sobre la presencia estacional de infecciones bacterianas o parasitarias, ni sobre el efecto de factores bióticos o abióticos en granjas de engordas de bagre en jaulas en México. Debido a que existe un interés para el establecimiento de nuevos proyectos de esta especie es de suma importancia iniciar las investigaciones en la materia, lo que coadyuvará en un mejor desarrollo de su cultivo.

En 1988 existían en nuestro país 988,008 hectáreas de superficie de presas y lagos de aguas dulces (Olmos, 1988) muchas de las cuales podrían servir como sitios para el establecimiento de engordas del bagre de canal, y estimando una capacidad de soporte del sistema acuático de 100 kg de peces por hectárea, se estaría hablando de alrededor de 100 mil toneladas por año. Estos volúmenes podrían ayudar a abastecer parte de la demanda de alimentos de la población, por lo que resulta indispensable generar información que determine cuáles son los principales agentes infecciosos presentes en los peces, su prevalencia y los factores abióticos y bióticos que los afectan. Estos estudios también permitirán entender los patrones de comportamiento de los patógenos para su prevención y tratamiento, incrementar la productividad, elegir los mejores sitios de ubicación de granjas, pronosticar las temporadas de mayor riesgo y disminuir los costos de tratamientos, favoreciendo el mantenimiento y la operatividad económica de las granjas, estableciendo futuras líneas de investigación, específicamente en la parte epidemiológica y de ecología microbiana relacionadas con este sistema de crianza del bagre.

4. HIPÓTESIS

La localidad, periodo, profundidad del sitio, longitud del hospedero y temperatura del agua, afectan la prevalencia de infecciones parasitarias y bacterianas en bagres de canal engordados en jaulas flotantes.

5. OBJETIVOS

Objetivo General

Monitorear y determinar la distribución de infecciones parasitarias y bacterianas, así como el efecto de factores abióticos y bióticos de dichos microorganismos en el cultivo de bagre (*Ictalurus punctatus*) en jaulas flotantes en granjas de diversas localidades de Tamaulipas.

Objetivos Específicos

Primera fase

1. Determinar durante un año la prevalencia, intensidad media, abundancia, intensidad y biodiversidad de parásitos metazoarios, así como la prevalencia de protozoarios en bagres obtenidos de seis localidades de Tamaulipas que emplean el sistema de jaulas flotantes.

2. Determinar la asociación de factores bióticos (longitud del hospedero) con la prevalencia parasitaria y el efecto de factores abióticos (localidad y época) sobre la prevalencia parasitaria, así como entre las diferentes especies de parásitos.

Segunda fase

1. Determinar durante un año la prevalencia de las bacterias patógenas *Edwardsiella ictaluri*, *Flavobacterium columnare* y *Aeromonas hydrophila* en bagres obtenidos de cinco localidades de Tamaulipas que emplean el sistema de jaulas flotantes.

2. Determinar durante un año la prevalencia, intensidad media, abundancia, intensidad y biodiversidad de parásitos metazoarios, así como la prevalencia de

protozoarios en bagres obtenidos de cinco localidades de Tamaulipas que emplean el sistema de jaulas flotantes.

3. Determinar la asociación de factores bióticos (longitud del hospedero) y abióticos (localidad, periodo, profundidad del sitio y temperatura del agua) sobre la prevalencia parasitaria y bacteriana en bagres obtenidos de cinco localidades de Tamaulipas que emplean el sistema de jaulas flotantes.

4. Determinar la asociación entre las diferentes especies de parásitos y bacterias, así como la independencia de infección entre estos grupos de patógenos.

6. ANTECEDENTES

6.1. Generalidades

El agua es un compuesto imprescindible en la naturaleza, con extraordinarias propiedades fisicoquímicas (Wheaton, 1982), y en los mares que forma, se genera oxígeno, se absorben otros gases y sus corrientes permiten un equilibrio entre las temperaturas frías de las zonas australes y boreales con las de los trópicos.

De las aguas marinas, estuarinas y continentales se extraen anualmente alrededor de 92 millones de toneladas de productos pesqueros para consumo humano (FAO, 2008), el equivalente a 252,000 toneladas diarias de peso vivo. Sin embargo, esta producción ha llegado prácticamente a su límite de rendimiento pesquero, pero no así la demanda para consumo humano que sigue incrementándose. Tal desafío debe generar nuevas formas de producción de alimentos para su aplicación tecnológica, y con ello, abastecer los productos demandados por la población.

La más importante tecnología que ha logrado disminuir la diferencia entre demanda y consumo pesquero es la acuicultura; ésta se define como la cría de organismos acuáticos bajo confinamiento con propósitos económicos o sociales (Shang, 1990). La acuicultura en los últimos cuarenta años se ha convertido en una pujante industria en muchas regiones del mundo, y desde los inicios de los 1980's ha alcanzado la fase de producción exportadora (Aiken, 1988), con tasas de crecimiento promedio entre 1970 y 2000 del 9.2 % (Brugère y Ridler, 2004), cifras muy superiores a las de la agricultura o ganadería. En 2008 la acuicultura logró abastecer el 36 % del volumen pesquero mundial con 51.7 millones de toneladas producidas

(FAO, 2008), y se contempla que para el año 2020 la producción mundial por acuicultura puede alcanzar casi las 70 millones de toneladas (Brugère y Ridler, 2004).

6.2. Cultivo del bagre de canal, *Ictalurus punctatus*

En el continente americano una de las principal especies piscícolas cultivadas es el bagre de canal, *Ictalurus punctatus*, y que en los EE.UU. es su principal industria acuícola, alcanzando en 2003 las 299,640 toneladas y un valor de 423 millones de dólares (Mississippi State University, 2010). En el 2003 existían 1,155 granjas principalmente en los Estados de Mississippi, Alabama, Louisiana y Arkansas (PIDDEH, 2007). A pesar de su aspecto oscuro, que depende de la edad, sexo y localización geográfica (Grizzle y Rogers, 1976), esta especie es apreciada tanto por los consumidores por la calidad de su carne blanca, como por los piscicultores por la facilidad para adaptarse a los sistemas de producción comúnmente usados como estanques, canales rápidos y jaulas (Huner y Dupree, 1984a), lo que le permite tolerar altas densidades de carga, además de que crece rápidamente, tiene un alto índice de fecundidad y un buen precio para su venta (Departamento de Ecología, 2005).

La industria del cultivo del bagre de canal en EE.UU. se desarrolló hasta nuestros días en tres fases, siendo en la tercera fase (1980`s en adelante) donde se aumentó notablemente la superficie en producción y hubo una disminución de los costos de producción (Huner y Dupree, 1984b). Los rendimientos también se incrementaron, iniciando con 1.1 ton/ha a inicios de los 1960`s hasta 5.5 ton/ha en 1979 (Lee, 1981). Este incremento en producción y productividad ha sido gracias a los esfuerzos conjuntos del gobierno, industria y productores, que realizaron y

siguen llevando a cabo importantes inversiones y avances en materia de nutrición, genética y sanidad acuícola.

En México, los últimos datos oficiales sobre la producción de bagre de canal reportan una producción de 970 toneladas, ocupando bajo sistemas controlados el sexto lugar en producción acuícola (Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, 2008). En el año 2007 se consideraba a Tamaulipas como el primer estado productor de bagre, con un padrón de 34 granjas, 221 hectáreas de espejo de agua y 1,771 jaulas flotantes de 7 m³, con lo que se puede lograr una producción de 37 millones de crías, 1,156 toneladas de producto entero y un valor de 57.3 millones de pesos, concentrándose la actividad en los municipios de Abasolo, Padilla, Jiménez, San Carlos, Hidalgo, Xicoténcatl y Casas (CESATAM, 2007).

6.3. Importancia de las enfermedades en los cultivos de peces.

En la actualidad, el aumento de las áreas abiertas al cultivo de peces, la cercanía con otra granjas y la intensificación de los sistemas de producción, ha propiciado la transmisión de patógenos y favorecido la aparición de enfermedades, las cuales son uno de los principales factores limitantes de la producción ya que pueden causar importantes pérdidas económicas por mortalidad o afectar los procesos fisiológicos (Márquez *et al.*, 1982). La identificación de los agentes etiológicos y el entendimiento de los factores epizootiológicos que desencadenan y agravan a las enfermedades (Wendover, 2009) son uno de los aspectos más importantes en la acuicultura, sobre todo en el aspecto económico y la productividad.

El cultivo de bagre es una actividad rentable, pero no exenta de problemas de enfermedades, y su desarrollo e intensificación ha propiciado la aparición de diversas

enfermedades, muchas de ellas graves y que causan enormes pérdidas a este sector. Desde hace tiempo se ha analizado el problema de las enfermedades parasitarias en bagre, y se ha pensado en la posibilidad de que infecciones bajas o incluso moderadas, pero no detectables, pueden afectar su producción (Lee, 1981). Los parásitos monogéneos, por ejemplo irritan la piel y las branquias, causan enrojecimiento focal, producción excesiva de mucus, hiperplasia epitelial y hemorragias (Noga, 1996), lo que ocasiona estrés crónico que los puede llevar a un debilitamiento y a una baja en los índices productivos.

6.4. Enfermedades bacterianas en el bagre.

En EE. UU. las enfermedades infecciosas ocupan el primer lugar en cuanto a pérdidas económicas, siendo las enfermedades bacterianas las que provocan los mayores daños (Thune, 1993a), y las especies *Edwardsiella ictaluri* y *Flavobacterium columnare*, en ese orden, las que ocasionan las mayores pérdidas de todas las especies cultivadas en ese país (Wagner *et al.*, 2002).

La edwardsielosis o septicemia entérica del bagre (SEB) es causada por *Edwardsiella ictaluri*, bacteria que ocasiona pérdidas anuales de entre 20 a 30 millones de dólares. Desde hace casi dos décadas se ha mencionado que la enfermedad era responsable de casi el 45% de las pérdidas de todos los peces en la industria acuícola de los EE.UU. (Johnson, 1993), considerándose años más tarde como la enfermedad más importante que dañaba al bagre de canal (Noga, 1996). Reportada por primera vez en 1976 en el bagre en los Estados Unidos (Lewis, 1985), también puede infectar a otras especies, con interés comercial y deportivo (Plumb, 1988). La enfermedad se presenta en brotes epizooticos con un rango de temperaturas entre 24° a 28°C (Noga, 1996), sin embargo, los mayores porcentajes

de casos se presentan en la primavera y otoño, coincidiendo con el aumento y descenso de las temperaturas (Plumb, 1988). La SEB es generalmente una enfermedad aguda (Thune, 1993a) con dos formas de presentación, las cuales están relacionadas con la ruta de entrada: bucal o dérmica (Noga, 1996). Para la identificación del agente, la OIE (2006) señala como procedimientos de laboratorio las técnicas de aislamiento e identificación bacteriológica, tomando muestras de riñón y cerebro (Noga, 1996) y sembrando en agar sangre, agar soya tripticasa o medio para *Edwardsiella ictaluri* (Buller, 2004).

La segunda enfermedad en importancia económica en el cultivo de bagre en EE.UU. es la columnariasis. Esta enfermedad fue descrita por primera vez por Davis en 1922 (Thune, 1993a), y es causada por la bacteria *Flavobacterium columnare*, (= *Cytophaga/Flexibacter columnaris*, Austin y Austin, 1999). Este organismo se encuentra normalmente en el fondo de los estanques de cultivo de bagres y su infección se asocia generalmente a factores como las temperaturas altas del agua, hacinamiento, daño mecánico durante el uso de redes y pobre condición del pez (Lewis, 1985). La columnariasis es básicamente una enfermedad epitelial, asociada a temperaturas arriba de 15°C, pero que en el bagre de canal puede causar infecciones sistémicas sin lesiones externas (Noga, 1996), observándose inflamación del riñón posterior (Hawke y Thune, 1992).

Otro grupo importante son las infecciones aeromonales móviles, las cuales pueden afectar al bagre de canal, y probablemente son de las causas más comunes de las enfermedades bacterianas en aguas dulces. Este grupo incluye a las especies *Aeromonas hydrophila* (= *A. liquefaciens*, *A. punctata*), *A. sobria*, *A. caviae*, *A. schuberti* y *A. veronii* (Noga, 1996; Austin y Austin, 1999). Estas bacterias son comúnmente aisladas de la superficie mucosa y de órganos internos de peces

clínicamente sanos (MacMillan, 1985). Altas prevalencias de la enfermedad pueden presentarse en aguas contaminadas orgánicamente (Hazen *et al.*, 1978), además de otros factores predisponentes como temperaturas y densidades elevadas e hipoxia. En el caso del bagre, las dos especies más patógenas son *Aeromonas hydrophila* y *A. sobria*, cuyos brotes pueden ocurrir durante todo el año. Ambas especies son ubicuas del ambiente acuático, pudiendo ser aisladas rutinariamente de agua y lodo, además del tracto digestivo del bagre de canal. La enfermedad se presenta en distintas formas pueden ser lesiones en piel, con o sin infección interna, y mortalidad agudas sin lesiones.

6.5. Enfermedades parasitarias en el bagre.

Las repercusiones económicas de las parasitosis en la acuicultura pueden ser elevadas y gravosas para las granjas; por ejemplo los tratamientos contra el parásito monogeneo *Benedenia seriolae* en el cultivo del pez *Seriola* en Japón, pueden alcanzar hasta el 20% de los costos totales de producción (Ernst *et al.*, 2005).

Aunque en México son escasos los estudios sobre enfermedades parasitarias del bagre, se tiene como referencia que en los EE.UU. existe un grupo importante de organismos patógenos. Se consideran los parásitos del Reino Protista (Bunkley-Williams y Williams, 1995) como los que causan las enfermedades más importantes en el bagre de canal, y entre los que se encuentran *Ichthyobodo (Costia)*, *Henneguya*, *Ichthyophthirius multifiliis*, *Trichodina*, *Epistylis* y *Chilodonella* (Rogers, 1985a).

Dentro del Phylum Platyhelminthes, las especies de parásitos de la clase Cestoda al parecer tiene escasa significancia en el cultivo del bagre ya que no hay muchos reportes al respecto; sin embargo, la clase Trematoda presenta algunas especies altamente patógenas. Esta clase abarca especies de organismos con un

sistema digestivo bien desarrollado (Schell, 1970), dividiéndose en organismos que presentan ciclos de vida complejos o simples con ciclo directo (Bunkley-Williams y Williams, 1995). Este último grupo o últimos son muy peligrosos para los peces que se crían debido a que no poseen hospederos intermediarios, por lo que su transmisión en condiciones ambientales óptimas es rápida (Bunkley-Williams y Williams, 1995). Algunos de los géneros de monogéneos que afectan el bagre son *Gyrodactylus*, *Cleidodiscus pricei* (= *Ligictaluridus pricei* -Klassen y Beverley-Burton, 1985) y *C. floridanus*, mientras que en los digéneos se encuentra *Alloglossidium corti*, *Crepidostomum ictaluri*, *Diplostomum spathaceum* y *Clinostomum marginatum* (Hoffman, 1985). En los últimos años un parásito del género *Bolbophorus* ha sido considerado como una seria amenaza para el cultivo del bagre en EE.UU., causando altas tasas de mortalidad (Terhune *et al.*, 2003).

De menor importancia en el cultivo de bagre se encuentra el Phylum Nematelminthes, siendo algunas de las especies que afectan al bagre, *Camallanus*, *Spinitectus* y *Contracaecum spiculigerum* (Hoffman, 1985), mientras que en el Phylum Arthropoda se han reportado géneros patógenos como *Ergasilus* y *Lernaea* (Rogers 1985b; Hoffman, 1999).

6.6. Efecto de factores bióticos y abióticos sobre las infecciones y enfermedades en peces

De acuerdo con Austin y Austin (1999) las enfermedades pueden ser causadas por factores bióticos y abióticos, y a medida que los sistemas de producción se intensifican es posible que se desencadenen mayores índices de infecciones y/o expresión de patógenos en forma de enfermedad. Los factores abióticos y bióticos asociados a las enfermedades no siempre son suficientemente evaluados en lo que se

refiere a su influencia en el desarrollo, tratamiento y la profilaxis de las enfermedades, y esto es de suma importancia ya que generalmente los síndromes patológicos vienen condicionados por la influencia recíproca de tres biosistemas en equilibrio dinámico: ambiente, patógeno y hospedador (Márquez *et al.*, 1982), factores que concurren para que se presenten los brotes infecciosos (Meyer, 1985), siendo el estrés uno de los aspectos más importantes que afectan la presentación de enfermedades (Roberts y Rodger, 2004) y la temperatura (Marcogliese, 2001), considerada esta última como uno de los factores abióticos que más influyen en las enfermedades producidas por patógenos (Becker *et al.*, 2006).

Los parásitos son uno de los grupos más importantes que afectan a los cultivos acuícolas, teniendo diversos efectos sobre los hospederos (Andrews *et al.*, 2003; Shah *et al.*, 2009), como la obtención de nutrientes a partir de ellos (Begon *et al.*, 1999). Sin embargo, muchos patógenos forman parte del ambiente y normalmente no causan problemas de enfermedades o mortalidad (Andrews *et al.*, 2003), y el que puedan establecerse en un hospedador, depende de su capacidad de resistencia frente los mecanismos de defensa de éste (Körting, 1977).

Ciertos patógenos aumentan su prevalencia e intensidad por el estrés producido en las especies cultivadas al ser sometidas a cambios en el ambiente, como el ocasionado por las altas densidad de siembra. En este sentido, en México se ha observado por ejemplo, que los parásitos que afectan a peces cultivados de una especie, tienen prevalencias y abundancias superiores en peces de la misma especie encontrados en la naturaleza (Jiménez-García *et al.*, 2001).

Se han realizado diversos estudios de patógenos en peces, principalmente de parásitos en poblaciones silvestres (Sasal *et al.*, 1997; Audenaert *et al.*, 2003), los

cuales han demostrado el efecto de factores ambientales sobre las comunidades y prevalencias parasitarias (Galli *et al.*, 2001; Vincent y Font, 2003; Taylor *et al.*, 2006; Jansen *et al.*, 2007). Específicamente hay reportes sobre las variaciones espaciales (Antilla *et al.*, 2008; Aydogdu *et al.*, 2008) y temporales (Gbankoto *et al.*, 2001; Aydogdu *et al.*, 2003; Knipes y Janovy, 2009) los cuales indican el efecto de ambientes lóticos o lentos, la época del año, la talla y la edad de los peces sobre la prevalencia de patógenos. Desafortunadamente, en regiones tropicales, como nuestro país, los estudios temporales de helmintos de peces son escasos (Jiménez-García *et al.*, 2002; Jiménez-García y Vidal-Martínez, 2005)

Otros factores ambientales específicos que influyen en el desarrollo de las enfermedades son la concentración de amoníaco (Leibowitz *et al.*, 2005), el bajo oxígeno disuelto o aguas orgánicamente ricas (Moore *et al.*, 1984), además de aquellos que afectan directamente a los patógenos como los niveles de sulfato de cobre, la salinidad, los niveles de calcio y magnesio, luminosidad y el pH (González-Lanza y Alvarez-Pellitero, 1982; Douglas-Helders *et al.*, 2005); mientras que entre los factores bióticos se encuentran el estado general del pez, su edad y longitud, factores que pueden afectar la prevalencia parasitaria e intensidad media (Rogers, 1985a; Kimura y Uga, 2005).

6.7. Enfermedades en el cultivo de peces en jaulas.

En la actualidad una parte de la producción por acuicultura a nivel mundial se genera en aguas frías y marinas, en donde el sistema de cría en jaulas flotantes ha demostrado ventajas, ya que ocupan ambientes poco explotados. Sin embargo, el crecimiento de esta tecnología, a través de la instalación de granjas y ocupación de

áreas costeras y de aguas dulces, ha generado una serie de problemas ambientales y propiciado la aparición de patologías en las especies que se cultivan.

Este sistema de producción resulta muy económico por sus bajos costos en instalaciones, pero puede exacerbar ciertas enfermedades o también incrementar la presencia de ectoparásitos, que si bien causan pocos problemas en sistemas de estanquería de tierra, pueden ser potencialmente devastadores en jaulas (Kent, 1998a).

La mayor parte de estudios de prevalencia de patógenos en el cultivo de peces en jaulas se han llevado a cabo en ambientes marinos o aguas frías (Johnson *et al.*, 2004; Taylor *et al.*, 2006), pero existe una falta de estudios en cultivo de peces en jaulas en ambientes cálidos (Lio-Po y Lim, 2002).

Uno de los grupos de peces en donde más se extendió el cultivo en jaulas es el de los salmónidos, con la detección subsecuente de patógenos bacterianos y parasitarios (Evelyn *et al.*, 1998; Johnson, 1998). En este tipo de sistemas de jaulas se han detectado variaciones estacionales en la prevalencia de copépodos (Øines *et al.*, 2006) y trematodos (Thien *et al.*, 2009; Marengoni *et al.*, 2009), así como de patologías diversas, como las cataratas (Ersdal *et al.*, 2001); además, otros estudios han encontrado factores de riesgo en la epidemiología de virus y parásitos en peces marinos, como son los tratamientos aplicados, el volumen y profundidad de la jaula y la velocidad de la corriente (Revie *et al.*, 2003; McClure *et al.*, 2005; Hammell y Dohoo, 2005).

En el caso del bagre, existen pocos estudios estacionales y temporales sobre la prevalencia de patógenos en su cultivo (Jack *et al.*, 1992; Duarte *et al.*, 1993). Por ejemplo, existe un estudio sobre la prevalencia de *Streptococcus iniae* (Shoemaker *et*

al., 2001), y otra investigación que encontró factores de riesgo en las epizootias de *E. ictaluri* y *F. columnare*, como lo son el tamaño de la granja, la densidad de siembra y la tasa de alimentación (Wagner *et al.*, 2002). Otros reportes señalan la estacionalidad de patógenos, pero se trata de resúmenes de casos diagnosticados (Mississippi State University, 2006). En dichos estudios se ha encontrado que en las enfermedades se presenta una etiología multifactorial, es decir que diferentes grupos (bacterias, parásitos) o especies de patógenos podrían estar actuando simultáneamente (Mississippi State University, 2003). Otros estudios indican que algunas de estas enfermedades son estacionales, con ocurrencia principalmente en la primavera y el otoño (Meyer, 1970; Francis-Floyd, 1993).

6.8. Infecciones mixtas entre parásitos y bacterias

Las principales vías de entrada de las bacterias a los hospederos son la oral, cutánea, heridas, aberturas naturales y a través de vectores (Whitman, 2004; Cusack y Cone, 1986), sin embargo algunos parásitos como *Gyrodactylus* que afectan aletas, branquias, ojos y cuerpo, ocasionan daños con sus órganos de fijación y úlceras severas (Mo, 1994); estos daños pueden ser una puerta de entrada a patógenos bacterianos (Smith y Noga, 1993), e incrementar la susceptibilidad a infecciones bacterianas (Busch *et al.*, 2003), lo que apoya los hallazgos de que grandes cantidades de protozoarios coexisten en las epizootias bacterianas, actuando de tal manera que afectan la sobrevivencia de los peces (Johnson, 1993; Evans *et al.*, 2007; Xu *et al.*, 2007).

7.- MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se efectuó en dos fases, en la primera fase se atendió una demanda específica de los productores de bagre realizándose solamente un estudio parasitológico, y en la segunda se amplió la investigación para monitorear también la bacteriología de los organismos en los sistemas de producción de jaulas.

7.1 Primera fase

Los muestreos tuvieron una duración de doce meses, con el monitoreo de seis granjas dedicadas a la engorda de bagre en jaulas flotantes, de las cuales cinco estaban ubicadas en presas y una en un río. El nombre y la ubicación (coordenadas aproximadamente en el centro de las presas) de las localidades donde están ubicadas las granjas son:

- I) Pedro J. Méndez (24°14'N 99°33'O)
- II) María Soto la Marina (24°24'N 98°59'O)
- III) La Loba (24°21'N 98°37'O)
- IV) Vicente Guerrero (23°57'N 98°44'O)
- V) Emilio Portes Gil (22°57'N 98°47'O)
- VI) Río Soto la Marina (23°58'N 98°47'O).

