

Laboratorio de **Biotecnología Acuícola: Investigación que contribuye a la soberanía alimentaria, rumbo al 2050**

Carlos A. Martínez Palacios, E. Mayra Toledo Cuevas, Jorge Fonseca Madrigal, M. Gisela Ríos Durán, C. Cristian Martínez Chávez, Jesús López García, Sibila Concha Santos, Pamela Navarrete Ramírez, Luciana Raggi Hoyos.

Laboratorio de Biotecnología Acuícola y Acuicultura; Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal CONACyT, Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

El papel de la acuicultura rumbo al 2050

Actualmente el planeta tiene unos 7 billones de habitantes y se estima que para el 2050 se alcanzarán los 9 billones. Para lograr alimentar a toda esta población es necesario duplicar la producción actual de alimentos, a nivel global (Grafton *et al.*, 2015). La acuicultura, definida como el cultivo de plantas y organismos acuáticos, sigue siendo uno de los sectores de más rápido crecimiento entre los de producción de alimentos y está destinada a desempeñar un papel clave a la hora de satisfacer la creciente demanda de proteínas de alta calidad. En la actualidad, esta actividad contribuye con el 50% de los peces y mariscos para consumo (<http://www.fao.org/aquaculture/en/>). En este sentido, llegado el momento en que los recursos sean altamente limitados, la acuicultura podría ser una opción atractiva para la expansión

de la oferta de proteína animal. Esto es lógico puesto que el pescado aporta el 17% de la proteína de origen animal consumida en todo el mundo y se ha convertido en una fuente de alimentos de alta importancia en países en vías de desarrollo, donde se produce hasta el 75% del pescado mundial (Waite *et al.*, 2014).

El cultivo de peces es similar, en cuanto a eficiencia, a la cría de aves de corral y en cuanto a conversión de alimento, se encuentra por encima de la cría de ganado vacuno para carne. Sin embargo, para dar respuesta a la creciente demanda de productos pesqueros, la acuicultura tendrá que duplicar su capacidad de producción rápidamente, de 67 millones de toneladas que se producen actualmente, a alrededor de 140 millones de toneladas, para el 2050. Para alcanzar este acelerado crecimiento, la industria acuícola debe encontrar la manera de producir más pescado y reducir al mínimo su dependencia de harinas y aceites de origen marino. Además, se debe tener especial cuidado para evitar la contaminación del agua, las enfermedades de los peces y los “escapes” de peces depredadores cultivados a ambientes naturales, que siguen poniendo en peligro la sustentabilidad del sector. Es importante también proporcionar alimentos inocuos y nutritivos; aumentar la producción de peces y crustáceos, en forma sustentable, en relación con el área de cultivo, el volumen de agua, la cantidad de alimento y la energía utilizada.

La acuicultura es la única actividad primaria en crecimiento a nivel mundial (7% anual), mientras que la agricultura y la ganadería han llegado a sus límites con las tecnologías actuales de producción. No obstante, mientras que la caza y la recolección de alimentos han sido sustituidas por el cultivo desde hace muchos años, aún seguimos pescando, lo cual refleja el atraso de la actividad acuícola con respecto de las demás actividades agropecuarias. El hecho de que la acuicultura sea la actividad productiva más reciente refleja también que se encuentra en una fase de crecimiento exponencial y, por lo tanto, se espera que tenga un papel significativo para mitigar el problema de nutrición y la falta de alimentos que se pronostica para el 2050 (Duarte *et al.*, 2009; Grafton *et al.*, 2015; Bené *et al.*, 2015).

La FAO promueve fuertemente el desarrollo de especies nativas para impulsar la seguridad alimentaria regional a través de la acuicultura. De manera paralela, y debido a los limitados recursos de harina y aceite de pescado a nivel mundial, la industria acuícola se encuentra en búsqueda de especies pertenecientes a niveles bajos en la cadena trófica (consumidores primarios y secundarios), que sean susceptibles de cultivarse, las cuales definirán el futuro de la actividad a través de una mayor sustentabilidad, economías regionales y seguridad alimentaria (<http://www.fao.org/docrep/003/AB412E/ab412e07.htm>; Bibus, 2015).

El problema de la soberanía alimentaria en México

La soberanía alimentaria es definida como la capacidad e independencia de un pueblo, región o país de producir y suplir sus propias demandas alimentarias. En México, desafortunadamente, éste ha sido un tema relegado, evidenciado por la falta de políticas públicas e inversión en el desarrollo y apropiación de tecnología. Como resultado de ello y de la fragmentación de las unidades de producción en el campo, a través de la reforma agraria, la soberanía alimentaria en nuestro país se encuentra comprometida. Por mencionar algunos ejemplos, la mayoría del maíz consumido en México es importado, lo mismo pasa con variedades y líneas mejoradas de animales, como el pollo. Recientemente se han establecido en el país empresas internacionales para la producción de alimentos (bayas o “berries”, tomates, etc.), que salen directamente al mercado internacional. En el área acuícola el problema es aún más grande: la gran mayoría de peces cultivados en México dependen de huevos, crías y líneas mejoradas del extranjero, como es el caso de la trucha arcoíris, carpas, bagres, lobinas, etc. El caso de la tilapia es mixto, puesto que aunque algunas crías se producen en el país, no son de la misma calidad y rendimiento que las que ofrecen las empresas extranjeras. En cuanto al producto en sí, importamos y consumimos alrededor de cuatro veces más tilapia asiática al año de la que se produce en cultivo en México y una cantidad similar de Bagre Basa (*Pangasius sp.*). Una excepción es el cultivo de camarones, una actividad muy lucrativa en nuestro país, aunque la búsqueda de mejores líneas y variedades ha fomentado la introducción de larvas del extranjero, trayendo con ellas enfermedades como el síndrome de la muerte temprana, que ha devastado la actividad camaronícola en el Noroeste de México. En resumen, no existen estrategias públicas reales que promuevan el desarrollo biotecnológico de especies nativas con potencial acuícola, por lo que los esfuerzos hechos al respecto dependen solamente de la disposición y labor de los investigadores en los distintos centros de investigación acuícola del país.

