

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA

FACULTAD DE VETERINARIA

**DIAGNÓSTICO DE *MYXOBOLUS* spp. (MYXOZOA: MYXOBOLIDAE)
PRESENTES EN SÁBALOS *PROCHILODUS LINEATUS* (PISCES:
CURIMATIDAE) DE URUGUAY**

“por”

**CHIOVINO OTERO, Carolina
CHIOVINO OTERO, Elda**

TESIS DE GRADO presentada como uno de los
requisitos para obtener el título de Doctor en
Ciencias Veterinarias.

Orientación: Higiene, Inspección, Control y
Tecnología de los Alimentos de Origen Animal.

MODALIDAD: Ensayo Experimental

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2020**

PÁGINAS DE APROBACIÓN

Tesis de grado aprobada por:

Presidente de mesa:

Dr. Oscar Castro

Segundo miembro (Tutor):

Dr. Daniel Carnevia

Tercer miembro:

Dr. José M. Venzal

Fecha:

11 de agosto de 2020

Autor:

Carolina Chiovino Otero

Elda Chiovino Otero

AGRADECIMIENTOS

A nuestro tutor, Dr. Daniel Carnevia, quien dedicó mucho de su tiempo a nuestro trabajo. Desde el inicio nos abrió las puertas, nos enseñó y nos tuvo infinita paciencia para el desarrollo del mismo, con un enorme compromiso.

A la Facultad de Veterinaria, por la posibilidad de formarnos en esta profesión, que elegimos.

A todo el equipo de trabajo del Instituto de Investigaciones Pesqueras “Prof. Dr. Víctor Bertullo”, docentes y no docentes, por la amabilidad y la cordialidad en todo momento.

A la Dra. Daniela Carnales, excelente compañera, con quien compartimos muchas horas de trabajo, materiales y hallazgos.

A los pescadores artesanales Sres. Leonardo y Mario Vittori que colaboraron con la captura de los ejemplares en Colonia del Sacramento.

A nuestros patrones Dres. Juan Orguet y Alicia Otero, por alentarnos a desarrollar este trabajo y cedernos tiempo para realizarlo.

A nuestros padres, que a pesar de que pasen los años, nos siguen impulsando y motivando a seguir adelante.

A nuestros compañeros de vida, Leonardo y Luciano, por la inagotable paciencia, apoyándonos en todo momento y colaborando en todo.

A Florencia y Carolina, las más chiquitas de la familia, que aunque no entendían de qué se trataba, colaboraron renunciando a nuestra compañía y atención, para que pudiéramos dedicarlo a ésta actividad.

	Página
PÁGINA DE APROBACIÓN.....	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
TABLA DE CONTENIDO.....	4
LISTA DE FIGURAS.....	6
LISTA DE CUADROS.....	7
LISTA DE TABLAS.....	7
RESUMEN.....	8
SUMMARY.....	8
1- INTRODUCCIÓN.....	9
1.1 <i>Prochilodus lineatus</i>	
1.1.1 Taxonomía.....	9
1.1.2 Biología.....	10
1.1.3 Importancia en la pesquería.....	12
1.1.4 Posibilidad de <i>P. lineatus</i> como especie de cultivo.....	12
1.1.5 Episodios de mortandades naturales de peces.....	13
1.1.6 Importancia de conocer los parásitos en los Peces de cultivo.....	13
1.2 Mixosporidios	
1.2.1 Definición y características taxonómicas.....	14
1.2.2 Ciclo de vida.....	16
1.2.3 Patología causada por mixosporidios.....	17
1.2.4. Posible utilización de los mixosporidios como indicadores de poblaciones naturales de peces.....	20
1.2.5 Prevención, control y tratamiento.....	20
1.3 Género <i>Myxobolus</i>	
1.3.1 Características taxonómicas.....	21
1.3.2 Parasitosis causada por <i>Myxobolus</i>	22
2- OBJETIVOS	
2.1 Objetivos generales.....	24
2.2 Objetivos específicos.....	24
3- HIPÓTESIS.....	25
4- MATERIALES Y MÉTODOS	
4.1 Muestras.....	26
4.2 Determinación taxonómica de <i>Myxobolus</i>	27
4.3 Tratamiento de los datos.....	28
5- RESULTADOS	
5.1 Datos de los peces.....	29

5.2 Hallazgo del parásito.....	29
5.3 Prevalencia de la infestación.....	29
5.4 Identificación del parásito dentro del género <i>Myxobolus</i>	29
5.5 Análisis de la morfometría observada.....	30
6- DISCUSIÓN	
6.1 Comparación con otros <i>Myxobolus</i> parásitos de <i>Prochiodus lineatus</i>	34
6.2 Comparación de las esporas del grupo A con otros <i>Myxobolus</i>	35
7- CONCLUSIONES.....	37
8- BIBLIOGRAFÍA.....	38
9- ANEXOS.....	45
9.1 Datos de los peces.....	45
9.2 Prevalencia.....	46
9.3 Morfometría.....	47
9.4 Clasificación en grupos.....	49
9.5 Comparación con otros <i>Myxobolus</i>	52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Juvenil de <i>P. lineatus</i> procedente del Río de La Plata.....	9
Figura 2	Distribución geográfica de <i>P. lineatus</i>	10
Figura 3	Esquema de esporas de <i>Myxobolus</i>	15
Figura 4	Ciclo de vida de mixosporidios.....	17
Figura 5	Vista satelital de las zonas del muestreo de <i>P. lineatus</i>	26
Figura 6	Lugares de muestreo de <i>P. lineatus</i> en Uruguay.....	26
Figura 7	Necropsia branquial de <i>P. lineatus</i> con presencia de un pequeño quiste ovoideo blanquecino de 0,5 mm aprox. de diámetro presente en las laminillas de un arco branquial.....	29
Figura 8	Observación de esporas de <i>Myxobolus</i> sp.	30
Figura 9	Metodología para la toma de medidas en las esporas de <i>Myxobolus</i>	30
Figura 10	Histograma de la distribución del largo total de las esporas de <i>Myxobolus</i> observadas en <i>Prochilodus lineatus</i> en Uruguay.....	31
Figura 11	Quiste ovoideo blanquecino de <i>Myxobolus</i> sp. presente en aleta dorsal de <i>P. lineatus</i>	32
Figura 12	Frotis realizado con la extensión del material del quiste..	33
Figura 13	Dibujos a escala de las especies de <i>Myxobolus</i> encontradas en sábalo (<i>Prochilodus lineatus</i>).....	36

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Mixosporidios importantes en diferentes hospederos y en diferentes sitios de infección (tomado de Feist y Longshaw, 2006; Noga, 2010).....	19
Cuadro 2	Hospederos intermediarios y definitivos de algunas especies de <i>Myxobolus</i> (tomado de Muñoz, 1999)	22
Cuadro 3	Comparación de morfometría de esporas de <i>Myxobolus</i> descritas en <i>Prochilodus lineatus</i> . Medidas en micras	34
Cuadro 4	Datos morfométricos, hospederos y localización de esporas de <i>Myxobolus</i> de tamaño similar al grupo A encontrado en <i>Prochilodus lineatus</i> en Uruguay	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Datos morfométricos de los dos grupos de esporas de <i>Myxobolus</i> encontradas en <i>Prochilodus lineatus</i> en Uruguay.....	31
Tabla 2	Resultado del análisis estadístico de Kolmogorov-Smirnov comparando los dos grupos de medidas de esporas de <i>Myxobolus</i> encontradas en <i>Prochilodus lineatus</i>	32

Resumen

Existen numerosos mixosporidios parásitos de peces, dentro de los cuales el género *Myxobolus* ha sido descrito parasitando al sábalo (*Prochilodus lineatus*) en el Río Paraná, por varios autores en Brasil. En el presente trabajo el objetivo fue identificar la presencia de *Myxobolus* sp en *P. lineatus* del Río Uruguay y Río de la Plata. Se estudiaron 66 *P. lineatus* recolectados en su mayoría en la costa de Colonia del Sacramento, de los cuales 19 resultaron parasitados (28.8 % de prevalencia); 13 de ellos presentaron los quistes de parásitos en las branquias y 6 en las aletas. En los frotis realizados de los quistes, se encontró gran concentración de myxosporas, caracterizadas por un cuerpo oval que contiene 2 capsulas polares, unidas en el plano de sutura, que son identificadas dentro del género *Myxobolus*. Al estudiar la morfometría de los parásitos se observó la existencia de dos tipos de esporas: las de menor tamaño, que se encontraron en branquias y en aletas, corresponden a *Myxobolus porofilus*, mientras que las de mayor tamaño, que se encontraron solamente en branquias, no se corresponden con las especies descritas de *Myxobolus*, por lo que posiblemente se trate de una nueva especie. Este nuevo parásito encontrado puede ser utilizado como bioindicador de la población de sábalos del Río Uruguay y Río de la Plata.

Abstract

There are numerous parasitic myxosporidia of fish, within which the genus *Myxobolus* has been described parasitizing the sábalo (*Prochilodus lineatus*) in the Paraná River, by several authors in Brazil. In the present work, the objective was to identify the presence of *Myxobolus* sp in *P. lineatus* of the Uruguay River and Río de la Plata estuary. We studied sixty-six *P. lineatus* collected mostly in the coast of Colonia del Sacramento, Uruguay, nineteen of which were parasitized (prevalence 28.8%); thirteen of them presented parasite cysts in the gills and six in the fins. When the cysts are smeared, a large concentration of myxospores is found, characterized by an oval body containing two polar capsules, united in the suture plane, which are identified within the *Myxobolus* genus. When studying the morphometry of the parasites the existence of two types of spores was observed: the smaller ones, found in gills and fins, correspond to *M. porofilus*, while the larger ones, which were found only in gills, do not correspond to any described species of *Myxobolus*, therefore, it may be a new species. This new found parasite can be used as a bioindicator of the sábalo population of the Uruguay River and Río de la Plata estuary.

1- INTRODUCCIÓN

1.1 *Prochilodus lineatus*

1.1.1 Taxonomía:

Prochilodus lineatus es un pez dulceacuícola estricto, es decir, no tolera el agua de mar, si bien puede hacer incursiones breves en agua ligeramente salobre (Cousseau y col., 2010). Pertenece al phylum Chordata, subphylum Vertebrata, clase Osteichthyes, superorden Teleostei, orden Characiformes, familia Curimatidae, subfamilia Prochilodontinae y género *Prochilodus* (Sverlij y col., 1993; Nion y col., 2002). Están descritas en Sudamérica 24 especies de *Prochilodus* (Sverlij y col., 1993). Según Nion y col. (2002), en Uruguay, existen dos especies de *Prochilodus*: *P. lineatus* y *P. scrofa*. Éste último se encuentra junto al *P. lineatus* en la porción media y superior del Río Uruguay así como en los Ríos Paraguay y alto Paraná. Ambas especies se diferencian por poseer características morfológicas distintas. *P. lineatus* tiene un hocico corto y romo y mandíbula superior de una longitud igual a la mandíbula inferior o apenas más larga. En cambio, *P. scrofa* presenta un hocico largo y ligeramente en punta y la mandíbula superior sobrepasa a la inferior (Sverlij y col., 1993). Por otro lado, Reis y col. (2003) y Froese y Pauly (2013) concluyen que *P. lineatus* y *P. scrofa* son la misma especie. Por tanto, en el presente estudio consideraremos que todos los ejemplares capturados en el Río Uruguay y Río de la Plata pertenecen a la especie *P. lineatus* (Fig.1).



Fig.1 Juvenil de *P. lineatus* procedente del Río de la Plata.

1.1.2. Biología

La especie *P. lineatus* habita en la Región Neotropical. Esta región comprende una gran extensión latitudinal extendiéndose por toda América del Sur. Abarca desde el trópico hasta la estepa patagónica, por lo que presenta notorias variaciones climáticas influyendo significativamente en los océanos y ríos. La ictiofauna dulceacuícola neotropical consta aproximadamente de 8000 especies descritas, constituyendo una fuente de alta biodiversidad. Los peces predominantes son los Characiformes y los Siluriformes. Dicha región se divide en dos subregiones denominadas Brasileña y Austral. Uruguay se encuentra en la Provincia Parano-Platense dentro de la subregión Brasileña (Cousseau y col., 2010).

Prochilodus lineatus se encuentra principalmente en el Río Paraná, Río Uruguay y Río de la Plata. Estos ríos forman la cuenca del Plata, muy extensa, de 3.170.000 km² la cual ocupa el segundo lugar en extensión en América del Sur después de la del Amazonas. También se localiza en los afluentes y valles de inundación del Río Paraguay, en el Río Pilcomayo en Bolivia y en la zona de la Mesopotamia Argentina (abarca la provincia de Misiones, Corrientes y Entre Ríos) destacadas por sus humedales (Fig.2).

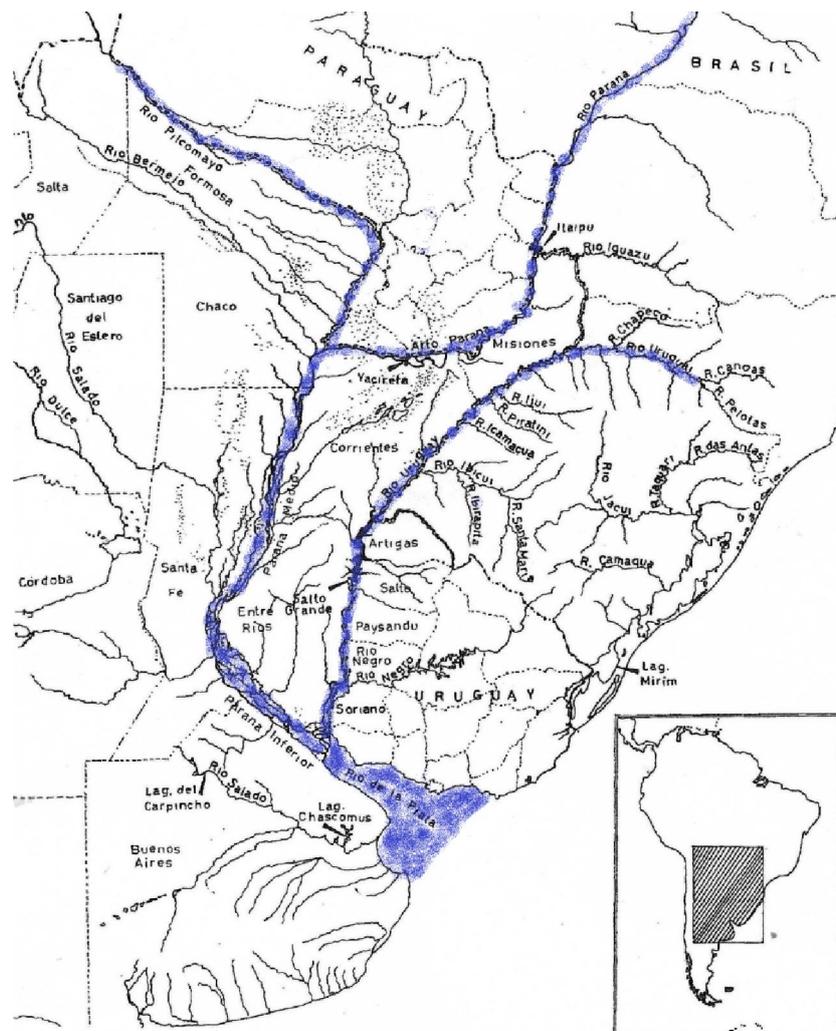


Fig.2. Distribución geográfica de *P. lineatus* (modificado de Sverlij y col., 1993)
Zona azul indica distribución de *P. lineatus* en el Río de la Plata, Río Uruguay, Río Paraná y Río Pilcomayo.

