

Principales Problemas Sanitarios de Peces de Aguas Cálidas de Colombia: Aproximación a la Situación Sanitaria de la Piscicultura Comercial

Pedro René Eslava Mocha
Médico Veterinario. MSc.
Profesor Asociado
Universidad de los Llanos
Grupo de Investigación en Sanidad de Organismos Acuáticos,
Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL)
*Email contacto: padre.eslava@ gmail.com

RESUMEN

Se presenta una panorámica actualizada sobre las enfermedades de peces cultivados en aguas cálidas con énfasis en las enfermedades de cachamas y tilapias. Cambios en las variables ambientales, de manejo y/o en aspectos de nutrición y alimentación, predisponen a los animales en los cultivos modificando interacciones hospedero-patógeno y a su vez, propiciando la generación de enfermedades; muchas de ellas debidas a fenómenos que involucran la resistencia o la respuesta inmune del hospedero. Las enfermedades infecciosas por bacterias son más frecuentes en cultivos de tilapia, en tanto que las de origen parasitario se presentan a menudo en cultivos de cachama. Se aclara, sin embargo, que agentes bacterianos y parasitarios son habitantes normales del ambiente acuático y llegan a causar daños, lesiones o enfermedades generalmente debido a la presencia concomitante de condiciones estresantes. Tales agentes pueden cohabitar con las especies en el cultivo sin que se evidencien signos clínicos e incluso los peces infectados pueden tener rendimientos aceptables. El grupo de Investigación en Sanidad de Organismos Acuáticos de la Universidad de los Llanos en asocio con el Grupo de Patobiología Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia ha presentado los hallazgos patológicos más comúnmente observados en los servicios de diagnóstico respectivos, se mencionan aquellos ligados a agentes bacterianos y parasitarios y subrayan otros relacionados con factores de calidad del agua y de las dietas los cuales estarían jugando un papel determinante en la aparición de problemas sanitarios infecciosos superpuestos u oportunistas en sistemas de producción de peces dulceacuícolas colombianos.

Palabras clave:

Acuicultura, sanidad de peces, patología de peces, nutrición de peces, calidad del agua para cultivos piscícolas.

INTRODUCCIÓN

En Colombia, a medida que ha crecido la piscicultura de aguas cálidas interiores, se han venido presentado retos sanitarios y de calidad de sus productos. La búsqueda de competitividad de la acuicultura con especies de agua dulce tales como las tilapias (de diversas especies y variedades) y la cachama blanca como un sub-sector pecuario de

notorio desarrollo en nuestro país en los últimos años, ha conllevado a la necesidad de plantear estrategias de control sanitario que permitan proteger a esta naciente industria de los riesgos de las enfermedades, garantizando la inocuidad y calidad de sus productos y, por supuesto, teniendo presente el impacto de las medidas de control aplicadas sobre el medio en el que se desarrollan los cultivos. Hemos contado con la fortuna de que las dos especies se han adaptado de forma óptima a nuestros sistemas de cultivo (semi-intensivos para el caso de la cachama y semi-intensivos e intensivos para el caso de las tilapias) con buena respuesta al manejo y a la implementación de dietas basadas en concentrados.

Los problemas de enfermedad-mortalidad presentados hasta el momento no se consideran como un grave riesgo para la actividad, sino como propios de la dinámica de modalidades de producción que tienden hacia la intensificación optimizando el uso de recursos: suelo, agua, especies, tiempo y tecnología. Sin embargo, las pérdidas presentadas con alguna frecuencia en renglones tales como la producción y comercialización de alevinos o en explotaciones de levante y ceba, especialmente con tilapias, empiezan a llamar la atención frente a la competitividad de una industria tendiente a mercados exigentes en relación con barreras sanitarias y de calidad.

Las cachamas de los géneros *Colossoma* y *Piaractus* son relativamente resistentes a la acción de agentes patógenos bajo condiciones ambientales en rango de confort. Sin embargo, pueden desarrollar patologías bajo condiciones estresantes (tales como variaciones amplias y en corto tiempo en algunos parámetros ambientales y por condiciones de manejo inapropiadas) haciendo que los peces disminuyan su resistencia y puedan hacerse susceptibles a la acción de agentes infecciosos y manifestar signos (morbilidad) y mortalidad. Si bien, las infestaciones parasitarias leves o moderadas son de alguna manera "toleradas" por los peces, los agentes parasitarios pueden actuar en procesos patológicos en donde se observa la participación de diversas especies de tales agentes a la vez, por tanto, debemos considerar las infecciones mixtas de varios tipos de parásitos produciendo cuadros patológicos. Adicional a lo anterior, se destaca la importancia de los agentes parasitarios como vectores de enfermedades infecciosas bacterianas. (Eslava & Iregui, 2000; Rey et al., 2002; Kubitza, 2008).

A diferencia de las tilapias, existen pocas experiencias de cultivo intensivo de la cachama, en algunos casos se ha reportado un incremento de la mortalidad debido a la intensificación de los cultivos (Conroy, 2005). De manera similar, en las tilapias se ha notado que los problemas sanitarios se amplían con el aumento en la densidad de los cultivos (Plumb, 1997; Conroy, 2005). Es importante destacar el hecho que ha empezado a observarse en Brasil a partir de la incorporación de tilapias de la variedad Chitralada, las cuales aparentemente ofrecen alta resistencia a las enfermedades, en donde se han comenzado a describir cuadros patológicos asociados a la intensificación de los cultivos, en los que las enfermedades infecciosas bacterianas han causado mortalidades apreciables, lo cual preocupa a los productores de ese país (Kubitza, 2008). Debe subrayarse que en aquel país se describen prácticamente todos los agentes patógenos que se han reportado en el caso de la tilapicultura colombiana exceptuando *Vibrio* sp y *Francisella* sp.

RELACIÓN HOSPEDERO-PATÓGENO-AMBIENTE

Como lo señalan diversos autores, las enfermedades en los peces generalmente no son

causadas por un solo factor, sino más bien por la combinación de varios factores que actúan conjuntamente, constituyéndose una interacción

hospedero – agente – ambiente

, siendo el hospedero la especie sujeta a cultivo y susceptible a desarrollar la enfermedad; el patógeno, el agente o factor (potencialmente) causante de la patología; y el ambiente, las condiciones externas que requiere el hospedero y en buena medida el patógeno para vivir (Plumb, 1997).

Hedrick (1998) e Iregui (2006) entre otros, han resaltado que la sola presencia del patógeno no es suficiente para que ocurra la enfermedad, es necesario que en el ambiente acuático se presenten variaciones que además de favorecer el desarrollo del patógeno, incidan negativamente en los peces cultivados desencadenando el estrés, haciéndolos susceptibles al patógeno y favoreciendo la aparición de la enfermedad que se manifiesta a través de signos (i.e. morbilidad) o mortalidad. Se destaca que las enfermedades operan bajo el principio de "integralidad", dado que las relaciones entre hospedero – agente potencialmente patógeno – ambiente, se enmarcan y corresponden a sistemas adaptativos complejos (Eslava & Iregui, 2000).