La profundidad promedio del agua en el sitio de las granjas en las presas fue de entre 6.0 y 17.5 metros, mientras que la del río fue de 2.0 metros.

De acuerdo con el tamaño de la población de las granjas y tomando en consideración una prevalencia parasitaria del 10%, se calculó un tamaño de muestra de 27 peces por granja en cada muestreo (OIE, 2006); este número de peces fue tomado cada dos meses en cada uno de los sitios durante un año. El muestreo de las jaulas fue aleatorio, y los peces se colectaron con una red cuchara, transportándolos en bolsas de plástico en refrigeración, hasta el laboratorio de Parasitología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas en Cd. Victoria. En el laboratorio se procedió a medir su longitud furcal (mm) con una regla de metal, y a continuación se realizó el examen del hospedero de acuerdo con procedimientos estandarizados (Pritchard y Kruse, 1982; Secretaría de Pesca, 1994; Hoffman, 1999). Para ello se realizó primero una observación directa y posteriormente con una lupa de toda la superficie externa del pez, y se hicieron frotis en fresco de piel, aletas y de los filamentos branquiales del lado derecho, los cuales se examinaron bajo el microscopio compuesto. Posteriormente se disecó el opérculo izquierdo, se tomó el primer arco branquial, y bajo el microscopio óptico se cuantificó el número de parásitos metazoarios por género o especie; la cantidad por género o especie detectada fue realizada de manera indirecta multiplicando por ocho el número de parásitos hallados en el primer arco branquial (Mladineo, 2005). Más tarde se hizo un corte lateral, se expusieron los órganos internos, se disecaron y se colocaron en cajas de Petri con solución salina al 0.65 %; se incidió el tubo digestivo y se examinó su contenido; finalmente se revisó el cerebro, el resto de tejidos y se hicieron cortes en la musculatura, para proseguir con la identificación y conteo de los parásitos encontrados. Los metazoarios que se encontraron se separaron y se fijaron en AFA o formaldehído al 10%, conservándolos en alcohol etílico al 70%, para posteriormente procesarlos en el caso de monogéneos mediante su aclaramiento con

glicerina alcohol, transparentación de artrópodos con hidróxido de potasio (10%), o tinción de cestodos con carmín bórax. Los parásitos se montaron finalmente en portaobjetos para su identificación definitiva. Los protozoarios se identificaron en fresco y se tomaron fotografías para futuras referencias. En el caso específico de los mixosporidios, las esporas maduras obtenidas de quistes fueron medidas en fresco, tomándose la longitud total, y longitud y ancho del cuerpo; algunas esporas fueron teñidas con una solución de lugol para su observación en el microscopio y otras fueron secadas al aire, fijadas en metanol puro durante 5 min, teñidas con una solución de azul de metileno (3.5 %), deshidratadas durante 5 min en una serie de alcohol etílico (70%, 80%, 90 %, 100%), aclaradas con xileno y montadas en resina sintética.

Las mediciones de los parásitos fueron hechas con un ocular micrométrico (Zeiss®, West Germany, 464023-9901, CPL W10X/18), montado sobre un microscopio (Revelation III LW Scientific®, Lawrenceville, USA); se tomaron fotografías con una cámara digital (Photosmart® R817, China) colocada manualmente sobre los oculares o con una cámara (Canon®, Powershot G6 PC 1089) montada en el microscopio compuesto.

Para la ubicación taxonómica e identificación de los parásitos se utilizaron los criterios y claves de Roberts (1969), Yamaguti (1975), Hoffman (1999) y Scholz *et al.* (2001).

De acuerdo con los términos de Margolis *et al.*, (1982), de cada una de las especies de los parásitos metazoarios se obtuvieron los siguientes parámetros parasitarios:

- Prevalencia (P) = % de organismos infectados por una especie de parásito, donde $P = (\text{N}^\circ \text{ hospederos infectados por una especie de parásito} / \text{N}^\circ \text{ hospederos examinados}) \times 100$,
- Intensidad media (IM) = número promedio de individuos de una especie de parásitos en los organismos infectados, donde $IM = \text{N}^\circ \text{ total de parásitos de una especie} / \text{N}^\circ \text{ de hospederos infectados}$,
- Abundancia (AB) = número promedio de individuos de una especie de parásito en los hospederos infectados o no, donde $AB = \text{N}^\circ \text{ total de parásitos de una especie} / \text{N}^\circ \text{ total de hospederos examinados}$.
- Intensidad = número de individuos parásitos de una especie en un hospedador, y que para el caso de todos los hospederos de una muestra o población serían los valores mínimo y máximo observados (rango de intensidad).

En cuanto a los protozoarios únicamente se obtuvo la prevalencia, conforme a la terminología de Margolis *et al.* (1982).

Análisis estadístico

Los resultados fueron sometidos a las siguientes pruebas estadísticas:

Para determinar el efecto temporal (período) y espacial (localidad) sobre la prevalencia parasitaria (Zar, 1996) se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis teniendo las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0) = No existe un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia parasitaria.

Hipótesis alternativa (Ha) = Existe un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia parasitaria.

- Para determinar el grado de asociación entre la prevalencia parasitaria y longitud del hospedero (Zar, 1996), se utilizó la prueba de correlación de Spearman con las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (Ho) = No existe una correlación entre la longitud del hospedero y la prevalencia parasitaria.

Hipótesis alternativa (Ha) = Existe una correlación entre la longitud del hospedero y la prevalencia parasitaria.

- Finalmente, para determinar si las infecciones por los parásitos son independientes, se utilizó la prueba de χ^2 por lo que las hipótesis que se propusieron fueron:

Hipótesis nula (Ho) = La proporción de hospederos con una especie de parásito es independiente de la proporción de hospederos con dos especies de parásitos.

Hipótesis alternativa (Ha) = La proporción de hospederos con una sola especie de parásito no es independiente de la proporción de hospederos con dos especies de parásitos.

Se tomaron en cuenta únicamente las especies de parásitos con una prevalencia anual superior al 10% (Iannacone *et al.*, 1999). Para el análisis de los datos se utilizó el programa de computación MedCal® (Bélgica), considerándose las diferencias como significativas si $P \leq 0.05$.

7.2 Segunda fase

Con el objeto de determinar las prevalencias bacterianas y parasitarias, la influencia de algunos factores y la independencia entre las diferentes especies de patógenos, en esta segunda fase se realizaron muestreos cada dos meses durante un año (julio de 2009 a mayo de 2010), en las siguientes cinco granjas y localidades:

- I) Presa María Soto la Marina (24°24'N 98°59'O)
- II) Presa La Loba (24°21'N 98°37'O)
- III) Presa Vicente Guerrero (23°57'N 98°44'O)
- IV) Presa Emilio Portes Gil (22°57'N 98°47'O)
- V) Río Soto la Marina (24°01'N 98° 25'O).

Cada bimestre se determinó la temperatura del agua de los sitios con un termómetro Lamothe® y la profundidad de los mismos con un batímetro, marcado a intervalos de un metro. Las muestras de bagres fueron obtenidas con red cuchara directamente de las jaulas. Las muestras de hospederos fueron embolsadas individualmente y se colocaron en una nevera previamente desinfectada en su interior con alcohol etílico (70%); las muestras se enfriaron con hielo y se trasladaron al laboratorio de bacteriología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas. A su llegada se desinfectó la superficie externa del pez con alcohol etílico (70%) y se midió la longitud furcal (mm) con un regla metálica, evitando la contaminación de zona del opérculo. Se desinfectó nuevamente la superficie externa de los peces y se tomaron muestras para bacteriología a partir de los filamentos branquiales del lado izquierdo y de riñón

posterior, para el aislamiento e identificación bacteriana (Secretaría de Pesca, 1994; Whitman, 2004).

Las muestras obtenidas se sembraron en agar soya tripticasa (TSA) y las placas se incubaron a 26° C durante 24-96 h. Después de este período, de cada placa se seleccionaron tres colonias morfológicamente distintas, las cuales fueron tomadas con asa y se resembraron en tres placas con TSA para lograr el aislamiento puro, dejándolas en la incubadora por un período de 24-48 h a 26°C; la caracterización e identificación de las colonias inicial fue hecha mediante la observación de su morfología y de las pruebas bioquímicas de Gram, KOH, catalasa, OF, glucosa, TSI, MIO, SIM, citrato de Simmons, malonato, LIA y MR/VP y gelatina, y utilizando claves convencionales (Cowan, 1974; Buller, 2004; Whitman, 2004).

En los primeros dos muestreos se tomaron muestras y se sembraron en tres medios: TSA, medio para *E. ictaluri* y Agar cytophaga, preparando los dos últimos medios en el laboratorio (Apéndice) de acuerdo con Whitman (2004). En el caso de *E. ictaluri* se aplicó la metodología señalada por la Oficina Internacional de Epizootias (OIE, 2006) para detectar portadores de la bacteria; para ello las muestras de riñón posterior se mezclaron en un tubo con solución salina estéril, se agitaron en un vórtex durante un minuto (Fisher® Mod. 02215365), se añadió Triton X-100 (Merck® No. 12298) estéril y se sembró en el medio específico para *E. ictaluri*. Debido a no se obtuvo el aislamiento de *E. ictaluri* ni de *F. columnare* en sus medios específicos, y que el número de muestras y tejidos era alto, se consideró continuar únicamente con agar soya tripticasa.

Una vez que se obtuvieron las muestras de branquias y riñón para su examen bacteriológico se procedió a realizar el examen parasitológico con el mismo

procedimiento mencionado en la primera fase; asimismo se realizaron exámenes de flotación con solución glucosada para la detección de protozoarios en las heces fecales.

Análisis estadístico.

Los resultados fueron sometidos a diferentes estadísticos, como sigue:

- Para determinar el efecto temporal (período) y espacial (localidad) sobre el promedio de las prevalencias bacterianas en branquia y riñón, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, teniendo las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0) = No existe un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia bacteriana.

Hipótesis alternativa (H_a) = Existe un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia bacteriana.

- Para determinar la asociación entre la prevalencia bacteriana en general con la longitud del hospedero, la profundidad del sitio y la temperatura, se realizó la prueba de correlación de Spearman, estableciéndose las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0) = No existe una correlación entre la prevalencia bacteriana general con la longitud del hospedero, la profundidad del sitio o la temperatura del agua.

Hipótesis nula (H_0) = Existe una correlación entre la prevalencia bacteriana general con y la longitud del hospedero, la profundidad del sitio o la temperatura del agua.

- Para determinar el efecto temporal y espacial sobre la prevalencia parasitaria, se realizó la prueba de Kruskal-Wallis, teniendo las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0) = No existe un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia parasitaria.

Hipótesis alternativa (H_a) = Existe un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia parasitaria.

- Para determinar la asociación de cada especie parasitaria con la longitud del hospedero, la profundidad del sitio y la temperatura se realizó la prueba de correlación de Spearman, estableciéndose las siguientes hipótesis:

Hipótesis nula (H_0) = No existe una correlación entre la prevalencia parasitaria y la longitud del hospedero, la profundidad del sitio o la temperatura del agua.

Hipótesis nula (H_0) = Existe una correlación entre la prevalencia parasitaria y la longitud del hospedero, la profundidad del sitio o la temperatura del agua.

- Para determinar si las infecciones por los parásitos son independientes, se utilizó la prueba de χ^2 por lo que las hipótesis que se propusieron fueron:

Hipótesis nula (H_0) = La proporción de hospederos con una especie de parásito son independientes de la proporción de hospederos con dos especies de parásitos.

Hipótesis alternativa (H_a) = La proporción de hospederos con una sola especie de parásito no son independientes de la proporción de hospederos con dos especies de parásitos.

- Finalmente, para determinar la independencia entre las proporciones de infecciones de ectoparásitos branquiales con respecto a las proporciones de

infecciones de las bacterias, se utilizó la prueba de χ^2 , por lo que las hipótesis que se propusieron fueron:

Hipótesis nula (Ho) = Las infecciones entre los parásitos y bacterias son independientes.

Hipótesis alternativa (Ha) = Las infecciones entre parásitos y bacterias no son independientes.

En las pruebas estadísticas se consideraron únicamente las especies de parásitos con una prevalencia anual superior al 10% (Iannacone *et al.*, 1999), y para el análisis de los datos se utilizó el programa MedCal® (Bélgica), considerándose las diferencias como significativas si $P \leq 0.05$.

8.- RESULTADOS

8.1 Primera fase

Se analizaron un total de 954 peces obtenidos en 41 muestreos realizados en las seis localidades durante el periodo de estudio; en la Tabla 1 se observa el número de peces obtenidos en cada localidad.

Mediante estos estudios se detectaron los siguientes ectoparásitos: *Ligictaluridus floridanus* (Platyhelminthes), *Ergasilus cerastes* (Arthropoda) y *Trichodina* sp. (Ciliophora); mientras que las especies de parásitos internos detectados fueron: metacercarias de *Centrocestus formosanus* (Platyhelminthes), *Corallobothrium* sp. (Platyhelminthes) y *Henneguya exilis* (Myxozoa). El monogeneo *Ligictaluridus floridanus* (Fig. 1a) se encontró adherido fuertemente a los filamentos branquiales, mientras que *E. cerastes* (Fig. 1c) se ubico también entre los filamentos branquiales y *Trichodina* sp., se localizó en tegumento.

Las metacercarias de *C. formosanus* (Fig. 1b) se encontraron internamente a nivel de los filamentos o lamelas branquiales; los quistes presentaron una forma oval, alargada, con diferentes tamaños, un promedio de largo y ancho de 170 μ X 120 μ ; presentaban una cutícula transparente; fuera del quiste las metacercarias eran piriformes, median en promedio entre 300-480 μ de longitud por 130-200 μ de ancho, acetábulo de 60.7 μ de diámetro, testículo izquierdo 51.7 μ y derecho 49.5 μ , corona 56.25 μ ; la boca estaba rodeada por una doble hilera de espinas, con 16 espinas cada una, el acetábulo era redondeado, musculoso, ubicado casi en el centro del cuerpo, su vesícula excretora era grande, con una forma característica de X, con un color oscuro y ubicada entre los testículos.

Tabla 1. Número de bagres analizados en localidades y periodos correspondientes a la primera fase en el ciclo 2007-2008.

| Localidades | Años | | | | | |
|----------------------------|----------|----|-----|------|----|----|
| | 2007 | | | 2008 | | |
| | Períodos | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI |
| Presa Pedro J. Méndez | 34 | 24 | 31 | 20 | 30 | -- |
| Presa María Soto la Marina | 27 | 30 | 30 | 30 | 29 | 30 |
| Presa La Loba | 32 | 29 | 36 | -- | 32 | 28 |
| Presa Vicente Guerrero | 31 | 29 | 30 | 30 | 40 | 30 |
| Presa Emilio Portes Gil | 31 | 20 | 40 | 30 | 30 | 35 |
| Río Soto la Marina | 20 | 23 | 30 | 23 | -- | -- |

El cestodo *Corallobothrium* sp., (Fig. 1d) se detectó en la primera porción del intestino, inmediatamente después del estómago; presentaba un escólex con una cara plana y cuatro ventosas.

El mixosporidio *Henneguya exilis* (Fig. 1e) fue detectado en branquias; sus quistes eran alargados, ocupando con una longitud variable el espacio interlamelar de los filamentos branquiales; en fresco presentaban un color grisáceo y sus esporas

tenían forma oval, con dos cápsulas polares con vacuolas yodofílicas, que midieron 6-8 μ de largo y 2-2.5 μ de ancho; el largo promedio del cuerpo de la espora fue de 16.2 μ , el ancho promedio de la espora 4 μ y el largo total promedio de la espora 51 μ .

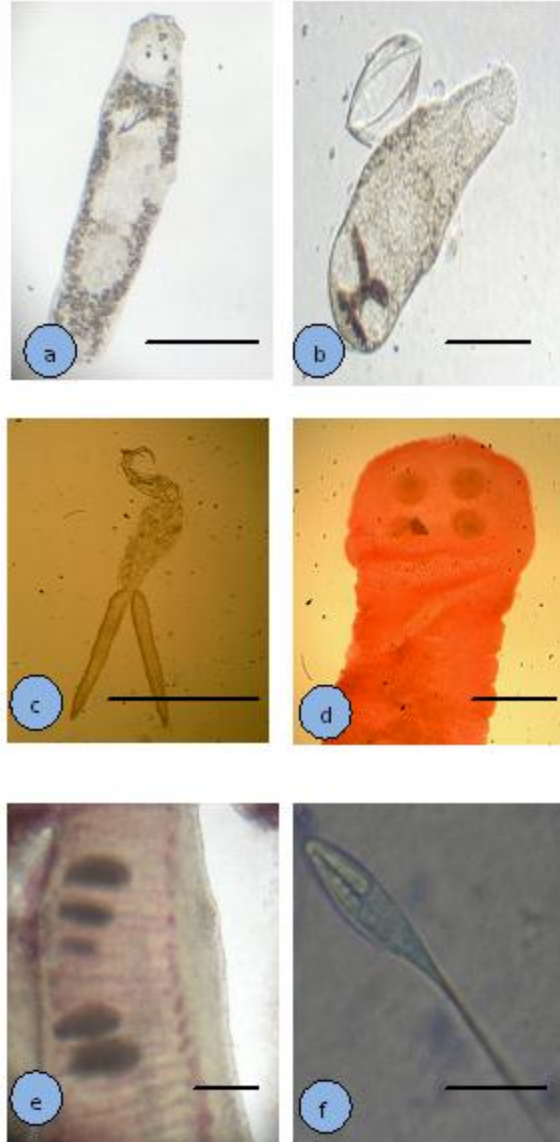


Figura 1. **a**, *Ligictaluridus floridanus*, barra 100 μ ; **b** metacercaria desenquistada de *Centrocestus formosanus*, barra 100 μ ; **c** *Ergasilus cerastes*, barra 1 mm, espécimen transparentado con KOH; **d** *Corallbothrium* sp., barra 1 mm, tinción con carmín bórax; **e**, quistes de *Henneguya exilis*, barra 100 μ , **f**, espora de *H. exilis*, tinción con azul de metileno (3.5%), barra 10 μ .

La prevalencia anual de las especies se señala en la Tabla 2, en donde el monogeneo *Ligictaluridus floridanus* alcanzó el porcentaje mayor con un 57.8 %.

Tabla 2. Prevalencia anual de especies de parásitos en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008.

| Especie | Prevalencia ^a (%) |
|----------------------------------|------------------------------|
| <i>Ligictaluridus floridanus</i> | 57.8 |
| <i>Centrocestus formosanus</i> | 30.6 |
| <i>Henneguya exilis</i> | 17.8 |
| <i>Ergasilus cerastes</i> | 18.4 |
| <i>Corallobothrium</i> sp. | 8.8 |
| <i>Trichodina</i> sp. | 0.3 |

^a Porcentaje de organismos infectados por una especie de parásitos.

Los resultados de las prevalencias temporales, abundancia e intensidad y prevalencias espaciales son mostrados en las Figuras 2 y 3.

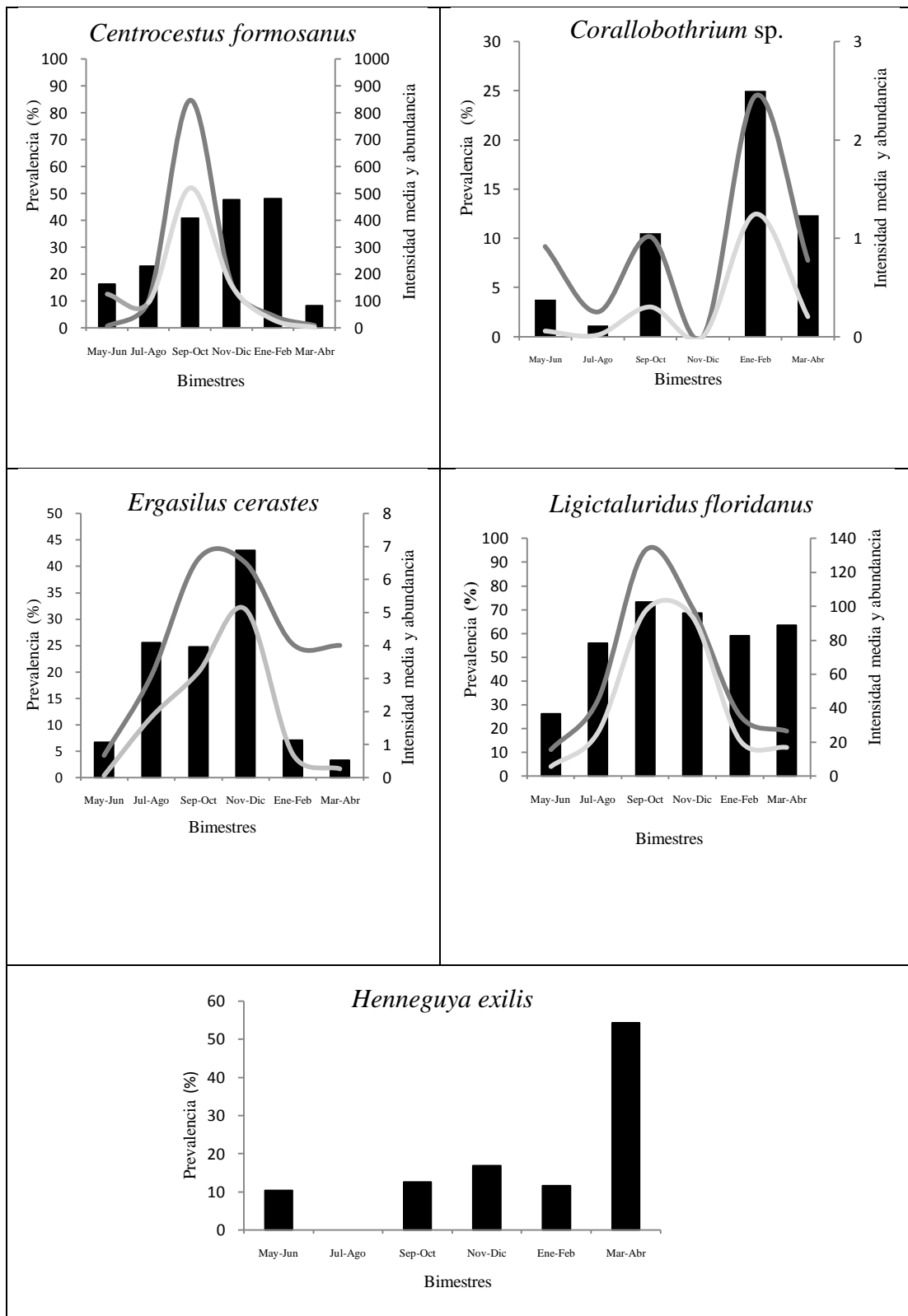


Figura 2. Prevalencia temporal, intensidad media y abundancia temporal de *Centrocestus formosanus*, *Corallobothrium* sp., *Ergasilus cerastes* y *Ligictalurus floridanus* y prevalencia temporal de *Henneguya exilis* en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008. Prevalencia temporal , intensidad media y abundancia .