Filosofía del grupo de investigación

El Laboratorio de Biotecnología Acuícola y Acuicultura, perteneciente al Instituto de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IIAF), de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, ha sido recientemente reconocido por el CONACyT como sede del Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva

Animal (LANMDA) (de 2015 a la fecha). El grupo de trabajo de LANMDA se ha caracterizado, desde su formación, por su interés en desarrollar investigaciones básicas y aplicadas, para la generación de conocimiento que permita el cultivo de especies nativas de peces y de especies problema, contribuyendo así a la política de la FAO, en la que se instruye a desarrollar el cultivo de especies regionales, para cubrir las necesidades de proteína de las diferentes zonas de los países y alcanzar la soberanía alimentaria.

Algunas de las especies que pueden impulsar una acuicultura sustentable, por encontrarse en niveles bajos de la cadena trófica, son los Atherinópsidos Mexicanos, como los peces blancos *Chirostoma sp.*, que no requieren harina ni aceite de pescado para su alimentación. Es en este tipo de especies que nuestro grupo ha centrado sus esfuerzos, para poder suplir la demanda alimenticia de proteína de una manera más sustentable.

Por otro lado, existen especies exóticas consideradas “problema”, que han invadido los cuerpos de agua mexicanos que, en lugar de ser aprovechadas, se convierten en focos de contaminación al ser desechadas; tal es el caso de una especie invasora que se ha dispersado por todo nuestro país, el “bagre armado” o “pez diablo” (*Pterigoplichthys spp*). Nuestro grupo de investigación, después de llevar a cabo una investigación exhaustiva sobre la situación de esta especie, junto con investigadores de otras instituciones y universidades de México y extranjeras, ha trabajado arduamente para proponer alternativas de uso, dentro de las cuales la principal es su consumo. Esta especie se puede convertir en una fuente alimenticia rica en proteína y con un muy buen perfil nutricional para las poblaciones más pobres de las diferentes regiones de México.

El grupo también tiene interés en la re-introducción de especies nativas, que por actividades antropogénicas, tales como la construcción de presas sin el uso de escaleras migratorias, han dejado de llegar a los lugares donde originalmente arribaban, puesto que se les han interrumpido sus rutas migratorias y no se permite que se trasladen para llevar a cabo su reproducción. Existen numerosos casos de especies acuáticas nativas, no sólo de peces, que han desaparecido de las partes altas de los ríos por esta razón. Un ejemplo de estas especies son los robalos, los cuales también tienen gran importancia económica y nutricional. A través de la re-introducción de especies como el robalo, no sólo se estaría retornando una fuente alimenticia para los pobladores, sino que también podría impulsarse el turismo, al promover actividades como la pesca deportiva.

Historia del grupo de investigación

Nuestro grupo de investigación comenzó a formarse el año 1998, bajo la dirección del Dr. Carlos Antonio Martínez Palacios, quien tomó la encomienda de desarrollar el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro, una especie endémica emblemática del estado de Michoacán. El cultivo de esta especie se había intentado, sin éxito, desde la década de los años 70s (Rosas, 1970). En el grupo se comenzaron diversos estudios encaminados a conocer la biología básica de la especie, su fisiología, sus requerimientos ambientales de cultivo, los requerimientos alimenticios y nutricionales y su anatomía digestiva, entre otros. A finales del año 2000 se integró la Dra. E. Mayra Toledo Cuevas quien comenzó, en colaboración con el Dr. Ilie Racotta, investigador del CIBNOR, a realizar algunos estudios sobre la respuesta al estrés en la especie, dada la alta susceptibilidad de ésta a factores estresores. Posteriormente la Dra. Toledo comenzó estudios en las áreas de bioquímica y fisiología digestiva. En el 2005 se incorporó al grupo el Dr. Jorge Fonseca Madrigal, quien es especialista en el área de metabolismo de lípidos en peces. Posteriormente, en el 2007 y el 2008 se incorporaron los Dres. María Gisela Ríos Durán y Carlos Cristian Martínez Chávez, especialistas en Nutrición y Alimentación de peces y en Cronobiología y Reproducción de peces, respectivamente. En el 2009 se incorporó al grupo el Biól. Jesús López García y en el 2011 la M.en I. Sibila Concha Santos, como técnicos de la Planta de producción de peces blancos y de Laboratorio, respectivamente. En 2015 se incorporó al grupo la Dra. Pamela Navarrete Ramírez, especialista en Endocrinología de Peces. Finalmente en Septiembre del 2017 se incorpora al grupo la Dra. Luciana Raggi Hoyos especialista en Microbiología y Microbiómica.

Desde sus inicios el grupo empezó a realizar investigación en el pez blanco, tomando como base la poca información disponible hasta ese momento. Se describió a la especie como un organismo agástrico, de intestino corto y alcalino y con un complejo sistema de filtración, demostrando que es un pez principalmente zooplanctófago durante toda su vida (Ríos-Durán, 2000; Graham, 2001; Ross *et al.*, 2006). Los resultados obtenidos de diferentes estudios permitieron obtener datos confiables sobre los requerimientos ambientales de los peces blancos en cultivo, tales como la temperatura y salinidad para una adecuada supervivencia y crecimiento de huevos, larvas y juveniles (Martínez-Palacios *et al.*, 2002; Martínez-Palacios *et al.*, 2004), condiciones de transporte bajo anestesia (Ross *et al.*, 2007), la influencia de la temperatura en la determinación sexual y del fotoperíodo en el

crecimiento y la reproducción (Martínez-Palacios *et al.*, 2007a; Martínez-Chávez *et al.*, 2014; Corona-Herrera *et al.*, 2016), así como los efectos de la tiroxina sobre el crecimiento de los organismos (Navarrete-Ramírez *et al.*, 2011). Se ha determinado también que el pez blanco es un organismo capaz de sintetizar y acumular altas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados, particularmente el ácido docosahexanoico (DHA, Docosahexanoic Acid) (Martínez-Palacios *et al.*, 2006; 2008a; Fonseca-Madrugal *et al.*, 2012), un ácido graso esencial para la salud humana. Recientemente se descubrió que la síntesis de DHA la realiza el pez blanco por una vía anabólica no antes descrita y poco común entre los peces hasta ahora estudiados (Fonseca-Madrugal *et al.*, 2014), una de las particularidades de este organismo que lo hacen también atractivo como modelo biológico de estudio. Por otro lado, se han tenido importantes avances en el conocimiento de sus requerimientos alimenticios y nutricionales (Martínez-Palacios *et al.*, 2006; 2007b; 2008a; Ríos-Durán *et al.*, 2014; Ospina-Salazar *et al.*, 2016) y el estudio su capacidad digestiva (Toledo-Cuevas *et al.*, 2011; Pohls *et al.*, 2016). Estos hallazgos han contribuido a establecer programas de alimentación en las diferentes etapas del cultivo (Martínez-Palacios *et al.*, 2008a) y al diseño de dietas para la especie (Ospina-Salazar *et al.*, 2016; Ríos-Durán *et al.*; datos inéditos).