En la relación

hospedero-parásito

influyen tanto las propiedades del hospedero y del patógeno como los factores ambientales (Boch & Supperer, 1988). En cuanto al agente patógeno, las propiedades genéticas (denominados factores de virulencia) le permiten infectar o parasitar el hospedero específico y en algunos casos, desarrollarse a nivel tisular o celular hasta su madurez sexual o asexual, y secretar toxinas y otras sustancias adversas al hospedero. El ambiente (e.g. variación de temperatura, disponibilidad de oxígeno disuelto, concentración de amoníaco, entre otros) influyen tanto en los estadios parasitarios libres como sobre la fisiología del hospedero (Boyd, 1990; Boch & Supperer, 1988; Plumb, 1997), esto además, supeditado a la calidad de poiquilothermia de los animales que les permite fluctuaciones más bruscas de su temperatura corporal, variando también su capacidad de respuesta al medio. La prevalencia de parásitos y bacterias en ambientes naturales, así como en ambientes controlados, está directamente relacionada con las condiciones apropiadas para su desarrollo en el medio en que convivan, especialmente los parámetros fisicoquímicos del agua. Alteraciones en los parámetros físico químicos del agua por fuera de los rangos aceptables pueden predisponer a los peces a la infestación o infección por agentes patógenos y originar enfermedades (Boyd, 1990; Roberts, 2001).

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y SU RELACIÓN CON LAS ENFERMEDADES

En la mayoría de los sistemas de cultivo se modifican las condiciones naturales bajo las cuales se desarrollan los peces, están sujetos a un amplio margen de variaciones limitando su capacidad de respuesta de los hospederos al medio (Roberts, 2001; Verján et al., 2001).

En condiciones naturales y desde el punto de vista ecológico, las enfermedades pueden controlar las poblaciones al ejercer una presión de selección en la evolución de ciertas especies; también inciden sobre el desempeño, susceptibilidad a la predación, reproducción y otros factores críticos requeridos para la sobrevivencia y propagación de los peces cultivados (Hedrick, 1998). En condiciones artificiales de cultivo intensivo, el hombre tiende a romper este equilibrio modificando generalmente el ambiente, generando estrés en los peces lo cual los predispone al desarrollo de patologías.

Los sistemas de producción (estaciones de reproducción, granjas, estanques) son sistemas abiertos que interactúan permanentemente con su ambiente y a su vez, permiten el acceso de agentes potencialmente patógenos que en un momento dado, pueden infectar (invadir y multiplicarse dentro del pez) a los animales e inducir o causar lesiones y mortalidad; generalmente cuando otras variables del sistema se alteran (por manipulaciones, cambios en la calidad del agua, modificaciones nutricionales, estrés, disminución de la resistencia de los animales, etc.) y se consolida un proceso de tipo infeccioso causado por microorganismos invasores que generalmente son habitantes comunes de los cuerpos de agua, en pocas ocasiones los agentes infecciosos son patógenos obligados, la mayoría de las veces son oportunistas o facultativos. Los parásitos son una forma de vida altamente especializada, que ha resultado de numerosas adaptaciones las cuales pueden ser morfológicas y fisiológicas, además inducen mecanismos para evadir y/o resistir la respuesta inmune del hospedero (Roberts, 2001). Las bacterias crecen en medios ricos en materia orgánica y muchas se alojan en las superficies corporales de los peces, actuando como patógenos oportunistas que aprovechan tanto las lesiones mecánicas por la manipulación o la pesca (pérdida de la capa de moco superficial de la piel o el tubo digestivo por ejemplo) como las condiciones estresantes que conducen a una disminución de la capacidad de respuesta del sistema inmune de los peces; a su vez, aquellas que actúan como patógenos obligados se diseminan de animales enfermos o portadores hacia los animales susceptibles aprovechando condiciones favorables a la infección (el canibalismo o consumo de peces débiles por las enfermedades, por ejemplo), en resumen: los patógenos han co-evolucionado con sus hospederos y utilizan estrategias de propagación, infección y diseminación que se adaptan a las condiciones ambientales, por tanto, parámetros fisicoquímicos alterados (variaciones del pH, amonio, nitritos, temperatura) o de "disconfort" para los peces en el medio acuático juegan en favor de su proliferación y desencadenan las respuestas patológicas observadas en los animales susceptibles.

Por lo anterior, el hallazgo de un agente potencialmente patógeno en una muestra de agua o en un animal extraído del sistema de producción no necesariamente implica que nos encontremos ante una enfermedad (la enfermedad es un proceso complejo que implica la respuesta del pez alteraciones clínicas, lesiones y en muchos casos, mortalidad o disminución evidente de su capacidad productiva) tradicionalmente ha sido más cómodo tomar una muestra; "hallar" algún agente y prescribir medicamentos, este abordaje "etiologista" que simplifica la complejidad del fenómeno sanitario en un sistema de producción, a su vez atravesado por múltiples interacciones, es inconveniente, porque la solución se torna también parcial y las enfermedades evolucionan hacia formas de resistencia (e.g. uso indiscriminado de antibióticos) o nuevos síndromes. Adicionalmente, en la mayoría de los casos nuestra intervención no tiene en cuenta dinámicas ecológicas globales ni la salud de los consumidores (Eslava & Iregui, 2000; Iregui, 2006). En

consecuencia, el abordaje mono-causal que busca el agente etiológico sin perspectiva integral frente al sistema de producción se ha agotado y se requieren aproximaciones armónicas, poblacionales y multifactoriales que no simplifiquen lo que en realidad es un modelo mucho más complejo, es evidente que para comprender las enfermedades de origen infeccioso debemos seguir considerando tanto al agente como al hospedero en un medio propicio.

Enfermedades No Infecciosas

La susceptibilidad del pez a los agentes patógenos está dada por factores intrínsecos, propios de la especie, y factores extrínsecos, relacionados al manejo y a la calidad del ambiente donde este se desarrolla y que influyen la prevalencia y severidad de las infecciones (Plumb, 1997).

Algunos estudios señalan la influencia de la temperatura sobre la respuesta inmune. Las variaciones de la temperatura asociados a los periodos de lluvia por ejemplo puede alterar las interacciones entre parásitos y hospederos y es frecuente que algunos brotes parasitarios se presenten con mayor frecuencia en las épocas de transición (época seca-periodo lluvioso) (Eslava & Iregui, 2000). Existen otros factores de calidad del agua tales como amonio, nitritos, pH, xenobióticos, entre otros que inciden en la resistencia de los peces frente a la presencia de agentes potencialmente patógenos (Boyd, 1990; Plumb, 1997; Roberts, 2001; Iregui et al., 2004).