En Brasil es conocido como “curimbatá” o “carimbata” (Sverlij y col., 1993) y en dicho país es una de las especies más consumidas dentro de las especies de agua dulce.

Puede llegar a medir 80 cm de largo total y pesar más de 7 kg. Tiene el cuerpo largo y comprimido, gris-verdoso (aclarado en el vientre), con escamas amarillentas. Su boca es circular, proyectada poco hacia delante, bordeada por labios gruesos, en forma de V invertida, protractiles, con numerosos dientes pequeños dispuestos en dos series. El estómago es bicameral, consta de una porción cardíaca y una porción pilórica. La porción cardíaca es una cámara de almacenamiento y aporta lubricación, mientras que la pilórica, está dotada de una poderosa musculatura que se ocupa de la digestión mecánica triturando al alimento. Presenta numerosos ciegos pilóricos y un intestino largo enrollado de doble espiral con pliegues circulares en la mucosa que aumentan la superficie de absorción (Sverlij y col., 1993; Ceccarelli y col., 2007; Cousseau y col., 2010; Texeira de Mello y col., 2011). Tienen una cola bifurcada y una línea lateral completa (Ceccarelli y col., 2007).

Es de gran importancia ecológica y algunos peces depredadores, como el surubí (*Pseudoplatystoma* spp.) y el dorado (*Salminus brasiliensis*) dependen de *P. lineatus* para su subsistencia. En cuanto a su régimen alimenticio, *P. lineatus* es un iliófago estricto, es decir, principalmente se alimenta de sedimentos del fango, compuesto por detritos orgánicos de origen vegetal en el fondo del río y detritos inorgánicos como minerales y arcilla. Es uno de los transformadores de la materia orgánica de los ecosistemas acuáticos. Los componentes que determinan la calidad de la materia orgánica ingerida son nitrógeno, aminoácidos, proteínas y energía. Si se llegase a eliminar esta especie sería muy perjudicial para el sistema porque se acumularía gran cantidad de materia orgánica en el sedimento (Sverlij y col., 1993; Cousseau y col., 2010).

Es un pez que presenta complejos comportamientos migratorios para su reproducción y alimentación. Realizan una migración aguas arriba, de miles de kilómetros (1500 km en total y 43 km por día), utilizando como fuente de energía sus reservas de grasa corporal, hasta llegar a las planicies de inundación (contactan el río con lagunas y humedales marginales) del Río Paraná y otros ríos de la cuenca (ej. Río Uruguay), a inicios del otoño. La cópula y el desove se realizan en el cauce del río (desovan en aguas abiertas) y las larvas derivan río abajo hacia las aguas superficiales de las lagunas de inundación (aguas lénticas), donde encuentran refugio y comida, siendo lugares claves de crianza para los peces de río abierto. Allí permanecen 2 años aproximadamente hasta que alcanzan un desarrollo adecuado (en épocas de creciente cuando ascienden los niveles hidrométricos los ejemplares de mayor tamaño abandonan las lagunas y entran peces más pequeños). Luego vuelven al cauce principal del río (aguas lóxicas) donde se incorporan a los cardúmenes. Terminado el periodo reproductivo, *P. lineatus* migra río abajo en una migración trófica, retornando cuando aumenta la temperatura. Habita ríos con fondo blando y fangoso y prefiere las zonas de poca corriente. En nuestro país aparecen larvas y juveniles en el verano temprano (Sverlij y col., 1993; Cousseau y col., 2010; Texeira de Mello y col., 2011).

1.1.3 Importancia en la pesquería:

P. lineatus, es un importante recurso alimenticio y económico, dentro los peces dulce-acuícolas. Existe una captura comercial en toda la zona de distribución de la especie, siendo un recurso pesquero de agua dulce muy importante en Sudamérica, en particular, en el Río de la Plata, Río Uruguay y Río Paraná (Eiras y col., 2004; 2009; Texeira de Mello y col., 2011). Es la especie de mayor valor pesquero en el Río Uruguay y la más abundante de la cuenca del Plata, representando más del 60% de la biomasa de peces de la misma. Los ejemplares capturados son destinados al consumo local, a la exportación y a la producción de derivados (harinas y aceite) (Sverlij y col., 1993; Cousseau y col., 2010). Su particular hábito alimentario hace difícil su pesca con anzuelo, por lo cual se emplean distintos tipos de redes para su captura (red de arrastre, trasmallo, tres telas, etc.) En nuestro país es de gran importancia comercial tanto a nivel de pesca artesanal como a nivel de exportaciones. Según información obtenida del Boletín Pesquero de DINARA 2015, las Capturas Artesanales se concentraron principalmente en la Corvina, seguida por la Lacha y el Sábalo donde se observa un incremento significativo en el desembarque de estas especies. La captura de éste último en dicho año, fue de 2422 toneladas, representando 19% de la pesca artesanal. En comparación con el año 2014, que fue de 1676 toneladas, el aumento fue de 45% para la especie, en desembarcos de pesca artesanal. Las exportaciones para la especie fueron U\$D 9902 miles, con un aumento desde 2014 en que fueron 9353 miles de U\$D. Los valores en toneladas, también aumentaron de 4616 toneladas en 2014 a 6111 toneladas en 2015; pero el precio promedio disminuyó de 2.03 a 1.620 en U\$D en dicho período.

1.1.4 Posibilidad del *P. lineatus* como especie de cultivo

Varias características hacen a *P. lineatus* como un pez interesante para la piscicultura. Entre estas podemos destacar el bajo nivel trófico que le permite aprovechar prácticas de cultivo extensivo o semintensivo, la existencia de un mercado en la mayoría de los países de Latinoamérica, la prolificidad, el rápido crecimiento y la rusticidad (Britski, 1972; Croux, 1992). El cultivo de *P. lineatus* se realiza tanto en forma comercial como experimental en Colombia, Perú y Brasil (Ramos y Corredor, 1982; Cortéz, 2003; Eiras y col., 2004) obteniéndose rendimientos de hasta 4,7 toneladas/há/año en cultivos en estanques. En Uruguay fue señalado como una de las especies potencialmente cultivables en agua dulce (Carnevia, 2008).

Los sistemas de cultivo con mayor importancia desde el punto de vista de la superficie que ocupan, son los realizados en estanques y raceways, seguidos por los sistemas de cultivos (Zafra 2015) en jaulas flotantes. En la primera categoría destaca el cultivo de sábalo y de esturión respectivamente, mientras que en la segunda prevalece ampliamente el cultivo de esturión.

Según el boletín 2015, existen: un sistema de cultivo en estanque, con una extensión de 3 Há; y 4 sistemas de cultivo en represa, con una extensión de 500 Há. En comparación con 2014, el sistema de represa creció 120 Há. La producción de semilla para la especie en el año 2015, fue de 300.000 y la producción en kg. fue de 500.000 (MGAP-DINARA, 2015)

1.1.5 Episodios de Mortandades naturales de peces

Existen fenómenos de mortandad natural que afectan periódicamente las poblaciones de peces y otros animales acuáticos existentes en el Río Uruguay y el Río de la Plata, las cuales son de difícil interpretación pero de gran impacto en la pesca artesanal y en la opinión pública. *P. lineatus* es una de las especies que habitualmente resultan afectadas en los eventos de mortandad natural.

Si bien la mayoría de las veces estos eventos se deben a alteración de los parámetros del agua (oxígeno disuelto, pH, etc.) o a la presencia de tóxicos (naturales o de origen humano), las parasitosis pueden ser causas preexistentes que debiliten los peces y aumenten la susceptibilidad. Por tanto, mediante el conocimiento de los parásitos que afectan a *P. lineatus*, se puede contar con información de base que permita valorar el impacto de las parasitosis en las mortandades naturales.

Prochilodus lineatus en su ambiente natural puede ser afectado por numerosos parásitos. En Uruguay están citados *Chilodonella* sp., *Ichthyophthirius multifiliis*, *Henneguya* sp., Heterophyidae gen. sp. (metacercaria), *Saccocoeloides* spp., *Colocladorchis* sp., *Spinitectus asperus* (Carnevia y col., 2010; Perretta y col., 2010; Meléndrez y col., 2011; Carnales y col., 2012).

1.1.6 Importancia de conocer los parásitos en los peces de cultivo

La pesca y la acuicultura siguen siendo importantes fuentes de alimentos, nutrición, ingresos y medios de vida para cientos de millones de personas en todo el mundo. La oferta mundial per cápita de pescado alcanzó un nuevo máximo histórico de 20 kg en 2014, gracias a un intenso crecimiento de la acuicultura, que en la actualidad proporciona la mitad de todo el pescado destinado al consumo humano, y a una ligera mejora de la situación de determinadas poblaciones de peces como consecuencia de una mejor ordenación pesquera. Además, el pescado sigue siendo uno de los productos alimenticios más comercializados del mundo y más de la mitad del valor de las exportaciones pesqueras procede de países en desarrollo. Los últimos informes elaborados por expertos de alto nivel, organizaciones internacionales, la industria y representantes de la sociedad civil coinciden en destacar el enorme potencial (que será incluso mayor en el futuro) que tienen los océanos y las aguas continentales de contribuir de forma destacada a la seguridad alimentaria y la nutrición adecuada de una población mundial que se prevé alcance los 9.700 millones de habitantes en 2050. La producción de alimentos acuáticos ha dejado de basarse principalmente en la captura de peces salvajes para comprender la cría de un número creciente de especies cultivadas. En 2014 se alcanzó un hito cuando la contribución del sector acuícola al suministro de pescado para consumo humano superó por primera vez la del pescado capturado en el medio natural. El consumo aparente de pescado per cápita a nivel mundial registró un aumento de un promedio de 9,9 kg en la década de 1960 a 14,4 kg en la década de 1990 y 19,7 kg en 2013, con estimaciones preliminares que apuntan a que seguirá aumentando hasta superar los 20 kg en 2014 y 2015. El total mundial de la producción de la pesca de captura en 2014 fue de 93,4 millones de toneladas. En dicho año, la producción de animales acuáticos procedentes de la acuicultura ascendió a 73,8 millones de toneladas, con un valor de primera venta estimado de 160.200 millones de USD. Este total se compuso de 49,8 millones de toneladas de peces de

escama (99.200 millones de USD), 16,1 millones de toneladas de moluscos (19.000 millones de USD), 6,9 millones de toneladas de crustáceos (36.200 millones de USD) y 7,3 millones de toneladas de otros animales acuáticos como los anfibios (3.700 millones de USD). Se estima que 56,6 millones de personas trabajaban en el sector primario de la pesca de captura y la acuicultura en 2014, de los cuales el 36 % lo hacía a tiempo completo, el 23 % a tiempo parcial y el resto eran pescadores ocasionales o de situación sin especificar. (FAO, 2016)

El estudio de las parasitosis en los peces posibilita evaluar los riesgos sanitarios durante el cultivo particularmente en la piscicultura intensiva en estanques al aire libre, ya que en las granjas de cultivo los mixosporidios pueden ocasionar graves pérdidas económicas y alteraciones del bienestar en los peces, provocando mortandad directa o haciéndolos susceptibles a otras afecciones como hongos y bacterias (Iregui y col., 1999; Martins y col., 1999; Kahn, 2007).

1.2 Mixosporidios

1.2.1. Definición y características taxonómicas

Si bien originalmente constituían un Phylum propio, basados en análisis del ADN, se los ha relacionado con los cnidarios por lo que su ubicación sistemática está actualmente dentro de éstos, considerándose cnidarios muy adaptados a la vida parasitaria (Monteiro y col., 2002; Morris, 2012).

Por tanto son organismos multicelulares, formadores de esporas y muy especializados que pertenecen al Phylum Cnidaria y dentro de éste a la Clase Myxozoa (Alvarez y col., 1988; Eiras 1994; Kent y col., 2001; Yokohama, 2003; Feist y Longshaw, 2006). Esta clase comprende dos órdenes llamados Bivalvulida y Multivalvulida. El primero está compuesto por tres subordenes (Platysporina, Sphaeromyxina y Variisporina) y doce familias (Myxobolidae, Sphaeromyxidae, Alatosporidae, Auerbachiiidae, Ceratomyxidae, Chloromyxidae, Fabesporidae, Myxidiidae, Ortholineidae, Parvicapsulidae, Sinuolineidae y Sphaerosporidae). El orden Multivalvulida está formado por dos familias: Kudoidae y Trilosporidae (Feist y Longshaw, 2006).

Estos parásitos poseen esporas multicelulares con cápsulas polares (de una hasta quince dependiendo del género), y a su vez dentro de estas cápsulas se encuentran filamentos extensibles enrollados en espiral con función de anclaje (Alvarez y col., 1998; Feist y Longshaw, 2006; Lom y Dyková, 2006). Las esporas son de tamaños diversos, con uno o más esporoplasmas (cuerpo central infeccioso), binucleados en la mayoría de las especies y de forma ameboide, y su pared consta de una a siete valvas. Poseen una línea de sutura perpendicular a la circunferencia de la espora, en el plano de unión de las valvas, siendo importante como carácter taxonómico. Las cápsulas polares, son prominentes, de forma piriforme y localización diversa (muchas veces en el ápex de la espora) (Alvarez y col., 1988; Lom y Dyková, 2006). Estas esporas, son consideradas como el estado infeccioso de los Myxosporea. En la actualidad existen alrededor de 2180 especies de Myxosporea descritas en los peces, clasificadas en 60 géneros entre los que son comunes: *Henneguya*, *Myxobilatus*, *Myxobolus*, *Sphaerospora*, *Kudoa*, *Chloromyxum*, *Sphaeromyxa*,

Myxidium, *Theloanellus*, *Unicapsula*, etc. (Eiras, 1994; Lom y Dyková, 2006; Feist y Longshaw, 2006; Carriero y col., 2013).