Las investigaciones realizadas han permitido desarrollar la tecnología de cultivo del pez blanco y cerrar su ciclo reproductivo en cautiverio, así como establecer la Primera Planta Piloto de Cultivo de esta especie. Ésta ha proveído de organismos para continuar las investigaciones con las que se optimiza el cultivo de la especie, tanto en el desarrollo de dietas nuevas y más eficientes, la bioingeniería requerida para el cultivo intensivo, y estudios para optimizar el crecimiento, entre otros aspectos. Algunos de estos estudios se han realizado también en otras especies de Atherinópsidos (familia del pez blanco), como en el pez blanco de Chapala, *Chirostoma promelas* (Martínez-Palacios *et al.*, 2008b) y en los pejerreyes sudamericanos *Odontesthes bonariensis* y *O. hatcheri* (Toledo-Cuevas *et al.*, 2011).

A partir de la creación de LANMDA se han iniciado proyectos que tienen como objetivo un mejor entendimiento del impacto de los nutrientes de las dietas en los peces blancos y otras especies de importancia, como el robalo común y el robalo prieto (Roca-Yanes *et al.*, 2017). También están por iniciarse estudios sobre el microbioma de los peces blancos y robalos en cultivo y silvestres, con el objetivo de mejorar el crecimiento, la supervivencia y el desempeño de las especies en cultivo.

Características de las especies acuícolas del futuro

Derivado de un círculo vicioso productivo, en donde las especies que cultivamos no alivian la presión pesquera de especies silvestres, porque éstas a su vez requieren de alimentos hechos con harinas y aceites de pescado, la acuicultura se enfrenta a un gran reto para el futuro. El modelo de acuicultura del futuro debe estar enfocado en especies que no sean carnívoras (que no requieran de harina ni aceite de pescado), con hábitos alimenticios herbívoros y/o planctófagos; especies que estén en la parte baja de la cadena trófica y que no requieran de esos ingredientes que demanda su búsqueda en las poblaciones silvestres.

El grupo de investigación en Biotecnología Acuícola y Acuicultura trabaja desde hace 20 años con una especie que se clasifica como una de las especies modelo de la acuicultura del futuro. El pez blanco de Pátzcuaro es una especie zooplanctófaga, filtradora, que gracias a las características metabólicas de ácidos grasos que tiene, no necesita de aceite de pescado en su dieta, haciendo de su cultivo una actividad sustentable que puede realizarse sin un gran impacto ambiental.

El grupo también tiene algunas líneas de investigación enfocadas a la nutrición de especies que, aunque no son nativas, son importantes para conseguir una acuicultura que respalde los retos del futuro. Una de estas especies es la tilapia, la especie más cultivada en el mundo. Recientemente el grupo de investigación se ha interesado e involucrado en el desarrollo de proyectos de investigación con esta especie, para determinar con mayor precisión sus requerimientos nutricionales y con ello optimizar el crecimiento que actualmente se ha logrado. Esto a través de la inclusión de prebióticos y probióticos de origen unicelular en sus dietas. Por otro lado, y debido a la oportunidad de la constitución de LANMDA y el intercambio académico con otros investigadores del propio laboratorio nacional en otras instituciones, se han generado nuevos proyectos: a) las alteraciones que sufre el microbioma intestinal con el uso de prebióticos y probióticos, y b) las interacciones entre los prebióticos y probióticos y la biodiversidad del microbioma. Todo ello con el fin de obtener organismos saludables y con mejores crecimientos.

Los peces blancos

Los blancos de Pátzcuaro son un grupo de especies de peces nativas de los lagos de Pátzcuaro y Zirahuén en el Estado de Michoacán, que pertenecen al género *Chirostoma* (Bloom *et al.*, 2009). Estas especies fueron introducidas a otros cuerpos de agua en varios estados del país, desde mediados del siglo pasado, sin que esto haya contribuido a una actividad pesquera importante (Rosas, 1970; 1976). En los lagos templados de Michoacán, estos peces y su consumo forman parte de la cultura regional (Argueta, 2008). Se les llama peces blancos por su falta de pigmentación, la banda plateada lateral que los caracteriza y la región que los ha hecho famosos. La reputación de estos peces en la cocina mexicana es bien conocida y un atractivo para el turismo nacional e internacional que visita Michoacán.

A través de la historia, y aún en la actualidad, estos peces han jugado un papel importante en la vida cotidiana de los indígenas Purhépechas, quienes tienen muy arraigada la cultura de la pesca, la cual ha sido transmitida de generación en generación por las familias integrantes de las comunidades que viven cerca de los lagos. La pesca para los Purhépechas, uno de los grupos sociales más importantes de Mesoamérica, ha sido una actividad tan arraigada, que fueron llamados "Michoaque" por los mexicanos, vocablo que significa "Los de la tierra del pescado" (Brockman, 2004).

Los peces blancos de Pátzcuaro son especies que se encuentran asociadas a lo profundo de la cultura Purhépecha; los llaman *Curucha Urapiti* -pez blanco- (Brockman, 2004) y ha sido uno de los recursos más apreciados por las culturas lacustres. Son productos valorados en el trueque, práctica común antes de la colonia y que actualmente sigue vigente en la región de los lagos. El vínculo Purhépecha con los peces blancos se remonta a los primeros pobladores de estos lagos hace más de mil años (Brockman, 2004). Los peces blancos se encuentran inmersos en la cultura de los indígenas, en su música está "La danza del pez blanco" y "Las redes", sones y bailes populares en la región. Estas especies son tan importantes que contribuyeron a dar nombre al estado de Michoacán (del Nahuatl *Michin*: pez, *oacán*: abundancia de; *Michoakan*: lugar de pescadores (<http://aulex.org/nah-es>)).