Factores asociados a Calidad del Agua

Los peces, tanto en el medio natural como en los sistemas de producción, son expuestos a múltiples factores estresantes procedentes del medio ambiente (e.g. variaciones amplias en la temperatura en cortos periodos de tiempo, oscilaciones diarias del pH, altas concentraciones de amoníaco total asociadas a concentraciones variables en la fracción no ionizada dependiendo del pH, baja disponibilidad de oxígeno asociada a otros factores, etc) que implican un incremento en el gasto energético, reducción del apetito, aumento de la susceptibilidad a enfermedades, y que finalmente se refleja en una reducción de los índices de producción, aumento de la presentación de enfermedades y de la mortalidad. Al estar limitados a un espacio circunscrito, los peces no tienen la posibilidad de buscar espacios libres del agente estresor por lo que han de estar sometidos a las condiciones establecidas en los diferentes sistemas de producción.

Uno de los factores de calidad de agua más estudiados y que cobra mayor relevancia en la medida que se intensifica el cultivo de peces es el relacionado con el incremento de la concentración de amoníaco. El amoníaco al ser liberado por los mismos peces, como resultado del metabolismo de proteínas y de otras sustancias, es incorporado continuamente a los cuerpos de agua, además del procedente del uso de la materia orgánica por otros organismos y del proveniente desde terrenos agropecuarios aledaños por escorrentía. Concentraciones altas de amoníaco son lesivas para los peces per se al irritar las branquias y, de este modo, inducir cambios proliferativos y microvasculares que dificultan los procesos de respiración, excreción y balance hídrico y electrolítico (Smart, 1976). El amoníaco total se fracciona en una forma ionizada y otra no ionizada, la

proporción de lo cual depende del pH del agua. Entre más alcalino el pH mayor es la proporción de la fracción no ionizada, la cual, debido a la ausencia de carga y a su lipofilicidad, puede atravesar el epitelio branquial e ingresar al pez por lo que es considerada la forma tóxica del amoníaco. Una vez en la sangre del pez, el pH casi neutral lleva a que el amoníaco no ionizado se ionice y ejerza otros efectos adversos adicionales a la irritación branquial, entre los que se cuentan alteraciones del sistema nervioso central como depresión por incremento de la concentración de glutamato extracelular y reducción en la síntesis de otros neurotransmisores como dopamina, norepinefrina y serotonina (Ronan et al., 2007), así como eventos de muerte neuronal. Adicionalmente, el amoníaco acidifica la sangre por lo que se reduce la capacidad de transporte de oxígeno por la hemoglobina (Randall & Tsui, 2002) volviendo a los peces más susceptibles a eventos de hipoxia a concentraciones de oxígeno que probablemente al presentarse por si solas no implicarían efectos adversos para los mismos (Magaud et al., 1997). Por otro lado se ha descrito que la exposición a concentraciones subletales de amoníaco induce inmunosupresión y estados de estrés oxidativo a través de la generación de óxido nítrico y peroxinitritos predisponiendo a los peces al desarrollo de enfermedades. Concentraciones subletales de amoníaco no ionizado también pueden reducir el desempeño productivo al inhibir la síntesis de ATP (Randall & Tsui, 2002, Nelson & Cox, 2004). Se ha descrito concentraciones de 0,05 a 0,35 mg/l como el nivel más bajo con presentación de efectos adversos en exposiciones agudas. Sin embargo, efectos adversos se pueden presentar a concentraciones inferiores ante la exposición conjunta a otros factores como hipoxia (Magaud et al., 1997), contaminantes y otros factores medio ambientales.

La presencia de amoníaco en el agua está asociada a la presencia de nitritos debido a procesos de nitrificación bacterianos realizados a partir del amoníaco. El nitrito, así como el amoníaco, incrementa la susceptibilidad de los peces ante eventos de hipoxia, debido a la oxidación de la hemoglobina a metahemoglobina y al inducir daños estructurales a los eritrocitos. Otros efectos que han sido reportados para el nitrito y que han sido poco estudiados corresponden al efecto sobre la respuesta inmune de los peces dado que bajo condiciones de acidez e hipoxia, el nitrito a altas concentraciones induce la formación de óxido nítrico. Del mismo modo, se ha reportado la inhibición de enzimas involucradas en la síntesis de hormonas esteroideas lo que tendría amplias repercusiones en el desempeño reproductivo (Jensen, 2003). En el Instituto de Acuicultura de los Llanos se han realizado algunos ensayos para evaluar la sensibilidad de especies nativas al nitrito frente al cual la cachama blanca ha demostrado relativa resistencia a sus efectos letales presentando una CL50 a 72 horas de 11,3 ppm (Sierra-Fontecha, 2006) contrario al yamú el cual demostró una alta sensibilidad con una CL50 a 96 h de 0,6 mg/l (Torres-Tabares, 2006).

Factores asociados a Nutrición deficiente

En nuestro país hasta hace muy poco tiempo ha comenzado a preocupar a los productores e investigadores las relaciones entre los factores de alimentación y nutrición y la presentación de problemas sanitarios asociados (Eslava, 2006) proponiendo estudios no solo desde el punto de vista de las enfermedades nutricionales primarias, sean estas de tipo carencial, o por excesos en la formulación de nutrientes o también, por la presencia de sustancias tóxicas como las resultantes de la peroxidación o rancidez de grasas presentes en los concentrados o de micotoxinas por proliferación de hongos en las materias primas

de los mismos, sino teniendo en cuenta también, las consecuencias que la mala nutrición puede acarrear para favorecer la presentación de enfermedades infecciosas, su impacto sobre la respuesta inmune y sobre el medio acuático y la persistencia de sustancias en los productos piscícolas con riesgo para los consumidores.

La presencia de micotoxinas (toxinas de hongos que pueden infectar los alimentos en el cultivo o después de la cosecha y aun el concentrado) en el concentrado es relevante para la salud de los peces en la medida que su consumo, por ejemplo el de aflatoxina B1 se relaciona con reducción del crecimiento, deterioro de la respuesta inmune y mayor susceptibilidad al desarrollo de enfermedades, así como con procesos cancerosos en los peces. El principal efecto de las aflatoxinas está relacionado con necrosis de hepatocitos. Estos efectos son dependientes de la dosis y el tiempo de exposición. En tilapias se ha reportado que el consumo crónico durante 10 semanas a dosis de 0,1 mg/Kg en el alimento reduce la ganancia de peso y a 0,2 mg/Kg induce mortalidad, sin embargo estos resultados han resultado variables entre diversos estudios (Anh Tuan et al., 2002). La ocratoxina, otra micotoxina, induce efectos semejantes en peces (Manning et al., 2003). El efecto de otras micotoxinas como la fumonisina y la zearalenona han sido menos estudiados en peces.

