

# ESTADO DE ARTE DE LA BIOLOGÍA Y CULTIVO DE PEJELAGARTO (*Atractosteus tropicus*)

## STATE OF THE ART OF BIOLOGY AND BREEDING OF TROPICAL GAR (*Atractosteus tropicus*)

Márquez-Couturier, G.<sup>1\*</sup>; Vázquez-Navarrete, C.J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México. <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3. C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

**Autor de correspondencia:** vcesar@colpos.mx

### RESUMEN

Los peces de agua dulce nativos son una fuente importante de alimento y proteína para la sociedad humana. Un estudio completo de las especies acuícolas nativas y el desarrollo de tecnologías que permitan de manera controlada una producción de estos peces de manera rentable, inocua y amigable con el ambiente son algunos de los grandes retos para la acuicultura en este milenio. Por esta razón, en este trabajo se presenta el estado de arte de la biología y cultivo del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), estimulando así la construcción de una acuicultura tropical sustentable de especies nativas de agua dulce. El estudio consistió en una revisión exhaustiva de bases de datos de publicaciones arbitradas, publicaciones grises, e informes técnicos nacionales e internacionales de organizaciones comprometidas con esa especie, su reproducción, engorda y consumo local. Así mismo se propone un modelo de innovación tecnológica para sistematizar el conocimiento generado sobre su cultivo, lo cual permite determinar el estado actual de avances en el tema y descubrir nuevas oportunidades de investigación para cubrir vacíos de conocimiento.



**Palabras clave:** pejelagarto, Tabasco, acuicultura sustentable, peces nativos.

### ABSTRACT

Native fresh water fish are an important source of food and protein for human society. A full study of the native aquatic species and the development of technologies that allow the controlled production of these fish in a profitable, innocuous and environment-friendly manner, are some of the big challenges for aquaculture in this millennium. Therefore, the state of the art of the biology and breeding of tropical gar (*Atractosteus tropicus*) is presented in this study, thus stimulating the construction of sustainable tropical aquaculture of native fresh water species. The study consisted of an exhaustive revision of databases from peer-reviewed publications, grey publications and national and international technical reports by organizations committed to this species, its reproduction and local consumption. Likewise, a model of technological innovation to systematize the knowledge generated regarding its breeding is proposed, which allows determining the current state of advancement of this theme, and to discover new opportunities for research to fill knowledge gaps.



**Keywords:** tropical gar, Tabasco, sustainable aquaculture, native fish.

## INTRODUCCIÓN

De acuerdo con FAO (2014), los peces de agua dulce contribuyen hasta un 25% con la alimentación de la sociedad humana, particularmente en países en desarrollo. El pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) es un recurso de agua dulce emblemático de la cocina del estado de Tabasco, México, sin embargo, por ser una especie silvestre, sus poblaciones han sido fuertemente impactadas por los cambios de uso de suelo debido al crecimiento demográfico, las condiciones climáticas extremas, contaminación y sobrepesca (Márquez *et al.*, 2013). En esta investigación se presenta una revisión del estado de arte de la biología y cultivo del *A. tropicus*, el cual tiene entre otros propósitos, contribuir con una síntesis de los avances científicos y tecnológicos de manera esquemática y de fácil lectura, presentar los resultados de investigación básica y aplicada que estimulen a otros investigadores en la construcción de una acuicultura tropical sustentable de especies de agua dulce, y finalmente, coadyuvar en la aportación de nuevos elementos con el fin de revalorar nuestra riqueza biológica y en consecuencia apoyar la creación de políticas públicas que contribuyan al desarrollo local en diferentes regiones con base en sus recursos naturales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo muestra un acercamiento general de la biología del *A. tropicus*, destacando nuevas aportaciones realizadas en este campo; un modelo de innovación tecnológica que contribuye en la revisión de los elementos básicos de una acuicultura tropical sustentable del *A. tropicus*; finalmente, se concluye esta revisión con la prospectiva del pejelagarto, señalando, sin ser exhaustivo, los principales temas de investigación a realizar en el futuro.