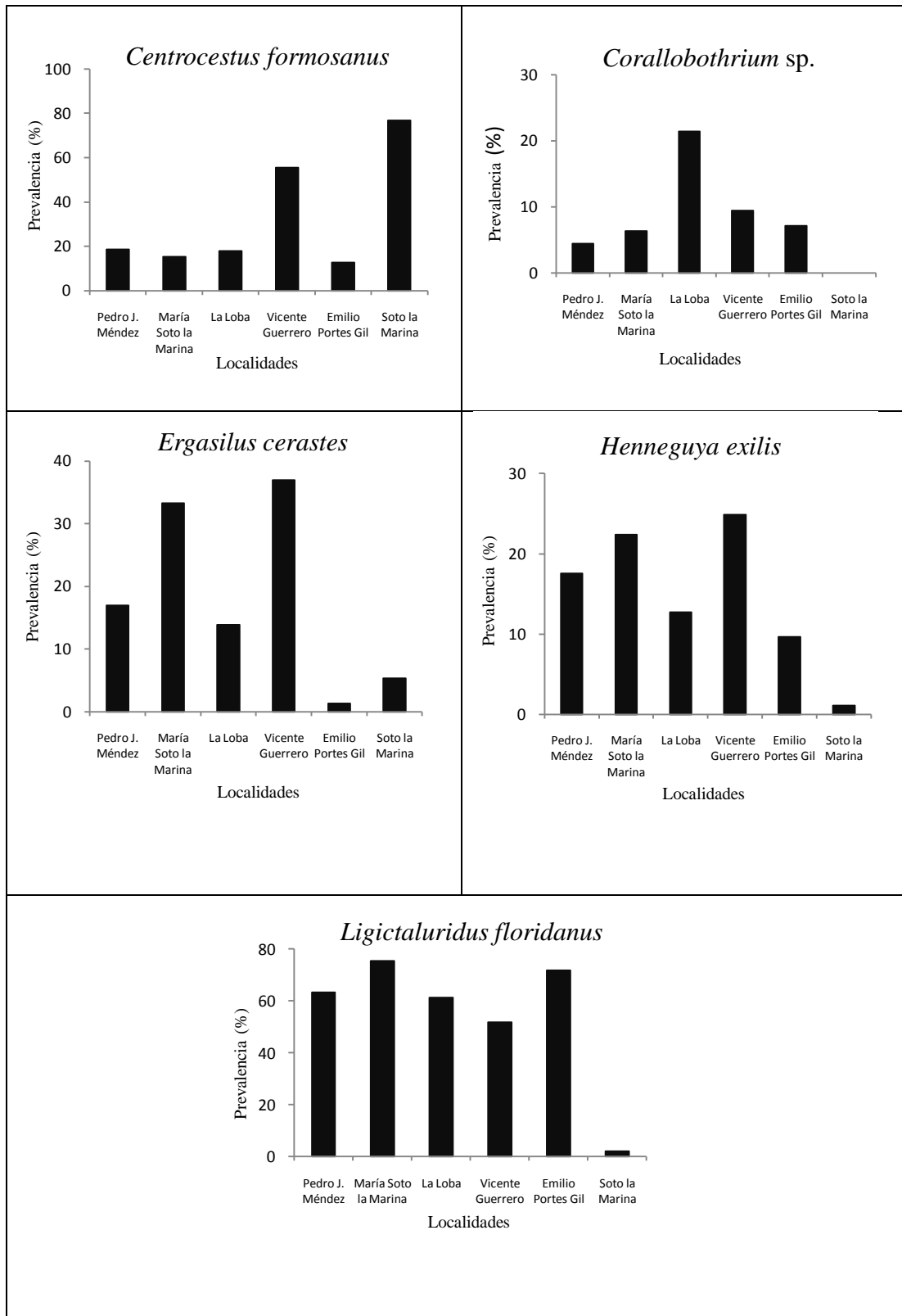


Figura 3. Prevalencia espacial de metacercarias de *Centrocestus formosanus*, *Corallobothrium* sp., *Ergasilus cerastes*, *Henneguya exilis* y *Ligictaluridus floridanus* en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008.

En la Figura 2, se observa que: a) *Corallobothrium* sp. no se detectó en el bimestre noviembre-diciembre, pero mostró la más alta prevalencia en el periodo enero-febrero, y tuvo intensidades muy bajas con respecto a los otros helmintos; b) *Ligictaluridus floridanus* mostró un patrón con los valores más altos de prevalencia, intensidad y abundancia en el bimestre septiembre-octubre, disminuyendo progresivamente en los siguientes bimestres; c) La prevalencia de las metacercarias de *C. formosanus* mostró un patrón de ascenso continuo desde el primero hasta el quinto bimestre, y de todas las especies, este parásito se detectó con la intensidad más alta; d) Finalmente, *E. cerastes* tuvo la prevalencia más alta en los meses de noviembre-diciembre, coincidiendo con sus valores máximos de intensidad y abundancia

En cuanto a la prevalencia espacial, en la Figura 3 se observa que la granja del río Soto la Marina, resultó con una nula o baja prevalencia de cuatro especies *Corallobothrium* sp., *L. floridanus*, *E. cerastes* y *H. exilis*, pero teniendo la prevalencia más alta con *C. formosanus*.

Por otro lado, la Tabla 3 indica el rango de intensidad parasitaria para las especies detectadas, en donde las metacercarias de *C. formosanus* alcanzaron el valor más alto, seguido por *L. floridanus*, *E. cerastes* y finalmente *Corallobothrium* sp.

Tabla 3.- Rango de intensidad de especies de parásitos en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008.

| Especie | Rango de intensidad ^a |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <i>Centrocestus formosanus</i> | 0-7840 |
| <i>Ligictaluridus floridanus</i> | 0-920 |
| <i>Ergasilus cerastes</i> | 0-32 |
| <i>Corallobothrium</i> sp. | 0-25 |

^a Número mínimo y máximo de parásitos detectados en la población

Los resultados de las pruebas estadísticas no hallaron un efecto significativo de los periodos sobre la prevalencia parasitaria, tampoco una correlación entre la longitud furcal del hospedero y la prevalencia parasitaria, pero si se encontró un efecto de la localidad sobre la prevalencia de los parásitos *L. floridanus* (P = 0.050) y *E. cerastes* (P = 0.025) en las localidades del río Soto la Marina y de la presa Emilio Portes Gil (Tabla 4, Figura 3).

Tabla 4. Prueba de Kruskal-Wallis para determinar el efecto de la localidad y período sobre la prevalencia parasitaria, y prueba de correlación de Spearman para determinar la asociación de la prevalencia parasitaria con la longitud del hospedero, con las especies *C. formosanus*, *E. cerastes*, *H. exilis* y *L. floridanus*. en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008.

| Especie | Prueba | |
|------------------------|----------------|-------------------------|
| | Kruskal-Wallis | Correlación de Spearman |
| <i>C. formosanus</i> | | |
| Localidad | P = 0.468 | |
| Período | P = 0.228 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = -0.3083 |
| <i>E. cerastes</i> | | |
| Localidad | P = 0.025* | |
| Período | P = 0.429 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = -0.2384 |
| <i>H. exilis</i> | | |
| Localidad | P = 0.250 | |
| Período | P = 0.149 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = -0.1777 |
| <i>L. floridanus</i> | | |
| Localidad | P = 0.050* | |
| Período | P = 0.167 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = 0.5401 |

*Diferencias estadísticamente significativas

Asimismo, los resultados de la prueba χ^2 de la Tabla 5, indican que las proporciones de hospederos infectados únicamente con *E. cerastes* o con *C. formosanus* no fueron iguales a la proporción de hospederos con infecciones simultáneas de *E. cerastes* y *C. formosanus*, y de igual forma, las proporciones de infecciones hospederos únicamente con *H. exilis* o con *C. formosanus* no fueron

iguales a la proporción de hospederos con infecciones simultáneas de *H. exilis* y *C. formosanus*, por lo que en ambos casos se rechaza la hipótesis nula ($P < \alpha$), aceptándose la hipótesis alternativa de que las proporciones no son independientes.

Tabla 5. Prueba de χ^2 para determinar la independencia de infecciones parasitarias de *C. formosanus*, *E. cerastes*, *H. exilis* y *L. floridanus*, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en seis localidades de Tamaulipas en el ciclo 2007-2008.

| | Especies | | | |
|----------------------|----------------------|---|---|--|
| | <i>C. formosanus</i> | <i>E. cerastes</i> | <i>H. exilis</i> | <i>L. floridanus</i> |
| <i>C. formosanus</i> | --- | GL = 1 $\chi^2 = 23.29$ P < 0.0001* | GL = 1 $\chi^2 = 10.843$ P = 0.001* | GL = 1 $\chi^2 = 60.99$ P = 0.4792 |
| <i>E. cerastes</i> | --- | --- | GL = 1 $\chi^2 = 0.860$ P = 0.336 | GL = 1 $\chi^2 = 0.0001$ P = 0.989 |
| <i>H. exilis</i> | | | --- | GL = 1 $\chi^2 = 0.501$ P = 0.479 |

*Diferencias estadísticamente significativas

Segunda fase:

Se analizaron un total de 809 bagres de canal (Tabla 6) en cinco localidades durante los muestreos bimestrales. Los resultados de los análisis bacteriológicos no detectaron las especies *Edwardsiella ictaluri* ni *Aeromonas hydrophila*, pero si se pudo aislar *Flavobacterium columnare*, además de otras especies bacterianas.

Tabla 6. Número de bagres analizados en localidades y períodos correspondientes a la segunda fase en el ciclo 2009-2010.

| Localidades | Años | | | | | |
|----------------------------|----------|----|-----|------|----|----|
| | 2009 | | | 2010 | | |
| | Períodos | | | | | |
| | I | II | III | IV | V | VI |
| Presa María Soto la Marina | 30 | 26 | 27 | 26 | 27 | 27 |
| Presa La Loba | 29 | 26 | 28 | 27 | 27 | 26 |
| Presa Vicente Guerrero | 30 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |
| Presa Emilio Portes Gil | 23 | 27 | 27 | 27 | 26 | 27 |
| Río Soto la Marina | 26 | 27 | 27 | 27 | 27 | 27 |

La Tabla 7 indica la prevalencia anual de los hallazgos en branquias y riñón posterior. En ella se observa una baja prevalencia de *F. columnare* en branquias y en términos generales bajas prevalencias de bacterias en riñón; asimismo que la bacteria *Carnobacterium piscicola* alcanzó en branquias la más alta prevalencia anual, mientras que en riñón fue *Staphylococcus* sp.

Tabla 7. Prevalencia anual de bacterias en branquias y riñón en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Branquias | | Riñón | |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------------------------|-----------------|
| Bacteria | Prevalencia (%) | Bacteria | Prevalencia (%) |
| <i>Carnobacterium piscicola</i> | 11.0 | <i>Staphylococcus</i> sp. | 1.7 |
| <i>Staphylococcus</i> sp. | 6.2 | <i>Carnobacterium piscicola</i> | 1.5 |
| <i>Yersinia ruckeri</i> | 5.4 | <i>Aeromonas salmonicida</i> | 0.9 |
| <i>Aeromonas salmonicida</i> | 5.1 | <i>Flavobacterium columnare</i> | 0.9 |
| <i>Aeromonas sobria</i> | 3.3 | <i>Corynebacterium</i> sp | 0.7 |
| <i>Corynebacterium</i> sp. | 2.8 | <i>Aeromonas</i> sp. | 0.7 |
| <i>Pseudomonas</i> sp. | 2.7 | <i>Aeromonas sobria</i> | 0.6 |
| <i>Flavobacterium columnare</i> | 2.7 | <i>Pseudomonas fluorescens</i> | 0.5 |
| <i>Pseudomonas fluorescens</i> | 2.2 | <i>Yersinia ruckeri</i> | 0.4 |
| <i>Streptococcus</i> sp. | 1.5 | <i>Escherichia coli</i> | 0.4 |
| <i>Bacillus</i> sp. | 1.0 | <i>Pseudomonas</i> sp. | 0.2 |
| <i>Aeromonas</i> sp. | 0.9 | <i>Aerococcus viridans</i> | 0.2 |
| <i>Flavobacterium branchiophilum</i> | 0.6 | <i>Bacillus</i> sp. | 0.1 |
| <i>Escherichia coli</i> | 0.6 | <i>Streptococcus</i> sp. | 0.1 |
| <i>Aerococcus viridans</i> | 0.4 | <i>Lactobacillus</i> sp. | 0.1 |
| <i>Flavobacterium</i> sp. | 0.2 | <i>Flavobacterium</i> sp. | 0.1 |
| <i>Micrococcus</i> sp. | 0.1 | <i>Micrococcus</i> sp. | 0.1 |
| <i>Lactobacillus</i> sp. | 0.1 | <i>Flavobacterium branchiophilum</i> | 0.0 |

Las Figura 4 y 5 muestran la prevalencia espacial y temporal de las bacterias en branquias y riñón posterior detectadas en el estudio.

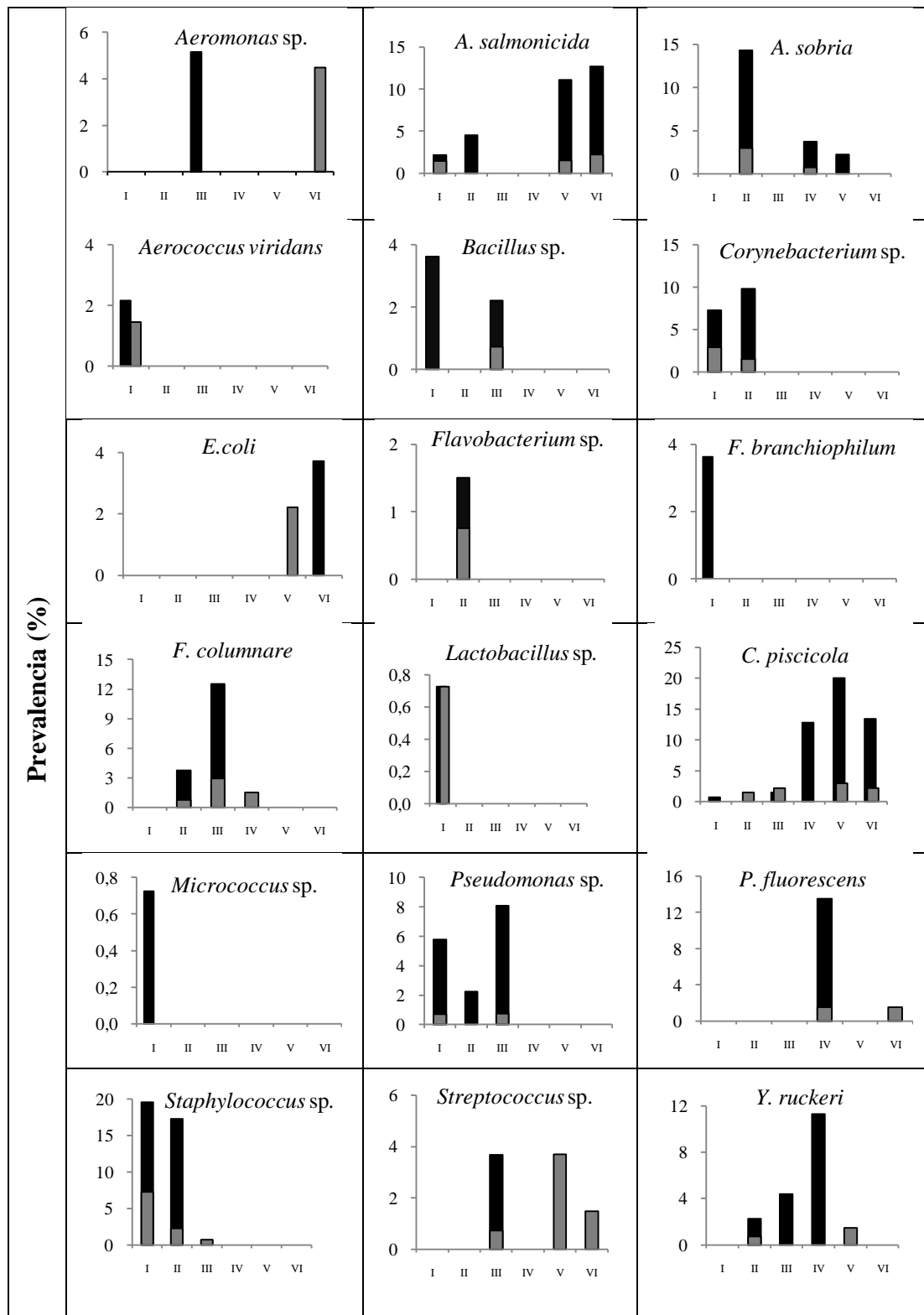


Figura 4. Prevalencia (%) temporal: I julio-agosto, II septiembre-octubre, III noviembre-diciembre, IV enero-febrero, V marzo-abril y VI mayo-junio de bacterias en branquias y riñón posterior en granjas de bagres de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Branquias ■, riñón posterior ▒.

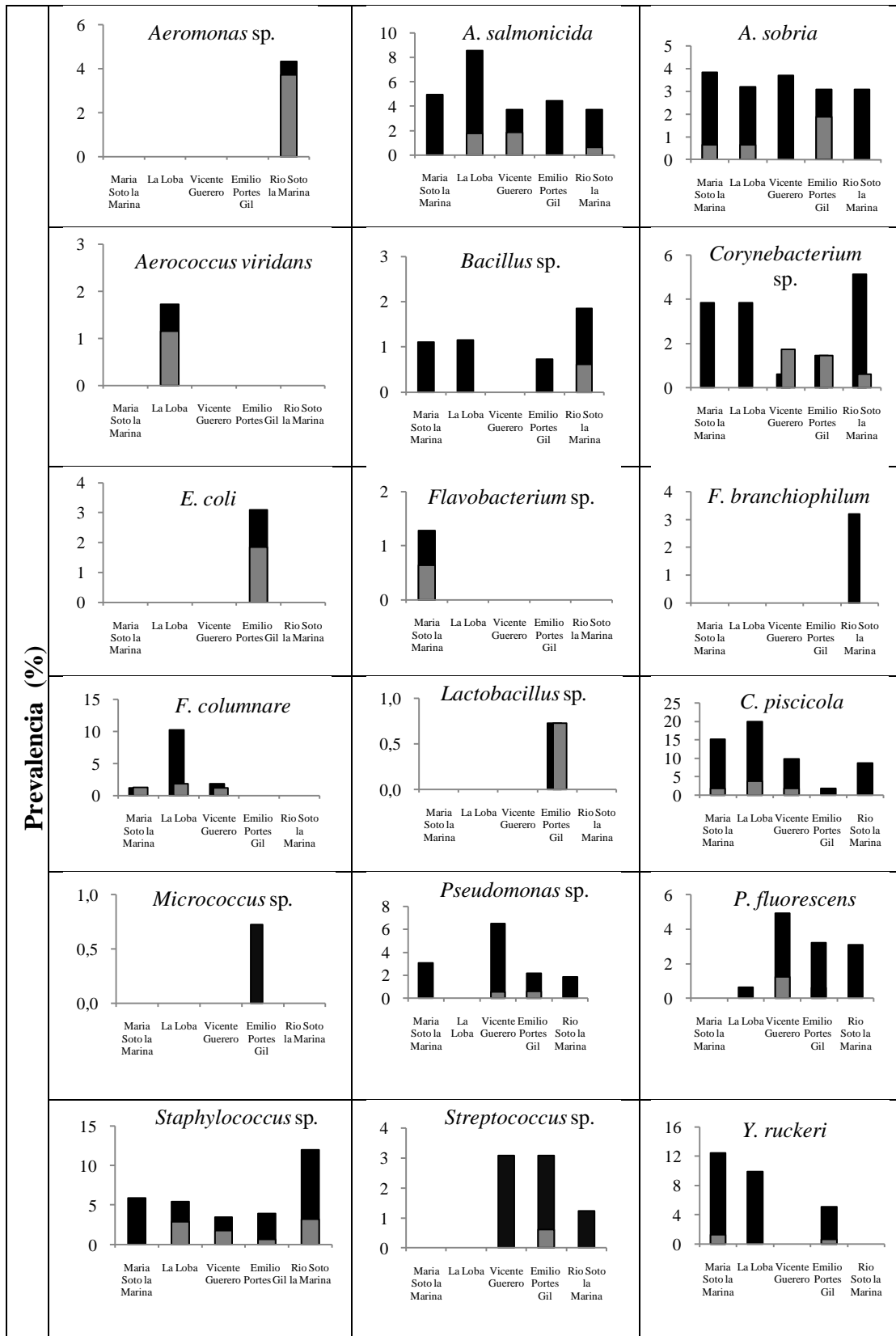


Figura 5. Prevalencia (%) espacial de bacterias de branquias en granjas de bagres de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Branquias ■, riñón posterior ▒.

La mayor parte de las gráficas de las prevalencias temporales de las bacterias mostradas en la Figura 4 no muestran patrones de variaciones respecto al tiempo. La única excepción es *Carnobacterium piscicola* donde observamos un ascenso gradual en la prevalencia en branquias, llegando a un pico máximo en el período V, y que desciende en el siguiente período. En la especie *A. salmonicida* también se observa un ascenso gradual en la prevalencia de branquias, pero en *A. sobria* un patrón inverso. Se aprecia también que *C. piscicola* fue la única especie que se detectó en todos los períodos del año, ya sea en branquias o riñón. Es importante mencionar que las prevalencias más altas de *F. columnare* se presentaron en los meses de noviembre y diciembre, donde el agua presenta temperaturas templadas.

En cuanto a la prevalencia espacial (Figura 5), las bacterias que se detectaron en todas las localidades fueron *Aeromonas salmonicida*, *A. sobria*, *Corynebacterium* sp., *C. piscicola* y *Staphylococcus* sp. En todas las localidades muestreadas destacaron las altas prevalencias de *A. salmonicida*, *C. piscicola* y *F. columnare* en la presa La Loba, al igual que de *Staphylococcus* sp. en el río Soto la Marina, y de *Pseudomonas* sp. y *P. fluorescens* en la presa Vicente Guerrero.

Los resultados de la Tabla 8 indican que sólo se detectó un efecto significativo ($P = 0.0237$) de la localidad Emilio Portes Gil sobre la prevalencia de *C. piscicola* (Fig. 5), además de que si hubo un efecto significativo temporal (período) sobre la prevalencia de *Bacillus* sp. ($P = 0,0450$), *A. sobria* ($P = 0,0001$), *Corynebacterium* sp. ($P = 0,0009$), *F. columnare* ($P = 0,0254$), *C. piscicola* ($P = 0.0346$), *P. fluorescens* ($P = 0.0073$) y *Staphylococcus* sp. ($P < 0,0001$), siendo los periodos IV, V y VI donde se observó la mayor influencia del periodo en la prevalencia (Fig. 4).

En general no se detectó una asociación (Tabla 9) entre la prevalencia bacteriana y la profundidad de la granja, ni de la prevalencia con la longitud del hospedero, pero sí con respecto a la temperatura del agua ($P = 0.0011$).

Tabla 8. Prueba de Kruskal-Wallis sobre el efecto de la localidad y período sobre la prevalencia bacteriana en branquias y riñón, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Bacteria | Localidad | | Período |
|----------------------------|------------------|--|------------------|
| | Branquia y riñón | | Branquia y riñón |
| <i>Bacillus</i> sp. | P = 0.7095 | | P = 0.0450* |
| <i>A. salmonicida</i> | P = 0.7111 | | P = 0.0528 |
| <i>A. sobria</i> | P = 0.5669 | | P = 0.0001* |
| <i>Aerococcus viridans</i> | P = 0.0867 | | P = 0.0706 |
| <i>Aeromonas</i> sp. | P = 0.0867 | | P = 0.5395 |
| <i>Corynebacterium</i> sp. | P = 0.8580 | | P = 0.0009* |
| <i>E. coli</i> | P = 0.0867 | | P = 0.5395 |
| <i>F. branchiophilum</i> | P = 0.4060 | | P = 0.4159 |
| <i>F. columnare</i> | P = 0.1011 | | P = 0.0254* |
| <i>Flavobacterium</i> sp. | P = 0.0867 | | P = 0.0706 |
| <i>C. piscicola</i> | P = 0.0237* | | P = 0.0346* |
| <i>Lactobacillus</i> sp. | P = 0.5492 | | P = 0.0705 |
| <i>Micrococcus</i> sp. | P = 0.4060 | | P = 0.4159 |
| <i>P. fluorescens</i> | P = 0.6254 | | P = 0.0073* |
| <i>Staphylococcus</i> sp. | P = 0.8841 | | P = 0.0001* |
| <i>Streptococcus</i> sp. | P = 0.4568 | | P = 0.3907 |
| <i>Y. ruckeri</i> | P = 0.0821 | | P = 0.4915 |

*Diferencias estadísticamente significativas

Tabla 9. Prueba de correlación de Spearman sobre el grado de asociación entre las prevalencias bacterianas y la profundidad del sitio de muestreo, temperatura del agua y longitud del hospedero, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| | |
|------------------------|-------------|
| Profundidad | P = 0.1532 |
| Temperatura | P = 0.0011* |
| Longitud del hospedero | P = 0.0692 |

*Diferencias estadísticamente significativas

Respecto al análisis parasitario, además de las especies detectadas en la primera fase, en la segunda fase se observaron (Fig. 6) los géneros *Gyrodactylus* sp. (Platyhelminthes), larvas de *Spiroxys* sp. (Nemathelminthes), *Diplostomulum* sp. (Platyhelminthes), *Alloglosidium* sp. (Platyhelminthes), *Epistylis* sp. (Myxozoa) e *Ichthyophthirius multifiliis* (Ciliophora).