Enfermedades Infecciosas

En nuestro país, en las dos especies aludidas, podemos decir que son más frecuentes como causa de mortalidad las patologías de origen infeccioso bacteriano en las tilapias y las de origen infeccioso parasitario en las cachamas (Eslava & Iregui, 2000; Iregui, 2004; 2008; Rey et al., 2002; Verján et al., 2001) sin excluir, que los agentes parasitarios o bacterianos se involucren con cada especie, y de manera frecuente se presenten fenómenos de enfermedad con participación de varios agentes (e.g. bacteria, protozoario, hongo).

Se presenta a continuación una breve reseña de los principales problemas sanitarios asociados a infecciones parasitarias y bacterianas presentes en cultivos de cachama y de tilapia, haciendo las aclaraciones pertinentes para cada especie.

Parasitismo

Las enfermedades de origen parasitario son las de mayor prevalencia en los cultivos semi-intensivos del género *Piaractus* en Colombia (Corredor & Moreno, 1996; Eslava & Iregui, 2000; Verján et al., 2001). Gran parte de estos ecto-parásitos se alojan en la piel y las branquias, pudiendo o no alimentarse de los tejidos y fluidos del pez hospedero. Las infestaciones en las branquias producen lesiones e inducen respuestas inflamatorias branquiales, afectando el intercambio respiratorio y el mantenimiento del equilibrio osmótico de los peces. Además, las lesiones en las branquias sirven de puerta de entrada para infecciones secundarias por hongos y/o bacterias.

La mayoría de los parásitos se alojan extracelularmente, pero algunos grupos, por ejemplo, los Mixosporideos se albergan en riñón, branquias, músculos y cartílagos o en la matriz ósea, pudiendo causar anomalías respiratorias y deformaciones musculo-esqueléticas en algunos casos (Eslava & Iregui, 2000, Iregui, 2004). Otros parásitos internos pueden localizarse en los músculos, en las cavidades serosas o en la luz intestinal como es el caso de los tremátodos digeneos, los cuales pueden parasitar peces tanto con sus formas

larvales (cercarias y metacercarias) y como adultas (activos reproductivamente) los cuales pueden generar formaciones quísticas o tener vida libre al interior de las cavidades, según sea el caso.

Enfermedades causadas por Protozoarios

a.- Ictioptiriasis o enfermedad de la mancha o punto blanco o Ich:

Protozoarios son comunes de encontrar sobre la piel, aletas y branquias de los peces parasitados, especialmente cuando la intensidad del cultivo se incrementa o se encuentran fuera de su hábitat (Plumb, 1997). La mayoría de ellos tienen ciclos de vida simple, lo cual indica que no requieren hospederos intermediarios. Plumb (1997) señala que en números reducidos, estos parásitos no causan daños importantes en los peces, pero que en número elevado causan irritación en la piel o pueden llevar a la muerte al estresarlo significativamente.

Los principales protozoarios parásitos de peces se han dividido en ciliados y en flagelados.

Causada por *Ichthyophthirius multifiliis*, protozooario ciliado que afecta las branquias y la piel (Plumb, 1997), así como faringe y narinas (Conroy, 2005; Verján et al., 2001).

Presenta un ciclo de vida que incluye enquistamiento en la piel del hospedero y un estado reproductivo de vida libre. Los trofozoitos o trofontes (estado adulto) se desarrollan entre el epitelio y la membrana basal de la piel (Verján et al., 2007) presentándose como pequeñas manchas o puntos blancos. Microscópicamente los individuos son ciliados y los adultos contienen un núcleo en forma de U (Figura 1). Durante la maduración, los adultos dejan el hospedero, se enquistan en el sustrato del fondo del estanque, y dependiendo de la temperatura, sufren división produciéndose cientos de tomites (estado inmaduro e infectivo), que buscan nuevos hospederos, continuando el ciclo de vida (Plumb, 1997; Verján et al., 2001).

Aunque la severidad de la infección dependerá del número de tomites que infectan al pez (Plumb, 1997), esta puede suceder dentro de las 24 hr siguientes a la infección inicial (Conroy, 2005), causando alta mortalidad, sobre todo cuando la temperatura del agua descende hasta un rango de 20 a 23°C (Plumb, 1997).

En la piel, el desarrollo de los trofozoitos estimula la hiperplasia epitelial permitiendo el recubrimiento por varias capas de células epiteliales. En las branquias, el enquistamiento debajo del epitelio filamental (Figura 2), conduce a la pérdida de lamelas. En la piel hubo desarrollo de células de alarma y en las branquias células de moco (Verján et al., 2001).

Figura 1. Montaje en fresco, piel, cachama blanca, *Ichthyophthirius multifiliis* 10x. Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

Figura 2. *Ichthyophthirius multifiliis* en filamentos branquiales, Trophozoito localización subepitelial. H&E 40x.

Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

b.- Tricodiniasis :

La *Trichodina* sp es el más común de los protozoarios reportados parasitando branquias de tilapias (Conroy, 2005; Plumb, 1997) y también en cachamas cultivadas en Venezuela (Conroy, 2005). *Trichodinella* sp y *Apiosoma* sp han sido reportadas parasitando branquias de cachamas cultivadas en Venezuela y en Bolivia (Conroy, 2005).

La *Trichodina* sp. presenta forma de platillo con cilios alrededor y un anillo denticulado en el lado ventral (Plumb, 1997) (Figura 3). *Chilodonella* sp. es un ciliado en forma de cóncava (ventral) con filas de cilios paralelas sobre el lado dorsal convexo (Plumb, 1997). *Trichodina* sp y *Chilodonella* sp, tienen movimientos libres sobre las branquias o piel de los peces (Conroy, 2005; Plumb, 1997).

Eslava & Iregui (2000) reportaron infestaciones mixtas con participación de *Trichodina* sp. y *Piscinoodinium* sp. en cachama blanca, causando irritación y daño severo en piel y en branquias. Adicionalmente, la infestación por *Trichodinas* sp. es frecuente también en los sistemas de alevinaje y levante de tilapias en Colombia, considerando su presencia como factor de riesgo para enfermedades bacterianas (Rey et al., 2002).