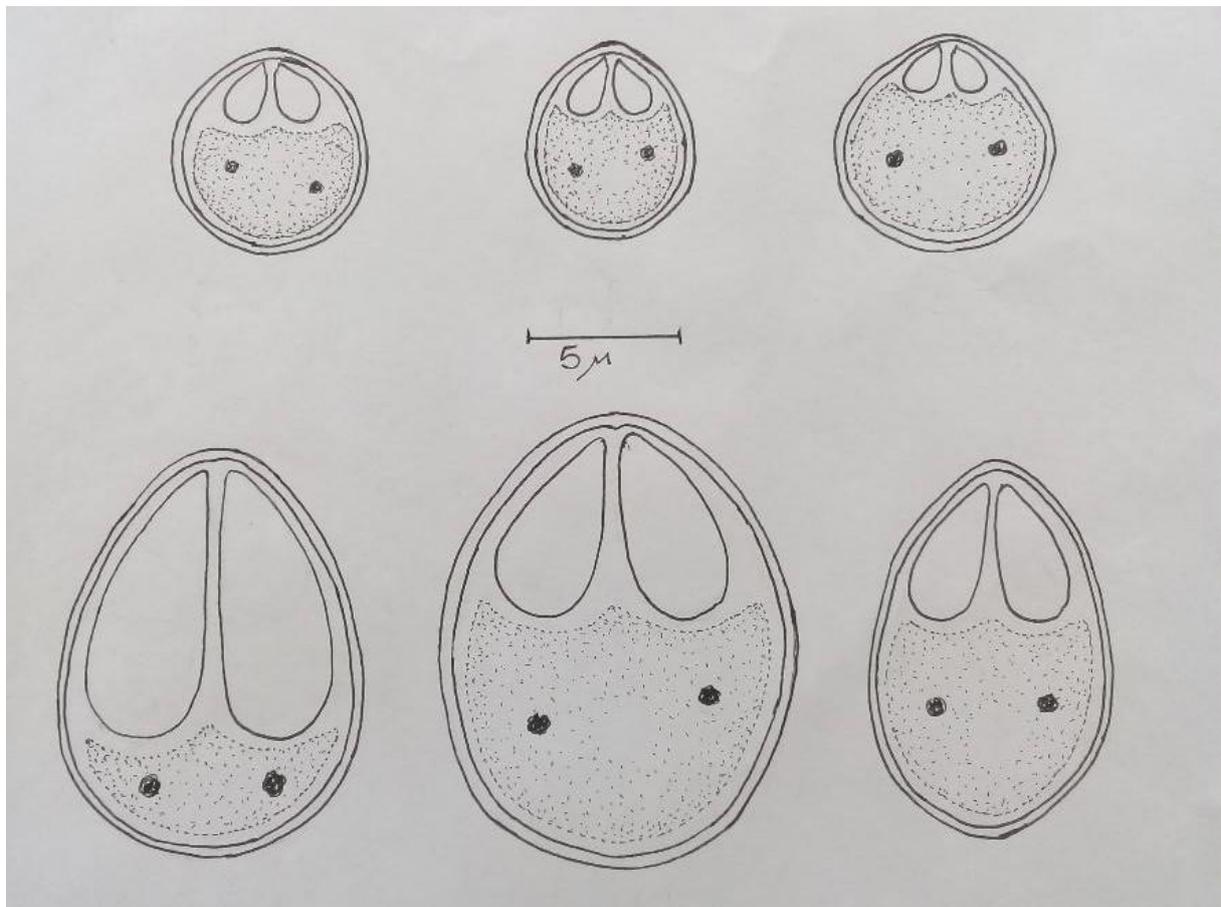


Fig.3. Esquema de esporas de *Myxobolus*. (Carnevia 2018)

En Sudamérica existe una gran diversidad de peces, y muchos de ellos son infectados por mixosporidios (Feijó y col., 2008). Los mixosporidios representan el grupo más numeroso de parásitos en peces y fueron descubiertos en el año 1825 (Alvarez y col., 1988; Lom y Dyková., 2006). Se caracterizan por ser ubicuos y varios de ellos causan serias patologías con impacto negativo en la economía sobre todo en peces teleósteos (Zhang y col., 2010).

Los mixosporidios se caracterizan por ser metazoarios parásitos obligatorios, parasitando tanto peces de agua dulce como marinos. También en estudios recientes se los ha encontrado parasitando moluscos, anfibios, reptiles, pájaros y mamíferos (Carriero y col., 2013). En humanos se ha reportado la presencia de esporas de mixosporidios en las heces, acompañado con cuadros de dolor abdominal y diarrea causado por patógenos entéricos, la infección podría deberse a la ingestión de pescado infectado (Feist y Longshaw, 2006), por lo que no se descarta su posible inclusión como zoonosis.

1.2.2. Ciclo de vida

Los mixosporidios se caracterizan por tener un ciclo de vida que comprende a dos hospedadores los cuales son vertebrados (peces) e invertebrados (anélidos). Los peces actúan como hospedadores intermediarios en los cuales se cumple la reproducción asexual con producción de mixosporas maduras. Los anélidos actúan como hospederos definitivos ya que en ellos ocurre la reproducción sexual con formación de actinoesporas maduras (Lom y Dyková, 2006; Feist y Longshaw, 2006; Morris, 2012).

El ciclo de vida de los mixosporidios puede comenzar de dos maneras: cuando el pez ingiere la actinoespora, o cuando la actinoespora se libera del anélido al agua y toma contacto con el pez (Yokohama, 2003; Lom y Diková, 2006). En ambos casos ocurre la extrusión de los filamentos polares, ya sea en el intestino (si el pez ingiere la actinoespora) o en piel y branquias (si la actinoespora en el agua toma contacto con el pez) favoreciendo la fijación de las actinoesporas al pez. A continuación ocurre la abertura de las valvas de la actinospora, liberándose el esporoplasma que penetra en la mucosa intestinal, piel (células mucosas de la epidermis) o branquias (células epiteliales respiratorias). Luego el esporoplasma es transportado por linfa y sangre a distintas zonas del cuerpo del pez (fase pre-esporogénica) transformándose luego en un plasmodio (fase esporogénica) (Kent y col., 2001; Lom y Dyková, 2006; Noga, 2010). El plasmodio contiene células germinativas así como muchos núcleos vegetativos. Las células germinativas son las responsables de la formación de células esporogénicas, las cuales se dividen formando varias de las estructuras de la mixospora madura. La primera estructura que se forma es el pansporoblasto que consiste en la unión de una célula esporogénica con una célula pericítica. Luego esta unión celular continúa dividiéndose hasta formar la mixospora. A medida que el plasmodio crece y madura, el pez va desarrollando los signos clínicos de la infección según el órgano blanco afectado. Los mixosporidios se pueden localizar en diversos tejidos (forma histozoica) o en cavidades tanto corporales como de órganos (forma celozoica). La forma histozoica se encuentra en los espacios inter o intra celulares (comúnmente aparece el plasmodio en forma de quiste) y en los vasos sanguíneos. En los tejidos, los plasmodios varían en tamaño, pueden ser pequeños y con pocas o incluso una sola célula vegetativa o pueden ser grandes y con muchas células germinativas y vegetativas. El plasmodio crece en forma sincrónica, es decir, a medida que van madurando las esporas. La forma celozoica se encuentra en la vejiga natatoria, vesícula biliar y vejiga urinaria. El plasmodio recubre las paredes de la luz o epitelio de dichas cavidades, y se caracteriza por producir mixosporas en forma continua (Noga, 2010). Las mixosporas se pueden liberar desde el pez al medio ambiente de varias maneras: a) con la materia fecal, b) por rotura del plasmodio si está en la superficie corporal o branquial, y c) cuando ocurre la muerte del pez. Las mixosporas son muy resistentes al medio ambiente pudiendo permanecer viables por largos períodos (Iregui y col., 1999; Lom y Dyková, 2006, Feist y Longshaw, 2006; Noga, 2010).

Luego las mixosporas son ingeridas por invertebrados, los cuales la mayoría son anélidos oligoquetos (Clase Oligochaeta) o anélidos poliquetos (Clase Polychaeta) (Zhang y col., 2010). Se han descrito además de los anélidos otros invertebrados como los cefalópodos que pueden officiar como hospederos en el ciclo. Algunos oligoquetos tienen la capacidad de formar quistes donde pueden sobrevivir los

mixosporidios hasta cinco meses (Gardiner y col., 1988; Stoskopf, 1993; Eiras, 1994; Yokohama, 2003). Cuando el pez ingiere a los invertebrados o cuándo éstos liberan actinoesporas en el agua y toman contacto con el pez se cierra el ciclo. Se ha descrito la transmisión directa (entre peces) pero en muy pocas especies de mixosporidios (ej: *Enteromyxum*) (Lom y Dyková, 2006; Feist y Longshaw, 2006).

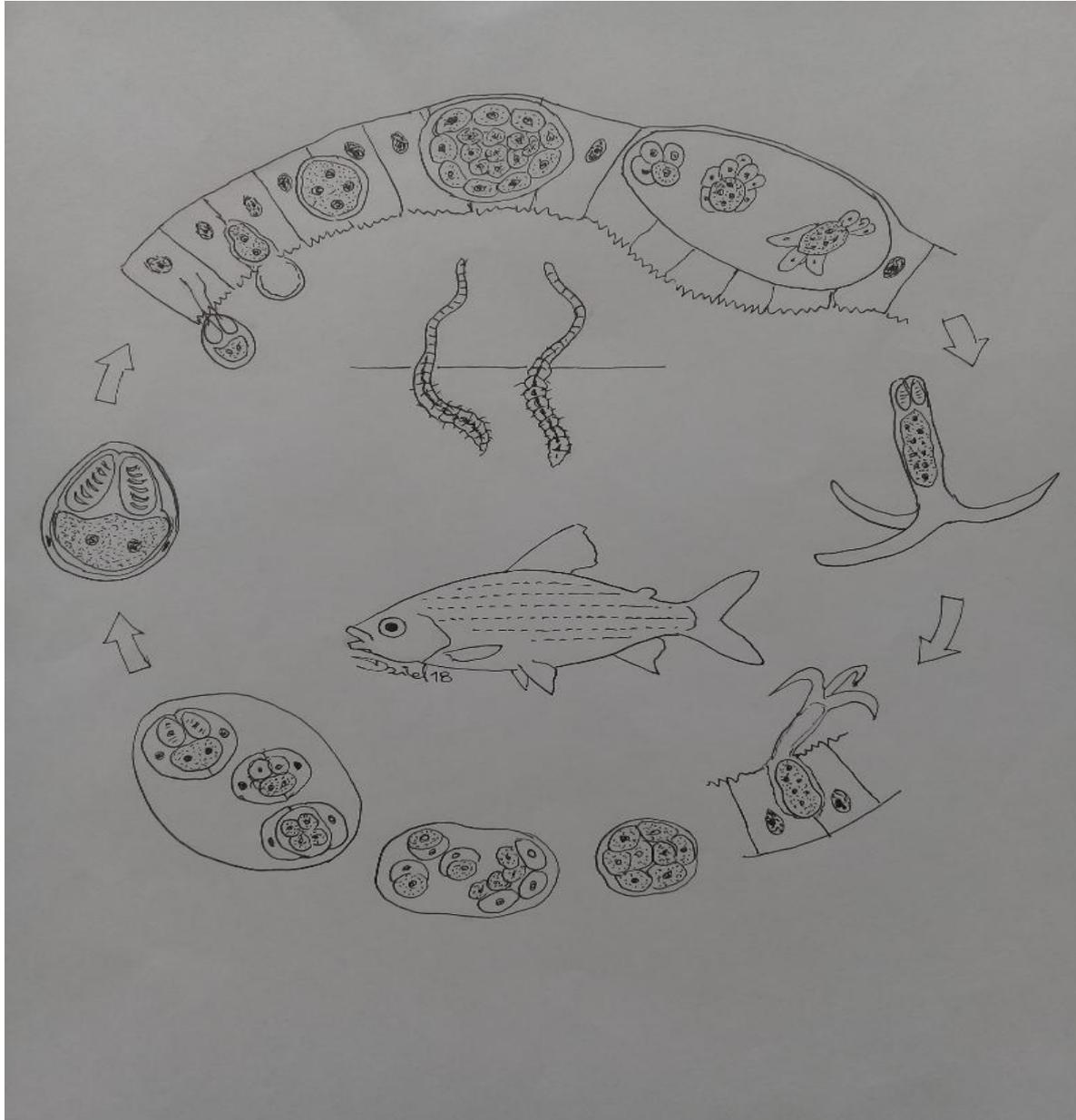


Fig.4. Ciclo de vida de Mixosporidios. (Carnevia, 2019)

1.2.3 Patología causada por mixosporidios

Los mixosporidios se caracterizan por causar afecciones nodulares (mixosporidiosis o nodulosis), las que pueden estar localizadas en piel, músculo, branquias, cartílago y órganos internos como cerebro, médula espinal, gónadas, riñón, corazón, tracto digestivo, vesícula biliar, hígado y vejiga gaseosa (González, 2002; Carvalho-

Varela, 2002; Feist y Longshaw, 2006). La mayoría de las especies descritas no producen una patología grave en el hospedero. Sin embargo, se han descrito pérdidas importantes de peces cuando estos parásitos atacan a las branquias y a gran parte de la superficie corporal (González, 2002).

La infección en las branquias puede comprometer la capacidad respiratoria en el caso que el número de mixosporidios parasitando al pez sea alto. A su vez, pueden predisponer a una invasión patógena secundaria porque se produce un daño en el epitelio branquial. Los cambios patológicos en branquias se caracterizan por hiperplasia, inflamación, fusión de laminillas y necrosis celular (Feist y Longshaw, 2006).

Por otro lado, a nivel mundial, se han descrito especies muy patógenas causando serios daños en la acuicultura y en la industria pesquera (Alvarez y col., 1988; González, 2002; Carvalho-Varela, 2002; Yokohama, 2003; Eiras y col., 2009; Barassa y col., 2012). Algunos ejemplos de estos mixosporidios causantes de severas patologías, particularmente en salmones, son *Kudoa thyrsites* que produce una licuefacción muscular post-mortem y una marcada miositis en varios peces marinos de cultivo como el Salmon salar; *Myxobolus cerebralis* que causa la enfermedad conocida como *whirling disease* (“enfermedad por torneo”) afectando al sistema nervioso central (SNC) y tejido cartilaginoso, con un impacto dramático en salmónidos silvestres y cultivados; *Tetracapsuloides bryosalmonae* que produce enfermedad proliferativa del riñón (PKD) y *Ceratomyxa shasta* que produce hemorragia e inflamación fibrinosa del intestino posterior en salmones del Pacífico (Moran y col., 1999; Yokohama, 2003; Ferguson, 2006; Kahn, 2007)

El género *Kudoa* afecta también a otros peces marinos como *Lepidopus caudatus* y *Merluccius productus* provocando importantes pérdidas económicas en los centros de cultivo de peces y en la industria pesquera ya que se disminuye el valor de mercado por la licuefacción muscular post-mortem producida y la formación de quistes macroscópicos a nivel muscular (Moran y col., 1999; Feist y Longshaw, 2006).