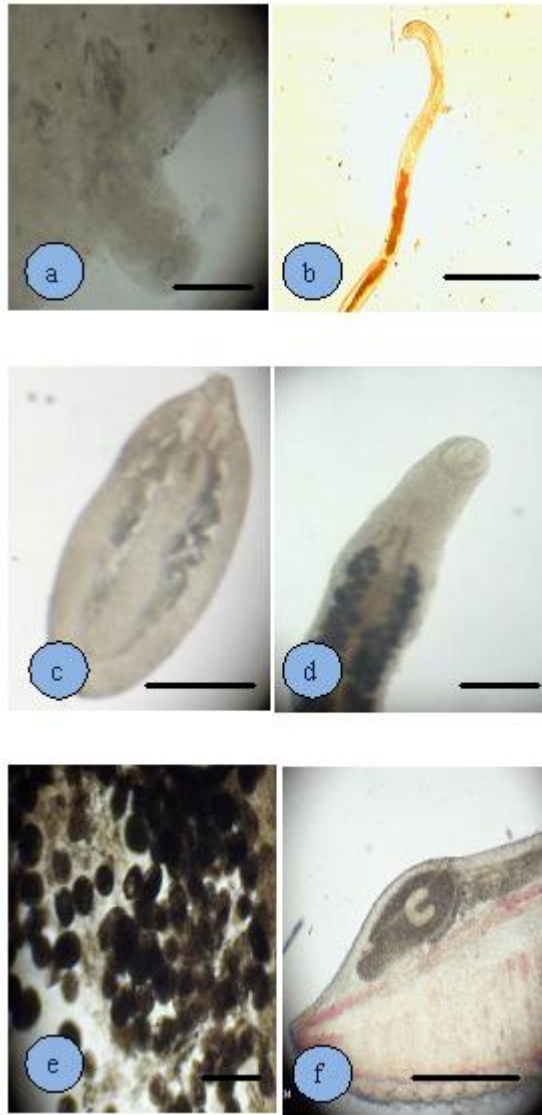


Figura 6. **a** *Gyrodactylus* sp., barra 200 μ ; **b** *Spiroxys* sp., fase larvaria, barra 200 μ ; **c** *Diplostomulum* sp., barra 200 μ ; **d** *Alloglosidium* sp., barra 200 μ ; **e** *Epistylis* sp., barra 30 μ , **f** *Ichthyophthirius multifiliis*, barra 1000 μ .

Asimismo, además de la heneguyasis interlamelar causada por *Henneguya exilis* que se observó en la primera fase, se detectaron con baja prevalencia cuatro presentaciones más de heneguyasis: una visible en branquias, una tegumentaria o epitelial, una adiposa (Fig. 3) y otra más visceral (presuntiva). Además se detectaron otras dos especies más de *Henneguya*: *Henneguya adiposa* en aleta adiposa y *H. sutherlandi* en piel, las cuales fueron identificadas de acuerdo al tejido afectado, y a

la morfología del quiste y de las esporas (Fig. 7, Tabla 10). Respecto a la forma visceral detectada en órganos digestivos, no se pudo identificar su especie debido a que se obtuvieron pocas esporas.

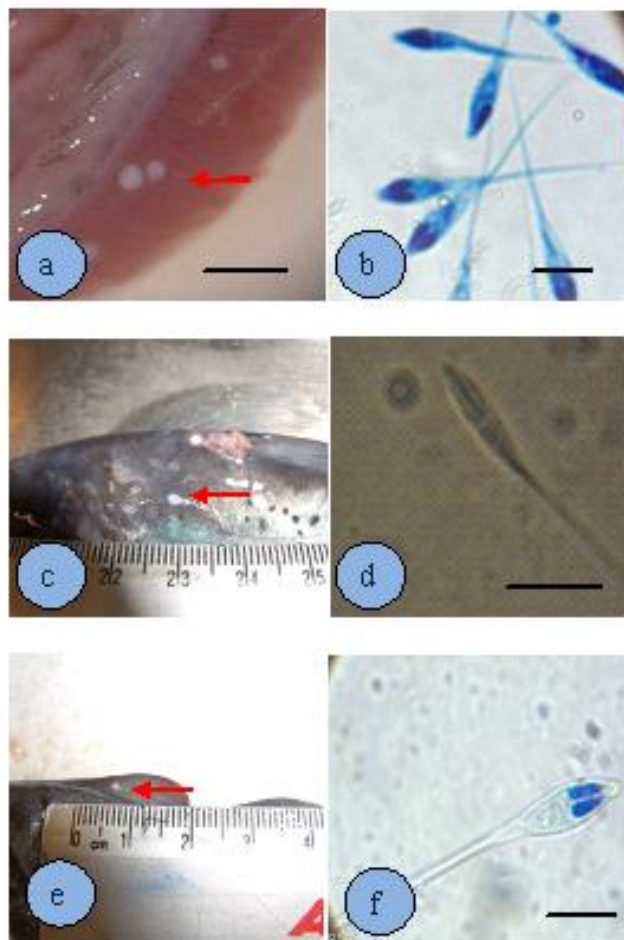


Figura 7. **a** Quistes de *Henneguya* sp. forma visible (→), barra 1 cm; **b** espora de *Henneguya* sp. forma visible, barra 10 μ ; **c** quiste de *Henneguya sutherlandi*, forma epitelial o tegumentaria (→); **d** espora de *H. sutherlandi*, barra 10 μ ; **e** quiste de *H. adiposa* (→); **f**, espora de *H. adiposa*, barra 10 μ .

Tabla 10. Tipos de infección, morfometría de esporas maduras en fresco (promedio \pm DE) y de quistes de *Henneguya* spp., detectadas en granjas de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Tipo de infección | Morfometría de la espora (μ) (tamaño mínimo y máximo) | | | Tamaño del quiste (mm) |
|----------------------------|--|--------------------------|--|--------------------------------|
| | Largo | Ancho | Largo total (incluyendo proceso caudal) | |
| Quiste visible en branquia | 16.75 \pm 1.18 (15-19) | 5.75 \pm 0.91 (5-8) | 65.8 \pm 6.79 (55-84) | 0.2 \pm 1.3 |
| Interlamelar | 15.94 \pm 1.80 (13-20) | 3.82 \pm 0.88 (3-5) | 58-52 \pm 6.96 (44-71) | 0.04 \pm 0.1 X 0.25 -0.80 |
| Aleta adiposa | 14.5 \pm 3.66 (11-19) | 4.43 \pm 0.73 (4-6) | 59.86 \pm 5.03 (55-70) | 1.0- 1.3 |
| Epitelial o tegumentaria | 19.14 \pm 1.25 (17-21) | 4.17 \pm 0.37 (4-5) | 45.71 \pm 0.88 (45-47) | 1.1-1.5 |

La Tabla 11 muestra la prevalencia anual de las distintas especies de parásitos detectadas en el estudio, en donde tres especies de parásitos branquiales, *L. floridanus*, *C. formosanus* y *H. exilis* ocuparon las más altas prevalencias.

Tabla 11. Prevalencia anual de especies de parásitos en granjas de bagres de canal, *Ictalurus punctatus*, en localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Especie | Prevalencia (%) |
|---|-----------------|
| <i>Ligictaluridus floridanus</i> | 85.5 |
| <i>Centrocestus formosanus</i> | 27.0 |
| <i>Henneguya exilis</i> (forma interlamelar) | 16.4 |
| <i>Diplostomulum</i> sp | 15.5 |
| <i>Ergasilus cerastes</i> | 11.9 |
| <i>Corallobothrium</i> sp. | 7.7 |
| <i>Spiroxys</i> sp. | 6.9 |
| <i>Alloglosidium</i> sp | 3.0 |
| <i>Icthyophthirius multifiliis</i> | 2.7 |
| <i>Henneguya</i> sp. (forma visible branquial) | 0.9 |
| <i>Henneguya sutherlandi</i> (forma epitelial o tegumentaria) | 0.9 |
| <i>Trichodina</i> sp. | 0.6 |
| <i>Henneguya</i> sp. (sistema digestivo) | 0.4 |
| <i>Epistylis</i> sp. | 0.3 |
| <i>Henneguya adiposa</i> (forma en aleta adiposa) | 0.2 |

Las Figuras 8 y 9 muestran las graficas con las prevalencias temporales, la intensidad media y la abundancia de los parásitos detectados. En ellas se observa que *L. floridanus* tuvo una presencia constante durante todos los períodos, la prevalencia parasitaria más alta de todas los parásitos, su prevalencia más elevada en el período mayo-junio, y su intensidad media y abundancia más baja en el periodo noviembre-diciembre. Otro ectoparásito de branquias, *E. cerastes*, tuvo su más alta prevalencia en el período enero-febrero, y al igual que *L. floridanus*, mostró los más altos valores de intensidad media al inicio del estudio. Por otro lado, las metacercarias de *C. formosanus* mostraron una prevalencia baja en los primeros períodos, sin embargo, en los tres subsecuentes períodos a pesar de las temperaturas más bajas, la prevalencia ascendió hasta un 40%. De igual forma se observa que cuatro endohelminos, *Alloglosidium* sp., *Diplostomulum* sp., *Corallobothrium* sp. y *Spiroxys* sp., mostraron una prevalencia de cero en el período septiembre octubre.

En las Figuras 10 y 11 se observa que *C. formosanus*, *Diplostomulum* sp. y *L. floridanus* están presentes en todas las localidades. Asimismo, *Alloglosidium* sp., *Corallobothrium* sp., *E. cerastes* y *Spiroxys* sp., tienen una baja o nula prevalencia en la localidad del río Soto la Marina, y tres parásitos, *Gyrodactylus* sp., *Epistylis* y *Trichodina* sp. se encontraron únicamente en la localidad de la presa Vicente Guerrero

La Figura 12 muestra la prevalencia temporal de diferentes tipos de infección de *Henenguya* spp., en donde el período marzo-abril tuvo el más alto porcentaje de la forma interlamelar, encontrándose también en estos meses los cinco tipos de infección, mientras que en el período julio-agosto se observa una prevalencia de esta forma interlamelar con un valor cercano a cero. En cuanto a la prevalencia espacial de *Henenguya* spp. mostrada en la Figura 13, se observa que en la localidad de la presa

Vicente Guerrero se detectaron cuatro tipos de infección de este mixosporidio, además de que los valores de la forma interlamelar más bajos se observaron en la localidad del río Soto la Marina, y la prevalencia más alta en la presa María Soto la Marina.

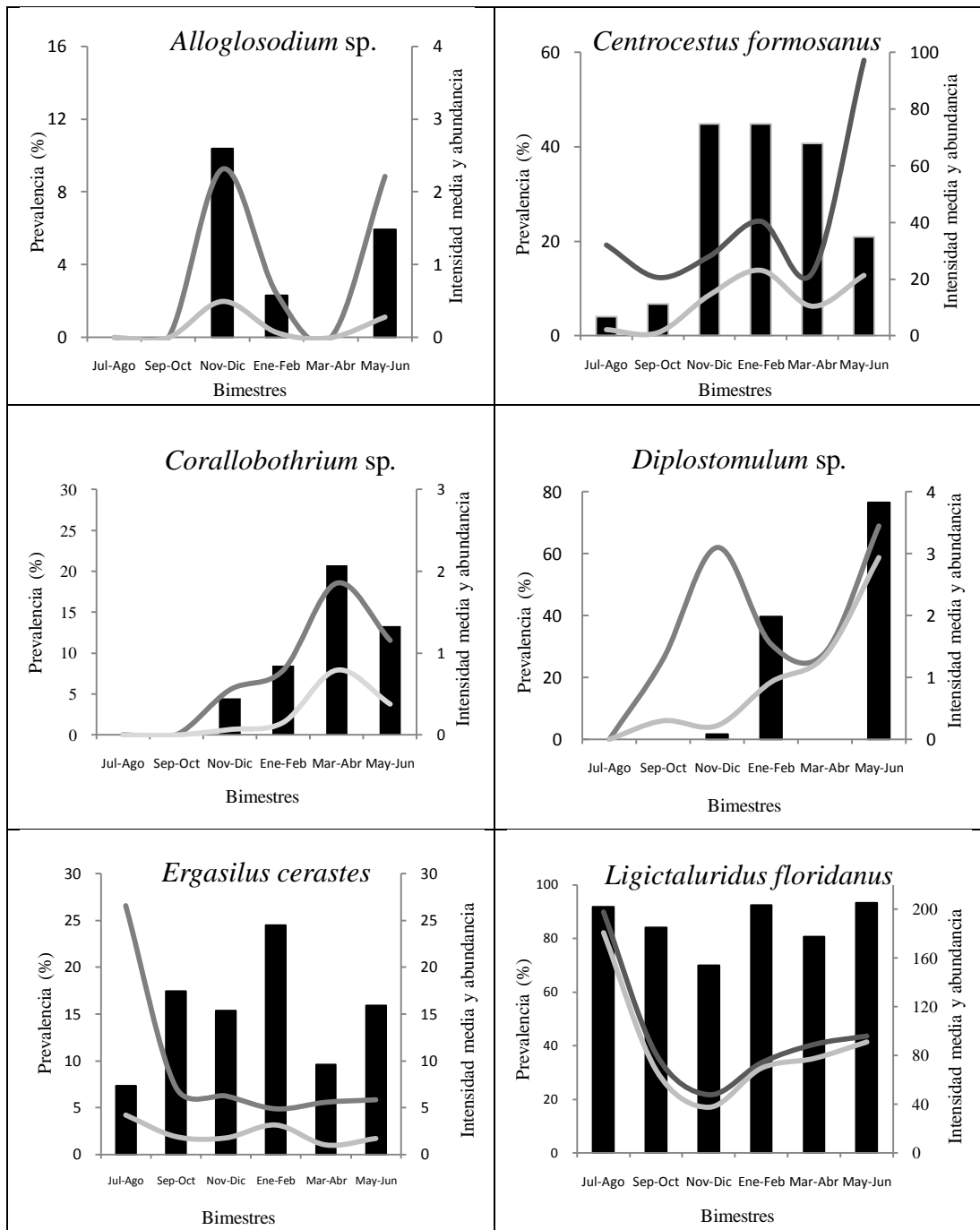


Figura 8. Prevalencia temporal, intensidad media y abundancia de *Alloglosodium sp.*, *Centrocestus formosanus*, *Corallobothrium sp.*, *Diplostomulum sp.*, *E. cerastes* y *L. floridanus* en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Prevalencia temporal , intensidad media , abundancia .

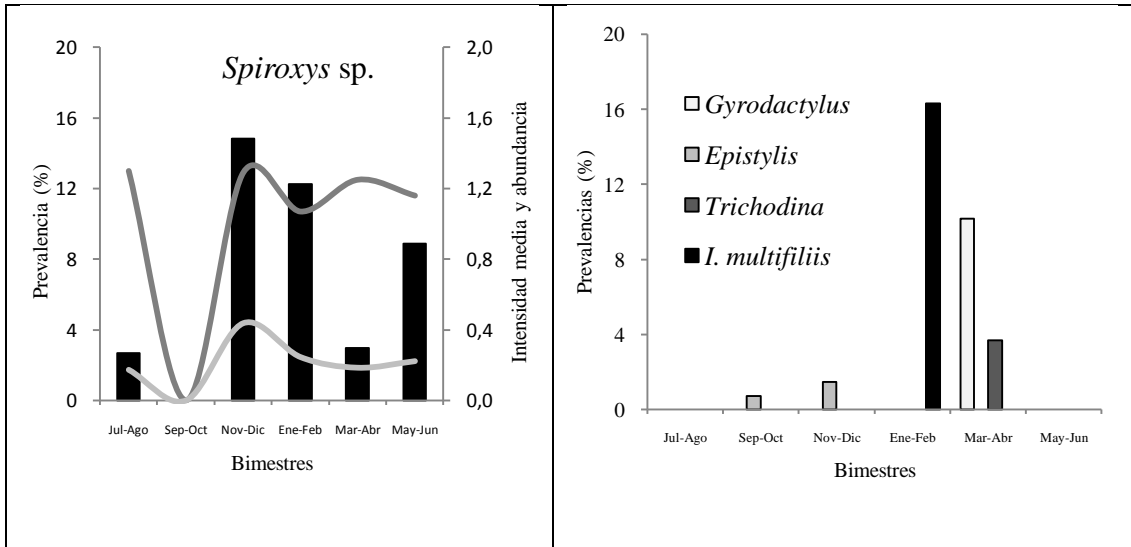


Figura 9. Prevalencia temporal, intensidad media y abundancia de *Spiroxys* sp., *Gyrodactylus* sp., *Epistylis* sp., *Trichodina* sp. e *I. multifiliis* en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010. Prevalencia temporal **■**, intensidad media **—**, abundancia **—**.

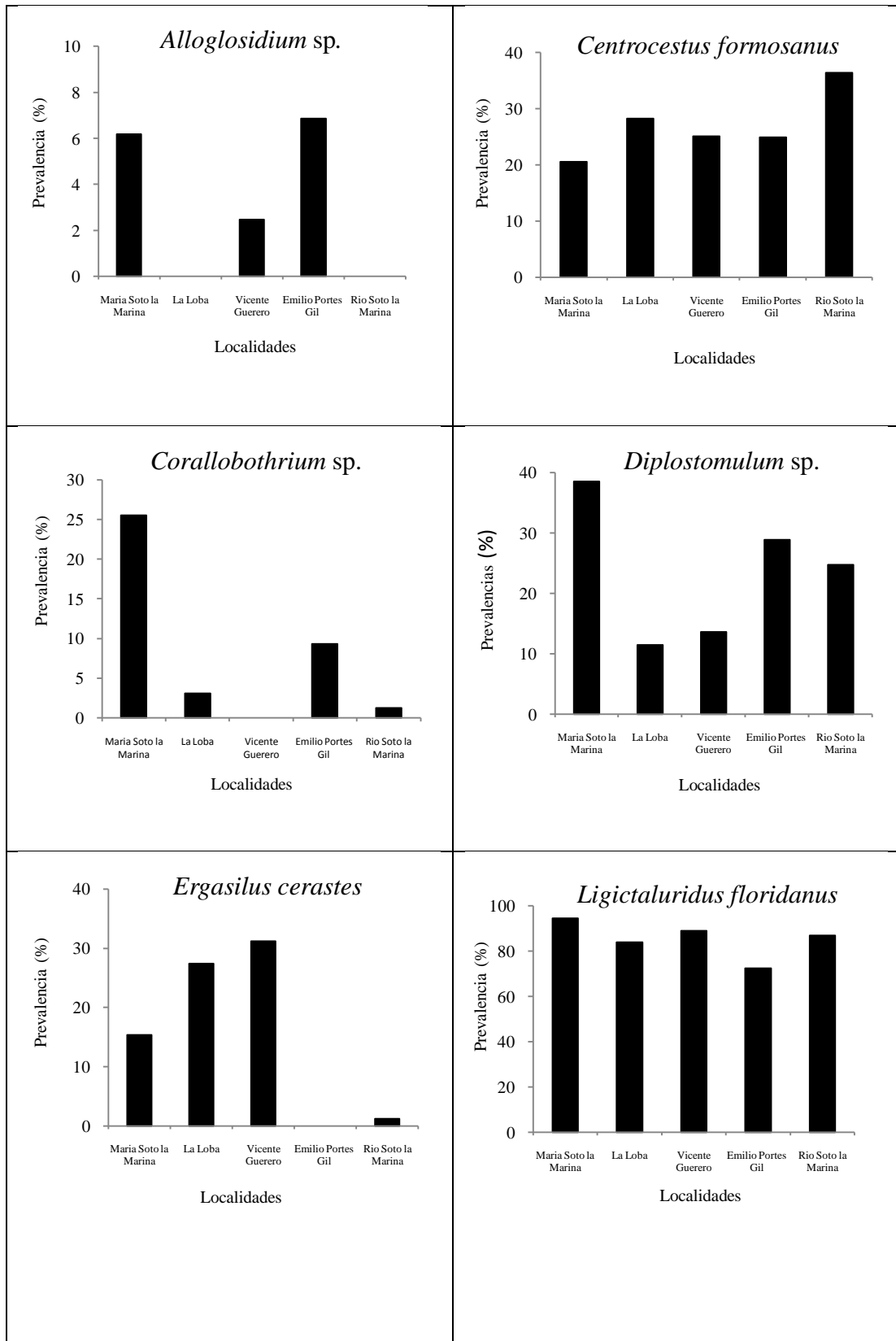


Figura 10. Prevalencia espacial de *Alloglosidium sp.*, *C. formosanus*, *Corallobothrium sp.*, *Diplostomulum sp.*, *E. cerastes* y *L. floridanus* en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

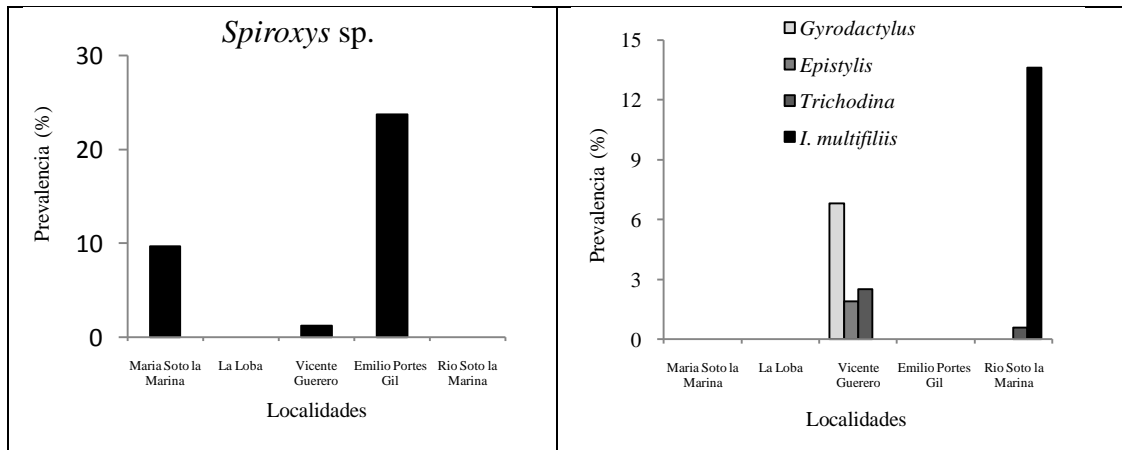


Figura 11. Prevalencia espacial de *Spiroxys* sp., *Gyrodactylus* sp., *Epistylis* sp., *Trichodina* sp. e *I. multifiliis* en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

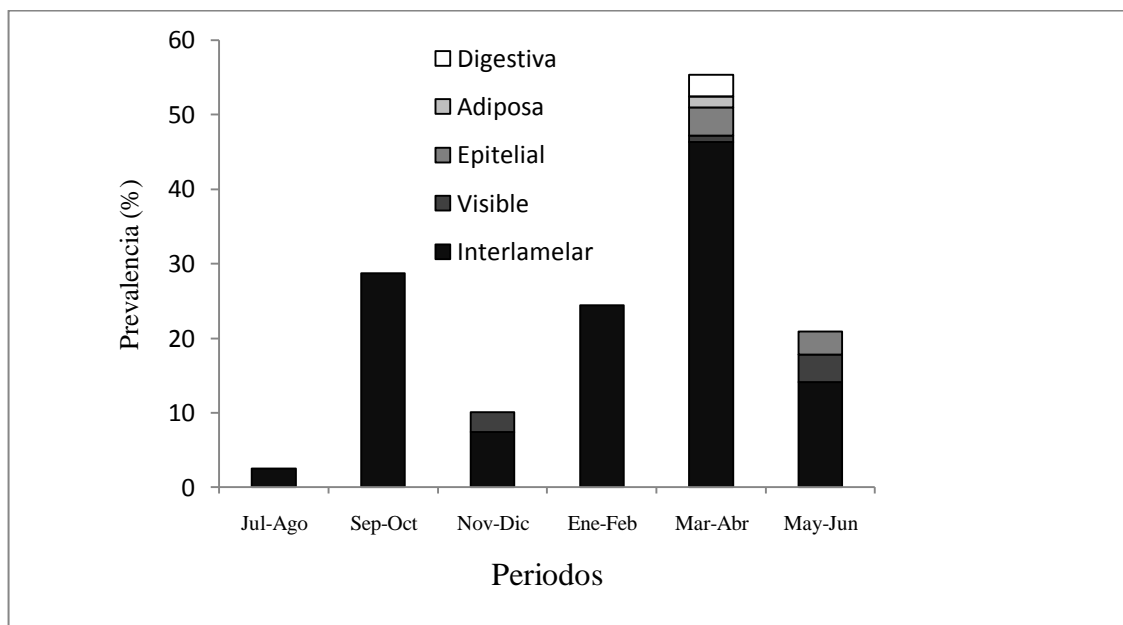


Figura 12. Prevalencia temporal de tipos de infección por *Hennequya* spp. en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