Estos peces han sido por muchos años la base de la pesquería tradicional practicada por las comunidades indígenas de los lagos de Pátzcuaro y, en menor

grado, de Zirahuén. El esfuerzo de captura reciente (alrededor de 7655 redes o artes de pesca, solamente en el lago de Pátzcuaro) y el deterioro de los lagos, ha provocado el virtual colapso de la pesquería de esta especie (hacia el 2007 ya se reportaba sólo un 1% de la pesquería total), por lo que podría decirse que estos peces se encuentran en peligro de desaparecer en su medio natural (Diario Oficial-SAGARPA, 2012). Por la misma razón, los peces blancos han dejado de contribuir de forma preponderante a la economía de los pueblos ribereños. Debido a la actual demanda del producto y a la poca oferta del mismo, los precios del pescado blanco de Pátzcuaro pueden llegar a los \$800 pesos mexicanos por kilo y no hay trazabilidad respecto a su origen o garantía de calidad.

El pez blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor*) es considerado hoy como “el único relicto de la cultura lacustre de Mesoamérica” y a pesar de encontrarse en peligro de desaparecer, no se encuentra en la lista de las especies amenazadas o en peligro de la IUCN (IUCN, 2016).

Además de su importancia cultural, turística y económica, los peces blancos tienen una gran importancia para la nutrición humana al poseer características nutritivas excepcionales que hasta el momento no se han reportado para otros peces de agua dulce. Las altas concentraciones en su carne de ácidos grasos omega-3, en especial el DHA, así como las proporciones de estos ácidos grasos hacen de esta especie un producto con propiedades nutraceuticas únicas.

Los peces que contienen en su grasa valores importantes de ácidos grasos omega-3 son considerados dentro de los alimentos nutraceuticos (de las palabras nutrición y farmacéuticos). Estos son alimentos que en forma natural contienen elementos nutricionales que contribuyen positivamente a la salud y que abarcan desde suplementos aislados hasta alimentos procesados. En el caso de los peces, el Salmón del atlántico (*Salmo salar*) es muy conocido como un producto nutraceutico, debido a que contiene altos porcentajes (aproximadamente 20%) de dos ácidos grasos de cadena larga, el DHA (Docosahexanoico) 22:6n-3 y el EPA (Eicosapentanoico) 20:5n-3, en proporciones aproximadas de 2:1. Sin embargo, se ha encontrado que el pez blanco de Pátzcuaro posee una proporción de 30:1 de DHA/EPA, acumulando hasta 30% de DHA en su carne (Fonseca-Madrigal *et al.*, 2014). Hasta el momento es la única especie de agua dulce y la tercera en el mundo, que se ha reportado que posee la enzima Delta 4 desaturasa, que permite sintetizar al DHA por una ruta metabólica más corta que la normalmente encontrada en todos los organismos, a partir de su precursor, el ácido Linolénico 18:3n-3 (Fonseca-Madrigal *et al.*, 2014). Estas características deben ubicar al pez blanco de Pátzcuaro

como una especie con características nutraceuticas, como el mismo Salmón o el Atún, internacionalmente conocidas por sus aportaciones benéficas a la salud humana. Por todo esto, hablar del pez blanco no sólo es hablar de una especie del futuro, por la sustentabilidad que representa su cultivo, sino también por sus características organolépticas y nutraceuticas tan especiales y difíciles de encontrar.

El caso del Bagre Armado (pez diablo): Un caso de éxito, de especie invasora a platillo gourmet, a través de la integración de todos los sectores sociales

La invasión del Bagre armado (originalmente llamado pez diablo) comenzó en la cuenca del Río Balsas a finales de la década de los 90's y para principios de la siguiente década ya se había establecido en números impresionantes en la Presa de Infiernillo, en Michoacán. El problema surgió cuando las poblaciones de esta especie, sin depredadores naturales, se multiplicaron tanto que comenzaron a afectar la pesquería local de tilapia, en términos del esfuerzo pesquero. Es decir, se comenzaba a sacar cada vez más pez diablo y mucho menos tilapia. Los rumores y mitos acerca de esta especie comenzaron a propagarse, entre los cuales se decía que era venenoso, que se alimentaba de otros peces y de sus huevos, además de materiales en descomposición, que podía curar el cáncer, que tenía propiedades afrodisíacas, etc. La mayoría de mitos, además de su aspecto físico, poco atractivo para algunos, generaba un rechazo generalizado hacia la especie.

En 2006, y a solicitud de la demanda hecha por los pescadores a los presidentes municipales de Churumuco, la Huacana, Arteaga y Mújica, en Michoacán, el CONACyT, a través del Fondo Mixto y apoyado con recursos de los tres órdenes de gobierno, emitieron una convocatoria nacional para resolver el problema. Dentro de la misma, el grupo de Biotecnología Acuícola y Acuicultura del IIAF de la UMSNH propuso un proyecto, que fue aprobado con 2.4 millones de pesos, denominado "*Desarrollo Tecnológico para el Aprovechamiento e Industrialización del pez diablo en el Bajo Balsas, en Michoacán*" (37147: 2006-2009).

El proyecto reunió a investigadores de nueve instituciones y dos dependencias de la UMSNH: UNAM Campus Juriquilla, UAQ, UABC, Universidad de Maringá, Brasil, Universidad de Stirling, del Reino Unido y a los Centros de Investigación CIAD-Hermosillo, CINVESTAV-Mérida y CICIMAR-IPN, formando un grupo académico e interdisciplinario que reunió a seis investigadores Nivel III del Sistema Nacional de