Figura 3. *Tricodinas* spp. obtenida de un raspado de piel de tilapia. Foto: PR Eslava.

c.- *Piscinoodiniosis* o enfermedad del terciopelo:

Esta enfermedad es producida por *Piscinoodinium* sp, protozoarios dinoflagelados que frecuentemente se localizan en la piel y branquias (Eslava, 2000; Conroy, 2005; Verján et al., 2001) (Figuras 4 y 5), así como en el epitelio bucal y nasal (Verján et al., 2001). En la piel, a veces es capaz de penetrar la epidermis para ubicarse por debajo de esta (Conroy, 2005), y en las branquias, donde el parásito se adhiere y penetra estructuras en forma de uña, se presentan daños de las células epiteliales que se manifiestan con erosión epitelial, aumento en la producción de moco e hiperplasia epitelial (Eslava & Iregui, 2000; Verján et al., 2001), lo cual genera erosiones que comprometen el equilibrio osmótico del pez y facilitan la entrada de microorganismos oportunistas.

Piscinoodinium pillulare ha sido detectado en tilapias cultivadas en Puerto Rico (Conroy, 2005). En cachama blanca, han sido reportados por Eslava & Iregui (2000), adicionalmente, Verján et al. (2001) reportaron hasta un 70 % de casos de mortalidad, presentando los alevinos mayor severidad de la enfermedad en la piel y los adultos en las branquias. En cachama blanca suele causar severos brotes en estaciones de producción de alevinos luego de caídas bruscas de la temperatura ambiental, generalmente coincidiendo con el inicio de la temporada de lluvias (Eslava & Iregui, 2000).

Figura 4. *Piscinodinium* spp. de un montaje en fresco filamento branquial de un alevino de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). 40x Foto: Grupo Investigación Sanidad de

Organismos Acuáticos.

Figura 5. Filamento branquial alevino de cachama blanca, Infestación mixta por *Ichthyoptirium* (I) y *Piscinoodinium* sp (p). H&E 10x Foto: PR Eslava.

Coccidiosis

Infecciones intestinales por coccidias han sido descritas en tilapias cultivadas en Colombia (Iregui et al., 2004; Iregui, 2008). El grupo de Patobiología Veterinaria de la Universidad Nacional de Colombia ha comprobado patología intestinal ocasionada por coccidias como único agente etiológico, observando casos en varias regiones del país. De igual manera, en los Llanos Orientales tales observaciones se han efectuado en el Laboratorio de Ictiopatología del IALL en casos de animales juveniles provenientes de estanques de levante.

La mayoría de especies de *Eimerias* y *Goussia* que parasitan el intestino de los peces causan una coccidiosis difusa o enterococcidiosis, los oocistos se distribuyen difusamente en un gran segmento del intestino; los estadios de desarrollo se localizan en el citoplasma apical y los macrogametos comienzan su avance en esta porción de la célula y gradualmente invaden las capas más profundas (Iregui, 2008) Los brotes reportados han alcanzado una mortalidad que oscila entre el 10 y el 90% en alevinos y juveniles de tilapia.

1.2. Infecciones por Trematodos monogéneos y digéneos:

Entre los trematodos monogéneos se destacan los géneros *Gyrodactilus* sp y *Dactylogirus* sp, comunes en peces, se caracterizan por tener un par de órganos de fijación, uno anterior (prohaptor) y otro posterior sencillo, con uno o dos pares de ganchos (opisthaptor). Son parásitos pequeños de 0,5 a 2 mm, y tienen un ciclo de vida directo (Roberts, 2001). Producen daños en tejido en el proceso de alimentación tanto por la secreción de las glándulas cefálicas, por los ganchos de fijación que remueven células epiteliales (Figura 6), producen erupciones focales, aneurismas, hemorragias, reacciones inflamatorias, hiperplasia de células epiteliales y excesiva producción de moco, que reduce la capacidad respiratoria (Eslava et al., 2001). De esta manera son inductores de estrés, reducen el crecimiento e incrementan la susceptibilidad a los patógenos. En la cachama blanca los trematodos monogéneos relacionados con patología branquial estuvieron asociados con protozoarios, especialmente en juveniles (Eslava, 2000). En cachama blanca se encontraron monogéneos en animales con signos clínicos, como únicos agentes infestantes, en un 33% de los casos, la asociación entre protozoarios y monogéneos se registro en el 57% de casos de animales enfermos, en animales aparentemente sanos se observa en el 5% de los casos (Eslava & Iregui, 2000).

Los tremátodos digenésicos son endoparásitos en cuyo ciclo de vida participa un hospedero intermediario; miden de 2 a 20 mm, poseen ventosas oral y ventral y son deprimidos dorsoventralmente (Thatcher & Brites, 1994). Los peces pueden servir como hospederos finales y los trematodos adultos comúnmente se encuentran en el tracto digestivo, las formas larvianas intermedias (metacercarias) se pueden encontrar en los

músculos y en la cavidad celómica y en algunas pueden ser potencialmente zoonóticas (Eslava et al., 2001) (Figura 7).

En Colombia se han observado causando infecciones y mortalidad tanto en tilapias como en cachama blanca; tanto en formas quísticas (estadios intermediarios) y adultas, localizados en cavidades y músculos para el primer caso, y en el intestino. En tilapias se han observado causando lesiones severas en el intestino de alevinos (Eslava et al., 2001; Iregui, 2008).

Figura 6. Tremátodo monogéneo en branquias de cachama blanca *Dactylogirus* spp. de un montaje en fresco de un alevino de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). 40x. Foto. Iang Rondón.

Figura 7. Formación quística por metacercarias de trematodos digéneos en cavidad abdominal de cachama blanca. H&E 10x. Foto: PR. Eslava.

3. Mixosporidiosis

Son organismos eucariotas simples clasificados dentro del grupo de los parásitos metazoarios. En Colombia existen reportes mixosporidios produciendo un brote con mortalidad alta en cachama blanca en la región del río Cauca (Iregui et al., 1999), también se ha reportado la presencia de mixosporidios en el tracto digestivo de cachama blanca sin ningún tipo de lesión en los órganos (Corredor et al., 1997) En los servicios de diagnóstico ictiopatólogico es frecuente hallar formaciones quísticas por mixosporidios en branquias (Figura 8), riñón caudal y pared muscular del tracto digestivo de juveniles y adultos de cachama blanca asintomáticos, concordando con Ferguson (2007) quien sostiene que la mayoría de los mixosporidios parecen generar poca respuesta inflamatoria y son encontrados como hallazgos incidentales en el trabajo de rutina diagnóstica. Sin embargo, Iregui et al. (1999) y Eslava & Iregui (2000) reportaron mortalidad en alevinos y juveniles de cachamas cultivadas debido a infestación de posibles *Henneguya* spp (Figura 9) lo cual implicaría que bajo ciertas circunstancias son capaces de producir lesiones severas que comprometen la vida de los animales.

Figura 9. *Henneguyas* sp. (quiste lamelar, branquias de cachama blanca) 100x Foto: P.R. Eslava

Figura 8. Branquias de cachama blanca, quiste por *mixosporidium* sp.(M) e infestación mixta por *piscinoodinium* sp (P). Obsérvese la proliferación celular interlamelar (>). H&E 40x. Foto: PR. Eslava.