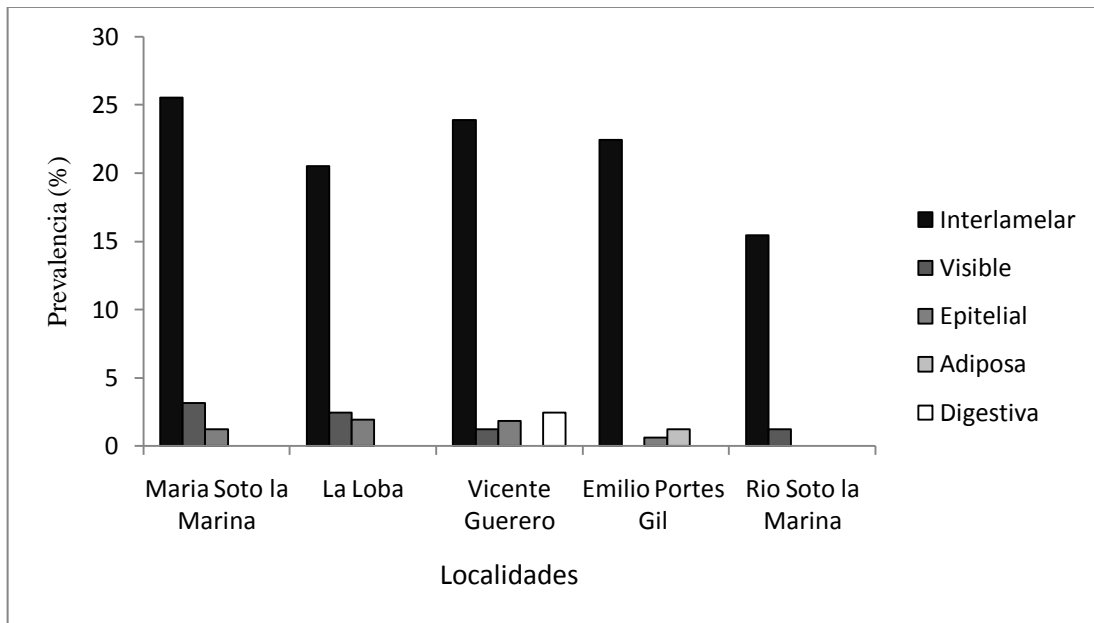


Figura 13. Prevalencia espacial anual de infecciones por *Henneguya* spp. en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

En la Tabla 12 se muestran los diferentes rangos de intensidad de metazoarios detectadas en la segunda fase, donde se observa que los valores más altos correspondieron a *L. floridanus* y *C. formosanus*

Tabla 12. Rangos de intensidad de especies de parásitos detectados en la segunda fase en granjas de en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Especie | Rango en intensidad ^a |
|------------------------------------|----------------------------------|
| <i>Ligictaluridus floridanus</i> A | 0-232 |
| <i>Centrocestus formosanus</i> | 0-149 |
| <i>Corallobothrium</i> sp. | 0-29 |
| <i>Diplostomulum</i> sp. | 0-24 |
| <i>Ergasilus cerastes</i> . | 0-24 |

^a Número mínimo y máximo de parásitos detectados en la población

En la Tabla 13, los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) sobre el efecto temporal en *C. formosanus* y en *Diplostomulum* sp., así como el efecto espacial sobre *E. cerastes*, así como una correlación negativa significativa entre la longitud del hospedero y la prevalencia de *C. formosanus*.

Tabla 13. Prueba de Kruskal-Wallis para determinar el efecto de la localidad y período sobre la prevalencia parasitaria, y prueba de correlación de Spearman para determinar la asociación de la prevalencia parasitaria con la longitud del hospedero, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Especie | Prueba | |
|--------------------------|----------------|-------------------------|
| | Kruskal-Wallis | Correlación de Spearman |
| <i>C. formosanus</i> | | |
| Localidad | P = 0.9602 | |
| Período | P = 0.0003* | |
| Longitud del hospedero | | Rho = - 0.537* |
| <i>Diplostomulum</i> sp. | | |
| Localidad | P = 0.4052 | |
| Período | P = 0.0102* | |
| Longitud del hospedero | | Rho = - 0.141 |
| <i>E. cerastes</i> | | |
| Localidad | P = 0.0002* | |
| Período | P = 0.9086 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = 0.204 |
| <i>H. exilis</i> | | |
| Localidad | P = 0.8776 | |
| Período | P = 0.363 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = - 0.007 |
| <i>L. floridanus</i> | | |
| Localidad | P = 0.1991 | |
| Período | P = 0.1626 | |
| Longitud del hospedero | | Rho = 0.157 |

*Diferencias estadísticamente significativas

Asimismo, en la Tabla 14 se indica que se detectaron correlaciones positivas entre la profundidad del sitio y la prevalencia de *E. cerastes*, así como correlaciones negativas entre la temperatura del agua con la prevalencia de *C. formosanus*.

Tabla 14. Prueba de correlación de Spearman para determinar la asociación entre la profundidad del sitio (m) y la temperatura del agua (°C) con la prevalencia parasitaria del hospedero, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Especie | Profundidad | Temperatura |
|--------------------------|---------------|----------------|
| <i>C. formosanus</i> | Rho = - 0.024 | Rho = - 0.830* |
| <i>Diplostomulum</i> sp. | Rho = - 0.044 | Rho = - 0.116 |
| <i>E. cerastes</i> | Rho = 0.612* | Rho = - 0.042 |
| <i>H. exilis</i> | Rho = 0.037 | Rho = 0.299 |
| <i>L. floridanus</i> | Rho = 0.049 | Rho = 0.088 |

*Diferencias estadísticamente significativas

Con respecto a la Tabla 15, los resultados de la prueba de χ^2 se encontraron diferencias significativas de independencia en las proporciones de infecciones únicamente de *L. floridanus* con respecto a las proporciones simultáneas de esta especie con *Diplostomulum* sp., *E. cerastes* o *H. exilis*. Asimismo se encontraron diferencias significativas de independencia en las proporciones de infecciones únicamente de *Diplostomulum* sp. con respecto a las proporciones simultáneas con las especies *E. cerastes* y *H. exilis*.

Por otro lado los resultados de la Tabla 16 no mostraron diferencias significativas en la independencia de proporciones de infecciones de *L. floridanus* o *E. cerastes*, con respecto a la proporción de infecciones simultáneas de *C. piscicola* en branquia o riñón.

Tabla 15. Prueba de χ^2 para determinar la independencia de infecciones parasitarias de *C. formosanus*, *Diplostomulum* sp. *E. cerastes*, *H. exilis* y *L. floridanus*, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| | Especies | | | |
|-----------------------------|--|--|---|---|
| | <i>Diplostomulum</i> sp. | <i>E. cerastes</i> | <i>H. exilis</i> | <i>L. floridanus</i> |
| <i>C. formosanus</i> | GL = 1 $\chi^2 = 4.895$ P = 0.2140 | GL = 1 $\chi^2 = 1.544$ P = 0.2140 | GL = 1 $\chi^2 = 0.141$ P = 0.7073 | GL = 1 $\chi^2 = 0.789$ P = 0.3745 |
| <i>Diplostomulum</i> sp. | --- | GL = 1 $\chi^2 = 84.625$ P < 0.0001* | GL = 1 $\chi^2 = 8.360$ P = 0.003* | GL = 1 $\chi^2 = 4.400$ P = 0.035* |
| <i>E. cerastes</i> | --- | --- | GL = 1 $\chi^2 = 0.0615$ P = 0.8040 | GL = 1 $\chi^2 = 7.627$ P = 0.005* |
| <i>H. exilis</i> | --- | --- | --- | GL = 1 $\chi^2 = 430.079$ P < 0.0001* |

*Diferencias estadísticamente significativas

Tabla 16. Prueba de χ^2 para determinar la independencia de infecciones de *L. floridanus* y *E. cerastes* con respecto a *C. piscicola*, en granjas de engorda de bagre de canal, *Ictalurus punctatus* en cinco localidades de Tamaulipas en el ciclo 2009-2010.

| Parásito | Bacteria/órgano | |
|----------------------|---|--|
| | <i>C. piscicola/ branquias</i> | <i>C. piscicola/riñón</i> |
| <i>L. floridanus</i> | GL = 1 $\chi^2 = 0.0167$ P = 0.8973 | GL = 1 $\chi^2 = 0.370$ P = 0.5429 |
| <i>E. cerastes</i> | GL = 1 $\chi^2 = 3.768$ P = 0.0522 | GL = 1 $\chi^2 = 0.00810$ P = 0.9283 |

9.- DISCUSIÓN

9.1 Primera fase

A nivel mundial la cría de peces en jaulas en aguas abiertas ha experimentado un auge durante los últimos años, como es el caso del bagre de canal en México, donde su finalización se realiza principalmente en jaulas flotantes en cuerpos de agua naturales o artificiales. Junto a esta rápida expansión han surgido diversos problemas patológicos que han ocasionado significativas pérdidas económicas en los productores. Parte de esta problemática reside en el hecho de la marcada influencia del ambiente sobre los peces cultivados en jaulas, y también por microorganismos patógenos que estén parasitando o infectando a peces nativos. A este respecto, Thoney y Hargis (1991) señalan que la ocurrencia de enfermedades parasitarias ha crecido en la medida que se han incrementado el número y tamaño de criaderos y cultivos masivos públicos

El bajo número de especies de parásitos detectada en esta fase coincide con otros estudios realizados en otros países sobre comunidades parasitarias en peces cultivados en jaulas, en donde dominan el grupo de los helmintos (Mladineo, 2005), como *Corallobothrium* sp., *L. floridanus* y *Centrocestus formosanus*. Estas especies ya han sido reportadas en México en el bagre de canal (Pérez-Ponce de León y Choudhory, 2002; Salgado-Maldonado, 2006).

Respecto a *Corallobothrium* sp., los reportes de prevalencia de este cestodo son escasos, y referidos únicamente a bagres silvestres (Spall y Summerfelt, 1969; Baker y Crites, 1976). En esta investigación de bagres cultivados en jaulas, se

observó una baja prevalencia de mayo a diciembre, menor al 11 %, y seguido por un pico en la prevalencia, intensidad media y abundancia. La baja prevalencia anual puede ser debido a la ausencia de hospederos intermediarios en el ambiente, además de la restricción para acceder al alimento natural. Esto sugiere que este problema es limitado actualmente en las granjas de Tamaulipas.

En el caso de *Ligictaluridus floridanus* a pesar de no encontrarse diferencias significativas temporales, se observó un patrón muy similar a una curva normal - coincidiendo en este mismo patrón la intensidad media y abundancia- el cual inició con valores bajos en el período mayo-junio, que gradualmente ascendieron hasta alcanzar un pico en el otoño (septiembre-octubre), y descendiendo paulatinamente hasta valores semejantes al inicio de los muestreos. Dicho patrón podría estar relacionado con diversos factores como la temperatura del agua, sin embargo en esta fase no se registró este parámetro, pero igualmente podrían existir otros factores. Dentro de los factores bióticos existe evidencia por ejemplo de que los monogeneos desarrollan una resistencia parcial a la reinfección (Nigrelli, 1937, Evans y Gratzek, 1989, citados por Noga, 1996) y a pesar de que Aydoğdu *et al.* (2008) señalan que los patrones de abundancia parasitaria en peces pueden ser influenciados por factores ambientales (temperatura, flujo de agua y concentración de oxígeno), los factores del hospedero como su longitud e irrigación branquial, son los que tienen una fuerte influencia sobre los niveles de infección.

En relación a la prevalencia espacial, las diferencias significativas halladas para *L. floridanus* en la localidad del Río Soto la Marina indicarían que este tipo de ecosistema podría estar influenciando este parámetro parasitario, en donde algunas variables ambientales que influyen en la prevalencia de monogeneos en ambientes marinos (Revie *et al.*, 2003), podrían aplicarse a *L. floridanus*. En este caso en

particular las aguas lólicas del río podrían influir negativamente en la prevalencia del parásito. *Ligistaluridus floridanus* a pesar de ser un parásito pequeño, puede llegar a ocasionar graves alteraciones en las branquias, provocando hemorragias e hiperplasia, e igualmente favorecer las infecciones bacterianas, como ha sido señalado para otros monogéneos que afectan branquias (Xu *et al.*, 2007; Arafa *et al.*, 2009).

La prevalencia de *E. cerastes* también se vio influenciada por la localidad al hallarse diferencias significativas en las granjas del Río Soto la Marina y de la presa Emilio Portes Gil, las cuales en su prevalencia espacial mostraron los más bajos porcentajes con respecto al resto de las localidades. En este sentido, De Meeûs *et al.* (1995) señalan que la prevalencia de los copépodos parásitos de peces está influenciada por factores bióticos y abióticos, siendo el principal factor, en ausencia de tratamientos, la temperatura del agua (Johnson *et al.*, 2004). Tales diferencias podrían tener como explicación para la granja del río su baja profundidad y su ambiente lótico, mientras que para la granja de la presa, el que se encuentre situada en la parte más al sur de todas las granjas, zona que tiene las temperaturas más cálidas con respecto al resto de los sitios. Este género debe ser considerado como un ectoparásito peligroso en las granjas de bagres, ya que puede causar irritación branquial, emaciación y muerte (Bunkley-Williams y Williams, 1995).

En estudio no se detectaron diferencias en la prevalencia temporal de *C. formosanus*. Similares resultados fueron reportados la prevalencia temporal de *Centrocestus armatus* por Kimura y Uga (2005) en peces silvestres. A pesar de ello, se puede apreciar que desde el inicio del estudio en julio y hasta el periodo enero-febrero, hubo un ascenso continuo de metacercarias de *C. formosanus*. Su intensidad media muestra un patrón con forma de curva normal, y cuyo pico alcanzado en

septiembre-octubre, declina abruptamente a partir del siguiente periodo, coincidiendo con el descenso de las temperaturas en el otoño, así como con el final de la temporada más lluviosa en la zona centro del estado. Ello reflejaría tanto el efecto de factores como de una tasa menor de infección por las cercarías de este parásito, o una disminución de las poblaciones del caracol *Thiara* (= *Melanoides*) *tuberculata*, el primer hospedero intermediario del parásito, o bien una combinación de estos dos factores.

Respecto a la prevalencia espacial, no se detectaron diferencias significativas entre las localidades, pero se observó que las prevalencias de las metacercarias de *C. formosanus* mostraron los valores más altos en dos granjas cercanas aproximadamente 25 km una de otra, la situada en el río Soto la Marina y la ubicada en la presa Vicente Guerrero, sitios que pertenecen a la misma cuenca hidrológica, lo que también podría indicar que ciertos factores ambientales, que favorezcan la presencia del molusco mencionado y/o la garza, *Butorides striatus*, su hospedero definitivo (Scholz y Salgado-Maldonado, 2000).

La baja profundidad del río Soto la Marina en esta zona podría ser también un factor importante, ya que puede haber una mayor facilidad para la infección por las cercarías, y a pesar de que la velocidad del agua puede ayudar a disminuir las tasas de infección para ciertas especies de metacercarias en el tegumento de los peces (Berra y Au, 1978), al parecer y de acuerdo a los resultados, solo disminuiría la intensidad de la infección.

En México, las metacercarias de *C. formosanus* se han reportado en trece estados y en 39 especies de peces, incluyendo *I. punctatus*, detectando prevalencias del 5-100% en cíclidos (Scholz y Salgado-Maldonado, 2000; Scholz *et al.*, 2001) y del

44% en especies de acuario del estado de Morelos (Ortega *et al.*, 2009). Se considera además a *C. formosanus* como una de las dos especies de helmintos más frecuentes en peces vivíparos en México (Pineda-López *et al.*, 2005), metacercaria que produce graves daños en las especies piscícolas (Paperna, 1991; Vélez-Hernández *et al.*, 1998), incluyendo bagres.

Con respecto a la detección e identificación de plasmodios de *Henneguya*, los resultados obtenidos de acuerdo con la ubicación en el tejido del bagre, morfología externa y las medidas de las esporas, la especie detectada correspondería a *H. exilis* en su forma interlamelar (Hoffman, 1999; Griffin *et al.*, 2009).

Los resultados de las pruebas estadísticas de los monitoreos realizados no mostraron diferencias en la prevalencia temporal de *H. exilis*. A este respecto, diversos reportes sobre la prevalencia temporal del género *Henneguya* muestran resultados contradictorios, ya que en algunos estudios no se han encontrado diferencias tanto en peces silvestres y cultivados (Barassa *et al.*, 2003; Adriano *et al.*, 2005), los cuales apoyan los resultados obtenidos en esta investigación, pero en otros trabajos si se han hallado diferencias estacionales en la prevalencia temporal del plasmodio (Haaparanta *et al.*, 1994).

En el caso de esta investigación, los resultados negativos en la prevalencia de *H. exilis* durante el bimestre julio-agosto, se podría deber a la fase de maduración de quistes, de su ruptura y de la liberación de esporas, como lo señala Noga (1996). Asimismo, su pico en la prevalencia durante los meses de marzo-abril y su ausencia casi al iniciar el otoño, coincide con el reporte de Griffin *et al.* (2009) quienes observaron que la prevalencia de la enfermedad en bagres causada por la especie *H. ictaluri* tiene una mayor incidencia en la primavera, pero baja durante el otoño.

La localidad del muestreo no mostró diferencias en la prevalencia espacial de *H. exilis*; sin embargo, se observó que la granja situada en el río mostraba los valores más bajos, muy cercanos a cero. Lo anterior podría deberse a la baja abundancia de su hospedero intermediario, el cual ha sido identificado como *Dero digitata* (Feist y Longshaw, 2006). La densidad de este gusano (Naididae) ha sido correlacionado con diversos factores (Yildiz y Balik, 2006; Särkkä, 1994; Brinkhurst, 1967), pero para el caso de la abundancia de los oligoquetos un factor importante es la materia orgánica (Peralta *et al.*, 2002). En este sentido, se considera que la materia orgánica de los fondos en las explotaciones acuícolas, originada tanto de las heces fecales, como de restos de alimento no consumido, particularmente en granjas con varios años de producción, como las situadas en las presas de este estudio, podría acumularse y servir como nicho a diversos organismos, contrastando con aguas con corriente constante como la granja del río. En este sentido, Krodkiewska y Michalik-Kucharz (2009) hallaron una correlación entre oligoquetos -incluyendo *Dero digitata*- y la concentración de nitratos y fosfatos, los cuales son producto de la descomposición de los compuestos nitrogenados presentes en los alimentos suministrados a los peces. Asimismo, los gusanos de la familia Naididae, prefieren generalmente fondos suaves (Collado y Schemlz, 2001), contrastando con la granja ubicada en el río que presenta fondos de piedra laja. Un último factor que probablemente influyó fue la velocidad del agua, la cual aunque lenta en el río tiene una dirección, lo que ayudaría a alejar las esporas de las jaulas. A este respecto, Anlauf y Moffitt (2008) señalan que las poblaciones de oligoquetos transmisores de *Myxosoma cerebralis* se han asociado a cuerpos de agua con acumulación de sedimentos debido a corrientes lentas de agua. De hecho, en la enfermedad del torneo producida por este mixosporidio, se recomienda aumentar los flujos de agua, para controlar las poblaciones de gusanos

(Brinkhurst, 1996). En resumen, se considera que tres factores podrían haber contribuido a una menor prevalencia de *Henneguya exilis* en el río: aguas lóxicas, fondos rocosos y una menor riqueza orgánica. A pesar de esto, es necesario prestar más atención a esta especie, ya que constituye un serio problema en los EE.UU. al producir la denominada enfermedad proliferativa lamelar.

Finalmente los resultados de la prueba para determinar la relación en las proporciones de infecciones únicas o simultáneas de los parásitos mostró la dependencia que las infecciones únicas no son independientes respecto a las infecciones simultáneas, lo que indicaría la interrelación entre las especies *E. cerastes* y *C. formosanus*, así como entre ésta última y *H. exilis*.

9.2 Segunda fase

Se ha señalado que las bacterias producen las más importantes enfermedades en acuicultura (Meyer, 1985), y que en el caso de las engordas en estanquería de los EE.UU., dos especies, *E. ictaluri* y *F. columnare* causan en la actualidad los mayores daños a esta industria. Los resultados de monitoreo y detección de bacterias asociadas a infecciones de bagre de canal producido en jaulas flotantes realizados en este estudio fueron menores a los esperados, ya que se aislaron en porcentajes bajos. En base a esto, se puede inferir que los bagres engordados en jaulas flotantes presentan una nula o baja prevalencia, tanto externa (branquias) como interna (riñón posterior) de las tres bacterias que se reportan como de alta incidencia en EE.UU.

En el caso particular de *Flavobacterium columnare*, su presencia ha sido asociada a la sobrepoblación y a la falta de higiene en los cultivos de salmónidos

(Sarti y Giorgetti, 1996), lo cual sería una consecuencia del cultivo a altas densidades del bagre en estanquería. Particularmente, en la prevalencia temporal de *F. columnare* la prevalencia más alta se detectó en el período noviembre-diciembre, seguido de un descenso y finalmente no se detectó. Al respecto se ha observado que *Edwardsiella ictaluri* y *F. columnare* pueden permanecer viables durante períodos largos en el fondo de los estanques, manteniendo latente el riesgo de infección, el cual se incrementa durante los períodos de aumento o disminución de las temperaturas del agua. En el caso del sistema de jaulas flotantes, la distancia que existe con los fondos evitaría el contacto directo de los peces con los sedimentos y ayudaría en un determinado caso a disminuir este riesgo.

Los resultados demostraron que con excepción de *C. piscicola*, las bacterias se distribuyen aleatoriamente en todas las localidades y que no tienen una preferencia en particular por algún ambiente. Por otro lado, al detectarse diferencias significativas en la prevalencia temporal de cinco de las especies de bacterias, incluyendo *F. columnare*, se demuestra la importancia y el efecto que sobre la prevalencia bacteriana ejerce el ambiente, principalmente la temperatura del agua. A este respecto Plumb (2006) indica, como ejemplo, que la sobrevivencia de *E. ictaluri* en el fondo de los estanques varía dependiendo de la temperatura del agua, encontrando que a 5°C sobrevive 15 días, pero a 25°C alcanza los 95 días. Lo anterior confirma los resultados sobre la correlación positiva entre la prevalencia general de las bacterias y la temperatura del agua en este estudio, donde se detectó una asociación altamente significativa, de tal forma que a mayor temperatura se encontró una mayor presencia de las bacterias. Esto concuerda también con diversas fuentes que señalan el efecto de la temperatura en los brotes epizooticos de enfermedades en peces (Noga 1996; Plumb 1999; Shotts y Starliper, 1999).