## DESARROLLO

### Biología

El *A. tropicus* forma parte de un grupo de peces primitivos, conocido como Lepisosteidos. De acuerdo con Wiley (1976) algunos fósiles encontrados en América, Europa e India indican su aparición en el Cretácico, hace 70 millo-

nes de años. Forma parte de la familia Lepisosteidae, la cual se divide en dos géneros y siete especies; el primero incluye a *Lepisosteus* con las especies: *L. osseus*, *L. platyrhincus*, *L. platostomus* y *L. oculatus* mientras que el segundo género incluye *Atractosteus spatula*, *A. tropicus* y *A. tristoechus*. La morfología es diferente a la gran mayoría de los peces de agua dulce, tiene un cuerpo alargado y cilíndrico, de color verde (claro) "olivo" en el dorso y con manchas negras, el vientre es de color claro y todo el cuerpo está cubierto de moco. La boca es alargada con dientes caninos fuertes y curvos hacia el interior. Las escamas tienen forma de rombo, duras y cubren todo el cuerpo. La aleta dorsal y anal está muy cerca de la aleta caudal (Márquez *et al.*, 2013). El ciclo de vida ha sido dividido en cinco etapas: (i) desove (chapaleo), (ii) embrión (iii) larvas, (iv) juveniles y (v) adultos (Cuadro 1).

Con base en la revisión la investigación de *A. tropicus* se puede agrupar en cinco vertientes. La primera cubre aspectos de genética, evolución y taxonomía, los autores proponen

**Cuadro 1.** Principales características de las etapas del ciclo de vida del *A. tropicus*.

Etapas	Principales características	Talla (cm)	Peso (kg)	Duración
Desove	Machos reproductores	40-60	1-2.5	6 -12 horas
	Hembras reproductoras	50-150	3-7	
Embrión	Una vez que el huevo ha sido fertilizado se desarrolla el embrión	5.5-9.5 mm	-	60-72 horas
Larva	Eclosión de la larva, se alimenta de su saco vitelino y terminan de formarse los ojos, boca, aletas, branquias, piel y pigmento negro	1.4-1.9	-	1-19 días después de eclosión (DDE)
	Fin de la etapa de larva	3-4	0.2 -0.4 g	
Juveniles	Los alevines presentan un hocico alargado, están bien definidas las aletas pectorales, la caudal, anal y dorsal, las últimas en desarrollarse son las aletas pélvicas en la región abdominal.	5-30	0.5-150 g	21-270 DDE
Adultos	Los juveniles continúan creciendo hasta alcanzar la primera talla de madurez sexual en machos	40-50	0.8-1.0	12-18 meses de edad
	Las hembras llegan a la primera madurez sexual un año después que los machos.	45-65	1.15-1.7	24-36 meses

Elaboración propia con datos de Márquez *et al.* (2013), Aguilera *et al.* (2002), Márquez *et al.* (2006), Márquez (2000), Jammet *et al.* (1997), Méndez *et al.* (2012).



descriptores que ayuden en la identificación taxonómica de la especie, sus lugares y fechas de origen, y estudian la genética, diversidad y evolución de México, Guatemala, Costa Rica y el Salvador y en todo el mundo para la familia Lepisosteidae. Un total de seis publicaciones ofrecen mayor comprensión sobre estos aspectos relevantes (Wiley, 1976; Barrientos, 2008; Katsu *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2009; Grande 2010; Bohn *et al.*, 2013).

Una segunda vertiente centra sus esfuerzos sobre las enfermedades y parasitismo que encara el *A. tropicus* en su hábitat natural, donde los autores identifican los parásitos que lo atacan, así como, las enfermedades potenciales que se pueden desarrollar e influir en su crecimiento y desempeño. Cuatro publicaciones abordan este interesante tema que está asociado con su consumo humano (Moravec y Salgado, 2002, 2003, Pineda *et al.*, 1995, Salgado *et al.*, 2004).

Debido a la presión que ejerce la población humana y sus actividades económicas, la tercera y cuarta vertiente buscan establecer un conocimiento más preciso sobre los mecanismos de nutrición y reproducción del pejelagarto. En el primer caso, los estudios están enfocados en establecer los requerimientos nutrimentales de las larvas y juveniles, ya que esta etapa es crítica para maximizar la mayor supervivencia; un total de tres estudios tienen relación con este importante tema (Aguilera *et al.*, 2002, 2012, Guerrero *et al.*, 2014). Así mismo, otros estudios buscan conocimiento básico sobre el ciclo reproductivo a nivel de gónadas de los machos y hembras con el fin de establecer mecanismos de maximización de la fertilidad mediante peso y talla de los ejemplares, periodos de máxima probabilidad de fertilidad y todo ello asociados a las variables ambientales de su hábitat natural (Méndez *et al.*, 2012, Jamett *et al.*, 1997).