Con respecto a los peces de acuario, *Hoferellus carasii* parasita el riñón de *goldfish* produciendo la enfermedad conocida como “*Kidney Enlargement Disease*” (KED). Esta enfermedad se caracteriza por causar una infección renal crónica con hiperplasia renal manifestada por una distensión abdominal. Ha sido reportada en Asia, Europa y Norteamérica (Noga, 2010)

Por regla general, cada mixosporidio puede parasitar una sola especie de hospedero o un grupo de hospederos filogenéticamente próximos. Además la mayoría de los mixosporidios parasitan sólo uno o unos pocos órganos blanco dentro del hospedero (Barroso, 2007; Noga, 2010; Adriano y col., 2012). Por otro lado este concepto está cuestionado por otros autores que sostienen que no está muy clara la especificidad de hospedero que poseen los mixosporidios, ya que algunas especies son altamente específicas de cierto hospedero mientras que otras son específicas según la familia de hospedero y otras incluso afectan un amplio rango de hospederos de distintas familias y con una amplia distribución geográfica. La localización dentro del hospedero por parte de los mixosporidios también es objeto de discusión ya que es muy variable, porque algunas especies afectan a una variada cantidad de órganos y

otras son específicas de ciertos órganos blancos (Eiras, 1994; Lom y Dyková, 2006; Feist y Longshaw, 2006) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Mixosporidios importantes en diferentes hospederos y en diferentes sitios de infección (tomado de Feist y Longshaw, 2006; Noga, 2010)

Mixosporidio causal	Hospedero	Sitio de infección
<i>Sphaerosphora molnari</i>	<i>Cyprinus carpio</i> y <i>Carassius carassius</i>	Branquia
<i>S. chinensis</i>	<i>Carassius auratus</i>	Branquia
<i>S. testicularis</i>	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Túbulos seminíferos
<i>S. ovophila</i>	<i>Lepomis gibbosus</i>	Ovario
<i>S. renicola</i>	Carpa	Riñón
<i>Myxobolus koi</i>	<i>C. carpio</i>	Branquia
<i>M. cerebralis</i>	Salmon del Pacífico	SNC y tejido cartilaginoso
<i>M. pavlovskii</i>	<i>Aristichthys nobilis</i> y <i>Hypophthalmichthys</i>	Branquia
<i>M. diversus</i>	Goldfish	Aleta
<i>M. rotundus</i>	<i>C. auratus auratus</i>	Piel
<i>M. artus</i>	<i>C. carpio</i>	Músculo esquelético
<i>Thelohanellus wuhanensis</i>	<i>C. aureatus gibelio</i>	Piel
<i>Kudoa ovívora</i>	<i>Thalassoma bifasciatum</i>	Ovario
<i>K. thyrsites</i>	Salmón salar	Músculo
<i>Kudoa</i> sp.	Peces marinos	Cerebro
	<i>Lepidopus caudatus</i> y <i>Merluccius productus</i>	Músculo
<i>Parvicapsula minibicornis</i>	Salmon del Pacífico	Riñón
<i>Hoferellus carasii</i>	Goldfish	Riñón
<i>Myxidium gadi</i>	<i>Pollachius virens</i> y <i>Pollachius pollachius</i>	Vesícula biliar
<i>Ceratomyxa shasta</i>	Salmón del Pacífico	Intestino posterior
<i>Tetracapsuloides bryosalmonae</i>	Salmón del Pacífico	Riñón

1.2.4. Posible utilización de los mixosporidios como indicadores de poblaciones naturales de peces

Desde hace tiempo se postula la coexistencia de varias poblaciones de *P. lineatus* que comparten las mismas zonas tróficas pero no las zonas de reproducción a causa del hábito migrador del *P. lineatus* y a la fidelidad para con los sitios de desove, así como a una variabilidad morfológica. Sverlij y col. (1993) señalan la dificultad para distinguir estas poblaciones en base a caracteres morfológicos.

Diversos autores sugieren el uso de parásitos como indicadores biológicos de poblaciones naturales de peces (McKenzie, 1987, 2002; Williams y col., 1992; Sardella y Timi, 2004; Whiterman y Parker, 2005; Feist y Longshaw, 2006).

Según Williams y col., (1992) y McKenzie y col., (2005) las características que deben reunir los parásitos para ser buenos indicadores son las siguientes: que la parasitosis tenga diferente prevalencia e intensidad media entre las poblaciones, ser fáciles de detectar con un mínimo de disección, que el ambiente de ambas poblaciones de peces sea bueno para el parásito, poseer un alto grado de especificidad de sitio de infección y de hospedero, poseer una prevalencia estable todo el año y no ser causantes de patología severa en el hospedero.

Si bien se suelen utilizar platelmintos, nematodos o crustáceos parásitos en el caso de los peces, existen también antecedentes de utilización de mixosporidios como indicadores de población (Karasev, 1988).

1.2.5 Prevención, control y tratamiento de las mixosporidiosis

No está clara la respuesta inmunológica con producción de anticuerpos frente a los mixosporidios, por lo tanto la vacunación es un tema discutido. Sin embargo, se ha descrito la resistencia genética de algunas especies de salmones frente a *Myxobolus cerebralis*. Entonces la selección de estos genes de resistencia podría ser importante para el control de esta enfermedad (Feist y Longshaw, 2006).

En cuanto al tratamiento, la eficacia de los fármacos depende del género y especie de mixosporidio. Desde la mitad de la década del 80 se han utilizado varios compuestos químicos como fumagalina y toltrazuril, pero en la actualidad su uso está limitado debido al desarrollo de toxicidad en peces de cultivo y a que generalmente el tratamiento farmacológico es desfavorable (Yokohama, 2003; Feist y Longshaw, 2006; Kahn, 2007).

En países como China, para prevenir la difusión de mixosporidiosis en los peces de cultivo como las carpas, los productores sacrifican a los peces infectados o los separan de los sanos, pero esto no termina de solucionar el problema ya que hay varios peces con manifestación subclínica (Zhang y col., 2010). Otra forma de prevención es el manejo adecuado de los estanques, es conveniente primero secarlos y tratarlos con cal para disminuir la presencia de los hospedadores definitivos y de esta forma se corta el ciclo de vida de los mixosporidios. (Kahn, 2007).

1.3. Género *Myxobolus*

La clase Myxozoa comprende a más de 1300 especies de parásitos. Dentro de estos, el género *Myxobolus* incluye aproximadamente 500 especies de mixozoarios parásitos de peces (Andre y col., 1999).

1.3.1. Características taxonómicas

La taxonomía de Myxozoa se basa en la estructura en la etapa de espora: principalmente el número de valvas, la forma de las esporas y la posición de la cápsula polar. La mayoría de las especies han sido descritas, principalmente por la morfología de las esporas emitidas desde los peces. Estas esporas derivan de la diferenciación de tres líneas celulares que forman: las cápsulas polares con su filamento, las células sarcoplásmicas y las valvas protectoras.

Secundariamente la especie de hospedero infectado, el órgano blanco y la distribución geográfica han sido utilizados como criterios de apoyo a la identificación de nuevas especies. Actualmente se están utilizando criterios moleculares para la identificación, si bien todavía el banco de datos generado es pequeño.

La clasificación actual del género *Myxobolus* es la siguiente:

Phylum Cnidaria. Verrill, 1855.
Clase Myxozoa. Grassé, 1970
Orden Bivalvulida. Schulman, 1959
 Suborden Platysporina. Kudo, 1919
 Familia Myxobolidae. Thelohan, 1892
 Género *Myxobolus*. Bütschli, 1882.

Morfología:

El género *Myxobolus* se caracteriza por producir esporas ovoides o piriformes con dos cápsulas polares apuntando hacia un extremo, un esporoplasma en el extremo opuesto y dos valvas, sin extensión tipo cola.

Las cápsulas polares tienen forma ovalada con el extremo que apunta al exterior más ahusado. Pueden ser del mismo tamaño o una ligeramente mayor que la otra.

Tienen en su interior un filamento polar enroscado en forma helicoidal. El número de vueltas del filamento polar es útil para la identificación de especie.

El esporoplasma es la parte infecciosa y consiste en una célula binucleada generalmente.

Las valvas se mantienen juntas a lo largo de la línea de sutura, que se divide para liberar el esporoplasma, dentro del huésped definitivo, oligoqueto. Estas valvas pueden ser lisas o presentar algunos surcos.

Ciclo de vida de *Myxobolus* sp.:

Ha sido demostrado que existe un hospedero definitivo oligoqueto en varias especies de *Myxobolus*, lo que sugiere que en todas debe existir aunque todavía no han sido identificados. En el cuadro 2 se muestran algunos oligoquetos identificados

como hospederos definitivos para varias especies de *Myxobolus* (Muñoz, 1999). En éste hospedero una vez ingeridas las esporas provenientes de un pez, se introducen en una célula del epitelio intestinal. Dentro de las células epiteliales se desarrolla primero una esquizogonia que constituye una fase proliferativa que origina dos tipos celulares pregaméticos. Luego se desarrolla una fase de gametogonia en la que las células sufren tres divisiones mitóticas y una meiótica para formar los gametos. Los gametos resultantes se fusionan y forman un panesporocisto con ocho cigotos. A esto lo sigue una fase de esporogonia donde se forman las actinosporas por unión de 3 células formadoras de valvas, 3 células formadoras de cápsulas y un esporoplasma multinucleado. Las actinosporas son liberadas al agua con las heces del oligoqueto o son consumidas junto con el anélido.

Una vez que la actinospora toma contacto con el pez, se fija en células de la epidermis de la piel, del epitelio branquial o del epitelio intestinal e inyecta el esporoplasma multinucleado. Aquí desarrolla primero una fase preesporogónica con varias divisiones mitóticas, producen células binucleadas que pueden invadir otras células vecinas y dividirse a su vez hasta obtener más células binucleadas. Estas células dobles pueden salir de las células epiteliales y migrar hasta el órgano blanco y allí comenzar una fase esporogónica. En esta fase se desarrolla primero un plasmodio con intensa división nuclear, el que es enquistado por el hospedero. Dentro de estos quistes ocurre una diferenciación en varias líneas celulares que luego se irán uniendo para ir formando las myxosporas (dos células formarán las cápsulas polares, dos las valvas y dos el sarcoplasma binucleado. Estas myxosporas son liberadas por ruptura de los quistes o por muerte de los peces con destrucción de los restos.

Especie de <i>Myxobolus</i>	Pez (hospedero intermediario)	Oligoqueto (hospedero definitivo)
<i>M. articus</i>	Salmón	<i>Stylodilus heringianus</i>
<i>M. carassi</i>	Goldfish	<i>Tubifex tubifex</i>
<i>M. cerebrealis</i>	Trucha arcoíris	<i>Tubifex tubifex</i>
<i>M. cotti</i>	Gobio	Varios oligoquetos
<i>M. cultus</i>	Goldfish	<i>Branchiura sowerbyi</i>
<i>M. dispar</i>	Carpa común	<i>Tubifex tubifex</i>
<i>M. hungaricus</i>	Brema	<i>Tubifex tubifex</i>
<i>M. pavloskii</i>	Carpa común	Varios oligoquetos
<i>M. portucalensis</i>	Anguila europea	<i>Tubifex tubifex</i>
<i>Myxobolus sp.</i>	Goldfish	<i>Branchiura sowerbyi</i>

Cuadro 2. Hospederos intermediarios y definitivos de algunas especies de *Myxobolus* (tomado de Muñoz, 1999).

1.3.2. Parasitosis causadas por *Myxobolus*

En un trabajo de investigación sobre las características de los parásitos *Myxozoa* de peces de agua dulce en Brasil se describe que *Myxobolus corderoi* infecta el Jahu Zungaro. Cincuenta muestras de Jaù fueron examinadas y el 78 % presentaron plasmodios del parásito. Los plasmodios eran blancos y redondos. Su desarrollo se

produjo en el arco branquial, piel, serosa de la cavidad del cuerpo, la vejiga urinaria y el ojo. (Adriano y col.2009)

La enfermedad del torneo, producida por *Myxobolus cerebralis*, tiene un impacto dramático sobre los salmónidos silvestres y cultivados. Fue descubierta en Alemania hace un siglo, pero su distribución se ha ampliado y está presente en la mayor parte de Europa, y demás zonas templadas del planeta (Bartholomew y Reno, 2002). Afecta peces jóvenes (alevines y juveniles) y les causa deformación en el esqueleto y daños neurológicos, por lo que los peces avanzan torpemente girando en espiral, en lugar de nadar normalmente, lo que les dificulta alimentarse y son más vulnerables a depredadores. La tasa de mortalidad es del 90% para los alevines infectados. (Gilbert y Granath, 2003)

Myxobolus insignis fue descrita en peces *Semaprochilodus insignis*, capturados del Río Amazonas, parasitando las branquias del hospedero. (Eiras y col., 2005)

Myxobolus oliveirai, es un parásito de los filamentos de las branquias de *Brycon hilarii*, popularmente conocida como piuraputanga, del Pantanal de Brasil. (Milanin y col., 2010)

En cuanto a la presencia de *Myxobolus* en peces del género *Prochilodus*, encontramos las siguientes citas:

En Colombia se diagnosticó *Myxobolus* sp. en *Prochilodus magdaleneae* (Vallejo, 2002), mientras que en el Río San Francisco (región nordeste de Brasil) se diagnosticó *Myxobolus curimatae* en *Prochilodus costatus* (Zatti y col., 2015).

Myxobolus porofilus es descrito infectando la cavidad visceral de *Prochilodus lineatus* en el río Paraná, en Brasil. Los plasmodios de esta especie se encuentran comprimidos entre la cavidad visceral y los ciegos pilóricos (Adriano y col., 2002).

En tanto que *Myxobolus prochilodus* fue encontrado en la cuenca alta del Río Paraná (estado de Sao Paulo, Brasil), parasitando las branquias de *P. lineatus* (Azevedo y col., 2014).

Campos y col. (2008) estudiaron mediante análisis histológicos los riñones, bazo e hígado de 3 especies de peces parasitados por mixosporidios, capturados en el río Aquidauana, estado de Mato Grosso do Sul, Brasil, diagnosticando *Myxobolus porofilus*, en *P. lineatus*.

En *Prochilodus costatus* del Río San Francisco, Brasil, se encontró *Myxobolus curimatae* con una prevalencia de 18,7 % (Zatti y col., 2015). En *Prochilodus argentus* se describe la parasitosis por *Myxobolus franciscoi*, mientras que en *Prochilodus insignis* está citado *Myxobolus insignis* (Zatti y col., 2015).

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Investigar la presencia del género *Myxobolus* en peces *Prochilodus lineatus* capturados en la costa del Río de la Plata (Colonia del Sacramento) y Río Uruguay (Salto).

2.2 Objetivos específicos

- Comprobar que *Myxobolus* está presente en sábalos capturados en el Río de la Plata y Río Uruguay.
- En caso de constatar su presencia, determinar la prevalencia de la parasitosis.

3. HIPÓTESIS

Existen diferentes reportes, en los cuales se pone en evidencia la existencia de más de 30 especies del género *Myxobolus*, en Sudamérica. Se ha diagnosticado la presencia de *Myxobolus* en sábalos en el alto Paraná. Teniendo en cuenta el carácter migrador de *Prochilodus lineatus*, podemos suponer la presencia de *Myxobolus* en los sábalos del Río de la Plata y Río Uruguay.