Una razón posible para la presencia de *C. piscicola* durante todo el período de estudio y en todas las localidades, puede ser debido a la producción de bacteriocinas liberadas por esta especie y que podrían competir con otras bacterias en los tejidos infectados. Dicho efecto ha sido demostrado en un estudio entre *C. piscicola* y *Listeria monocytogenes* (Buchanan y Bagi, 1997). En el estudio se detectó un efecto espacial de la localidad presa Emilio Portes Gil sobre la prevalencia de *C. piscicola*; dicha influencia podría tener varias causas, pero una de ellas podría para esta especie bacteriana la temperatura ya que es la localidad situada más al sur del resto de sitios. Además, no se encontró en el estudio una asociación entre la prevalencia de las bacterias con respecto a la profundidad del sitio de muestreo, ni con la longitud del bagre hospedero, demostrando en el segundo de los casos que la talla del animal no se afecta por la prevalencia bacteriana.

El aislamiento de *Streptococcus* sp. requiere de especial atención ya que varias especies de este género han estado causando problemas en los últimos años en 45 especies de peces de todo el mundo, considerándose actualmente la estreptococosis como una enfermedad emergente en cíclidos (Conroy, 2009), incluido México, donde se reporta a *Streptococcus agalactiae* Biotipo 2 en cultivos de tilapia (Sheehan, 2009). En el caso de esta investigación, este sería el primer reporte de esta bacteria en bagres cultivados en México.

Respecto al estudio de los parásito, *L. floridanus* tuvo en esta fase al igual que en la primera, las más altas prevalencias parasitarias, confirmando que los monogéneos son el grupo parasítico predominante en peces cultivados en jaulas (Mladineo, 2005). Al igual que en la primera fase, no se detectaron diferencias significativas en la prevalencia temporal de este parásito, con lo que se confirma que su prevalencia no es afectada por la estación del año. Sin embargo, las gráficas de

las dos fases mostraron un patrón muy distinto, tanto en la prevalencia temporal como en la intensidad media.

En el caso de *E. cerastes*, los resultados de las pruebas estadísticas sobre el efecto de la localidad sobre la prevalencia de parásitos mostraron que la presa Emilio Portes Gil y el río Soto la Marina, tuvieron diferencias altamente significativas ($P = 0.0002$), corroborando los resultados obtenidos en la primera fase de este estudio. Además, en la granja situada en el río Soto la Marina, los resultados sobre el efecto de la profundidad sobre la prevalencia parasitaria, mostraron una correlación positiva, confirmando que la menor profundidad es un factor asociado a la prevalencia de este artrópodo.

Contrario a los resultados de la primera fase, en esta segunda fase la prevalencia temporal de *Centrocestus formosanus* si fue afectada por la época del año, detectándose las más altas prevalencias de la metacercarias entre noviembre y febrero. Se ha observado que uno de los factores asociados a la prevalencia de metacercarias en peces es la época más lluviosa del año, y que en la región esta temporada ocurre generalmente en el mes de septiembre. A este respecto, Thien *et al.* (2009) detectaron variaciones estacionales en trematodos de peces cultivados, observando para algunas especies las más altas prevalencias al final de la época de lluvias. Sin embargo, ya que se desconoce el patrón anual de las lluvias durante las dos fases del estudio no se pueden sacar conclusiones al respecto. Adicionalmente, Ortega *et al.* (2009) indican que la distribución de *C. formosanus* está estrechamente relacionada con la presencia del caracol *Melanooides tuberculata*, y este a su vez por factores ambientales como las lluvias y la temperatura del agua. En este sentido se observó una similitud entre ambas fases del estudio, con las más altas prevalencias en dos de los períodos más fríos del año, noviembre-diciembre y enero-febrero, lo

cual lo confirman los resultados que se encontraron en esta segunda fase en relación a la correlación negativa entre la temperatura del agua y la prevalencia de metacercarias (Rho = - 0.830)

Por otro lado, en esta fase se detectó una correlación negativas (Rho = - 537) entre la prevalencia parasitaria de *C. formosanus* y la longitud del hospedero, lo que podría ser indicio de un tipo de resistencia a la infección conforme crece el hospedero.

Con respecto a la prevalencia espacial de *C. formosanus*, los resultados no mostraron diferencias significativas, sin embargo, al igual que en la primera fase, la más alta prevalencia se detectó en la localidad del río Soto la Marina, lo que confirmaría la influencia de factores ambientales que afectan su presencia, pero descartándose la profundidad del sitio, ya que no se encontró una correlación entre este factor y la prevalencia parasitaria.

Coincidentemente con las metacercarias de *C. formosanus*, también se encontraron diferencias significativas entre la prevalencia de metacercarias de *Diplostomulum* sp. y la época del año, pero a diferencia de *C. formosanus*, la más alta prevalencia se detectó en los meses cálidos del período mayo-junio. El parásito *Diplostomulum* sp., junto con *C. formosanus*, fueron las únicas dos especies, coincidentemente en sus fases de metacercarias, en las cuales la prevalencia fue afectada por la época del año, y cuyos primeros hospedadores intermediario son caracoles acuáticos. Lo anterior indicaría el efecto de la temperatura, pero no se halló una correlación entre la prevalencia de la infección con este parásito y la temperatura del agua.

Las larvas de *Diplostomulum* sp., en esta segunda etapa se encontraron con prevalencias altas, contrario a la primera fase donde no fueron detectadas. Esta metacercaria está reportada en nuestro país en peces de agua dulce en Tabasco, Campeche y Quintana Roo (Pineda-López, 1985; Aguirre y García, 1994). Al igual que *C. formosanus*, la prevalencia de la metacercaria *Diplostomulum* sp. fue afectada por la época del año. Las razones para dichas diferencias podrían tener similares explicaciones a las señaladas para *C. formosanus*, en donde factores abióticos como la temperatura y la época del año podrían influir en la presencia y abundancia de los hospederos intermediarios (caracoles) y definitivos (aves acuáticas). Este parásito puede ocasionar la pérdida de la visión en los peces, y aunque rara vez produce mortalidad, es posible una disminución del crecimiento (Buchmann y Uldal, 1994).

Al igual que en la primera fase, en esta segunda fase tampoco se encontró un efecto temporal o espacial sobre la prevalencia de infecciones por *Henneguya* spp., hallazgos que coinciden con observaciones en otros mixosporidios (Su y White, 1996). Sin embargo, es necesario señalar que en el período julio-agosto de ambas fases, se observó la prevalencia temporal más baja, posiblemente coincidiendo con una fase de liberación de esporas de este mixosporidio. También en el período marzo-abril de ambas fases ocurrió la prevalencia temporal más alta de *H. exilis*, meses que coinciden con los períodos de alta incidencia de brotes de *H. ictaluri* en EE.UU. (Griffin *et al.* 2009).

Respecto a la prevalencia espacial de *Henneguya exilis*, a pesar de no encontrarse diferencias significativas, la localidad del río Soto la Marina tuvo en ambas fases la prevalencia más baja, coincidiendo nuevamente con los resultados de la primera fase y con los factores anteriormente mencionados que la explicarían, es decir, el ambiente lótico, con fondos de laja y pocos sedimentos orgánicos.

En los EE. UU., las especies de *Henneguya* identificadas en infecciones en bagres son *H. sutherlandi*, *H. diversis*, *H. postexilis*, *H. ictaluri*, *H. exilis*, *H. longicauda* y *H. adiposa* (Griffin *et al.*, 2009), las cuales se identifican de acuerdo a su morfología y al tejido parasitado (Hawkee y Khou, 2004). En esta segunda fase del estudio se detectaron cuatro tipos de infección por *Henneguya*: dos en branquias, una en aleta adiposa y otra forma epitelial o tegumentaria, además de un caso presuntivo visceral en el sistema digestivo. Los hallazgos en esta segunda fase concuerdan absolutamente con Hoffman (1999) quien indica que el género *Henneguya* (Myxobolidae) causa quistes en branquias, aleta, piel y órganos internos del bagre. El primer tipo de infección en branquias correspondería a la misma hallada en la primera fase, la forma interlamelar, la cual es producida por *H. exilis*, mientras la segunda forma branquial sería una infección con quistes visibles en branquias, al parecer producida también por la especie *H. exilis* (Thune, 1993b); sin embargo, a la fecha su causa no está completamente dilucidada ya que Hawke y Khou (2004) establecen que no hay un acuerdo acerca de la etiología de esta última forma de infección.

En el caso de la infección en aleta adiposa, su ubicación, morfología externa y medidas de las esporas la ubican como perteneciente a la especie *H. adiposa*, mientras que la hallada en piel, en base a su caracterización corresponde a la especie *H. sutherlandi*. Por otro lado, las esporas provenientes de quistes encontrados en el tejido seroso de la pared del estómago parecen corresponder al género *Henneguya*; sin embargo, sólo se detectaron escasas esporas en fresco, que no fue posible caracterizar. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, existen reportes de *Henneguya* en órganos internos de bagre (Hoffman, 1999), así como en especies de acuario (Howerti y Krum, 2006).

El género *Henneguya* afecta tanto a peces marinos como de agua dulce (Maser y Love, 1975; Sanaullah y Ahmed, 1980), incluyendo a especies en peces cultivados en jaulas (Molnar *et al.*, 2006). Aunque se ha señalado que las especies de mixosporidios provocan poco o ningún daño (Haaparanta *et al.*, 1994), existen dos especies del género *Henneguya* que causan pérdidas económicas importantes en el bagre, como es el caso de *H. ictaluri* agente etiológico de la enfermedad proliferativa de la branquia, y *H. exilis*, especie detectada en el estudio, y causante de la enfermedad lamelar del bagre de canal (Feist y Longshaw, 2006). En EE.UU. estas dos especies causan epizootias con altas mortalidades en sistemas de cultivo en estanquería. Sin embargo, a pesar de su alta prevalencia encontrada en este estudio, no se detectó una mortalidad asociada a la especie *H. exilis*, lo que indicaría que el sistema de jaulas podría disminuir los brotes y la intensidad de la infección, contrastando con su presentación en el sistema de estanquería en EE.UU., donde el contacto de peces con el fondo, la riqueza de nutrientes y aguas con menor recambio incrementaría la transmisión del mixosporidio debido a que se esperaría encontrar una mayor abundancia del gusano *Dero digitata*.

En este estudio los resultados de las pruebas estadísticas no mostraron una relación entre la longitud del hospedero y la prevalencia parasitaria de *H. exilis*, lo cual concuerda con Adriano *et al.* (2005) para la especie *Henneguya caudalongula* en peces cultivados, así como con otros mixosporidios (Gbankoto *et al.*, 2001).

En este estudio se detectaron cinco tipos de infección (uno presuntivo) y tres especies del mixosporidio *Henneguya*. Este número de especies de mixosporidios no es inusual, ya que Molnár *et al.* (2006) reportaron a cinco especies de mixosporidios, incluyendo el género *Henneguya*, en el bagre *Pangasius hypophthalmus* cultivado en jaulas,

El conocimiento de la prevalencia de este *Henneguya* spp. en diferentes localidades de Tamaulipas podrá servir para establecer medidas de prevención y control de este parásito, así como investigar su prevalencia en bagres provenientes de la pesca comercial, ya que este parásito se ha reportado en bagres silvestres (Baker y Crites, 1976).

El parásito *Gyrodactylus* sp. fue observado en peces muestreados de una localidad y en el período frío, lo cual no es inusual ya que existen especies de parásitos que prefieren las bajas temperaturas a las altas (Hanzelová y Žitňann, 1985). En México (Flores y Flores, 2003) reportaron el género *Gyrodactylus* en bagre de canal, carpa espejo, carpa dorada, trucha arcoíris, cíclidos nativos y otras especies de la familia Poeciliidae y Cyprinidae, en el Distrito Federal y en los estados de Yucatán, México, Morelos, Tamaulipas, Campeche y Tabasco.

En esta segunda fase se detectó a *Alloglossidium* sp., trematodo anteriormente reportado en México en el bagre de canal, aunque no se indica si provenían de organismos cultivados o silvestres (Pérez-Ponce de León y Choudhury, 2002; Salgado-Maldonado, 2006), además de mencionarse en otros estudios de distribución (Rosas-Valdéz y Pérez-Ponce de León, 2008). Este trematodo a pesar de ser muy pequeño, se le considera como una especie patógena (Hoofman, 1985).

Asimismo en esta fase se también se detectaron larvas del género *Spiroxys* sp., del cual no hay reportes sobre su presencia en bagres cultivados en EE.UU., aunque Spall y Summerfelt (1969) refieren que lo encontraron en bagres silvestres.

En nuestro país algunos estudios han reportado a *Spiroxys* sp. en bagre de canal, pero al igual que a *Alloglossidium* sp. tampoco se señala si los hospederos eran cultivados o silvestres (Pérez-Ponce de León y Choudhury, 2002; Salgado-

Maldonado, 2006). Este helminto está ampliamente distribuido en otras especies de peces en diferentes zonas geográficas de México (Peresbarbosa-Rojas *et al.*, 1994; Montoya *et al.*, 2004; Salgado-Maldonado *et al.*, 2004; Martínez-Aquino *et al.*, 2007), aunque este sería el primer reporte de este género en Tamaulipas.

En este estudio también se detectaron a una baja prevalencia *Epistylis* sp. y *Trichodina* sp., estando ambos protozoarios reportados en bagre de canal (Bunkley-Williams y Williams 1995) en Puerto Rico. En el caso particular de *Epistylis* sp., este protozooario es el ciliado sesil ectocomensal más común y patogénico, y está asociado con infecciones mixtas de especies de *Aeromonas* (Esch *et al.*, 1976). Este complejo de parásito y bacteria es común en peces de estanque del sureste de Estados Unidos y otras partes, especialmente durante los meses más cálidos, afectando diversas especies de peces, como los ictalúridos (Noga, 1996).

El protozooario *Ichthyophthirius multifiliis* se encontró únicamente en uno de los muestreos. Este parásito produce pústulas en la epidermis o en las branquias (Kudo, 1969) y causa una de las más comunes y graves enfermedades en peces silvestres o cultivados (Xu y Klesius, 2003), pudiendo al igual que *Trichodina* sp., causar infecciones secundarias bacterianas (Noga, 1996).

La mayoría de los protozoarios que parasitan bagre son transmitidos por el agua, infectándose los organismos por contacto directo, lo que se incrementa cuando los organismos son criados a altas densidades, como en el caso de la engorda en jaulas, donde el riesgo de infección aparentemente sería mayor que un estanque; sin embargo, con excepción de *Henneguya* spp., los protozoarios tuvieron una baja prevalencia en este estudio.

El valor máximo en la intensidad de las infecciones de las especies de parásitos entre la primera y segunda fase mostró una clara disminución, especialmente entre las metacercarias de *C. formosanus*, cuyo valor en la primera fase alcanzó en un hospedero el valor de 7840, y en la segunda fase el máximo alcanzado fue de 149, en *L. floridanus* disminuyendo de 920 a 232, y pasando de 32 a 24 en *E. cerastes*, y por el contrario la intensidad de *Corallobothrium* sp. aumentó de 25 a 29.

Contrario a la primera fase, en esta segunda etapa no se encontraron los mismos resultados de relación entre diferentes especies de parásitos, detectándose cinco nuevos resultados. Destacan las diferencias entre las proporciones de infecciones únicas y simultáneas de *Diplostomulum* sp. y *E. cerastes*, así como de *L. floridanus* con *H. exilis* las cuales tuvieron una alta significancia estadística. Además en ambas fases se halló una independencia entre *L. floridanus* y *C. formosanus*, lo que indicaría que no existe una influencia entre ambas especies, quizá debido a que ocupan sitios de infección distintos. Las razones de estos resultados podrían ser debidas a varias causas, entre ellas una mayor predisposición a infecciones secundarias como resultado de infecciones primarias y/o al efecto concomitante entre especies de parásitos. Al respecto Poulin (2001) menciona resultados contradictorios en las interacciones entre diferentes especies de helmintos parásitos en animales. En el caso de esta investigación las razones de estos resultados deberán confirmarse con futuros estudios.

En cuanto a la evaluación de la independencia de infecciones de *L. floridanus* y de *E. cerastes* con *C. piscícola*, no se determinó a nivel de campo que hubiera infecciones dependientes, descartándose que la infección por los parásitos tenga de alguna forma un efecto o un riesgo de infección por esta bacteria.

En este estudio, los parásitos internos predominaron sobre los externos, correspondiendo estos últimos a las especies *L. floridanus*, *E. cerastes*, *Gyrodactylus* sp., *Trichodina* sp. y *Epistylis* sp., mientras que internamente se observaron *Henneguya* (tres especies), *Corallobothrium* sp., *C. formosanus*, *Diplostomulum* sp., *I. multifiliis*, *Spiroxys* sp. y *Alloglosidum* sp. Esto no concuerda con Bhuthimethee *et al.* (2005) quienes reportaron que en peces cultivados en jaulas, los ectoparásitos fueron el grupo más abundante con respecto a los endoparásitos.

Las especies de parásitos pertenecientes al Phylum Platyhelminthes dominaron a las especies de otros phylums. Similares resultados pero en una especie silvestre fueron observados por Dzika (2002), quien detectó dieciséis especies de parásitos, y de éstas, ocho especies pertenecían al Phylum Platyhelminthes. Lo anterior podría deberse a varias razones, como el que este Phylum tenga tanto especies monoxenas como heteroxenas, con ciclos directos de fácil transmisión, e indirectos donde los parásitos tienen un número mayor de hospederos, además de que en algunas especies los parásitos se enquistan como metacercarias y tienden a permanecer en el hospedero.

En ambas fases del estudio los parásitos metazoarios tuvieron una mayor presencia y prevalencias que los protozoarios, además cuatro especies de parásitos fueron simultáneamente halladas en las dos fases: *C. formosanus*, *L. floridanus*, *E. cerastes* y *H. exilis*, lo cual coincide con Roberts (2004) quien indica que las altas densidades en peces cultivados y mantenidos bajo condiciones ambientales particulares pueden favorecer a ciertas especies de parásitos.

Por otro lado, cuatro de los patógenos hallados en la segunda fase del estudio, *Streptococcus* sp., *F. columnare*, *Trichodina* sp. y *Gyrodactylus* sp. producen

actualmente enfermedades importantes en el cultivo de peces en las regiones Asia-Pacífico, África y América Latina (Wendover, 2009).

En todo el estudio, las branquias resultaron ser el órgano más infectado por los parásitos. Este órgano es utilizado tanto para el intercambio gaseoso entre el agua y sangre, como para la osmorregulación de iones y la excreción de desechos nitrogenados (Grizzle y Rogers, 1976), por lo que la presencia y efectos de ectoparásitos y endoparásitos en este sitio, puede disminuir la transferencia de oxígeno a la superficie branquial, provocar daño en las células epiteliales, causar inapetencia, interferir con la función branquial y la capacidad respiratoria, y producir hemorragias e hiperplasia del tejido branquial ((Jonhson, 1993; Soutgate, 1993; Smith y Noga, 1993).

Las especies *L. floridanus*, *H. exilis* y *C. formosanus*, parecen ser los tres parásitos que más problemas pueden estar causando en los cultivos de bagre cultivado en jaulas, sin embargo, a diferencia de *L. floridanus*, para *H. exilis* no existen tratamiento (Griffin *et al.*, 2008), y para los quistes de *C. formosanus* son muy imprácticos (Harvey, 2005), además de que el control de su primer hospedero es difícil (Mitchel *et al.*, 2005; Mitchel *et al.*, 2007).

En ambas fase del estudio se encontraron prevalencias constantes de los parásitos *L. floridanus*, *C. formosanus*, *E. cerastes* y *H. exilis*. Al respecto, Begon *et al.* (1999) señalan que debido a que las respuestas inmunitarias desencadenadas por muchos de los macroparásitos y microparásitos tienden a ser más bien breves, las infecciones tienden a ser persistentes y por ello los hospederos presentan infecciones continuas.

El estudio temporal y espacial de las bacterias y parásitos en los cultivos de peces es complejo, porque los hospederos se encuentran expuestos a diversos factores y condiciones abióticas y bióticas, las cuales pueden influir positiva o negativamente en la presencia de los patógenos, en su intensidad y en su expresión como enfermedad en los hospederos, con signos inaparentes, agudos o crónicos. Sin embargo, las dos bacterias consideradas como las más patógenas en los cultivos de bagre en los EE.UU., *E. ictaluri* y *F. columnare* (Wagner *et al.*, 2002) o no se detectaron o se encontraron a una baja prevalencia, por lo que posiblemente el sistema de estanquería favorece su viabilidad y permanencia en la materia orgánica.

Respecto a la influencia de factores bióticos y abióticos que estén determinando la intensidad y presencia de los parásitos, en este estudio se encontraron diferencias en el patrón de la prevalencia temporal parasitaria de las especies de ciclo directo con respecto a las de ciclo indirecto. En el primero de ellos, los ciclos biológicos son relativamente simples, como es el caso de *E. cerastes* y *L. floridanus*, mientras que otras especies como *C. formosanus*, *Diplostomulum* sp. y *Corallobothrium* sp. tienen un ciclo de vida complejo que requiere de hospederos intermediarios y definitivos. Los primeros hospederos intermediarios de estos parásitos son invertebrados, organismos que están directamente también influenciados por el ambiente, y en particular por la calidad del agua (Galli *et al.*, 2001). En el caso de los trematodos digeneos, tampoco se puede descartar a las aves silvestres, hospederos definitivos, cuya reproducción, alimentación y migración también responde a cambios estacionales. Este último tipo de parásitos es señalado como una clase muy importante de patógenos, ya que su control es complejo, además de que existe una falta de información sobre sus hospederos: aves, peces y caracoles (Overstreet, 2007).

Los estudios parasitarios en poblaciones de peces silvestres y cultivados pueden tener importantes aplicaciones. Algunos autores han comenzado a comparar la fauna parasitaria de peces cultivados en jaulas y la de peces silvestres (Yang *et al.*, 2006; Sepulveda *et al.*, 2004), pudiendo servir como referentes cuando se pretenda instalar sistemas de cultivo en jaulas en otras locaciones (CINVESTAV, 2001; Penston *et al.*, 2008).

Los sistemas de reproducción, cría y desarrollo de bagre entre los EE.UU. y México son muy similares, no así el proceso de engorda, ya que mientras en los EE.UU. se realiza en estanquería rústica, en nuestro país se lleva a cabo en jaulas flotantes colocadas en cuerpos de agua como presas o ríos. Dentro de la producción de peces, una clave importante lo constituye su manejo, incluyendo la observación diaria de los organismos para el reconocimiento de los signos de enfermedad (Moore *et al.*, 1984), y que es facilitado por el sistema de cultivo en jaulas, en donde además las jaulas son rutinariamente cepilladas y limpiadas, los animales muertos o moribundos son recogidos diariamente, se realiza una continua observación de los peces y del consumo de alimento. Adicionalmente, las jaulas se encuentran a una distancia de varios metros del fondo, existiendo un espacio entre el fondo de la jaula y los sedimentos, lo que permite el movimiento y las corrientes de agua. Se ha demostrado que la eliminación de peces muertos puede reducir el número de bacterias a las cuales son expuestos los peces no infectados (Plumb 1999). Específicamente en un ambiente de jaulas, algunos autores (Brackett y Karreman 1998; Nordmo 1993) indican que las actividades de remoción de peces muertos ayudan a reducir la carga de patógenos, lo que es más difícil en un sistema de estanquería.

A pesar de las altas densidades y el estrés asociado al sistema de jaulas, estas prácticas de higiene y de manejo quizá ayuden a disminuir las poblaciones de las bacterias patógenas, lo que en otro sistema de cultivo como el de estanquería no sería posible. A este respecto, Whitman (2004) indica que en muchos casos los peces cultivados viven con la presencia continua de bacterias patógenas, y que actividades como a limpieza diaria de estanques para prevenir la acumulación de materia orgánica y la frecuente remoción de peces muertos para reducir la autocontaminación y su descarga orgánica al ambiente, son parte del manejo general de las granjas (Grant, 1993).

Se considera que estas tareas de prevención deben continuar practicándose en las granjas que utilizan el sistema de jaulas, ya que el resto de bacterias detectadas en el estudio han sido reportadas como causantes de signos y graves lesiones externas e internas en peces, incluyendo en algunos casos al bagre, como es el caso de las especies *Aeromonas salmonicida*, *Bacillus* sp., *C. piscicola*, *Yersinia ruckeri*, *Micrococcus* sp. y *Staphylococcus* sp. (Bunkley-Williams y Williams, 1995; Buller, 2004).