Enfermedades de origen bacteriano

En Colombia, la presentación de desordenes infecciosos por bacterias en

peces cultivados es relativamente baja (12%), no obstante, la tilapia es la especie cultivada que muestra una mayor prevalencia de lesiones sugestivas de agentes infecciosos Gram negativos y Gram positivos (9% aprox.) (Iregui et al., 2004).

Infecciones por *Columnaris* (Flavobacteriosis)

Se ha observado principalmente en los sistemas de producción de alevinos de cachama y de tilapia asociada a manipulaciones que producen pérdidas de la continuidad de la capa de moco superficial. En general, bajo situaciones estresantes es frecuente ver la aparición de "brotes" que cursan afectando principalmente la piel, las aletas y en ocasiones las branquias, los microorganismos involucrados se pueden observar en montajes húmedos (en fresco) correspondiendo a las denominadas mixobacterias; las cuales son bacilos Gram negativos alargados característicos (sinónimos: *Chondrococcus columnaris*, *Cytophaga columnaris*, *Flavobacterium columnare*) propios de las aguas dulces. Tales bacterias tienen una amplia distribución mundial en aguas continentales tropicales, sub-tropicales y templadas con un rango de temperatura que va desde 12.6°C hasta 30°C. *F. columnaris* es uno de los patógenos más comunes en operaciones de tilapiacultura (Plumb, 1997; Conroy, 2005) en otros países. De igual manera en nuestro país, en el alevinaje de las dos especies, los brotes por *columnaris* aparecen generalmente con relación a factores ambientales y de manejo que inducen estrés de los peces tales como fluctuaciones en la temperatura acuática y elevadas concentraciones de amoníaco. Las lesiones características son las erosiones necróticas poco profundas, de color blanquecino-grisáceo a blanquecino-amarillento, localizadas a nivel de las aletas ("podredumbre de las aletas"), y de la piel en la cabeza y/o cuerpo (Figura 10). Cuando se afectan las branquias se pueden observar cambios de coloración (palidez y zonas necróticas), dando lugar a elevadas pérdidas. Se ha observado que ejemplares de tilapia en proceso de reversión sexual son los más afectados.

Figura 10. Lesiones por *F. columnaris* en cachama blanca. Foto: PR Eslava.

Infecciones por *Aeromonas* spp.

2.3 Infecciones por *E. tarda*.

Las *Aeromonas* son bacterias Gram negativas, aeróbicas facultativas, habitan comúnmente el medio acuático y hacen parte de la flora gastrointestinal de muchos peces de agua dulce. Las infecciones por el complejo *Aeromonas hydrophila* tradicionalmente se han descrito en tres grandes tipos: (1) septicemias; (2) formas cutáneas, que cursan con lesiones limitadas de la piel que se pueden extender a los músculos adyacentes formando úlceras; e (3) infección latente, sin signos de enfermedad. En Colombia se han descrito las formas septicémicas y cutáneas en tilapias en condiciones de campo e infecciones experimentales con respuestas severas en cachamas en condiciones de laboratorio, las formas septicémicas de las tilapias causan exoftalmia, hemorragias en cavidades internas en mesenterio y

peritoneo y acúmulos de fluidos inflamatorios en prácticamente todos los órganos internos (Iregui, 2008).

La edwardsiellosis es una enfermedad bacteriana de peces de agua dulce y salada, causada por la *Edwardsiella tarda* y otras edwardsiellas. La *E. tarda* es una bacteria gram negativa, flagelada, en forma de bastón, oxidasa negativa, catalasa positiva. Esta bacteria es un patógeno con un amplio rango de hospederos, tales como peces, reptiles, aves y mamíferos incluyendo humanos (Inglis et al., 1993). En peces está asociada con enfermedades aguda y crónicas, en alevinos, juveniles y adultos, resultando en altas pérdidas económicas (Darwish et al., 2000). Su presentación está relacionada con altas concentraciones de materia orgánica, al parecer en nuestro país, existe una asociación con altas temperaturas en los sistemas de producción (Iregui et al., 2004; Iregui, 2008). Las infecciones humanas causadas por *E. tarda* son raras. La mayoría de las infecciones con *E. tarda* reportadas son gastroenteritis, infección de heridas o bacteriemia. Recientemente, Mizunoe et al. (2006) reportaron el desarrollo de un empiema causado por *E. tarda*, en humanos. Las principales características de la edwardsiellosis en peces incluyen una respuesta inflamatoria, septicemia y eventualmente la muerte.

Rondón-Barragán et al. (2007) reportaron recientemente casos de edwardsiellosis en tilapias presentando valores de mortalidad de ~15%, principalmente en etapas de prelevante. Las granjas cuentan con disponibilidad de agua todo el año, y los valores fisicoquímicos fueron: pH= 5-5.2; temperatura del agua= 25°C y dureza= 5 mg/l (CaCO₃), amonio total entre 0,10 a 2.71 ppm, los estanques se encalan con óxido de calcio (cal viva). Los principales hallazgos de necropsia e histopatología fueron: hígado pálido, vesícula biliar plétórica, esplenomegalia (Figura 11), riñón caudal hemorrágico (Figura 12) y exceso de moco en la piel.

Figura 12. Hemorragia renal en tilapia híbrida. Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

Figura 11. Esplenomegalia en tilapia híbrida. Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos

Mediante análisis histopatológico se evidenciaron lesiones en el pericardio, en la región auriculo-ventricular, infiltración de células mononucleares y cambios degenerativos en el miocardio. En el hígado se evidenciaron cambios grasos y algunas áreas de necrosis en la superficie hepática y subcapsulares (Figura 13) El riñón presentó piogranulomas o seudogranulomas (Figura 14) y necrosis tubular con centros melanomacrófagos asociados. En el bazo se halló depleción de la sustancia blanca, activación de macrófagos, presencia de colonias bacterianas y ligera infiltración mononuclear en el peritoneo regional adyacente al bazo. Los hallazgos histopatológicos señalan lesiones compatibles con una Edwardsiellosis. El patógeno *Edwardsiella tarda* fue aislado de riñón de los animales con lesiones e identificado mediante BBL Crystal® con un 99.99% de confiabilidad (Rondón-Barragán et al., 2007).

Figura 13. Infiltración mononuclear periportal severa. H&E. 40x. Foto: Grupo

Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

Figura 14. Piogranulomas multifocales en el riñón caudal de tilapia. H&E 10x. Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

2.4. Estreptococosis

En la actualidad la streptococosis se considera como un problema sanitario de importancia global, en Colombia ha afectado cultivos intensivos y semi-intensivos de tilapia en diversas regiones del país (Iregui et al., 2004).