Investigadores, como líderes de grupo. El principal resultado de la investigación, con una duración de dos años, fue que la mejor forma de controlar y aprovechar este recurso era a través del consumo humano del Bagre Armado (Martínez-Palacios *et al.*, 2010a; 2010b; Ramírez-Suárez *et al.*, 2012). Para ello se generaron varias degustaciones públicas en ferias gastronómicas, así como un libro de 50 recetas recabadas en Colombia, Venezuela y Brasil, en donde este pez es un producto de primera calidad. El libro, titulado “Nutrición con sabor. Delicias del pez diablo” (Martínez-Palacios *et al.*, 2009) fue editado por la UMSNH y presentado en una degustación a chefs de México, en el restaurante Los Mirasoles, en la ciudad de Morelia. Se determinó también que una segunda alternativa era el uso de ensilados ácidos, para preservar a bajo costo tan importante fuente de proteína y ácidos grasos. Este ensilado fue probado con cerdos, pollos y ganado vacuno, ofreciendo alternativas para la reducción de costos en el cultivo de estos organismos de corral. También fue ensayado como hidrolizado, en el pez blanco de Pátzcuaro, obteniendo resultados alentadores (Ávalos-Sánchez, 2010). Asimismo, se determinó que la explotación industrial de esta especie, como harina de pescado, no es viable, principalmente por el alto contenido de cenizas del producto final. Posteriormente, en el 2012 se inició, con el apoyo del Instituto Nacional de la Pesca, una serie de cursos para Michoacán, Tabasco, Chiapas y Quintana Roo, para transferir las tecnologías de procesamiento y demostrar el uso y consumo de esta especie. Como resultado de ello, los pescadores aceptaron la tecnología y lograron registrar a esta nueva especie en la carta Nacional Pesquera para promover su explotación.

En los años 2016 y 2017, en conjunto con el Municipio de Centro, Villahermosa, Tabasco, se organizaron y llevaron a cabo la 1ra. y 2da. Feria del Bagre Armado. En esta última se logró, a través de una campaña en donde participaron los pescadores, empresas de procesamiento, restaurantes, chefs locales y nacionales, apoyados por el grupo de Investigación, establecer la cadena de valor de esta nueva pesquería en el sureste mexicano. Actualmente el grupo ha sido llamado por la FAO para implementar estrategias y alternativas para el uso y explotación de esta especie y así resolver el problema en los afluentes del río Usumacinta en el Petén Guatemala.

La re-introducción de robalos como estrategia directa de impacto ecológico, pesquero y turístico, a través de la pesca deportiva, en presas del estado de Michoacán

Irónicamente las poblaciones más vulnerables y en condiciones de pobreza y marginación en nuestro país se encuentran asentadas a lo largo y en las cabeceras de nuestros ríos y represas. ¿Cuál podría ser el motivo de esta aseveración, cuando los ríos han sido la fuente de alimentación más importante, desde la antigüedad, en las grandes y exitosas poblaciones? En nuestro país, la respuesta está en que la toma de decisiones para la generación de energía eléctrica no ha considerado el impacto real de la construcción de cortinas (represas) sin la construcción de escaleras especializadas para la migración, aguas arriba, de especies acuáticas de peces y crustáceos, migratorios, que han sido la fuente y el sustento de la alimentación de estas poblaciones humanas. Mientras que la inclusión de dichas escaleras se realiza en países de Sudamérica, Europa y en casi todo el mundo, en nuestro país la falta de las mismas ha hecho que estas especies dejen de arribar. Entre estos organismos se encuentran todas las especies de robalos (del Pacífico y del Atlántico), que son catádomas (nacen y se reproducen en las aguas marinas, pero crecen en agua dulce), esto es, lo opuesto a los salmones, que son anádromos. También se encuentran por lo menos dos especies de lisas, por lo menos cuatro especies de palemónidos, entre ellos las acamayayas (langostinos de agua dulce y salobre), los atíidos como *Atya sp.* y *Potimirim sp.* (camaroncitos de agua dulce), que eran tradicionalmente consumidos en platillos como el tismiche.

Esto ha llevado al empobrecimiento de las especies en los embalses de nuestro país y a la introducción de especies exóticas, ajenas al ecosistema, que no ofrecen la calidad nutricional de las especies migratorias eliminadas y por lo tanto el importante ingreso económico asociado se ha visto reducido; ni el precio ni la calidad de una especie exótica como la tilapia (\$10 pesos) es comparable con el de un robalo o una acamaya (\$120 y \$1,200 pesos mexicanos, respectivamente).

Lo anterior ha tenido un impacto negativo directo en el modo de vida de las poblaciones humanas, pues ha afectado las pesquerías y gastronomía tradicionales, así como la economía de la población, incrementando la pobreza, la desnutrición y generando inseguridad y economías ilegales. Por lo tanto, parte de nuestros proyectos se encuentran dirigidos a la reintroducción de una o varias de las especies arriba mencionadas, lo que mejoraría significativamente el sustento

familiar, a través del establecimiento de sus pesquerías, tradiciones y formas de vida, al mismo tiempo que se restablece el equilibrio ecológico.

Los robalos son los “salmones” mexicanos, generadores de ingreso económico y símbolo de un ecosistema sano y en equilibrio. La introducción de depredadores a las presas, como los robalos, mejoraría significativamente el tamaño de captura de las tilapias (y con esto su precio de venta), al controlar la reproducción desmedida de las mismas, y también se tendrían, dentro de la presa, robalos de alto precio, que mejorarían notablemente el ingreso del pescador. Además, los robalos en las presas atraerían a los pescadores deportivos, que dejarían una derrama económica muy importante, incluyendo el empleo de los pescadores especializados en guías de pesca, lo que mejoraría su nivel de ingresos. Finalmente, los robalos también podrían consumir especies invasoras, como los bagres armados (Wakida-Kusunoki y Toro-Ramírez, 2016).

Especies nativas sudamericanas con alto potencial acuícola y social

En Sudamérica se han incorporado nuevas tecnologías para el desarrollo del cultivo de especies de la familia Characidae, como las cachamas *Colosoma sp.*, el pacú negro *Piaractus sp.*, *Brycon sp.*, el bocachico *Prochilodus sp.* y los bagres pintados o surubis (*Pimelodella sp.*; Pimelodidae), entre otras. Estas especies poseen larvas de pequeño tamaño, que requieren de alimentos vivos tales como los rotíferos y la *Artemia franciscana*, cuyo uso incrementa notablemente la producción de crías de todas estas especies. Por ello, actualmente el grupo de investigación está desarrollando un proyecto, con el Dr. Luis Murgas, de la Universidad Federal de Lavras, Brasil, a través del intercambio de profesores y estudiantes. En éste nos encontramos desarrollando formulaciones para generar dietas para estos peces, con el fin de reducir los costos de producción y hacer más rentable su cultivo. Todas estas especies son altamente consumidas en todos los países amazónicos y su cultivo genera ingresos muy importantes, al involucrar tanto a productores a nivel industrial como a pequeños productores.