10. CONCLUSIONES

Se describen por primera vez en diferentes localidades en México, infecciones en bagre cultivado en jaulas causadas por varias especies de parásitos, algunas de los cuales son consideradas como altamente patógenas en los cultivos de bagre en los EE.UU., como es el caso de *Henneguya exilis*.

No se detectó la bacteria más patógena en el cultivo de bagre en los EE. UU., *Edwardsiella ictaluri*, ni *Aeromonas hydrophyla*, mientras que la segunda bacteria más patógena *Flavobacterium columnare*, tuvo una prevalencia anual del 3.7 % en branquias y de 0.87 % en riñón.

Se detectaron catorce especies de parásitos, de las cuales siete fueron helmintos *L. floridanus*, *C. formosanus*, *Diplostomulum* sp., *Spiroxys* sp., *Corallobothrium* sp., *Alloglosidium* sp. y *Dactylogyrus* sp. y que dominaron como grupo las infecciones, seguido por seis especies de protozoarios, *H. exilis*, *H. adiposa*, *H. sutherlandi*, *I. multifiliis*, *Trichodina* sp. y *Epistylis* sp., y de un artrópodo, *E. cerastes*.

De acuerdo con la hipótesis establecida, este estudio demuestra que si se encontró un efecto espacial sobre la prevalencia de *L. floridanus* en la primera fase, y sobre *E. cerastes* en la primera fase y segunda fase, y temporal sobre las prevalencias de *C. formosanus* y *Diplostomulum* sp. en la segunda fase. Se halló además una correlación positiva entre la profundidad del sitio y la prevalencia de *E. cerastes*, y correlaciones negativas tanto con la temperatura del agua como de la longitud del hospedero con respecto a la prevalencia de *C. formosanus*.

Se observó también un efecto espacial sobre la prevalencia de *C. piscicola*, y un efecto temporal sobre *Bacillus* sp., *A. sobria*, *Corynebacterium* sp., *F. columnare*, *C. piscicola*, *P. fluorescens* y *Staphylococcus* sp. En términos generales se halló una correlación positiva entre la temperatura del agua y la prevalencia bacteriana, pero no se detectó una correlación entre las prevalencias bacterianas y la longitud del hospedero.

Se encontraron diferencias en las proporciones de infecciones únicas y simultáneas de parásitos branquiales, lo que debe indicar posibles interacciones entre ellas, pero no se detectaron diferencias en las proporciones de infecciones entre *L. floridanus* o *E. cerastes* con respecto a *C. piscicola*.

Es de particular importancia continuar estudiando la prevalencia bacteriana y parasitaria en las granjas acuícolas de México, así como el posible impacto del calentamiento global, ya que este fenómeno también tendrá repercusiones en el medio acuático (Marcogliese, 2001). Deberán también considerarse estudios que estimen las pérdidas económicas causadas por la presencia de las especies encontradas en este estudio, ya que se ha mencionado que los parásitos tienen efectos subletales sobre la productividad (Vidal-Martínez *et al.*, 2002), así como la influencia de los peces silvestres al acercarse e incluso entrar a las jaulas atraídos por detritus o alimento (Jiménez-García *et al.*, 2001), lo cual podría ser un factor en la transmisión de patógenos. Específicamente en la acuicultura las enfermedades infecciosas producen efectos directos como mortalidad o indirectos como reducción de peso (Moore *et al.*, 1984), causando un efecto económico negativo, pudiendo las infecciones subclínicas o inaparentes por patógenos afectar el crecimiento y la reproducción de los peces (Wootton, 1998).

También se recomienda efectuar estudios sobre la diseminación de las bacterias a través de las prácticas en los criaderos y engordas, ya que las bacterias pueden transmitirse a través del agua, organismos y utensilios, inclusive de un ambiente a otro (Pedersen *et al.*, 2008).

De acuerdo a los resultados obtenidos, se considera que las jaulas son un sistema de producción de bagre que bien implementado, tiene ventajas sobre otros, particularmente desde el punto de vista económico; además, de que los protocolos de manejo en las granjas son similares, lo que facilita su operación.

México cuenta con un potencial de aproximadamente un millón de hectáreas en superficie de cuerpos de agua dulce, de las cuales muchas son adecuadas para la instalación de sistemas de jaulas con diversas especies piscícolas, por lo que éstas tendrán un papel muy importante en la aportación de alimento para la población en un futuro. Las infecciones halladas en este estudio aunque no indican necesariamente la expresión de enfermedad, son referentes del estado de salud de los peces y del efecto que el ambiente ejerce sobre los patógenos.

11. APÉNDICE

Preparación del medio selectivo para *Edwardsiella ictaluri*

| Ingrediente | Cantidad para un litro de solución (gr) |
|---------------------------|---|
| Triptona | 10 |
| Extracto de levadura | 10 |
| Fenilalanina | 1.25 |
| Citrato de amonio ferrico | 1.2 |
| Sales biliares | 1 |
| Azul de bromotimol | 0.0003 |
| Agar | 15 |
| Agua destilada | 980 ml |

Disolver los ingredientes por calentamiento y ajustar el pH a 7.0 con cloruro de hidrógeno. Esterilizar a 121°C durante 15 min. Enfriar a 55°C, añadir manitol estéril a razón del 0.35% (vol/vol) y sulfato de colistina a una concentración de 10µg/ml.

Preparación de agar Cytophaga

| Ingrediente | Cantidad para un litro de solución (gr) |
|----------------------|---|
| Triptona | 0.5 |
| Extracto de levadura | 0.5 |
| Acetato de sodio | 0.2 |
| Extracto de carne | 0.2 |
| Agar | 11 |
| Agua destilada | 1000 |

Disolver los ingredientes por calentamiento y ajustar el pH a 7.2-7.4 con cloruro de hidrogeno. Esterilizar a 121°C durante 15 min. Enfriar a 55°C, antes de vaciar.

12. LITERATURA CITADA

- Adriano EA, Arana S, Cordeiro NS. 2005. Histopathology and ultrastructure of *Henneguya caudalongula* sp. n. infecting *Prochilodus lineatus* (Pisces: Prochilodontidae) cultivated in the state of São Paulo, Brazil. Memórias do Instituto Oswaldo Cruz 100 (2):177-181.
- Aguirre MML, García RL. 1994. Metacercarias de cíclidos nativos del Sureste de México. Universidad y Ciencia 11:5-35.
- Aiken DE. 1988. Through the looking glass: yesterday, today and tomorrow. Journal of the World Aquaculture Society 19(2):58-61.
- Andrews CH, Exell A, Carrington N. 2003. Manual of Fish Health. Firefly Books. Ltd.: Richmond Hill, Ontario, pp. 10-31.
- Anlauf KJ, Moffitt CM. 2008. Models of stream habitat characteristics associated with tubificid populations in an intermountain watershed. Hydrobiologia 603:147-158.
- Antilla P, Romakkaniemi A, Kuusela J, Koski P. 2008. Epidemiology of *Gyrodactylus salaris* (Monogenea) in the River Tornionjoki, a baltic wild salmon river. Journal of Fish Diseases 31:373-382.
- Arafa SF, El-Naggar MM, El-Abbassy SA. 2009. Mode of attachment and histopathological effects of *Macrogyrodactylus clarii*, a monogenan gill parasite of the catfish *Clarias gariepinus*, with a report on host response. Acta Parasitologica 54(2):103-112.
- Audenaert V, Huyse T, Goemans G, Belpaire C, Volckaert FAMJ. 2003. Spatio-temporal dynamics of the parasitic nematode *Anguillicola crassus* in Flanders, Belgium Diseases of Aquatic. Organisms. 56(3): 223-233.
- Austin B, Austin DA. 1999. Bacterial Fish Pathogens. Series in Aquaculture. Springer Praxis: Chichester,UK, pp. 1-34.

- Aydogdu A, Kostadinova A, Fernández M. 2003. Variations in the distribution in the common carp, *Cyprinus carpio*, from Lake Iznik, Turkey: population dynamics related to season and host size. *Helminthologia* 40(1):33-40.
- Aydoğdu A, Selver M, Cirak VK. 2008. Comparison of helminth species and their prevalence in rudd (*Scardinius erythrophthalmus* L. 1758) in Golbasi Dam Lake and Kocadere stream in Bursa province of Turkey. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Science* 32(5):389-393.
- Baker JC, Crites JL. 1976. Parasites of channel catfish, *Ictalurus punctatus* Rafinesque, from the island region of western Lake Erie. *Proceedings of the Helminthological Society of Washington* 43(1):37-39.
- Barassa B, Cordeiro NS, Arana S. 2003. A new species of *Henneguya*, a gill parasite of *Astyanax altiparanae* (Pisces: Characidae) from Brazil, with Comments on Histopathology and Seasonality. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz* 98:761-765.
- Becker JA, Speare DJ, Dohoo IR. 2006. Interaction of water temperature and challenge model of xenoma development rates for *Loma salmonae* (Microspora) trout, *Onchorhynchus mykiss* (Walbaum). *Journal of Fish Diseases* 29:139-145.
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1999. *Ecología, Individuos, Poblaciones y Comunidades*. Omega: Barcelona (España), p. 1148.
- Berra TM, Au, RJ. 1978. Incidence of black spot disease in fishes in Cedar Fork Creek, Ohio. *Ohio Journal of Sciences* 78(6):318-322.
- Bhuthimethee M, Dronen NO, Neill WH. 2005. Metazoan parasite communities of in two urbanizing streams, San Antonio, Texas. *Journal of Parasitology* 6(13):58-67.
- Brackett J, Karreman G. 1998. Disease Treatment in Netpen Aquaculture. In: *Diseases of Seawater Netpen-Reared Salmonid Fishes*. Kent ML and Poppe T (eds). Pacific Biological Station, Quadra Printers Ltd.: Nanaimo, B.C., Canada, pp 9-16.

- Brinkhurst RO. 1967. The distribution of aquatic oligochaetes in Saginaw bay, Lake Huron. *Limnology and Oceanography* 12:137-143.
- Brinkhurst RO. 1996. On the role of tubificid oligochaetes in relation to fish disease with special reference to the myxozoa. *Annual Review of Fish Diseases* 6:29-40.
- Brugère C, Ridler N. 2004. Global Aquaculture Outlook in the Next Decades: An Analysis of National Aquaculture Production Forecast 2030. FAO Fisheries Circular No. 1001 FIPP/C1001. Food and Agriculture Organization of the United Nations: Roma. Disponible en el sitio de red: <http://www.fao.org/docrep/007/y5648e/y5648e00.HTM> [Revisado septiembre 2010].
- Buchmann K, Uldal A. 1994. Effects of eyefluke infections on growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) in a mariculture systems. *Bulletin of The European Association of Fish Pathologist* 14:104-107.
- Buchanan RL, Bagi LK. 1997. Microbial Competition: Effect of Culture Coditions on the Suppression of *Listeria monocytogenes* Scott A by *Carnobacterium piscicola*. *Journal of Food Protection* 60(3):254-261.
- Buller NB. 2004. Bacteria from Fish and other Aquatic Animals. A Practical Identification Manual. CABI Publishing: Oxfordshire, United Kingdom, pp. 1-82.
- Bunkley-Williams L, Williams EH. 1995. Parásitos de Peces de Valor Recreativo en Agua Dulce de Puerto Rico. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales de Puerto Rico y el Departamento de Ciencias Marinas: Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, 190 pp.
- Busch S, Dalsgaard I, Buchmann K. 2003. Concomitant exposure of rainbow trout fry to *Gyrodactylus derjavini* and *Flavobacterium psychrophilum*: effects on infection and mortality of host. *Veterinary Parasitology* 17:117-122.

- CESATAM, 2007. Programa de Sanidad Acuícola de Tamaulipas 2008. Disponible en el sitio de red: <http://www.cesatam.com/> [Revisado diciembre 2008].
- CIAD, SENASICA, 2008. Manual de Buenas Prácticas de Producción Acuícola de Bagre para la Inocuidad Alimentaria. Centro de Investigación en Alimentación y Manejo Ambiental, y Servicio Nacional de Inocuidad y Calidad Alimentaria. SAGARPA Disponible en el sitio de red: www.senasica.gob.mx/includes/asp/download.asp?...5265... [Revisado septiembre 2010].
- CINVESTAV. 2001. Helmintos parásitos de peces del sureste de México. Informe final del Proyecto M135. Aguirre-Macedo MA, Vidal-Martínez VM (Resps.). Instituto Politécnico Nacional. Centro de Investigación y de Estudios Avanzados-Mérida. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfM135.pdf> [Revisado octubre 2010].
- Collado R, Schmetz RM. 2001. Oligochaete distribution patterns in two German hardwater lakes of different trophic state. *Limnologica – Ecology and Management of Inland Waters* 31:317-328.
- Comisión Nacional de Acuicultura y Pesca, 2008. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca 2008. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Disponible en el sitio de red: www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/. [Revisado septiembre 2010].
- Conroy G. 2009. Estreptocosis en tilapia: Prevalencia de las especies de *Streptococcus* en América Latina y sus manifestaciones patológicas. Intervet Schering-Plough Animal Health (ed). Memorias Simposium Manejo de *Streptococcus* en Peces de Aguas Cálidas. Congreso Mundial de Acuicultura 2009. Veracruz, México, Septiembre 25.

- Cowan ST. 1974. Manual for the Identification of Medical Bacteria. Cambridge University Press: London, Great Britain, pp. 238.
- Cusack R, Cone DK. 1986. A review of parasites as vectors of viral and bacterial disease of fish. *Journal of Fish Diseases* 9(2):169-171.
- De Meeûs T, Morand S, Magnan N, Do Chi T, Renaud F. 1995. Comparative host-parasite relationship of two copepod species ectoparasitic on three fish species. *Acta Ecologica* 16:361-374.
- Departamento de Ecología. 2005. Estudio de Impacto Ambiental, Cultivo de bagre en jaulas, Producción de 500 toneladas anuales, Presa José López Portillo, Linares, N. L. Gobierno del Estado de Nuevo León y Universidad Autónoma de Nuevo León. Disponible en el sitio de red: http://oeidrus.ni.gob.mx/oeidrus/ESTUDIOS_E_INVESTIGACIONES/ACUACULTURA/ESTUDIO-DE-IMPACTO-AMBIENTAL-CERRO-PRIETO.pdf. [Revisado marzo de 2010].
- Douglas-Helders M, Nowak B, Butler R. 2005. The effect of environmental factors on the distribution of *Neoparamoeba pemaquidensis* in Tasmania. *Journal of Fish Diseases* 26:583-592.
- Duarte SA, Masser MP, Plumb JA. 1993. Seasonal Occurrence of Diseases in Cage-Reared Catfish, 1987-1991. *Journal of Aquatic Animal Health* 5:223-229.
- Dzika E. 2002. The parasites of Bream *Abramis brama* (L.) from Lake Kortowskie. *Archives of Polish Fisheries* 10(1):85-96.
- Ernst I, Whittington ID, Corneillie S, Talbot C. 2005. Effects of temperature, salinity, dessication and chemical treatments on egg embryonation, and hatching success of *Benedenia seriolae* (Monogenea: Capsalidae), a parasite of farmed *Seriola* species. *Journal of Fish Diseases* 28:157-164.

- Ersdal C, Midtlyng PJ, Jarp J. 2001. An epidemiological study of cataracts in seawater farmed Atlantic salmon *Salmo salar*. *Diseases of Aquatic Organisms* 45:229-236.
- Esch GW, Hazen TC, Dimmock RV, Gibbons JW. 1976. Thermal effluents and the epizootiology of the ciliate *Epistylis* and the bacterium *Aeromonas* in association with centrarchid fish. *Transactions of the American Microbiology Society* 95:687:693.
- Evans JJ, Klesius PH, Pasnik DJ, Shoemaker CA. 2007. Influence of natural *Trichodina* sp. parasitism on experimental *Streptococcus iniae* or *Streptococcus agalactiae* infection and survival of young channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Aquaculture Research* 38:664-667.
- Evelyn TPT, Kent ML, Poppe TT, Bustos P. 1998. Bacterial Diseases. In: *Diseases of Seawater Netpen-Reared Salmonid Fishes*. Kent ML and Poppe T (eds). Pacific Biological Station, Quadra Printers Ltd.: Nanaimo, B.C., Canada, pp. 17-35.
- FAO. 2008. El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura. Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. Disponible en el sitio de red: <http://www.fao.org/docrep/011/i0250s/i0250s00.htm> [Revisado septiembre 2010].
- Feist SW, Longshaw M. 2006. Phylum Myxozoa. Vol. I. Protozoan and metazoans infections. In: *Fish Diseases and Disorders*. Woo PTK (ed). CAB International: Oxfordshire, UK, pp. 230-296.
- Flores CJ, Flores CR. 2003. Monogeneos, parásitos de peces en México: estudio reCAPITULATIVO. *Tecnica Pecuaria México* 41(2):175-192.
- Francis-Floyd R. 1993. Environmental Diseases of Catfishes. In: *Fish Medicine*, Stoskopf MK (ed). W.B. Saunders Company: Philadelphia, pp. 506-510.

- Galli P, Crosa G, Mariniello L, Ortis M, D'Amelio S. 2001. Water quality as a determinant of the composition of fish parasite communities. *Hydrobiologia* 452: 173-179.
- Gbankoto A, Pampoulie C, Marques A, Sakiti GN. 2001. Occurrence of myxosporean parasites in the gills of two species from Lake Nokoué (Bénin, West Africa): effects of host size and sex, and seasonal patterns of infection. *Diseases of Aquatic Organisms* 44:217-222.
- González-Lanza C, Alvarez-Pellitero P. 1982. Description and population dynamics of *D. legionensis* n. sp. from *Barbus barbus bocagei* Steind. *Journal of Helminthology* 56: 263-273.
- Grant 1993. Basic Husbandry on Fish Farms. In: *Aquaculture for Veterinarians. Fish Husbandry and Medicine*. Brown L (ed). Pergamon Press: Oxford, England, pp.31-41.
- Griffin MT, Khoo LH, Torrans L, Bosworth BG, Quiniou SM, Gaunt PS, Pote LM. 2009. New Data on *Henneguya pellis* (Myxozoa:Myxobolidae), a parasite of blue catfish *Ictalurus furcatus*. *Journal of Parasitology* 95:1455-1467.
- Grizzle JM, Rogers WA. 1976. *Anatomy and Histology of The Channel Catfish*. Auburn University. Auburn Printing, Inc.: Auburn, Alabama. USA, pp. 3-4.
- Haaparanta A, Valtonen ET, Hoffman RW. 1994. Pathogenicity and seasonal occurrence of *Henneguya creplini* (Protozoa, Myxosporea) on the gills of perch *Perca fluviatilis* in central Finland. *Diseases of Aquatic Organisms* 20:15-22.
- Hammell KL, Dohoo IR. 2005. Mortality patterns in infectious salmon anaemia virus outbreaks in New Brunswick, Canada. *Journal of Fish Diseases* 28:639-650.
- Hanzelová V, Žitňann R. 1985. Epizootiological importance of the concurrent monogenean invasion in carp. *Journal of Helminthology* 22: 277-283.

- Harvey M. 2005. Effects of Praziquantel on Encysted Metacercariae in *Gambusia* sp. Naturally Infected with *Centrocestus formosanus* (Digenetic Trematode). *Ichthyogram* 16(I):8-9.
- Hawke JP, Thune RL. 1992. Systemic isolation and antimicrobial susceptibility of *Cytophaga columnaris* from commercially reared channel catfish. *Journal of Aquatic Animal Health* 4:109-113.
- Hawke JP, Khou LH. 2004. Infectious Disease. In: *Biology and Culture of Channel Catfish*. Tucker CS and Hargreaves JA (eds). Elsevier B.V.: Amsterdam, The Netherlands, pp. 387-443.
- Hazen TC, Fliermans RP, Hirsch RP, Esch GW. 1978. Prevalence and distribution of *Aeromonas hydrophila* in the United States. *Applied and Environmental Microbiology* 36:731-738.
- Hoffman GL. 1985. Worm Parasites (Helminths and Leeches). In: *Principal Diseases of Farm Raised Catfish*. Plumb J (ed). Southern Cooperative Series. No. 225, Auburn University: Auburn, Al., pp. 35-49.
- Hoffman GL. 1999. *Parasites of North American Freshwater Fishes*. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press: Ithaca, NY., pp. 539.
- Howerti EW, Krum H. 2006. Cardiac and Mesenteric Henneguyosis in Discus Fish (*Symphysodon* sp.) from Georgia Aquarium. Combined 57th and 41st Annual Meetings of the American College of Veterinary Pathologist and the American Society for Veterinary Clinical Pathology. Disponible en el sitio de red: <http://vet.sagepub.com/content/43/5/805.citation>. [Revisado junio de 2010].
- Huner JV, Dupree HK. 1984a. Methods and Economics of Channel Catfish Production, and Techniques for the Culture of Flathead Catfish and Other Catfishes. In: *Third Report*

- to the Fish Farmers. Dupree HK and Huner JV (eds). U.S. Fish and Wildlife Service: Washington. D.C., pp. 44-82.
- Huner JV, Dupree HK. 1984b. I. Warmwater Fish Farming: A Thriving Industry. In: Third Report to the Fish Farmers. Dupree HK and Huner JV (eds). U.S. Fish and Wildlife Service: Washington. D.C., pp. 1-5.
- Iannacone J, Velásquez K, Arrascue A. 1999. Fauna parasitaria de *Periplaneta americana* Linnaeus en un Distrito de Lima. *Revista Peruana de Biología* 6(1):1-7.
- Jack SW, Taylor PW, Crosby MD, Freund J, MacMillan JR, Durborow RM. 1992. Summary of bacterial isolates from farm-reared channel catfish (1979-1988). *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation* 4:193-195.
- Jansen PA, Matthews L, Toft N. 2007 Geographical risk factors for inter-river dispersal of *Gyrodactylus salaris* in fjord systems in Norway. *Diseases of Aquatic Organisms* 74(2):139-149.
- Jiménez-García MI, Vidal-Martínez VM, López-Jiménez S. 2001. Monogeneans in Introduced and Native Cichlids in Mexico: Evidence for Transfer. *Journal of Parasitology* 87(4):907-909.
- Jiménez-García I, Vidal-Martínez V, Sabasflores-Díaz A, Aguirre-Macedo L. 2002. Seasonal Occurrence of Helminthes in Wild and Experimental Cichlid Fish *Cichlasoma urophthalmus* in a Tropical Locality in Mexico. *Monduzzit Editore. Proceedings of the 10th International Congress of Parasitology - ICOPA X. Vancouver*, p. 401-405.
- Johnson M. 1993. The Veterinary Approach to Channel catfish. In: *Aquaculture for Veterinarians: Fish Husbandry and Medicine*. Brown L (ed). Pergamon Press: Oxford, pp. 249-270.

- Johnson S. 1998. Crustacean Parasites. In: Diseases of Seawater Netpen-Reared Salmonid Fishes. Kent ML and Poppe T (eds). Pacific Biological Station, Quadra Printers Ltd.: Nanaimo, B.C., Canada, pp. 80-90.
- Johnson SC, Treasurer JW, Bravo S, Nagasawa K, Kabata Z. 2004. A Review of the Impact of Parasitic Copepods on Marine Aquaculture. *Zoological Studies* 43:229-243.
- Johnston IL. 1971. Enfoque ecológico para el control de la parasitosis ovina. Ministerio de Agricultura y Ganadería de la Nación. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria: INTA, Buenos Aires, pp. 102.
- Kent M.L. 1998a. Introduction. In: Diseases of Seawater Netpen-Reared Salmonid Fishes. Kent ML and Poppe T (eds). Pacific Biological Station, Quadra Printers Ltd.: Nanaimo, B.C., Canada, pp. 1-2.
- Kimura D, Uga S. 2005. Epidemiological study on *Centrocestus armatus* metacercarie in the Chikusa River, Hygo Prefecture, Japan. *Tropical Medicine and Health* 33(19):7-11.
- Klassen GJ, Beverley-Burton M. 1985. *Ligictaluridus* Beverley-Burton, 1984 (Monogenea: Ancyrocephalidae) from catfishes (Siluriformes: Ictaluridae) in North America with redescriptions of the type species, *Ligictaluridus pricei* (Mueller, 1936), and three others. *Canadian Journal of Zoology* 63(3):715–727.
- Knipes AK, Janovy J. 2009. Community structure and seasonal dynamics of *Dactylogyrus* spp. (Monogenea) on the fathead minnow (*Phimephales promelas*) from the Salt Valley Watershed, Lancaster County, Nebraska. *Journal of Parasitology* 95(6):1295-1305.
- Körting W. 1977. Las reacciones del hospedador frente a algunos parásitos de los peces. En: Trabajos sobre histopatología de los peces. Reichenbach-Klinke HH (ed) Acribia: Zaragoza (España), pp. 49-60.