Finalmente, otros estudios asociados buscan establecer los efectos que tiene los compuestos nematicidas sobre la tasas de supervivencia de larvas de *A. tropicus*, y como está relacionado con la diversidad acuícola de los cuerpos de agua en Costa Rica (Mena *et al.*, 2012, Saenz *et al.*, 2006).

### Acuicultura tropical sustentable

En todo el mundo, la acuicultura es una actividad milenaria que cumple con diversos propósitos, pero hay dos que son centrales: (i) disminuir las presiones sobre los recursos acuícolas existentes e (ii) impulsar la economía local, regional o nacional a base del desarrollo de

sus propios recursos (FAO, 2014). Para ello es necesario pasar por un proceso de domesticación de las especies acuícolas, en algunos casos se ha realizado de manera empírica durante años o siglos, en otros casos se llevó a cabo de manera sistemática mediante el diseño de programas parciales o totales de mejoramiento genético e innovación de los procesos e insumos para obtener productos y paquetes tecnológicos factibles y económicamente viables (Teletchea y Fontaine, 2014). Como lo señalan varios autores (Woynarovich y Horváth, 1980, Lorenzen, 2012, Marquez *et al.*, 2013), el proceso de domesticación y reproducción controlada en cautiverio es un esfuerzo tripartito: (1) el gobierno que quiere impulsar programas de desarrollo local, (2) las instituciones de educación e investigación que aportan los conocimientos básicos y aplicados para alcanzar este propósito y (3) la cadena de suministro que debe construirse para hacer esta actividad rentable y sustentable.

Por esta razón en esta revisión se propone un modelo de innovación tecnológica que permita visualizar los factores de cambio y los componentes involucrados para construir una acuicultura tropical sustentable del *A. tropicus*. El modelo permite ampliar el enfoque de análisis, revisando tanto las investigaciones científicas y tecnológicas que nos ayudan a comprender los avances realizados hasta ahora; así como las experiencias y los conocimientos prácticos de algunos de los componentes clave de la cadena de suministro de esta especie. Este modelo también permite identificar los vacíos de conocimiento que abren oportunidades para nuevos enfoques, métodos y acciones de investigación básica y aplicada (Figura 1).

En este modelo se identificaron tres componentes claves que interactúan entre sí. El primero de ellos son las Unidades de Toma de Decisiones (UTD) que comprende a los productores individuales y su familia, las cooperativas, las empresas o cualquier otro tipo de organización. El segundo componente clave lo integran las unidades de innovación tecnológica (UIT) que aportan una mayor eficiencia técnica y económica a los procesos de las UTD a través de la provisión de insumos estratégicos para incrementar el desempeño de la UTD. Adicionalmente, en la medida que estos insumos son amigables con el entorno y las UTD atiendan las "buenas prácticas de producción", entonces se alcanzará la sustentabilidad en el mediano y largo plazo. Finalmente, el tercer componente clave representa al mercado, el cual imprime condiciones particulares a la demanda de los productos de AT, tales