Por tanto en este trabajo consideramos como hipótesis la existencia de género *Myxobolus* en sábalos del Uruguay.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Muestras

Se colectaron 66 *P. lineatus* procedentes del Río de la Plata (Dpto. de Colonia) y del Río Uruguay (Dpto. Salto) entre los meses febrero 2011- mayo 2015. (Fig.6 y Fig.7)

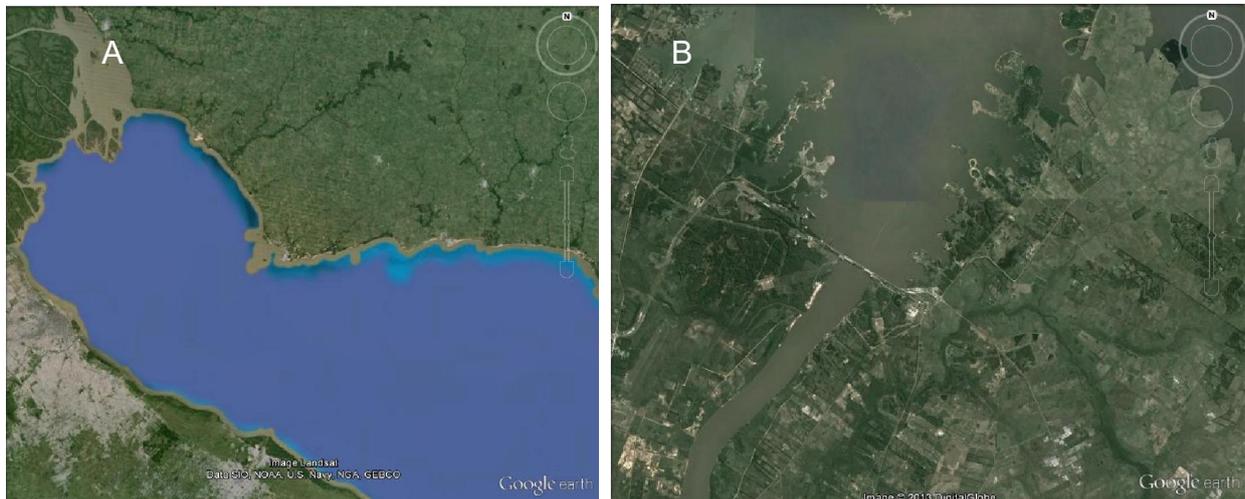


Fig.5 Vista satelital de las zonas del muestreo de *Prochilodus lineatus*.

A: Dpto. de Colonia. Río de la Plata (W 57° 54'; S 34° 30')

B: Dpto. de Salto. Represa de Salto Grande. Río Uruguay (W 57° 55'; S31° 10')



Fig.6 Lugares de muestreo de *Prochilodus lineatus* en Uruguay.

A- Río Uruguay. Dpto. Salto.

B- Río de la Plata. Dpto. Colonia.

Se tomaron muestras de *P. lineatus* a partir de capturas realizadas por pescadores artesanales y de cabezas congeladas enviadas desde la Comisión Técnico Mixta de Salto Grande.

Los muestreos fueron realizados en los meses febrero, marzo, abril, junio y noviembre y el número de ejemplares de cada muestreo fue entre dos y veinte. Los ejemplares se trasladaron dentro de una conservadora a temperatura de refrigeración de 0 a 5°C con refrigerante, al laboratorio del Área Acuicultura y Patología de Organismos Acuáticos, Instituto de Investigaciones Pesqueras Prof. Dr. Victor H. Bertullo (UDELAR. Facultad de Veterinaria). Las muestras se procesaron inmediatamente luego del arribo al laboratorio.

Todos los ejemplares fueron medidos con un ictiómetro, utilizándose la medida del largo total (en escala en cm) y pesados con una balanza digital en gramos. En el caso de las cabezas congeladas para saber el largo total del pez, se tomó la medida del largo total de la cabeza (cm) y mediante la siguiente fórmula según Reidel y col., (2004) se obtuvo la medida del largo total del pez.

$$\frac{CC}{CP} = 0,23 \quad CP = \frac{CC}{0,23}$$

0,23 : valor medio de índice morfométrico entre machos y hembras de *P. lineatus*.

CC: largo de la cabeza (cm)

CP: largo estándar del pez (cm)

$$\frac{CP}{CT} = 0,80 \quad CT = \frac{CP}{0,80}$$

0,80= valor medio de índice morfométrico entre machos y hembras de *P. lineatus*.

CT= Largo total del pez (cm).

4.2 Determinación taxonómica de *Myxobolus*

En la realización de las necropsias se llenaron fichas ictiopatólogicas diseñadas al efecto. Se incluyeron en estas los datos de hospedero: largo total (cm), peso (g) y procedencia de los ejemplares. También se registraron las variables morfométricas de esporas de *Myxobolus*,

En cada pez se efectuó una necropsia de la zona branquial (Fig. 7), con observación de filamentos en fresco al microscopio. Cuando se observó la presencia de esporas (Fig. 8), se procedió a la medición del largo y ancho de las cápsulas polares, y del largo y ancho total. Se midieron 97 esporas de *Myxobolus* sp. a través de un Microscopio Olympus BX 50 con cámara digital. Para la determinación taxonómica se utilizó la metodología descrita por Lom y Dyková (2006) y Thatcher (2006). Las variables morfométricas registradas (expresadas en μm) fueron, Largo del cuerpo de la espora (LC), Ancho del cuerpo de la espora (AC), Largo de la cápsula polar (LCP) y Ancho de la cápsula polar (ACP). La forma de tomar éstas variables morfométricas se esquematiza en la fig. 9.

4.3 Tratamiento de datos

Una vez que se completaron las fichas ictiopatólogicas, se procedió a calcular la prevalencia de los ejemplares parasitados sobre el total de ejemplares estudiados.

Para la identificación del parásito utilizamos las medidas del largo total de la espora, (LT) el ancho de la espora (AT), el largo de la cápsula polar (LC) y el ancho de la capsula polar (AC), con estos valores se realizó una tabla que se adjunta en el anexo 9.3

A las medidas obtenidas se le realiza un análisis estadístico para determinar el tipo de distribución, y luego un análisis no paramétrico de Kolmogorov y Smirnov.

Posteriormente, de acuerdo a los resultados obtenidos de este último, se dividieron los datos y se calculó la prevalencia para cada grupo.

Para los análisis estadísticos se utilizó el programa Statgraphic Centurión 16.1 y se consideró un nivel de confianza de 95 %.

5. RESULTADOS

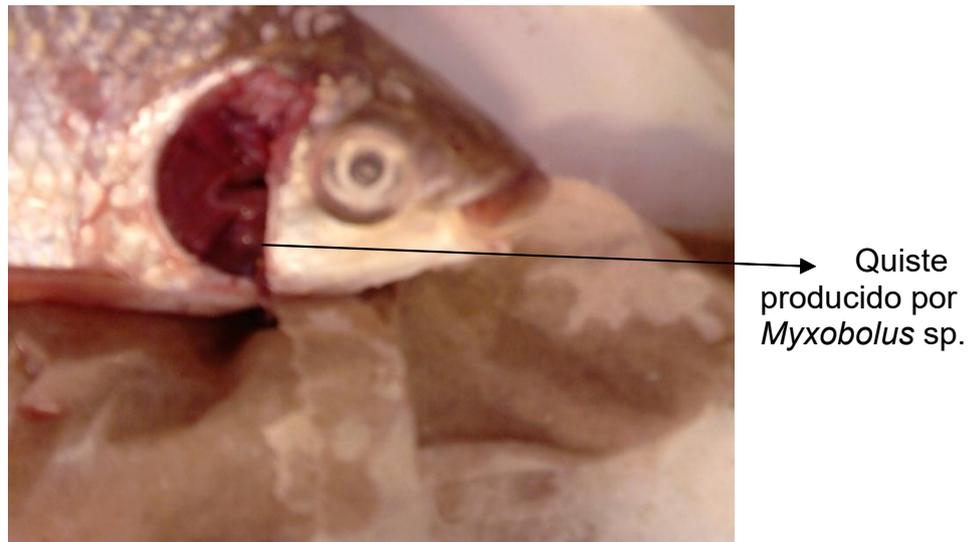


Fig.7 Necropsia branquial de *P. lineatus* con presencia de un pequeño quiste ovoideo blanquecino de 0,5 mm aprox. de diámetro presente en las laminillas de un arco branquial.

5.1 Datos de los peces

Se examinaron 66 peces, de los cuales 64 procedían de Colonia, y 2 de Salto. El tamaño promedio de los peces muestreados fue de 28,79 cm, con un desvío estándar de 10,50 cm, un máximo de 57,60 cm y un mínimo de 19,50 cm. El peso promedio fue de 457,63 g con un desvío estándar de 556,50 g, un máximo de 2010g y un mínimo de 88.5 g.

5.2 Hallazgo del Parásito

Una vez realizadas las necropsias se constató en varios peces la presencia de formaciones quísticas blanquecinas en aletas o branquias. Estas estructuras fueron abiertas y su contenido observado al microscopio. En el contenido se identificaron esporas de *Myxobolus*. En todos los peces fueron realizados frotis de piel y observación de arcos branquiales al microscopio, encontrándose en varios de ellos esporas correspondientes al género *Myxobolus*.

5.3. Prevalencia de la infestación

La prevalencia encontrada de *Prochilodus lineatus* parasitados por parásitos del género *Myxobolus* fue de 28.8 %, en los peces examinados.

5.4 Identificación del parásito dentro del género *Myxobolus*

Las características morfológicas de las esporas observadas, que permiten identificarlas dentro del género *Myxobolus* son: la presencia de una espora redondeada, con dos cápsulas polares de forma piriforme y similar tamaño en un extremo, un esporoplasma binucleado que presenta una vacuola ubicado en el

extremo opuesto y además valvas unidas en el plano de sutura y sin prolongaciones en forma de cola (Lom y Dyková, 2006; Thatcher, 2006). A su vez la presencia de trofozoitos en los tejidos del pez en forma de quistes con numerosos panesporoblastos y esporas, contribuyeron con la identificación.

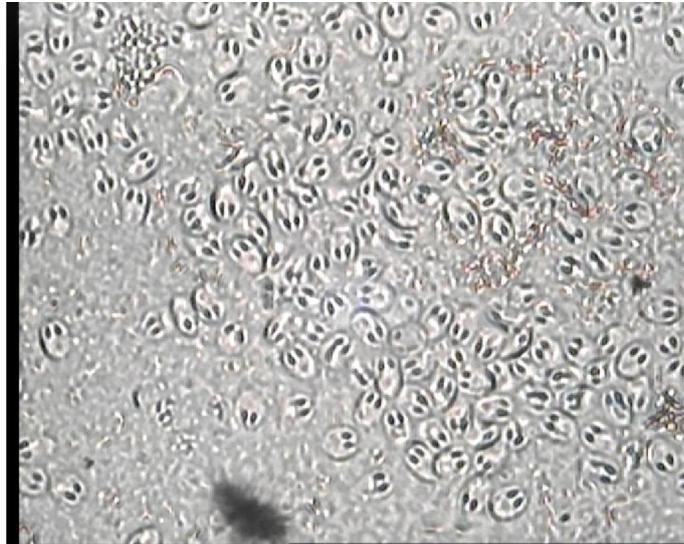


Fig. 8. Observación de esporas de *Myxobolus* sp.

5.5 Análisis de la morfometría observada

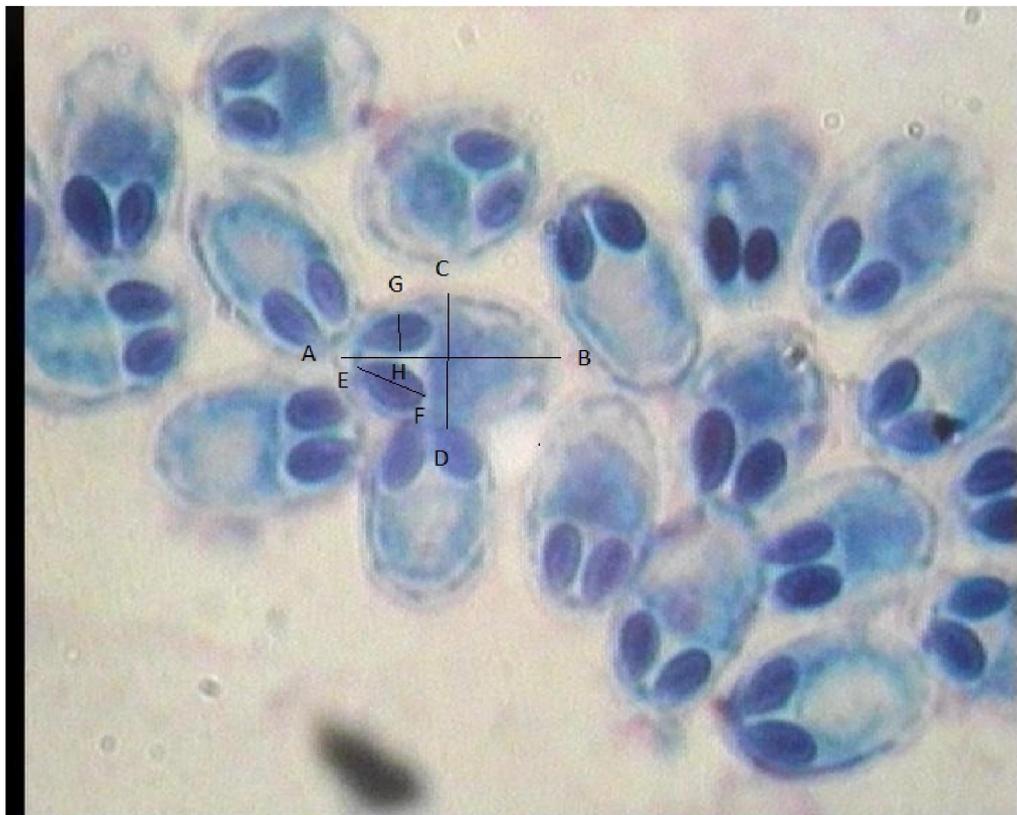


Fig. 9 .Metodología para la toma de medidas en las esporas de *Myxobolus*. AB: largo total de la espora (LT); CD: Ancho total de la espora (AT); EF: Largo de la cápsula polar (LC) y GH: Ancho de la cápsula polar (AC).

Una vez obtenidas las medidas se observó una distribución bimodal de la frecuencia (figura 10), por lo que se supone que estamos en presencia de dos distintos tipos de esporas que pueden corresponder a dos especies de *Myxobolus*.

A causa de esto decidimos dividir en dos grupos los datos:

- el grupo A, son los más grandes y tienen en promedio un largo total de $12,24 \pm 1,27 \mu$, un ancho total de $7,79 \pm 1,02 \mu$, un largo de la cápsula de $4,96 \pm 1,17 \mu$, y un ancho de la cápsula de $2,49 \pm 0,07 \mu$.
- el grupo B, son los más pequeños y tienen en promedio un largo total de $7,04 \pm 0,52 \mu$, un ancho total de $6,75 \pm 0,65 \mu$, un largo de la cápsula de $1,64 \pm 0,58 \mu$ y un ancho de la cápsula de $1,34 \pm 0,38 \mu$.