Aislamientos bacterianos provenientes de muestras de animales con signos clínicos y mortalidad han permitido identificar hasta el momento al *Streptococcus agalatae* como el único streptococco implicado en la producción de lesiones, signos y mortalidad en tilapias cultivadas en Colombia (Jiménez et al., 2007).

Se han descrito principalmente dos formas de presentación de la enfermedad, una aguda (septicémica) la cual no es la más común en los casos descritos en Colombia, y una forma menos severa en la que las lesiones presentes son de tipo granulomatoso, siendo más graves en los casos en los que se establecen lesiones del SNC o asociadas (afectando también las meninges y los ojos, Figura 15) pues comprometen mayormente la sobrevivencia de los peces. En relación con las lesiones, en las tilapias por lo general la apariencia externa no suele estar afectada; ocasionalmente se encuentran erosión de las aletas, lesiones nodulares en su base y palidez branquial. Internamente se observa principalmente, palidez hepática, contenido mucoso pardo rojizo en el intestino, leve a severa deposición de un material fibrinoso en el epicardio (Figura 16) y apariencia hemorrágica del contenido retro-bulbar y peri-meningeo (Iregui, 2008).

Las regiones más frecuentemente afectadas son el epicardio, SNC y el plexo vascular retro-orbitario. La lesión histológica predominante es un reacción mononuclear simple con formación de granulomas, en todos estos sitios es común la presencia de bacterias, tanto dentro de los macrófagos como fuera de los mismos (Iregui, 2008).

Figura 15. Meningoencefalitis severa en tilapia híbrida. H&E. 10x Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

Figura 16. Endocarditis severa con infiltración de mononucleares en tilapia híbrida. H&E. 10x. Foto: Grupo Investigación Sanidad de Organismos Acuáticos.

Mycobacteriosis (Tuberculosis)

La micobacteriosis o tuberculosis de los peces identificadas hasta el momento en nuestro país sólo se han reportado afectando peces ornamentales, tanto en el cautiverio de peces extraídos del medio natural almacenados para su comercialización, como en algunos sistemas de cultivo de los mismos, bajo condiciones de producción controlada (Eslava et

al., 2004; Iregui, 2008). Se han descrito las lesiones clásicas de tipo granulomatoso en peces ornamentales nativos y exóticos afectando órganos internos con presencia de bacterias Ziehl Nielsen positivas, con formas predominantemente bacilares entre 0.2-0.6 x 1.0 – 10 micras principalmente en el bazo (Figura 17), riñón e hígado y, en menor medida, lesiones dérmicas. Los agentes aislados hasta el momento pertenecen al grupo de las Mycobacterias atípicas (*M. fortuitum*, *M. peregrinum* y *M. queleense*) (Iregui, 2008) (Figura 18).

Figura 17. Granulomas en el bazo, *Pterophyllum scalare*, de los cuales se aislaron Mycobacterias atípicas. Foto: PR Eslava Coloración H&E 4x.

Figura 18. Micobacterias del bazo, *Pterophyllum scalare*, Coloración Z-N 100x. Se cultivo *M. fortuitum* y *M. peregrinum*. Foto: PR Eslava

Infecciones de Origen Micótico

Las dermatomicosis (por *Saprolegnia* spp. u otros hongos ficomicetos afines) es considerada como una infección secundaria presentación habitual post-manipulación de peces tropicales de aguas dulces. Tales fungosis se relacionan con condiciones de higiene deficientes; en tilapias se ha observado que después de la captura y transferencia de un estanque a otro, hasta un 50% de los peces resultan afectadas por las saprolegnias (Eslava & Iregui, 2000; Conroy, 2005).

Las principales lesiones se localizan en las aletas, boca y piel, las cuales son cubiertas por una masa de aspecto algodonoso y de un color blanquecino, blanquecino-grisáceo, o amarillento, que corresponde al micelio del hongo. La infección también se establece con gran frecuencia en los huevos muertos, de donde se extiende con facilidad a los huevos vivos en los sistemas de incubación.

A manera de conclusión:

Es primordial pensar de manera integral el "sistema" de producción, principiando por el monitoreo permanente de la calidad del agua, adicionalmente, debe considerarse la "correcta" nutrición teniendo en mente las necesidades y requerimientos de cada especie, pues tales factores aunados a las intervenciones del piscicultor, son los principales desencadenantes de los desordenes sanitarios que habitualmente se presentan en los cultivos. El control preventivo de las infestaciones parasitarias, considerados los parásitos como posibles vectores de otras enfermedades de tipo infeccioso, asociado a la rutina de remoción y examen de los peces moribundos - con supervisión y acompañamiento profesional- pueden ser de gran ayuda al implementar prácticas de prevención de las enfermedades antes que de tratamiento o curación. Finalmente, se resumen entre las causas de infecciones bacterianas y parasitarias diagnosticadas habitualmente en cultivos colombianos de aguas cálidas las siguientes:

- *Aeromonas hydrophila* (principalmente en tilapias)
- *Streptococcus agalactiae* (tilapias)
- *Flavobacterium columnaris* (tilapias y cachamas - alevinos principalmente -)
- *Edwardsiella tarda* (tilapias)
- Parásitos externos como las *Trichodin* sp, *Ichthyophthirium* sp, *Piscinoodinium* sp.(en ambas especies); tremátodos monogéneos: *Gyrodactylus* sp. (tilapias), *Dactylogyrus* sp. (cachamas)
- Parásitos internos como: *Coccidias* sp (tilapias), tremátodos digéneos (tilapias y cachamas), *Myxosporidios* sp. (principalmente en cachamas) y nemátodos de diferentes especies, en ambas.

Agradecimientos:

Nota: Es importante aclarar que aunque se han realizado aislamientos de *Mycobacterias* en peces ornamentales, en Colombia en ningún caso se han efectuado aislamientos en peces de consumo como tilapias o cachamas.

El autor expresa sus agradecimientos a los miembros del Grupo de Sanidad de Organismos Acuáticos del IALL (Unillanos) especialmente, a Iang Rondón Barragán (MVZ) y Wilson Ramírez (MVZ) por la revisión de estas notas. Al Profesor Dr. Carlos Iregui Castro y demás integrantes del Grupo de Patobiología Veterinaria de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia de la Universidad Nacional de Colombia, al señor Carlos Eduardo Isáquita histotecnólogo del IALL y al personal de apoyo del mismo instituto, así como a los productores piscícolas que frecuentemente consultan los Servicios de Diagnóstico de la Universidad de los Llanos y de la Universidad Nacional.