Desarrollo de dietas y microdietas para larvas de peces

Uno de los factores limitantes para el desarrollo o cultivo de especies de peces, tanto de agua dulce como marinos, es el alimento en la primera fase de desarrollo (larvas), así como contar con la formulación adecuada para cubrir los requerimientos

nutricionales de cada una de las especies seleccionadas para desarrollar cultivos comerciales.

Dentro de los peces se pueden distinguir aquellos que poseen huevecillos de 2 mm o menos, así como los que poseen huevecillos entre 3 y 5 mm. Esta característica conlleva a la eclosión de larvas de pequeño tamaño, con bocas pequeñas, con un intervalo de apertura entre 60 y 110 μm . Dichas especies requieren forzosamente de alimentos vivos de ese tamaño, tal como los pequeños copépodos y neonatos de rotíferos. La otra alternativa es generar alimentos en forma de microdietas, microagregadas o microencapsuladas. Estas últimas en muchos casos no han dado el resultado esperado cuando las larvas son alimentadas. Sin embargo, las dietas microagregadas y secadas en un secador por aspersión, al carecer de una cubierta indigerible, han resultado en partículas que fácilmente son ingeridas y posteriormente digeridas y aprovechadas, dependiendo esto último de que la formulación sea la apropiada y que los ligantes usados tengan alta digestibilidad y resistencia a las condiciones dentro del agua. LANMDA y su equipo de investigadores han logrado generar formulaciones de alta digestibilidad en forma de microagregados, entre 10 y 80 μm . Con esto se ha podido alimentar a larvas de peces, como los peces blancos, que parecía que no podían ser alimentadas salvo con el uso de alimentos vivos. Otros peces del género *Brycon sp.* han aceptado nuestras microdietas con mucho éxito, en la Universidad de Lavras, en Brasil, y nos encontramos, en la actualidad, generando formulaciones y microdietas secadas por aspersión, para por lo menos dos especies importantes de robalos, *Centropomus viridis*, del Pacífico mexicano y *C. undecimalis*, del Atlántico. De tener éxito con estas especies, se podrá reducir el uso de los alimentos vivos y con ello los costos de producción de larvas y juveniles, puesto que los alimentos vivos incrementan notablemente dichos costos. Con ello se podrá, en un momento dado, generar juveniles competitivos en el mercado nacional e internacional, con lo que se podrán producir especies de alto valor comercial, como los robalos y los peces blancos.

El Laboratorio como sede del LANMDA: Origen, propósito y alcances

Como se mencionó anteriormente, el Laboratorio Nacional de Nutrigenómica y Microbiómica Digestiva Animal (LANMDA) es una unidad de investigación especializada para el desarrollo científico y la innovación en temas fundamentales. Se creó en el año 2015 y su sede es el Laboratorio de Biotecnología Acuícola y Acuicultura, de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. LANMDA es

el primer Laboratorio Nacional de la Universidad Michoacana y su objetivo principal es poner al alcance de los investigadores las herramientas metodológicas más modernas, sobre nutrigenómica y microbiómica digestiva animal y con ello mejorar la productividad, la calidad y la pertinencia de la investigación que se realiza. Asimismo se pondrán a disposición de los usuarios de los sectores productivos, empresarial y social, los servicios de alta tecnología que ofrece el Laboratorio Nacional y sus filiales en todo el país (www.lanmda.org). Así, LANMDA, como Laboratorio Nacional, lleva a cabo investigación, ofrece servicios y realiza capacitación de recursos humanos de alta especialidad.

Los alcances de LANMDA son: generar conocimiento de punta respecto a la nutrigenómica y microbiómica digestiva de diferentes especies animales, dar respuesta a las demandas generadas por las empresas dedicadas a la alimentación animal y a las instituciones de educación superior y de investigación en los nuevos campos de alimentación animal. Es importante mencionar que LANMDA es capaz de llegar a una autosustentabilidad a través de la venta de servicios. Este grupo de trabajo ha podido obtener cerca de \$40,000,000.00 M.N. en equipamiento e infraestructura para el ofrecimiento de diversos servicios.

Actualmente, la sede de este Laboratorio Nacional se encuentra en proceso de Certificación ISO 9001:2015, para los procesos de producción de crías de pez blanco, la planta de alimentos para peces blancos y el laboratorio químico de Análisis Bromatológicos. LANMDA cuenta con tres Laboratorios Asociados: CIAD unidad Mazatlán; IPN y UNAM Querétaro. La asociación con estos y otros laboratorios hacen de LANMDA un Laboratorio Nacional con alto impacto a nivel nacional e internacional.

Por otro lado, como grupo de investigación formamos el Cuerpo Académico Consolidado “Biotecnología Acuícola y Acuicultura” CA-142, reconocido por la SEP, cuya línea de generación y aplicación del conocimiento es la “Acuicultura”. Como CA, realizamos publicaciones en las que participamos todos los integrantes del cuerpo, en conjunto con participantes de otros cuerpos académicos de la Universidad Michoacana y otras universidades, como la UNAM, grupos con los que se han generado redes de investigación. A la vez, el grupo se encuentra vinculado con investigadores de instituciones académicas y de investigación nacionales y extranjeras, con el fin de realizar un trabajo conjunto e interdisciplinario que permita un mayor avance y aplicación de las investigaciones realizadas.

La visión del grupo de investigación para este siguiente centenario deberá ser consolidar el Laboratorio de Biotecnología Acuícola y a LANMDA como uno de los epicentros nacionales de desarrollo de biotecnologías y su transferencia, abonando a cumplir las metas de soberanía alimentaria nacional, así como los retos acuícolas mundiales.