	LT	AT	LC	AC
GRUPO A	$12,24 \pm 1,27$	$7,79 \pm 1,02$	$4,96 \pm 1,17$	$2,49 \pm 0,07$
GRUPO B	$7,04 \pm 0,52$	$6,75 \pm 0,65$	$1,64 \pm 0,58$	$1,34 \pm 0,38$

Tabla 1. Datos morfométricos de los dos grupos de esporas de *Myxobolus* encontradas en *Prochilodus lineatus* en Uruguay. Medidas en micras.

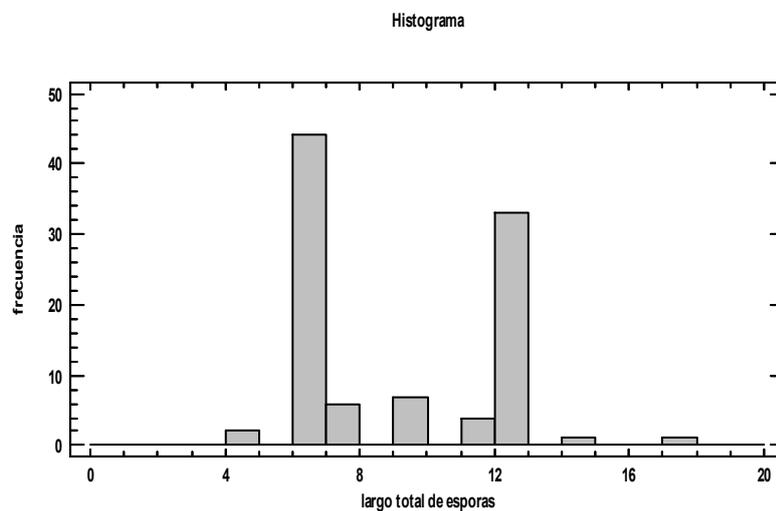


Fig. 10. Histograma de la distribución de largo total de las esporas de *Myxobolus* observadas en *Prochilodus lineatus* en Uruguay.

Seguidamente realizamos un análisis estadístico para comparar los dos grupos de medidas y ver si correspondían a dos poblaciones diferentes. Al realizar el análisis de la distribución de cada uno de los grupos de datos, encontramos que no

corresponden a una distribución normal (la curtosis y el sesgo caen fuera de los rangos para una distribución normal). A causa de esto para comparar los dos grupos de medidas se realiza un test no paramétrico de Kolmogorov-Smirnov. Aplicado el test encontramos que hay una diferencia significativa entre todos los datos con un nivel de confianza de 95 %, por lo que podemos concluir que corresponden a dos especies de *Myxobolus* diferentes (Tabla 2).

medida	Estadístico K-S	P
Largo total espora (LT)	4,940	0,000
Ancho total espora (AT)	4,833	0,000
Largo cápsula polar (LC)	4,655	0,000
Ancho cápsula polar (AC)	4,940	0,000

Tabla 2. Resultado del análisis estadístico de Kolmogorov-Smirnov comparando los dos grupos de medidas de esporas de *Myxobolus* encontradas en *Prochilodus lineatus*.



Fig.11. Quiste ovoideo blanquecino de *Myxobolus* sp. presente en aleta dorsal de *P. lineatus*.

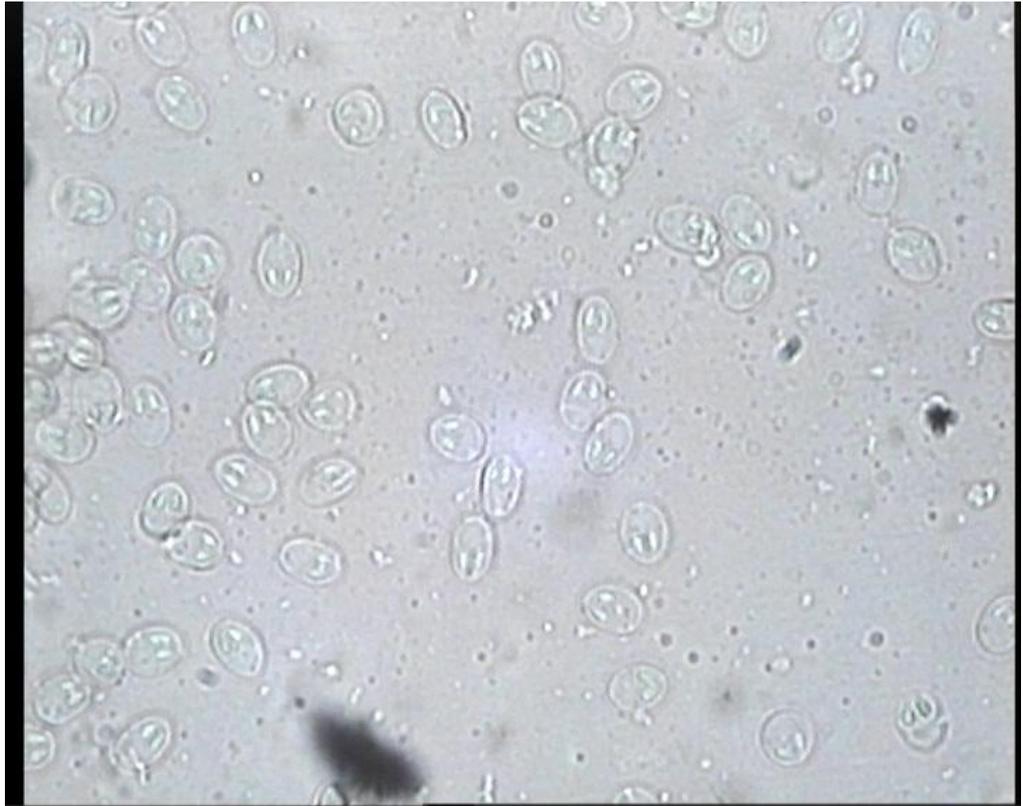


Fig. 12. Frotis realizado con la extensión del material del quiste.

6. DISCUSIÓN

Para la identificación de la posible especie de *Myxobolus*, se compararon los resultados obtenidos de las mediciones, con medidas extraídas de otros trabajos publicados. Se tomaron en cuenta en primer lugar las medidas de *Myxobolus* parásitos de *Prochilodus* y luego las de *Myxobolus* que parasitan otros peces.

6.1. Comparación con otros *Myxobolus* parásitos de *Prochilodus lineatus*

En el cuadro 3 se comparan las medidas de las esporas de *Myxobolus* obtenidas de los peces de Uruguay con las medidas de algunas especies de *Myxobolus* que afectan *Prochilodus lineatus* en Brasil.

En *P. lineatus* se han identificado solamente dos especies de *Myxobolus*: *M. prochilodus* y *M. porofilus*. Ambas especies parasitan la misma población de peces en la cuenca alta del Paraná (Zatti y col., 2016).

Especie de <i>Myxobolus</i>	LT	AT	LC	AC	Lugar	Referencia
<i>M. prochilodus</i>	14,2 \pm 1,4	11,1 \pm 1,5	6,4 \pm 0,9	3,1 \pm 0,7	Branquias	Zatti y col.. 2016
<i>M. prochilodus</i>	14,8 \pm 0,5	11,3 \pm 0,7	6,6 \pm 0,6	3,2 \pm 0,4	Branquias	Azevedo y col., 2014
<i>Myxobolus</i> sp. (grupo A)	12,2 \pm 1,3	7,8 \pm 1,0	4,9 \pm 1,2	2,5 \pm 0,1	Branquias	Este trabajo
<i>M. porofilus</i>	6,3 \pm 0,4	6,1 \pm 0,3	1,9 \pm 0,3	1,4 \pm 1,1	Aletas	Zatti y col., 2016.
<i>M. porofilus</i>	6,2 \pm 0,3	4,9 \pm 0,3	2,1 \pm 0,3	1,3 \pm 0,2	Aletas y Branquias	Adriano y col., 2002.
<i>M. porofilus</i>	5,7 \pm 0,3	4,8 \pm 0,2	1,6 \pm 0,1	1,1 \pm 0,1	Cavidad visceral	
<i>Myxobolus</i> sp. (grupo B)	7,04 \pm 0,5	6,75 \pm 0,6	1,64 \pm 0,6	1,34 \pm 0,4	Aletas y branquias	Este trabajo

Cuadro 3. Comparación de morfometría de esporas de *Myxobolus* descritas en *Prochilodus lineatus*. Medidas en micras.

Las esporas de *Myxobolus* del grupo A fueron comparadas con *Myxobolus prochilodus* (Azevedo y col., 2014); descritos parasitando *P. lineatus* en la cuenca alta del Paraná en Sao Paulo, Brasil. Las esporas obtenidas por nosotros no coinciden en la morfometría ya que el largo y ancho de la espora son menores, así como el largo y ancho de la cápsula. Además la forma del cuerpo de la espora es más alargada, en tanto que *M. prochilodus* es más esférico. En base a estas diferencias podemos afirmar que no se trataría de la misma especie de parásito. Ambas especies parasitan las branquias.

En cuanto a las esporas de *Myxobolus* del grupo B se los comparó con *Myxobolus porofilus* (Adriano y col., 2002); también descritos parasitando *P. lineatus* en la cuenca alta del Paraná en Brasil. Las esporas obtenidas en Uruguay presentan un mayor largo total pero las demás medidas son similares. En base a que esta

diferencia es menor puede considerarse que podrían estar dentro de la variabilidad esperada teniendo en cuenta que los datos fueron obtenidos por diferentes investigadores en distintos laboratorios. Por tanto, consideramos que las esporas del grupo B corresponden a *Myxobolus porofilus*.

6.2. Comparación de las esporas del grupo A con otros *Myxobolus*

Para identificar a las esporas del grupo A las comparamos primero con *Myxobolus* que parasitan otras especies de *Prochilodus*. Encontramos que *M. curimatae* (parásito de *P. costatus* en el Rio San Francisco, Brasil) es más redondeado (13,2 x 9,7 micras) y presenta cápsulas más largas (5,2 micras) (Zatti y col, 2016). Además comparando con *M. insignis* (parásito de *P. insignis* en la cuenca del Amazonas) encontramos que es de mayor tamaño tanto la espora (14,5 x 11,3 micras) como las cápsulas (7,6 x 4,2 micras) (Eiras y col 2010). Por tanto los parásitos encontrados por nosotros no se corresponden con otras especies descritas de *Myxobolus* que afecten peces del género *Prochilodus*.

Seguidamente se compararon con *Myxobolus* que afectan otras especies de peces y solamente encontramos similitudes morfométricas en ocho *Myxobolus* (cuadro 4) (Eiras y col. 2010).

Myxobolus	LT	AT	LC	AC	Pez	localización	país
<i>M. inornatus</i>	12,3	8,2	5,2	2,4	<i>Huro floridana</i>	musculos	USA
<i>M. gnathopogonae</i>	9,3-13,3	7,2-10,3	4,1-6,7	2,1-3,1	<i>Gnathopogon elongatus</i>	cabeza	Japón
<i>M. dujardini</i>	12,0-13,0	7,0-8,0			<i>Rutilus rutilus</i>	branquias	Francia
<i>M. chenhshiehi</i>	12-14,4	7,2-7,8	4,8-6,0	2,4-2,6	<i>Channa argus</i>	Branquias y abdomen	China
<i>M. rhinogobii</i>	12,0-13,8	7,4-8,4	4,8-6,0	2,6-3,4	<i>Rhinogobius giurinus</i>	Branquias, músculos	China
<i>M. yaanensis</i>	10,4-12,8	7,2-8,8	4,7-5,2	2,4-3,0	<i>Schizothorax davidi</i>	riñón	China
<i>M. latipinnacola</i>	12,0-14,0	7,1-9,8	3,9-5,9	1,7-2,8	<i>Poecilia latipinna</i>	Vesícula biliar	USA
<i>M. narzikulovi</i>	12,0-14,0	7,0-9,0	3,0-5,0	2,0-3,0	<i>Nemacheilus stoltzkai</i>	riñón	Asia central

Cuadro 4. Datos morfométricos, hospederos y localización de esporas de *Myxobolus* de tamaño similar al grupo A encontrado en *Prochilodus lineatus* en Uruguay.

En todos los casos se trató no solamente de parásitos que afectan otras especies de peces no emparentadas con *Prochilodus*, sino que están descritos en otros continentes (América del Norte, Europa o Asia), por lo que sería muy improbable que fueran la misma especie.

En base a toda esta información postulamos que los *Myxobolus* pertenecientes al grupo A encontrados en el presente trabajo podrían corresponder a una nueva especie de *Myxobolus*.

En cuanto a la prevalencia de la parasitosis encontrada por nosotros, en tanto que en conjunto el 28,8 % de los peces estuvo parasitado por *Myxobolus*, la prevalencia

de peces parasitados el grupo A fue de 22,73%, mientras que la prevalencia de los peces parasitados por *M. porofilus* fue de 6,06 %.

En este último caso, nuestra prevalencia de *M. porofilus* fue menor que la encontrada por Zatti y col. (2016) que encuentran 15,38 % en el Rio Mogí Guaçú, y mayor que la encontrada por Adriano y col. (2002) que fue de 2,5 % en peces cultivados en las proximidades del mismo río.

En cuanto a la utilización de estas parasitosis como bioindicadores de población, podemos ver que si bien *M. porofilus* parece parasitar a *P. lineatus* a lo largo de toda la cuenca platense, *M. prochilodus* solamente está citado en la parte alta y media de la cuenca, mientras que la especie del grupo A encontrada por nosotros solo se distribuiría en peces de la parte baja de la cuenca. En base a esto la especie del grupo A podría utilizarse como bioindicador de la población de sábalos que se localiza más en el Rio Uruguay, mientras que *M. prochilodus* sería un indicador de la población de sábalos que se distribuye en la parte alta de la cuenca del Paraná.