BIBLIOGRAFÍA

- Boch J, Supperer R. *Parasitología en Medicina Veterinaria*. 2da. Edición. Editorial Hemisferio Sur S.A. 1988. 627.
- Boyd CE. *Water quality in ponds for aquaculture*. Auburn University, Alabama, USA. 1990. 482p.
- Conroy, G. 2005. Importantes enfermedades detectadas en tilapias cultivadas en América Central y del Sur. *Jornadas de acuicultura*. Costa Rica. 2005.
- Corredor, M, Eslava PR, Iregui C, Moreno P. Patologías branquiales de la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*) en estanques de ceiba. *Vet Día*. 1997. 2: 13-19.
- Eslava PR, Iregui CA. Estudios sobre enfermedades branquiales de la cachama blanca (*Piaractus brachyomus*). *Revista Orinoquia*. 2000. 4(4): 123-151. Eslava PR, Malagón P, Figueroa J, Lombo-Castellanos P.E. Caracterización clínico-patológica de la enfermedad granulomatosa de *Pterophyllum scalare* (Escalar) en confinamiento. *Revista Orinoquia*. 2004. 8 (1) p.34 – 56.
- Eslava PR, Verjan N, Iregui CA. Plathelminfos (tremátodos) en cultivos de cachama blanca (*Piaractus brachyomus*), aspectos clínicos y patológicos, de tratamiento y control. *Revista Orinoquia*. 2001. 5(1): 138-154.
- Eslava PR. Una aproximación sistémica a las enfermedades infecciosas y

patologías de origen nutricional en tilapias y cachamas cultivadas en Colombia: Proyecto Nutrición – Sanidad (Cadena Piscícola). In: Memorias III Congreso colombiano de acuicultura. "La acuicultura para el tercer milenio: tendencias y desafíos". Santa Marta – Colombia. 4 al 6 de octubre de 2006.

- Hedrick RP. Relationships of the host, pathogen, and environment: implications for diseases of cultured and wild fish populations. *J Aquat Anim Health*. 1998. 10:107-111.
- Iregui C, Eslava PR, Martinez E, Figueroa J. Descripción de un caso de mixosporidiasis clínica en cachama blanca, *Piaractus brachyomus*. *Dahlia*. 1999. 3 :17-30.
- Iregui C, et. al. 2004 Primer mapa epidemiológico de las lesiones y enfermedades de los peces en Colombia. Universidad Nacional de Colombia - Ministerio de Agricultura 100pp.
- Iregui C. Patología de los peces en Colombia. In: Memorias III Curso Internacional de Ictiopatología. Universidad Nacional, Bogotá, Colombia. 2008. 33-44.
- Iregui C. Sanidad en sistemas de producción piscícolas. Conceptos básicos. 1er Curso – Seminario Internacional de Patología y Sanidad Piscícola. Universidad Nacional de Colombia. 2006. 7-18.
- Jensen FB. Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals. *Comp Biochem Physiol Part A*. 2003. 135: 9-24.
- Jiménez AP, Rey AL, Penagos LG, Ariza MF, Figueroa J, Iregui CA. *Streptococcus agalactiae* Hasta ahora el único *Streptococcus* patógeno de tilapias cultivadas en Colombia. *Rev Med Vet Zoot*. 2007. 54: 285-294.
- Kubitz F. Antecipando-se ás doenças na tilapiacultura. *Revista Panorama da Aqüicultura*. 2005. 15 (89): 15-23.
- Kubitz F. Tilápias na mira dos patógenos. *Revista Panorama da Aquicultura*. 2008. 16(107): 28- 37
- Magaud H, Migeon B, Morfin P, Garric J, Vindimian E. 1997. Modelling fish mortality due to urban storm run-off: interacting effects of hypoxia and un-ionized ammonia. *Wat. Res*. 31, 211-218.
- Manning BB, Ulloa RM, Li MH, Robinson EH, Rottinghaus GE. Ochratoxin A fed to channel catfish (*Ictalurus punctatus*) causes reduced growth and lesions of hepatopancreatic tissue. *Aquaculture*. 2003. 219: 739-750.
- Nelson DL, Cox MM. *Lehninger Principles of Biochemistry*. Fourth Edition. 2004.
- Plumb JA. Infectious diseases of tilapia. In: B. A. Costa-Pierce and J. E. Rakocy, eds. *Tilapia Aquaculture in the Americas*, Vol. 1. World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United States. 1997. 212-228
- Pulido A, Iregui Ca, Figueroa J, Klesius P. Streptococcosis in tilapias cultured in Colombia. 2004. *Esp. Revista Aquatic (serial on-line)* Jan- Jun- 04 [Cited 08-05 2007] URL: [http:// www. Revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=170](http://www.Revistaaquatic.com/aquatic/art.asp?t=p&c=170).
- Randall DJ, Tsui TKN. Ammonia toxicity in fish. *Mar Pollut Bull*. 2002. 45, 17-23.
- Rey A, Iregui C, Verján N, Eslava P. Algunas interacciones Hospedero-patógeno-Ambiente: Sistematización y caracterización de las lesiones branquiales de tres especies de peces producidos en Colombia, en tres departamentos del país. VIII Jornada de Acuicultura. Universidad de los Llanos. 2002. 23-29.

- Roberts R. Fish Pathology. Third Edition. W. B. Saunders. Harcourt Publisher Limited. 2001. 472 pp.
- Ronan PJ, Gaikowski MP, Hamilton SJ, Buhl KJ, Summers CH. Ammonia causes decreased brain monoamines in fathead minnows (*Pimephales promelas*). Brain Res. 2007. 1147: 184–191.
- Sánchez F, David J. Manual de Ictiopatología. Ediciones Astro Data S. A. Maracaibo. 1988. 67 pp.
- Sierra-Fontecha F. Caracterización de los efectos de toxicidad aguda de nitrito (N-NO₂) en juveniles de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*). Trabajo de grado en la modalidad investigativa para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta, Colombia.
- Smart G. The effect of ammonia exposure on gill structure of the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). J Fish Biol. 1976. 8: 471-475.
- Tamassia, S. Doenças e parasitas na alevinagem. Revista Panorama da Aqüicultura. 1996. 6(38): 30-32.
- Thatcher VE. Amazon fish parasites. Amazoniana, XI ¾. 1991.
- Torres-Tabares A. Caracterización de los efectos de toxicidad aguda de nitrito (N-NO₂) en juveniles de yamú (*Brycon amazonicus*). Trabajo de grado en la modalidad investigativa para optar al título de Médico Veterinario Zootecnista. Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Meta, Colombia.
- Verján N, Iregui C, Rey A, Eslava P. Estudio de brotes de enfermedades en la cachama blanca *Piaractus brachypomus*: Diagnóstico y caracterización. Rev Med Vet Zoot. 2001. 48:48-56.
- Verján N, Iregui Ca, Rey Al, Donado P. 2000 Sistematización y caracterización de las lesiones branquiales de la cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) de cultivo clínicamente sana: algunas interacciones hospedador-patógeno-ambiente. Revista Aquatic. No. 15.