Bibliografía

- Avalos-Sánchez AM. (2010). Evaluación del crecimiento de juveniles de pez blanco (*Menidia estor*), alimentados con dietas a base de proteína hidrolizada de bagre armado (*Pterygoplichthys disjunctivus*). Tesis de Maestría, UMSNH, 49p.
- Argueta, A. (2008). *Los saberes P'urhépecha. Los animales y el diálogo con la naturaleza.*, Primera edición edn, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Universidad Autónoma de México, Gobierno del Estado de Michoacán, Universidad Intercultural Indígena de Michoacán, Casa Juan Pablos, Programa de Naciones Unidas Para el Medio Ambiente, México.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Pinstrop-Andersen, P., Merino, G., Hemre, G. I., Williams, M. (2015). Feeding 9 billion by 2050—Putting fish back on the menu. *Food Secur.* 7: 261–274
- Bibus, D. M. (2015). Long-chain omega-3 from low-trophic-level fish provides value to farmed seafood. *Lipid Technology*, 27(3): 55–58. <http://doi.org/10.1002/lite.201500006>
- Brockman, A. (2004). *La pesca indígena en México.* Universidad Autónoma de México, Instituto de Investigaciones Antropológicas, México.
- Corona-Herrera G.A., Tello-Ballinas J.A., Hattori R.S., Martínez-Palacios C.A., Strüssmann C.A., Cárdenas-Reygadas R.R. & Martínez-Chávez C.C. (2016). Gonadal differentiation and temperature effects on sex determination in the freshwater pike silverside *Chirostoma estor* Jordan 1880. *Environmental Biology of Fishes.* 99:463–471pp.
- Diario Oficial-SAGARPA. (2012). Carta Nacional Pesquera. México. 128p.
- Duarte, C.M., Holmer, M., Olsen, Y., Soto, d., Marbà, N., Guiu, J., Black, K., Karakassis, I. (2009). Will the Oceans Help Feed Humanity? *BioScience*, 59(11): 967–976. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.8>
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2014). The state of world fisheries and aquaculture 2014. Rome: FAO.

- Fonseca-Madrugal, J., Pineda-Delgado, D., Martínez-Palacios, C., Rodríguez, C. & Tocher, D.R. (2012). Effect of salinity on the biosynthesis of n-3 long-chain polyunsaturated fatty acids in silverside *Chirostoma estor*. *Fish Physiol. Biochem.*, 38, 1047– 1057.
- Fonseca-Madrugal, J.; Navarro, J.C; Hontoria, F; Tocher, D.R; Martínez-Palacios, C.A. and O. Monroig. (2014). Diversification of substrate specificities in teleostei Fads2: characterization of $\Delta 4$ and $\Delta 6 \Delta 5$ desaturases of *Chirostoma estor*. *J Lipid Res.* 55: 55: 1408 – 1419pp.
- Graham, A. M. (2001). Comparative study of proteolytic enzymes in the digestive tracts of the sub-species of pez blanco (*Chirostoma estor estor* and *Chirostoma estor copandaro* (Pisces: Atherinidae). BSc. (Hon) Aquaculture Project. Institute of Aquaculture, University of Stirling. 35p.
- Grafton, C. Daugbjerg, M.E. Qureshi. (2015). Towards food security by 2050. *Food Security*, 7 (2): 179-183.
- IUCN. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 04 May 2017.
- Martínez-Chávez C.C., Tello-Ballinas, J.A. Fonseca-Madrugal, Ross L.G. & Martínez-Palacios C.A. (2014). Photoperiodic growth enhancement in a tropical batch spawning atherinopsid, pike silverside *Chirostoma estor*. *J. Fish Biol.* 85, 546–553 doi:10.1111/jfb.12442
- Martínez Palacios, C.A., Barriga Tovar, E., Taylor, J.F., Ríos Durán, G., and Ross, L.G. (2002). Effect of temperature on growth and survival of *Chirostoma estor estor*, Jordan 1879, monitored using a simple video technique for remote measurement of length and mass of larval and juvenile fishes. *Aquaculture* 209, (1-4), 369-377.
- Martínez-Palacios, C.A., Comas Morte, J., Tello-Ballinas, J.A., Toledo –Cuevas. M, & Ross, L.G. (2004). The effects of saline environments on survival and growth of eggs and larvae of *Chirostoma estor estor* Jordan 1879. (Pisces: Atherinidae). *Aquaculture* 238: 509-522.
- Martínez-Palacios, C.A., Racotta, I.S., Ríos-Durán, M.G., Palacios, E., Toledo-Cuevas, E.M. & Ross, L.G. (2006). Advances in applied research for the culture of Mexican silversides (*Chirostoma*, Atherinopsidae). *Biocell*, 30, 137–148.
- Martínez-Palacios, C.A., Chávez-Sosa, J.C., Santoyo-Guzmán, V.O., Campos-Mendoza, A., Martínez-Chavez, C.C. and Ross, L.G. (2007a). The effect of photoperiod on the reproduction of *Chirostoma estor estor* Jordan 1879 from

- Lago de Pátzcuaro, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. 23: 621-623. DOI. 10.1111/j.1439-04.26.20.07.00856.x
- Martínez-Palacios, C.A., L Ambriz-Cervantes, L. Ríos-Durán, M.G., Ross, L.G. & Jauncey. K. (2007b). Dietary protein requirement of juvenile Mexican Silverside (*Chirostoma estor estor* Jordan 1879), a stomachless zooplanktophagous fish. *Aquaculture Nutrition*. 13: 304-310.
- Martínez-Palacios, C.A., Fonseca Madrigal, J.F., Ríos-Durán, Ma,G., Toledo Cuevas, M. Ross, L.G.. (2008a). Developments in the nutrition of *Menidia estor* Jordan 1880. *Aquaculture Res*. 39: (7), 738-737. doi:10.1111/j.1365-2109.2008.01926.x.
- Martínez-Palacios, C.A., Salgado-García RL., Racotta, I.S., Campos-Mendoza, A. & Ross, L.G. (2008b). Effects of Salinity on Eggs, Larvae, and Juveniles of Blacknose Silversides from Lake Chapala, Mexico. **N. Am. J. Aquac.**, 70(1):12-19.
- Martínez-Palacios, C.A.; Castillo de Carvalho, E; Aguilar Valdéz, M.C. y M.G. Ríos-Durán. (2009). *Nutrición con sabor. Delicias del pez diablo*. Ed. Universitaria, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, Michoacán, México. 121p. ISBN: 978-607-424-044-3.
- Martínez Palacios CA., Ross LG, Arreguín Sánchez F, Campos Mendoza A, Díaz Pardo E, Fonseca Madrigal J, Gutiérrez Hernández A, Pacheco Aguilar R, Ramírez-Suarez JA, Ríos Durán MG, Rueda Jasso R, Toledo Cuevas EM, Salas Razo G, Shimada A, Sánchez Chinchillas A, Avila González E, Viana Castrillón MT, Gasca Leyva E. (2010a). "Peces amazónicos invaden las aguas continentales de México y Guatemala: Un problema que se resuelve apoyándose en la Ciencia y la Tecnología". *EL SALVADOR CIENCIA & TECNOLOGÍA* 15 (20): 25-32. Diciembre de 2010.
- Martínez Palacios C. A., A. Campos Mendoza, E. Díaz Pardo, F. Arreguín Sánchez, R. Rueda Jasso, J. Fonseca Madrigal, A. Gutiérrez Hernández, R. Pacheco Aguilar, J. C. Ramírez-Suarez, M.G. Ríos Durán, E. M. Toledo Cuevas, G. Salas Razo, L. G Ross, A. Shimada Miyasaka, M.T. Viana Castrillón, A. Sánchez Chinchillas, E. Ávila González, E. Gasca Leyva. (2010b). "Bagres Armados: ¿Erradicación o utilización?" *Ciencia y Desarrollo* 236 (247): 28-33. Octubre del 2010. ISSN 99.
- Navarrete-Ramírez, P., Martínez-Palacios, C. A., Olvera, A., Orozco, A., Valverde-R, C., Toledo-Cuevas, E. M. and L.G. Ross. (2011). Effects of the administration of micro doses of thyroxine (T₄) on the growth and survival of