- Krodkiewska M, Michalik-Kucharz A. 2009. The bottom Oligochaeta communities in sandpites of different trophic status in Upper Silesia (Southern Poland). *Aquatic Ecology* 43:437-444.
- Kudo RR. 1969. Protozoología. CECSA: México, pp. 715-828.
- Lee JS. 1981. Commercial Catfish Farming. The Interstate Printers & Publishers, Inc.: Dunville, Illinois, pp. 310.
- Lewis DH. 1985. Bacterial Diseases. In: Principal Diseases of Farm Raised Catfish. Plumb J (ed). Southern Cooperative Series. Bulletin No. 225, Auburn University: Auburn, Al., pp. 13-21.
- Leibowitz M, Ariav R, Zilberg D. 2005. Environmental and physiological conditions affecting *Tetrahymena* sp infection in guppies, *Poecilia reticulata* Peters. *Journal of Fish Diseases* 28:539-547.
- Lio-Po GD, Lim SLH. 2002. Infectious Diseases of Warmwater Fish in Fresh Water. In: Diseases and Disorders of Finfish in Cage Culture. Woo PTK, Bruno DW and Lim LHS (eds). CABI Publishing: Oxon,UK, pp. 231-281.
- MacMillan JR. 1985. Infectious diseases. In: Channel catfish culture. Tucker CS (ed). Elsevier: Amsterdam, pp. 405-496.
- Marcogliese DJ. 2001. Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology* 79(8):1331-1352.
- Marengoni NG, Santos RS, Goncalves AC, Gino DM, Zerbinatti DCP, Lima FS. 2009. Monogenoidea (Dactylogyridae) in Nile tilapia cultured under different stocking densities in cages. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia* 61(2):393-400.

- Margolis L, Esch GW, Holmes JC, Kuris AM, Schad GA. 1982. The Use of Ecological Terms in Parasitology (Report of an Ad Hoc Committee of the American Society of Parasitologists). *Journal of Parasitology* 68:131-133.
- Márquez AA, Mas AB, Palla SÖ, Tiana MJA. 1982. *Piscicultura Marina*. Fundación del Instituto Nacional de Industria: Madrid, pp. 41-91.
- Martínez-Aquino A, Salgado-Maldonado G, Aguilar-Aguilar R, Cabañas-Carranza G, Mendoza-Palmero C. 2007. Helminth Parasite Communities of *Characodon audax* and *C. lateralis* (Pisces:Goodeide), Endemic Freshwater Fishes From Durango, Mexico. *The Southwestern Naturalist* 52:125-130.
- Maser M, Love MS. 1975. *Henneguya sebasta* sp. n. (Protozoa, Myxosporida) from California Rockfish, *Sebastes* spp. *The Journal of Parasitology* 61:481-483.
- McClure CA, Hammell KL, Dohoo IR. 2005. Risk factors for outbreaks of infections salmon anemia in farmed Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Preventive Veterinary Medicine* 72:263-280.
- Meyer, F.P. 1985. The Role of Stress in Fish Diseases. In: *Principal Diseases in Farmed Raised Catfish*. Plumb J (ed). Southern Cooperative Series No. 225. Auburn University: Auburn, Al., pp 6-8.
- Mississippi State University. 2003. 2003 Annual Case Summary Report. Aquatic Diagnostic Laboratory. Thad Cochran National Warmwater Aquaculture Center. Stonville, MS. Disponible en el sitio de red: <http://www.msstate.edu/dept/tcnwac/cvm2003.pdf>. [Revisado junio de 2010].
- Mississippi State University. 2006. 2006 Annual Case Summary Report. Aquatic Research & Diagnostic Laboratory. Thad Cochran National Warmwater Aquaculture Center. Stonville, MS. Disponible en el sitio de red: <http://www.msstate.edu/dept/tcnwac/cvm2003.pdf>. [Revisado junio de 2010].

- Mississippi State University. 2010. Commercial Catfish Production. MSU cares.com.
Disponibile en el sitio de red: <http://msucares.com/aquaculture/catfish/index.html>.
[Revisado noviembre de 2010].
- Mitchell AJ, Overstreet RM, Goodwin AE, Brandt TM. 2005. Spread of an exotic fish-gill trematode: A far-reaching and complex problem. *Fisheries* 30(8):11-16.
- Mitchell AJ, Hobbs MS, Brandt TM. 2007. The effect of chemical treatments on red-rim melania *Melanoides tuberculata*, an exotic aquatic snail that serves as a vector of trematodes to fish and other species in the USA. *North American Journal of Fisheries Management* 27(4):1287-1293.
- Mladineo I. 2005. Parasite communities of Adriatic cage-reared fish. *Diseases of Aquatic Organisms* 64(1):77-83.
- Mo TA. 1994. Status of *Gyrodactylus salaris* problems and research in Norway. In: *Parasitic Diseases of Fish*. Pike AW and Lewis JW (ed). Samara Publishing Limited: Dyfed, Tresaith, pp. 43-58.
- Molnár K, Székely C, Mohamed K, Shaharom-Harrison F. 2006. Myxozoan pathogens in cultured Malaysian fishes. Myxozoan infections of the sutchi catfish *Pangasius hypophthalmus* in freshwater cage cultures. *Diseases of Aquatic Organisms* 68:209-218.
- Montoya MJ, Osorio SD, Chávez LR, Franco LJ. 2004. Helminths del pez *Dormitator maculatus* (Osteichthyes: Eleotridae) de Alvarado, Veracruz, Mexico. *Revista de Biología Tropical* 52(2):393-396.
- Moore BR, Mitchell AJ, Griffin BR, Hoffman GL. 1984. Parasites and Diseases of Pond Fishes. In: *Third Report to the Fish Farmers*. Dupree HK and Huner JV (eds). U.S. Fish and Wildlife Service: Washington, D.C., pp. 177-205.

- Noga, E.J. 1996. Fish Diseases Diagnosis and Treatment Mosby-Year Book, Inc.: St. Louis, Missouri, pp. 374.
- Nordmo R. 1993. The Veterinary Approach to Salmon Farming in Norway. In: Aquaculture for Veterinarians. Fish Husbandry and Medicine. Brown L (ed). Pergamon Press: Oxford, England, pp.179-191.
- OIE. 2006. Manual of Diagnostic Test for Aquatic Animals 2006. Disponible en: http://www.oie.int/esp/es_index.htm. [Revisado octubre 2006].
- Øines Ø, Simonsen JH, Knutsen JA, Heuch PA. 2006. Host preference of adult *Caligus elongates* Nordmann in the laboratory and its implications for Atlantic cod aquaculture. Journal of Fish Diseases 26:169-174.
- Olmos TE. 1988. Situación actual y Perspectivas de las Pesquerías Derivadas de la Acuicultura en México. En: Manejo y Explotación Acuícola de Embalses de Agua Dulce en América Latina. Programa Cooperativo Gubernamental. FAO-Italia. Disponible en el sitio de red: Disponible en: www.fao.org/docrep/field/003/ab495s/AB4955000.htm#toc [Revisado septiembre 2010].
- Ortega C, Fajardo R, Enríquez R. 2009. Trematode of *Centrocestus formosanus* Infection and Distribution in Ornamental Fishes in Mexico. Journal of Aquatic Animal Health 21:18-22.
- Overstreet RM. 2007. Helminth Diseases in Aquaculture, with an Emphasis on Catfish, Nematodes and Trematodes. Memorias From Alaska to Chiapas: The First North American Parasitology Congress. Mérida, Mexico, June 21-25.
- Paperna I. 1991. Diseases caused by parasites in the aquaculture of warm water fish. Annual Review of Fish Diseases 1, pp.155-194.

- Pedersen K, Skall HF, Lassen-Nielsen AM, Nelsen TF, Henriksen NH, Olesen NJ. 2008. Surveillance of health status on eight marine rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss* (Walbaum), farms in Denmark in 2006. *Journal of Fish Diseases* 31: 69-667.
- Penston MJ, Millar CP, Zuur, A, Davies IM. 2008. Spatial and temporal distribution of *Lepeophtheirus salmonis* (Krøyer) larvae in a sea loch containing Atlantic salmon, *Salmo salar* L., farms on the north-west coast of Scotland. *Journal of Fish Diseases* 31:361-371.
- Peralta L, Escobar E, Alcocer J, Lugo A. 2002. Oligochaetes from six tropical crater lakes in Central Mexico: species composition, density and biomass. *Hydrobiologia* 467:109-116.
- Peresbarbosa-Rojas E, Pérez-Ponce de León G, García-Prieto L. 1994. Helmintos Parásitos de Tres Especies de Peces (Goodeidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Anales Instituto Biología, Serie Zoológica* 65 (I):201-204.
- Pérez-Ponce de León G, Choudhury A. 2002. Adult endohelminth parasites of ictalurid fishes (Osteichthyes:Ictaluridae) in Mexico: empirical evidence for biogeographical patterns. *Comparative Parasitology* 69:10-19.
- PIDDEH, 2007. Programa para el Fomento de la Competitividad Empresarial y la Gestión y la de Comercio Exterior. Honduras. Disponible en: <http://www.sic.gob.hn/promocion/New%20folder/ESTUDIO%20DE%20SECTOR%20BAGRE%20DE%20CANAL.pdf> .[Revisado octubre 2010]
- Pineda-López RF. 1985. Infección por metacercarias (Platyhelminthes: Trematoda) en peces de agua dulce de Tabasco. *Universidad y Ciencia* 2(4):47-59.
- Pineda-López RF, Salgado-Maldonado G, Soto-Galera E, Hernández-Camacho N, Orozco-Zamorano A, Contreras-Robledo S, Cabañas-Carranza G, Aguilar-Aguilar R. 2005.

- Helminth parasites of viviparous fishes in Mexico. In: Viviparous Fishes. Grier HJ and Uribe MC (eds). New Life Publications Homestead: Florida, pp. 437-456.
- Plumb JA. 1988. Vaccination against *Edwardsiella ictalurii*. In: Fish Vaccination. Ellis AE (ed). Academia Press: London, pp.152-161.
- Plumb JA. 1999. *Edwardsiella* Septicaemias. In: Fish Diseases and Disorders. Vol 3 Viral, Bacterial and Fungal Infections. Woo PTK and Bruno DW (eds). CAB International: Oxon, UK, pp. 479-521.
- Poulin R. 2001. Interactions between species and the structure of the helminthes communities. Cambridge University Press: United Kingdom, Parasitology 122, S3-S11.
- Pritchard MH, Kruse GOW. 1982. The Collection and Preservation of Animal Parasites. Lincoln & London: University of Nebraska Press, pp. 141.
- Revie CW, Gettilnby G, Treasurer J, Wallace C. 2003. Identifying epidemiological factors affecting sea lice *Lepeoptherius salmonis* abundance on Scottish salmon farms using general linear models. Diseases of Aquatic Organisms 57:85-95.
- Roberts LS. 1969. *Ergasilus cerastes* sp. n. (Copepoda: Cyclopoida) from North American catfishes. The Journal of Parasitology 55:1266-1270.
- Roberts RJ. 2004. The Parasitology of Teleosts. In: Fish Pathology. Roberts RJ (ed). W.B. Saunders: Edimburg, pp. 254-296.
- Roberts RJ, Rodger HD. 2004. The Pathophysiology and Systematic Pathology of Teleosts. In: Fish Pathology. Roberts RJ (ed). W.B. Saunders: Edimburg, pp.55-132.
- Rogers WA. 1985a. Protozoan Parasites. In: Principal Diseases of Farm Raised Catfish. Plumb J (ed). Southern Cooperative Series. Bulletin No. 225. pp. Auburn University: Auburn, Al, pp. 24-32

- Rogers WA. 1985b. Crustacean Parasites of Catfish. In: Principal Diseases of Farm Raised Catfish. Plumb J (ed). Southern Cooperative Series. Bulletin No. 225, Auburn University: Auburn, Al, pp. 33-34.
- Rosas-Valdéz 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 primaria. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79(2). Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532008000200022&Ing=pt&nrm=iso. ISSN 1870-3453. [Revisado noviembre 2010].
- Salgado-Maldonado G, Cabañas-Carranza G, Soto-Galera E, Pineda-López RF, Caspeta-Mandujano JM, Aguilar-Castellanos, E, Mercado-Silva N. 2004. Helminth parasites of freshwater fishes of the Pánuco river basin, east central Mexico. *Comparative Parasitology* 71: 190-202.
- Salgado-Maldonado, G. 2006. Checklist of helminth parasites of freshwater fishes from Mexico. (*Zootaxa* 1324). Magnolia Press: Auckland, New Zealand, pp. 357.
- Sanaullah M, Ahmed ATA. 1980. Gill myxoboliasis in major carps in Bangladesh. *Journal of Fish Diseases* 3:349- 354.
- Särkkä J. 1994. Lacustrine, Profundal Meiobenthic Oligochaetes as Indicators of Trophy and Organic Loading. *Hydrobiologia* 278: 231-241.
- Sarti M, Giorgetti G. 1996. A survey of flexibacteriosis (or Cytophaga Lb Diseases) on trout farms. *Bulletin of The European Association of Fish Pathologist* 16(1):8-12.
- Sasal P, Morand S, Guégan JF. 1997. Determinants of parasite species richness in Mediterranean marine fishes. *Marine Ecology Progress Series* 149:61-71.
- Schell SC. 1970. The Trematodes. How to Know Series. WM. C. Brown Company Publishers: Dubeque, Iowa, pp. 1-20.

- Scholz T, Salgado-Maldonado G. 2000. The Introduction and Dispersal of *Centrocestus formosanus* (Nishigori, 1924) (Digenea: Heterophyidae) in Mexico: A Review. *The American Midland Naturalist* 143:185-200.
- Scholz T, Aguirre-Macedo M, Salgado-Maldonado G. 2001. Trematodes of the family Heterophyidae (Digenea) in Mexico. A review of species and new host geographical records. *Journal of Natural History* 35:1733-1772.
- Secretaría de Pesca. 1994. Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-020-PESC-1993. *Diario Oficial*. (Primera Sección), pp. 59-74.
- Sepúlveda F, Marin S, Carvajal J. 2004. Metazoan parasites in wild fish and farmed salmon from aquaculture sites in southern Chile. *Aquaculture* 235:89-100.
- Shah AW, Parvee M, Mir SH, Sarwar SG, Yousuf AR. 2009. Impact of Helminth Parasitism on Fish Haematology of Anchar Lake, Kashmir. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(1):42-45.
- Shang, Y.C. 1990. *Aquaculture Economic Analysis*. The World Aquaculture Society: Baton Rouge, LA, EE.UU., p.1.
- Sheehan B. 2009. Estreptococosis en tilapia: ¿Un problema más complejo de lo esperado? *Intervet Schering-Plough Animal Health. Memorias Simposium Manejo de Streptococcus en Peces de Aguas Cálidas. Congreso Mundial de Acuicultura 2009. Veracruz, México, Septiembre 25.*
- Shotts EB, Starliper CE. 1999. Flavobacterial Diseases. Columnaris Disease, Cold-water Disease and Bacterial Gill Disease. In: *Fish Diseases and Disorders, Vol 3 Viral, Bacterial and Fungal Infections*. Woo PTK and Bruno DW (eds). CAB International: Oxon, UK, pp. 559-576.

- Shoemaker CA, Klesius PH, Evans JE. 2001. Prevalence of *Streptococcus iniae* in tilapia, hybrid striped bass, and channel catfish on commercial fish farms in the United States. *American Journal of Veterinary Research* 62:174-177.
- Smith SA, Noga E. 1993. General Parasitology. In: *Fish Medicine*. Stoskopf MK (ed). W.B. Saunders Company: Philadelphia, pp. 132-148.
- Southgate P. 1993. Disease in Aquaculture. In: *Aquaculture for Veterinarians: Fish Husbandry and Medicine*. Brown L (ed). Pergamon Press: Oxford, pp. 91-129.
- Spall RD, Summerfelt RC. 1969. Host-parasite relations of certain endoparasitic helminths of the channel catfish and white crappie in an Oklahoma reservoir. *Bulletin Wildlife Disease Association* 5:48-67.
- Su XQ, White RWG. 1996. Frequency Distribution and Host-Parasite Relationships of *Zschokkella leptatherine* (Myxozoa: Myxidae), a parasite of Atherinid Fishes. *Australian Journal of Zoology* 44(1):97-106.
- Taylor NGH, Sommerville C, Wootten R. 2006. The epidemiology of *Argulus* spp. (Crustacea: Branchiura) infections in Stillwater trout fisheries. *Journal of Fish Diseases* 29:193-200.
- Terhune JS, Wise D, Avery JL, Khoo LH, Goodwin AE. 2003. Infestations of the Trematode *Bolbophorus* sp. in Channel Catfish. SRAC. Southern Regional Aquaculture Center, Publications No. 1801: Stoneville, MS., pp 1-4.
- Thien CP, Dalsgaard A, Thanh N, Olsen A, Murrel KD. 2009. Prevalence of zoonotic trematodes in fish fry juveniles in fish farms of the Mekong Delta, Vietnam. *Aquaculture* 295:1-5.
- Thoney DA, Hargis WJ. 1991. Monogenea (platyhelminthes) as hazards for fish in confinement. *Annual Review of Fish Diseases* 1:133-153.

- Thune RL. 1993a. Bacterial Diseases of Catfishes. In: Fish Medicine. Stoskopf MK (ed), W.B. Saunders Company: Philadelphia, PA, USA, pp. 511-520.
- Thune RL. 1993b. Parasites of Catfishes. In: Fish Medicine. Stoskopf MK (ed). W.B. Saunders Company: Philadelphia, PA, USA, pp. 524-530.
- Vélez-Hernández EM, Constantino-Casas F, García-Márquez LJ, Osorio-Sarabia D. 1998. Gill lesions in common carp, *Cyprinus carpio* L., in Mexico due to the metacercariae of *Centrocestus formosanus*. Journal of Fish Diseases 21: 229-232.
- Vidal-Martínez VM, Aguirre-Macedo ML, Noreña-Barroso E, Gold-Bouchot G, Caballero-Pinzón PI. 2002. Los metazoarios del bagre *Ariopsis assimitis* como indicadores de contaminación química de la Bahía de Chetumal, México. Rosado-May FJ, Romero Mayo R y De Jesús Navarrete A (eds). Contribuciones de la ciencia al manejo costero integrado de la Bahía de Chetumal y su área de influencia. Universidad de Quintana Roo: Chetumal, Q. Roo, México, pp 149-160.
- Vincent AG, Font WF. 2003. Seasonal and yearly population dynamics of two exotic helminths, *Camallanus cotti* (Nematoda) and *Bothriocephalus acheilognathi* (Cestoda), parasitizing exotic fishes in Waianu Stream, O'ahu, Hawaii. Journal of Parasitology 89(4):756-760.
- Wagner BA, Wise DJ, Khoo LH, Terhune JS. 2002. The Epidemiology of Bacterial Diseases in Food Size Channel Catfish. Journal of Aquatic Animal Health 14:263-272.
- Wendover N. 2009. Manejo de la salud de la tilapia en sistemas comerciales complejos. En: Intervet Schering-Plough Animal Health (ed). Memorias Simposium Manejo de *Streptococcus* en Peces de Aguas Cálidas. Congreso Mundial de Acuicultura 2009. Veracruz, México, Septiembre 25.

- Wheaton FW. 1982. Acuacultura, diseño y construcción de sistemas. AGT Editor, S.A.: México, pp. 33-60.
- Whitman KA. 2004. Finfish and Shellfish Bacteriology. Manual Techniques and Procedures. Iowa State Press: Ames, Iowa, pp. 258.
- Wootton RJ. 1998. Biotic interactions: I. Predation and Parasitism. In: Ecology of Teleost Fishes. Wootton RJ. (ed). Kluwer Academic Publishers: Fish and Fisheries Series 24: Dordrecht, The Neetherlands, p.192.
- Xu D, Shoemaker CA, Klesius PH. 2007. Evaluation of the link between gyrodactylosis and streptococcosis of the Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* (L). Journal of Fish Diseases 30:233-238.
- Xu DH, Klesius PH. 2003. Protective effect of cutaneous antibody produced by channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), immune to *Ichthyophthirius multifiliis* Fouquet on cohabited non-immune catfish. Journal of Fish Diseases 26:287-291.
- Yamaguti S. 1975. A Synoptical Review of Life Histories of Digenetic Trematodes of Vertebrates. Keigaku Publishing: Tokyo, Japan, pp. 298-301.
- Yang T, Liu J, Gibson D, Dong A. 2006. Spatial distributions of two species of monogeneans on the gills of *Siganus fuscescens* (Houtuyn) and their seasonal dynamics in caged versus wild-caught hosts. Journal of Parasitology. 92(5): 933-940.
- Yildiz S, Balik S, 2006. The Oligochaeta (Annelida) fauna of Topçam Dam-Lake (Aydin, Turkey). Turkish Journal of Zoology 30:83-89.
- Zar JH. 1996. Bioestatistical Analysis. Prentice Hall Inc.: Upper Saddle, New Jersey, pp. 662.

13. RESÚMEN BIOGRÁFICO

JAIME LUIS RÁBAGO CASTRO

Candidato para el Grado de:

Doctor en Ciencias con énfasis en Microbiología.

Tesis: MONITOREO Y DISTRIBUCIÓN DE INFECCIONES
BACTERIANAS Y PARASITARIAS EN EL CULTIVO DE BAGRE

Ictalurus punctatus EN TAMAULIPAS

Campo de Estudio: Ciencias Biológicas

Fecha y lugar de nacimiento: Tampico, Tamaulipas, 7 de Agosto de 1961.

Padres: Jaime Luis Rábago Castillo (†) y María del Carmen Castro Lara.

Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma de Tamaulipas (1984). Maestro en Ciencias en Parasitología por la Universidad Autónoma de Nuevo León (2003) y Maestro en Ciencias en Acuicultura por la Universidad Autónoma de Tamaulipas (2006). Desde 1986, profesor en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UAT. Entre 1989 y 2000, analista, subdirector de extensionismo acuícola, jefe de unidades de apoyo a la producción acuícola y jefe del departamento de asesoría en la Dirección General de Pesca del Gobierno de Tamaulipas. Jefe del laboratorio de producción de postlarvas de camarón Unidad Marina, La Pesca, Tamaulipas (1991-1993, 1995-2000). Director de 3 tesis de licenciatura; 6 artículos publicados en revistas indexadas.

14. PRESENTACIONES Y ARTÍCULOS

Presentación

Estudio Parasitológico en Granjas de Bagre. Comité Sistema Producto Bagre de Tamaulipas A.C. Cd. Victoria, Tamaulipas, 16 de julio de 2009.

Artículo aceptado:

Título: Temporal and Spatial Variations of Ectoparasites on Cage-Reared Channel Catfish, *Ictalurus punctatus*, in Tamaulipas, Mexico.

Autores: Rábago-Castro JL, Gomez-Flores R, Sánchez-Martínez JG, Ramírez-Pfeiffer C, Tamez-Guerra P, Loredó-Osti J.

Aceptado: 19 de octubre de 2010 en el Journal of the World Aquaculture Society.

Artículo enviado:

Título: First report of *Henneguya* infections on the cage-raised channel catfish *Ictalurus punctatus* (Rafinesque) in Mexico.

Autores: Rábago-Castro JL, Gomez-Flores R, Aguirre-Guzmán G, Tamez-Guerra P, Ramírez-Pfeiffer C, Sánchez-Martínez JG,

Enviado a la revista Aquaculture Research.