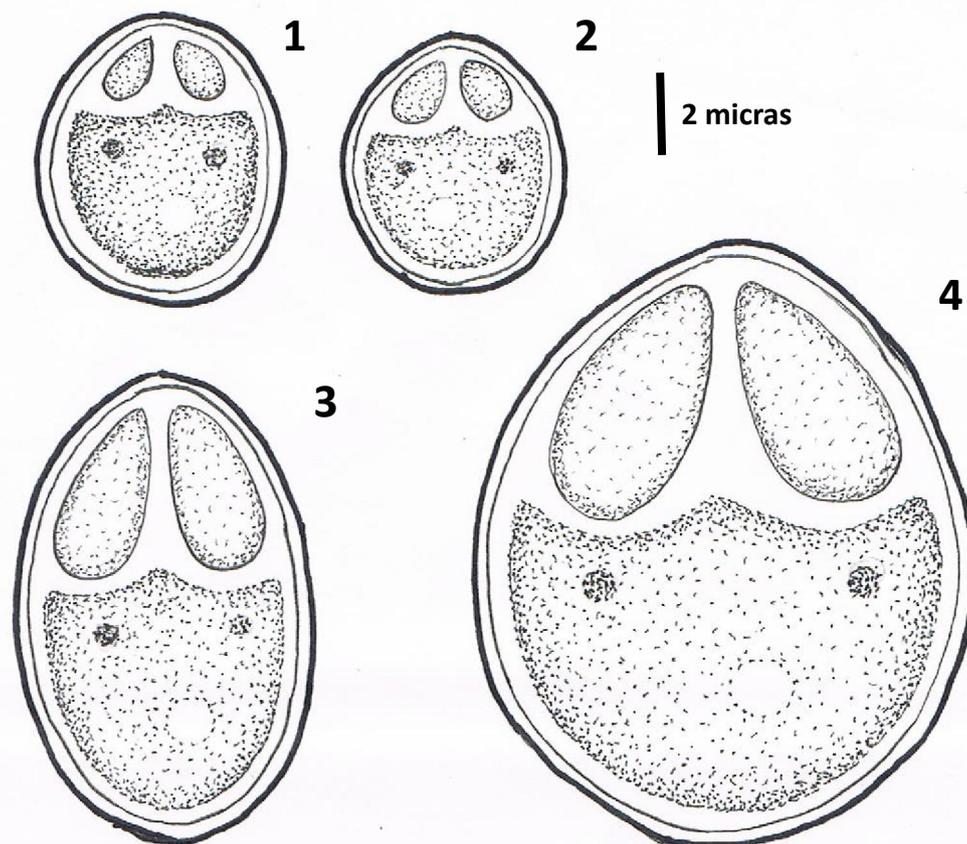


Fig. 13. Dibujos a escala de las especies de *Myxobolus* encontradas en sábalo (*Prochilodus lineatus*). 1 *M. porofilus* (presente trabajo), 2 *M. porofilus* (Adriano y col., 2002), 3 *Myxobolus* sp. (presente trabajo), 4 *M. prochilodus* (Azevedo y col., 2014).

7. CONCLUSIONES

Se demuestra la presencia de parasitosis por *Myxobolus* en sábalos de la costa uruguaya del Río de la Plata y del Río Uruguay.

Se describen dos especies de *Myxobolus*: uno que parasita las branquias y aletas, identificado como *M. porofilus* y otro que parasita branquias el cual no coincide con ninguno descrito en la bibliografía y lo identificamos como “grupo A” en el presente trabajo.

La prevalencia de la parasitosis por *Myxobolus* es de 28.8%, correspondiendo a *M. porofilus* una prevalencia de 6,06% y al grupo A de 22.73%.

El nuevo parásito encontrado (grupo A) puede ser utilizado como bioindicador de población en *Prochilodus lineatus*, presentándose en la población de sábalos de la costa uruguaya de los Ríos de la Plata y Uruguay.

8. BIBLIOGRAFÍA

- 1- Adriano E.; Arana S.; Ceccarelli P.; Cordeiro N. (2002) Light and scanning electron microscopy of *Myxobolus porofilus* sp. n. (Myxosporea: Myxobolidae) infecting the visceral cavity of *Prochilodus lineatus* (Pisces: Prochilodontidae) cultivated in Brazil. *Folia Parasitológica* 49: 259-262.
- 2- Adriano, E. A.; Arana, S.; Alves, A. L.; Silva, M. R. M.; Ceccarelli; P. S.; Henrique-Silva, F.; Maia, A. A. M. (2009) *Myobolus corderoi* n. sp. a parasite of Zugaro jahu (Siluriformes: Pimelodiade) from Brazilian Pantanal: Morphology, phylogeny and histopatology sp. *Veterinary Parasitology* 162: 221-229.
- 3- Adriano E.; Carriero M.; Maia A.; Silva M.; Naldoni J.; Ceccarelli P.; Arana S. (2012) Phylogenetic and host-parasite relationship analysis of *Henneguya multiplasmodialis* n.sp. infecting *Pseudoplatystoma spp.* in Brazilian Pantanal wetland. *Vet Parasitol*; 185: 110-120.
- 4- Alvarez P.; Barja J.; Blanch A.; Estévez A.; Figueras A.; Giorgetti G.; Jofre J, Mcallister E.; Sarti M.; Villalba A. (1988) Patología en Acuicultura. Plan de Formación de Técnicos Superiores en Acuicultura. Madrid. Comisión Investigación Científica y Técnica; 218: 235-236.
- 5- Andree, K.; Székely C.; Molnar K.; Gresoviac S. y Hedrick R. (1999) Relationship among members of the genus *Myxobolus* (Myxozoa, Bivalvulidae) based on small subunit ribosomal DNA sequences. *J. Parasitol.* 85: 68-74.
- 6- Azevedo R., Mirandola D., Vieira G., Silva R. y Abdallah V. (2014) Phylogeny, ultrastructure and histopathology of *Myxobolus lomi* sp. nov., a parasite of *Prochilodus lineatus* (Val., 1836) (Characiformes: Prochilodontidae) from the Peixe River, Sao Paulo, Brazil. *Parasitol. Int.* 63: 303-307.
- 7- Barassa B.; Adriano E.; Cordeiro N.; Arana S.; Ceccarelli P. (2012) Morphology and host-parasite interaction of *Henneguya azevedoi* n. sp., parasite of gills of *Leporinus obtusidens* from Mogi-Guacu River, Brazil. *Parasitol Res*; 110: 887-894.
- 8- Barroso M. (2007) Pesquisas Patológicas e Genéticas em Recursos Pesqueira da Bacia do Alto Paraguai. Brasilia, Ibama. 42 p.
- 9- Bartholomew, J. L.; Reno, P. W. (2002) The history and dissemination of whirling disease. *American Fisheries Society Symposium* 29: 3-24.
- 10- Britski, H. (1972) Peixes de Água Doce de Estado de São Paulo en Poluição e Piscicultura. *Inst. Pesca São Paulo*: 79-108.
- 11- Campos, C. M.; De Moraes, J. R.; De Moraes, E. F. (2008) Histopatología de fígado, rim ebaço de *Piaractus mesopotamicus*, *Prochilodus lineatus* e *Pseudoplatystoma fasciatum* parasitados por

- Myosporidios, capturados no Río Aquidauana, Mato Grosso do Sul, Brasil. Rev. Bras. Parasitol. Vet. 17 (4): 200- 205..
- 12- Carnales, D.; Carnevia, D.; Chiavino, C.; Chiavino, D. (2012) Morfología y taxonomía de mixosporidios del género *Henneguya* en branquias y piel de *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) del Río de la Plata y Uruguay. II Congr. Uruguayo Zool. Montevideo, Uruguay, 139 p.
 - 13- Carnevia, D.; Letamendía, M. y Perretta, A. (2010). Primer registro del género *Chilodonella* Strand, 1926 (Ciliophora: Chilodontidae) parasitando *Prochilodus lineatus* (Pisces: Characiformes) procedentes del Río Santa Lucía. I Congr. Uruguayo Zool. Montevideo, Uruguay, 80 p.
 - 14- Carnevia D. (2008) Análisis de las oportunidades de cultivo de especies acuáticas en Uruguay. Plan Nacional de Desarrollo de la Acuicultura. Montevideo. DINARA-FAO. 40 p.
 - 15- Carriero MM.; Adriano EA.; Silva MRM.; Ceccarelli PS.; Maia AAM. (2013) Molecular Phylogeny of the *Myxobolus* and *Henneguya* Genera with Several New South American Species. Plos One 8(9): e73713. doi:10.1371/journal.pone.0073713
 - 16- Carvalho-Varela M. (2002) Parasitosis de los peces. Parasitosis internas. En: Cordero del Campillo, M; Rojo F. Parasitología Veterinaria. Madrid. McGraw- Hill- Interamericana. p 865-901.
 - 17- Ceccarelli P.; Adriano E.; Cursino S.; Figueiredo R.; Lacerda L. (2007) Levantamento Quali-Quantitativo da Fauna Parasitológica de Peixes do Pantanal Mato-Grossense. En: Pesquisas Patológicas e Genéticas em Recursos Pesqueiros da Bacia do Alto Paraguai. Centro de Pesquisa e Gestao de Recursos Pesqueiros Continentais Pesquisas Patológicas y Genéticas em Recursos Pesqueiros da Bacia do Alto Paraguai. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renovaveis. Brasilia. Ibama. 169 p. 21-123 p.
 - 18- Cortéz, G. (2003) Guía para el manejo, cría y conservación del bocachico *Prochilodus magdaleana* (Steindachner, 1878). Bogotá. Convenio Andrés Bello. 49 p.
 - 19- Cousseau M.; Díaz J.; Ehrlich M.; Fabré N.; Figueroa D. (2010). Ictiología. Aspectos fundamentales. La vida de los peces sudamericanos. FAO. Universidad Nacional de Mar del Plata. Argentina. 665 p.
 - 20- Croux, M. (1992) Comportamiento y crecimiento de *Prochilodus lineatus* (Pisces, Curimatidae) en condiciones controladas. Rev. Asoc. Ciencias Nat. Litoral; 23: 9-20.

- 21- Eiras J.; Takemoto R.; Pavanelli G. (2009) *Henneguya corruscans* n. sp (Myxozoa, Myxosporea, Myxobolidae), a parasite of *Pseudoplatystoma corruscans* (Osteichthyes, Pimelodidae) from the Paraná River, Brazil: A morphological and morphometric study. *Vet Parasitol*; 159: 154-158.
- 22- Eiras JC.; Malta JCO.; Varella AMB.; Pavanelli GC. (2005); *Mixobolus insignis* sp. n. (Myxozoa, Mixosporea, Myxobolidae) a parasite of the Amazonian teleost fish *Semaprochilodus insignis* (Osteichthes, Prochilodontidae). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz (Rio de Janeiro)* 100 (3): 245-247.
- 23- Eiras, J.C.; Monteiro, C.M.; Brasil-Sato, M.C. (2010) *Myxobolus franciscoi* sp. nov. (Myxozoa: Myxosporea: Myxobolidae), a parasite of *Prochilodus argenteus* (Actinopterygii: Prochilodontidae) from the Upper São Francisco River, Brazil, with a revision of *Myxobolus* spp. from South America. *ZOOLOGIA* 27 (1): 131–137.
- 24- Eiras J.; Pavanelli C.; Takemoto R. (2004) *Henneguya paranaensis* sp. n. (Myxozoa, Myxobolidae), a parasite of the teleost fish *Prochilodus lineatus* (Characiformes, Prochilodontidae) from the Paraná River, Brazil. *Bull. Eur. Ass Fish Pathol*; 24:308-311.
- 25- Eiras J. (1994) *Elementos de Ictioparasitología*. Porto, Fundación Eng. Antonio de Almeida. 339 p.
- 26- FAO (2016) *El estado mundial de la pesca y la agricultura. Contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos*. 212 p.
- 27- Feijó, M.; Arana S.; Ceccarelli P.; Adriano A. (2008) Light and scanning electron microscopy of *Henneguya arapaima* n. sp. (Myxozoa: Myxobolidae) and histology of infected sites in piracucu *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) from the Araguaia River, Brazil. *Vet Parasitol*; 157: 59-64.
- 28- Feist SW.; Longshaw M. (2006) Phylum Myxozoa en Woo P.T.K *Fish Diseases and Disorders, Volume 1: Protozoan and Metazoan Infections*. 2° ed. Wallingford, CABI, 230-296.
- 29- Ferguson H. (2006) *Systemic Pathology of fish. A text and Atlas of Normal Tissues in Teleosts and their Responses in Disease*. Iowa. Scotian Press. 367 p.
- 30- Froese, R.; Pauly D. (2013) *FishBase World Wide Web electronic publication*. Disponible en: <http://www.fishbase.org>. Fecha de consulta: 8/7/13.

- 31- Gardiner C., Fayer R., Dubey J. (1988) An atlas of Protozoan Parasites in Animal Tissues. United States Department of Agriculture. Agriculture Handbook. N° 651. 83 p.
- 32- Gilbert, M. A.; Granath, W. O. Jr. (2003) Whirling disease and salmonid fish: life cycle, biology, and disease. *Journal of Parasitology* 89: 658- 667
- 33-González M. (2002) Parasitosis de los peces. Parasitosis externas. En: Cordero del Campillo, M; Rojo F. *Parasitología Veterinaria*. Madrid. McGraw- Hill- Interamericana. 847-864 p.
- 34- Iregui C.; Eslava P.; Martinez E.; Figueroa J. (1999) Descripción de un caso de Mixosporidiasis Clínica en Cachama Blanca *Pyaractus brachypomus*. *Asoc. Colom. Ictiol*; 3: 17-29.
- 35- Kahn C. (2007) Manual Merk de Veterinaria. 6°edición. Barcelona. Océano. V.2. 2682 p.
- 36- Karasev, A. (1988) Myxosporidian *Myxobolus aeglefini* (Cnidospora: Myxosporidia) blue whiting biological tag from the Celtic Sea and adjacent waters. *ICES C.M. H*: 27. 16 p.
- 37- Kent. M.; Andree K.; Bartholomew J.; El-Matbouli M.; Desser S.; Devlin R.; Feist S.; Hedrick R.; Hoffmann R.; Khattra J.; Hallett S.; Lester R.; Longshaw M.; Palenzeula O.; Sidall M.; Chiao C. (2001) Recent Advances in Our Knowledge of the Myxozoa. *J Eukaryot Microbiol*; 48: 1-19.
- 38- Lom J.; Dyková I. (2006) Myxozoan genera: Definition and notes on taxonomy, life cycle terminology and pathogenic species. *Folia Parasitol*; 53:1-36.
- 39- Martins M.; Souza V.; Moraes J.; Moraes F. (1999) Gill infection of *Leporinus macrocephalus* Garavello y Britsky , 1988 (Osteichthyes: Anostomidae) by *Henneguya leporinicola* n.sp. (Myxozoa:Myxobolidae). Description, Histopathology and Treatment. *Brasil Biol*; 59: 527-534.
- 40- McKenzie K.; Abaunza P.; Campbell N (2005) The use of parasites as biological tags in multidisciplinary stock identification studies of small pelagic fish. *ICES*; 17:1-11.
- 41- McKenzie, K. (2002) Parasites as biological tags in population studies of marine organisms: an update. *Parasitol*; 124:153-163.