- pike silverside (*Menidia estor*) juveniles. *Aqua. Res.* 42: 808-814. doi: 10.1111/j.1365-2109.2011.02834.x
- Ospina-Salazar, G.H; Ríos-Durán, M.G; Toledo-Cuevas, E.M. and C.A. Martínez-Palacios. (2016). The effects of fish hydrolysate and soy protein isolate on the growth performance, body composition and digestibility of juvenile pike silverside, *Chirostoma estor*. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 220: 168-179.
- Pohls, P; González-Dávalos, L; Mora, O; Shimada A; Varela-Echavarría, A; Toledo-Cuevas, E.M; and C. A. Martínez-Palacios. (2016). A complete chitinolytic system in the atherinopsid pike silverside *Chirostoma estor*: gene expression and activities. *J. Fish Biol.* doi:10.1111/jfb.12988.
- Ramírez-Suárez, J. C., Martínez Palacios C.A., Pacheco Aguilar, R., Ross, L.G., Arreguín Sánchez, F., Campos Mendoza, A., Díaz Pardo, E., Fonseca Madrigal, J., Gutiérrez Hernández, A., Ríos Durán, M.G., Rueda Jasso, R., Toledo Cuevas, E. M., Salas Razo, G., Shimada, A., Viana Castrillón, M.T., Sánchez Chinchillas, A. Ávila González. E. (2012). Bagres invasores ¿Amenaza u oportunidad? *INFOPECA Internacional*. 50: 25-28. Abril/Junio. Publicación 9/04/12. Montevideo, Uruguay. ISSN 1515-3625.
- Ríos-Durán, M.G. (2000). Actividad proteolítica en larvas de pez blanco *Chirostoma estor copandaro* (PISCES: ATHERINIDAE): Implicaciones para su cultivo. Tesis de Maestría. UMSNH. 53p.
- Ríos-Durán, M.G; Navarrete-Ramírez, P; Fonseca-Madrigal, J; Mendez-Ortiz, E; Palacios, E; Racotta, I. S; Martínez-Chávez, C. C; Ross, L. G. and C. A. Martínez-Palacios. (2014). Optimizing initial feeding of the Pike silverside *Chirostoma estor*: oil droplet depletion, point of no return, growth and fatty acid utilisation in larvae fed enriched rotifers. *Aquac. Nutr.* DOI 10.1111/anu.12272.
- Rosas, M. (1970). *Pescado blanco (Chirostoma estor)*, su fomento y cultivo en México. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras, Comisión Nacional Consultiva de Pesca. México. 79 p.
- Rosas, M. (1976). Datos biológicos de la ictiofauna del lago de Pátzcuaro, con especial énfasis en la alimentación de las especies. *Memorias del Simposio sobre Pesquerías de Aguas Continentales*, 299-365 pp.
- Ross, L.G., Martínez-Palacios. C.A., Aguilar Valdez, Ma. del C., Beveridge, M.C.M. and Chavez Sanchez, Ma. C. (2006). Determination of feeding mode in fish: the importance of using structural and functional feeding studies in conjunction with gut analysis in a selective zooplanktivore *Chirostoma estor estor* Jordan 1880. *J. Fish Biol.* 68: 1782-1794.

- Ross, L.G., Sanchez-Blanco, J., Martínez-Palacios, C. A., Racotta, I.S. & M. Toledo-Cuevas. (2007). Anaesthesia, sedation and transportation of juvenile *Menidia estor* (Jordan) using benzocaine and Hypothermia. *Aquacult. Res.*, 38: 909-917. doi:10.1111/j.1365-2109.2006.01642.x
- Toledo-Cuevas, E.M., Moyano López, F.J., Tovar Ramírez, D., Strüssmann, C.A., Álvarez-González, C.A., Martínez-Chávez, C.C., Martínez-Palacios, C.A. (2011). "Development of digestive biochemistry during initial stages in three cultured *Atherinopsids*". *Aquacult. Res.* 42: 776-786.
- Waite R., Beveridge M., Brummett R., Castine S., Chaiyawannakarn N., Kaushik S., Mungkung R., Nawapakpilai S., Phillips M. (2014). WRI (World Resources Institute). Forthcoming. "Shifting Diets." Working Paper, Installment 5 of Creating a Sustainable Food Future. Washington, DC: World Resources Institute.
- Wakida-Kusunoki, A.T. y A. Toro-Ramírez. (2016). El robalo prieto (*Centropomus poeyi*), nuevo depredador del pez diablo (*Pterygoplichthys pardalis*). *Hidrobiologica*, 26(1): 147-149.
- Yanes-Roca C., Toledo-Cuevas E.M., J. Sánchez L, A. Born-Torrijos. N. Rhody, K.L. Main. Digestive enzyme activity during larval development of black snook (*Centropomus nigrescens*). Aceptado. *Journal of the World Aquaculture Society*. (JWAS-17-093, JWAS12466), Ago17, 2017. DOI: 10.1111/jwas.12466.