- 42- McKenzie, K. (1987) Parasites as indicators of host populations. *Int J Parasitol*; 17:345-352.
- 43- Meléndrez, A.; Venzal, J.; Félix, M.; Castro, O.; Leites, V. (2011) Parasitosis de potencial zoonótico en peces de la región de Salto Grande. VII Jornadas Técnicas Veterinarias. Montevideo, Uruguay, 41-42 p.
- 44- MGAP-DINARA. Dirección Nacional de Recursos Acuáticos. Boletín Estadístico Pesquero 2015. Montevideo, 60p.
- 45- Milanin T.; Eiras JC.; Arana S.; Maia AAM.; Alves AI.; Silva MRM.; Carreiro MM.; Ceccarelli PS.; Adriano EA. (2010) Phylogeny, ultrastructure, histopathology and prevalence of *Myxobolus oliverai* sp.nov., a parasite of *Brycon hilarii* (Characidae) in the Pantanal wetland, Brazil. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro*, Vol 105(6): 762-769.
- 46- Monteiro A.; Okamura B.; Holland P. (2002) Orphan Worms finds a home: Buddenbrockia is a Myxozoan. *Mol Biol Evol*; 19: 968:971.
- 47- Moran J.; Whithaker D.; Kent M. (1999) A review of the myxosporean genus *Kudoa* Meglitsch, 1947, and its impact on the international aquaculture industry and commercial fisheries. *Aquaculture*. 172 (1 y 2): 163-196.
- 48- Muñoz, P. (1999) Estudio de la respuesta inmune de la lubina *Dicentrarchus labrax* L. frente a mixosporidios parásitos. Tesis Doctoral, Dto. Patología Animal, Universidad de Murcia. 73p.
- 49- Morris D.J. (2012) A new model for myxosporean (Myxozoa) development explains the endogenous budding phenomenon, the nature of cell within cell life stages and evolution of parasitism from a cnidarian ancestor. *Int J Parasitol*; 42: 829-840.
- 50- Nion H.; Ríos C.; Meneses P. (2002) Peces del Uruguay Lista Sistemática y Nombres comunes. Dinara. Infopesca. Montevideo, Uruguay. 104 p.
- 51- Noga E. (2010) Fish Disease Diagnosis and Treatment. 2° ed. Raleigh, North Carolina. Wiley. BlackWell. 229-246 p.
- 52- Perretta, A.; Carnevia, D.; Letamendía, M. (2010) Myxozoarios del género *Henneguya* Thélohan, 1892; parasitando *Prochilodus lineatus* (Characiformes: Curimatidae) en el Río Uruguay. Primera Cita. *Actas Primer Congreso Uruguayo de Zoología*. Montevideo, Uruguay, 116 p.

- 53- Ramos, A.; Corredor G. (1982) Dos nuevos ensayos sobre el cultivo de bocachico (*Prochilodus reticulatus*) en estanques fertilizados con estiércol de cerdo. Centro Píscicola Experimental. Univ. de Caldas. Colombia. Inf. Téc.(3). 27-30p.
- 54- Reidel A.; De Oliveira L.; Piana P; Lemainski D.; Bombardelli R.; Boscolo W. (2004). Avaliacao de Rendimiento e características morfométricas do curimatá *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1836) e do Piavucu *Leporinus macrocephalus* (Garavello & Britski, 1988) Machos e femeas. *Varia Scientia*; 4: 71-78.
- 55- Reis R.; Kullander S.; Ferraris C. (2003) Check list of the Freshwater Fishes of South and Central America. Edipucrs. Pontificia Universidade Católica do Ríó Grande do Sul. 729 p.
- 56- Sardella N.; Timi J. (2004) Parasites of Argentine hake in the Argentine Sea: population and infracommunity structure as evidence for host stock discrimination. *J of Fish Biol*; 65:1472-1488.
- 57- Stoskopf M. (1993) Fish Medicine. Raleigh. Carolina del Norte. v.1. 882 p.
- 58- Sverlij S.; Espinach A.; Ortí G. (1993). Sinopsis de los datos biológicos del sábalo, *Prochilodus lineatus* (Valenciennes, 1847). Roma. FAO. 154: 64 p.
- 59- Thatcher, V. (2006) Parásitos de peces amazónicos. Pensoft Publ., Sofía, Bulgaria. 515p.
- 60- Texeira de Mello F.; González- Bergonzoni I.; Loureiro M. (2011) Peces de agua dulce de Uruguay. Montevideo. PPR-MGAP. 188 pp.
- 61- Vallejo, A.; Pitalúa, N.(2002) Presencia de *Myxobolus* sp. (Sporozoa: Cnidospora) en Bocachico (*Prochilodus magdalenae*) de la Ciénaga Grande de Lórica, Córdoba, Colombia. Universidad de Córdoba, Facultad De Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Acuicultura. MVZ-Córdoba 2002; Vol. 7(2), Páginas 224-228.
- 62- Whiterman NK.; Parker PG. (2005) Using parasites to infer host populations history: a new rationale for parasite conservation. *Anim Cons*; 8:175-181.
- 63- Williams HH.; McKenzie K.; McCarthey A. M. (1992) Parasites as biological indicators of the population biology, migrations, diet and phylogenetic of fish. *Fish Biol Fisheries* 2:144-176.
- 64- Yokohama H. (2003) A Review: Gaps in our knowledge on Myxozoan Parasites of fishes. Tokyo, Japon. *Fish Pathol*; 38:125-136.

- 65- Zatti, S; Naldoni, D.; Silva M.; Maia A. y Adriano E. (2015) Morphology, ultrastructure and phylogeny of *Myxobolus curimatae* n. sp. (Myxozoa: Myxosporea) a parasite of *P. costatus* from the Sao Francisco River, Brazil. *Parasitol. Int.* (5): 362-368.
- 66- Zatti S., Arana S., Maia A. y Adriano E. (2016) Ultrastructural, ssrDNA sequencing of *Myxobolus prochilodus* and *Myxobolus porofilus* and details of the interaction with the host *Prochilodus lineatus*. *Parasitol. Res.* 115: 4573-4585.
- 67- Zhang JY.; Wang JG.; Li HA.; Gong XN. (2010) Infection of *Myxobolus turpisrotundus* sp. n. in allogynogenetic gibel carp, *Carassius auratus gibelio* (Bloch), with revision of *Myxobolus rotundus* (s. l.) Nemeček reported from *C. auratus auratus* (L.). *J Fish Dis*; 33: 625-638.

9. ANEXOS

9.1 Datos de los peces

FECHA	LARGO (CM)	PESO (GR)	PRES. DE MYXO	LUGAR
11/02/2011	22,2	139	SI	BRANQUIAS
11/02/2011	22,1	150	SI	BRANQUIAS
04/03/2011	21,1	140,5	NO	
04/03/2011	23,5	157,5	NO	
04/03/2011	22	135,5	NO	
04/03/2011	26,5	238,5	SI	BRANQUIAS
04/03/2011	23	156,5	NO	
04/03/2011	23	156	NO	
04/03/2011	21	113	NO	
04/03/2011	21	115	SI	BRANQUIAS
04/03/2011	21,5	121	SI	ALETA CAUDAL
04/03/2011	51	1900	NO	
04/03/2011	24,5	175,5	NO	
04/03/2011	21,5	124	NO	
04/03/2011	21	144,5	NO	
04/03/2011	22	127	NO	
04/03/2011	20	105,5	NO	
04/03/2011	20,5	110,5	NO	
04/03/2011	20,4	107,5	NO	
04/03/2011	22,5	145	NO	
04/03/2011	20,3	111,5	NO	
04/03/2011	21,2	126	NO	
04/03/2011	20	124,5	NO	
10/03/2011	21,6	143,5	NO	
10/03/2011	23,1	154	NO	
10/03/2011	21,8	157,5	SI	BRANQUIAS
10/03/2011	22	137	SI	ALETA CAUDAL
17/03/2011	20	125	NO	
17/03/2011	19,5	90,5	SI	BRANQUIAS
17/03/2001	24	171,5	NO	
17/03/2011	24	173,5	NO	
17/03/2011	21	113,5	NO	
17/03/2011	19,5	88,5	NO	
17/03/2011	27	235	NO	
17/03/2011	24	168	NO	
17/03/2011	23	148,5	NO	
17/03/2011	21,5	120	SI	ALETA DORSAL
17/03/2011	24	188	NO	
17/03/2011	21	119	SI	BRANQUIAS

17/03/2011	26,5	223,5	NO	
17/03/2011	20,5	113	NO	
17/03/2011	23,5	168,5	SI	BRANQUIAS
17/03/2011	22,5	133	SI	ALETA CAUDAL
17/03/2011	22,5	139,5	NO	
17/03/2011	25	197,5	NO	
08/06/2011	33,5		SI	BRANQUIAS
08/06/2011	45,6		NO	
15/11/2011	51,62	1930	SI	BRANQUIAS
15/11/2011	57,6	2010	NO	
13/06/2012	32	374,5	SI	ALETA CAUDAL
13/06/2012	23	208	NO	
13/11/2012	32	420	NO	
13/06/2011	32,5	436,5	NO	
13/06/2011	33	427	NO	
09/04/2014	47	1432,5	SI	ALETA CAUDAL
09/04/2014	46,5	1487	NO	
09/04/2014	45	1290,5	NO	
09/04/2014	46	1422,5	NO	
09/04/2014	48	1625,5	NO	
30/03/2015	43,9	1098,5	NO	
30/03/2015	44	1127,5	NO	
30/03/2015	40,5	948,5	SI	BRANQUIAS
30/03/2015	42	1099,5	SI	BRANQUIAS
15/05/2015	44	1307,5	NO	
15/05/2015	41	1051,5	NO	
15/05/2015	42	1359	SI	BRANQUIAS

PROMEDIO		28.79	457,63
DESVIO ESTANDAR		10,50	556,50
MINIMO		19,50	88,50
MAXIMO		57,60	2010

9.2 Prevalencia

<u>NºPARASITADOS</u>	19/66	0.287878
Nº TOTAL		

9.3 Morfometría

FECHA	L. TOTAL	A. TOTAL	L. CAPSULA	A. CAPSULA
11/02/2011	15	7,5	7,5	2,5
11/02/2011	12,5	7,5	5	2,5
04/03/2011	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12	7	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
10/03/2011	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	10	7	5	2,5
	12	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
17/03/2011	12,5	10	5	2,5
	12,5	10	7,5	2,5
	12,5	10	7,5	2,5
	12,5	10	5	2,5
	12,5	5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	10	5	2,5
	10	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12	7	5	2
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12	7,5	5	2,5
08/06/2011	17,5	10	7,5	2,5
	12,5	7,5	7	2,5
15/11/2011	12,5	10	3,75	2,5
	12,5	7,5	5	2,5

	7	6	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
15/05/2015	5	4	2	1
	5	4	1,5	1

9.4 Clasificación en grupos

GRUPO A

11/02/2011	15	7,5	7,5	2,5
11/02/2011	12,5	7,5	5	2,5
04/03/2011	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12	7	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
10/03/2011	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	10	7	5	2,5
	12	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
17/03/2011	12,5	10	5	2,5
	12,5	10	7,5	2,5
	12,5	10	7,5	2,5
	12,5	10	5	2,5
	12,5	5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	10	5	2,5
	10	7,5	5	2,5

	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12	7	5	2
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
	12	7,5	5	2,5
08/06/2011	17,5	10	7,5	2,5
	12,5	7,5	7	2,5
15/11/2011	12,5	10	3,75	2,5
	12,5	7,5	5	2,5
30/03/2015	10	7,5	2,5	2,5
	10	7,5	2,5	2,5
	10	7,5	2,5	2,5
	10	7,5	2,5	2,5
	10	7,5	2,5	2,5
PROMEDIO	12,24	7,79	4,96	2,49
DESVIO ESTANDAR	1,27	1,02	1,17	0,07
MINIMO	10	5	2,5	2
MAXIMO	17,5	10	7,5	2,5

GRUPO B

13/06/2012	8	7	3	2
	8	7	3	2
	8	7	2	2
	8	7	2	2
	8	7	3	2
	8	7	2	2
	7	7	2	2
	7	6	2	2
	7	6	2	2
09/04/2014	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1
	7	7	2	1

9.5 Comparación con otros Myxobolus

GRUPO A

ESPECIE	LT(μ)	AT(μ)	LC(μ)	AC(μ)	SITIO INFECCION	HUESPED	LOCALIZACIÓN	
<i>M. inornatus</i>	12,3	8,2	5,2	2,4	músculos	<i>Huro floridana</i>	USA	Fish (1938)
<i>M. gnathopogonae</i>	9,3-13,4	7,2-10,3	4,1-6,7	2,1-3,1	cabeza	<i>Gnathopogon elongatus caerulescens</i>	Japón	Inoue & Hoshina (1983), Landsber & Lom (1991)
<i>M. dujardini</i>	12,0-13,0	7,0-8,0			branquias	<i>Rutilus rutilus</i>	Francia	Thelohan (1892), Lansberg & Lom (1991)
<i>M. chenhshiehi</i>	12-14,4	7,2-7,8	4,8-6	2,4-2,6	intestino, branquias, vejiga natatoria	<i>Channa argus</i>	China	Chen & Hsieh (1960), Lansberg & Lom (1991)
<i>M. rhinogobii</i>	12-13,8	7,4-8,4	4,8-6	2,6-3,4	branquias, músculos	<i>Rhinogobius giurinus</i>	China	Chen in Chen & MA (1998)
<i>M. yaanensis</i>	10,4-12,8	7,2-8,8	4,7-5,2	2,4-3	riñones	<i>Schizothorax davidi</i>	China	Ma & Zhao (1992)
<i>M. latipinnacola</i>	12,0-14,0	7,1-9,8	3,9-5,9	1,7-2,8	vesícula biliar	<i>Poecilia latipinna</i>	USA	Wold & Iversen (1978)
<i>M. narzikulovi</i>	12,0-14,0	7,0-9,0	3,0-5,0	2,0-3,0	riñones	<i>Nemacheilus stoltzkai</i>	Asia central	Dzhalilov & Ashurova (1971)

GRUPO B

ESPECIE	LT(μ)	AT(μ)	LC(μ)	AC(μ)	SITIO INFECCION	HUESPED	LOCALIZACIÓN	
<i>Myxobolus porofilus</i>	6,3±0,4	6,1±0,3	1,9±0,3	1,4±1,1	aletas	<i>Prochilodus lineatus</i>	Brasil	Zatti, S; Arana, S; Maia, A y Adriano, E. (2016)
<i>Myxobolus porofilus</i>	5,7±0,3	4,8±0,2	1,6±0,1	1,1±0,1	cavidad visceral	<i>Prochilodus lineatus</i>	Brasil	Adriano et al. (2002)
<i>myxobolus franciscoi</i>	6-6,4	5,8-6,4	2	1,5	aletas	<i>Prochilodus argenteus</i>	San Francisco	

Cabe resaltar que algunos aspectos del presente trabajo fueron presentados en diferentes instancias académicas las cuales se detallan a continuación:

- 7º Jornadas Técnicas Veterinarias en el marco del “Año Mundial de la Veterinaria”. II Jornadas de Investigaciones Acuáticas y Pesqueras. Exposición oral.
Carnales, D.; Chiavino, C.; Chiavino, E.; Carnevia, D.; Perretta, A. (2011) “Mixosporidiosis causada por *Henneguya sp.* y *Mixobolus sp.* en *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) de Uruguay”. VII Jornadas Técnicas Facultad de Veterinaria. Montevideo, Uruguay: 43-44.
- II Congreso Uruguayo de Zoología. Sociedad Zoológica del Uruguay. Carácter de Participante. Presentación Poster.
Carnales, D.; Carnevia, D.; Chiavino, C.; Chiavino, E. (2012) “Morfología y taxonomía de Mixosporidios del género *Henneguya sp.* en branquias y piel de *Prochilodus lineatus* (Pisces, Prochilodontidae) del Río de la Plata y Uruguay”. II Congreso Uruguayo Zoología. Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay. p139.