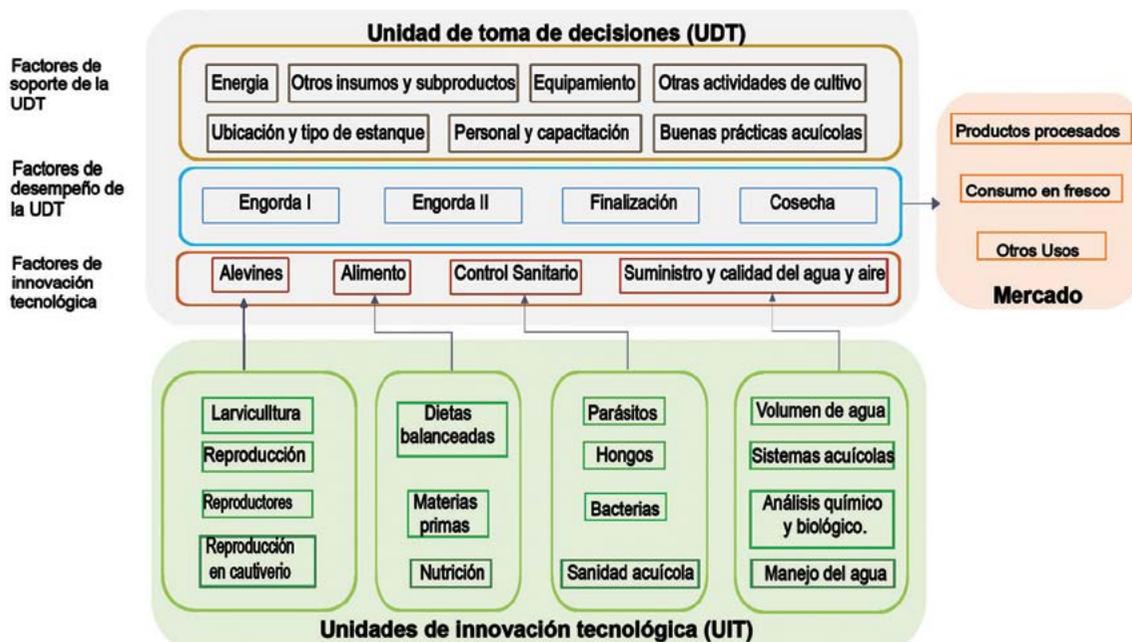


Figura 1. Modelo de innovación tecnológica para el desarrollo del *A. tropicus*.

como la presentación, el tamaño, la forma de entrega, las regulaciones que deben cumplirse, entre otras. A continuación cada uno de estos componentes clave y sus unidades estratégicas serán analizados en el marco del desarrollo de una acuicultura tropical sostenible del *A. tropicus*. La información que se presenta corresponde a las experiencias en Tabasco, México.

### Unidades de toma de decisión (UTD)

Las UTD para la engorda de pejelagarto son alrededor de 16, en su mayoría son cooperativas o sociedades de producción rural. En cualquier caso, estas UTD deben hacer una óptima mezcla de factores productivos con el objetivo de maximizar el desempeño técnico y económico. Aunque algunas de ellas han surgido de la apropiación de la tecnología disponible para *A. tropicus*, un 60% ha iniciado actividades formales a través de los programas de conservación de especies nativas financiadas por el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) del Fon-

do para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y también recibieron apoyo con una mezcla de recursos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP) (Márquez, 2009, 2011; SEDAFO, 2013, SENASICA, 2013). Sin embargo, estas UTD se caracterizan por ser de carácter familiar, estar legalmente constituidas y contar con los permisos correspondientes, no tener programas de engorda de la especie, pero contar con infraestructura básica en la crianza de sus alevines (Márquez et al., 2013).

La acuicultura es una actividad con la mayor tasa de crecimiento a nivel mundial en la producción de alimentos (FAO 2014). Los factores que explican esta tendencia son el rendimiento por unidad de superficie. Para mostrar el factor de desempeño del pejelagarto, se presenta un cuadro comparativo de la productividad por unidad de superficie de varios sistemas agropecuarios y acuícolas tropicales (Cuadro 2).

Los factores de soporte representan un 35% de los costos de producción en sistemas de engorda de *A. tropicus*, y demandan entre el 60% y 80% de las inversiones de las UTD; si quieren tener certificado de buenas prácticas e inocuidad alimentaria. Por esta razón, el diseño de granja y programas de capacitación son pilares esenciales para optimizar procesos y maximizar el desempeño técnico y económico (Márquez et al., 2010). Los factores de innovación tecnológica representan el 65-85% de los costos de producción de la engorda de pejelagarto (Cuadro 3); además, los alevines, alimento, control sanitario y el suministro y calidad de agua son insumos críticos que están estrechamente relacionadas con la obtención de altos niveles de desempeño de la UTD.

### Unidades de innovación tecnológica (UIT)

Las UIT son el segundo componente del modelo que ayuda a construir programas de acuicultura tropical sustentable. Las UIT han sido

**Cuadro 2.** Rendimiento y precio pagado al productor en diferentes sistemas de producción agropecuario y acuícola.

Especie	Sistema de producción	Rendimiento (kg m <sup>-2</sup> año <sup>-1</sup> )	Precio pagado al productor (\$ kg <sup>-1</sup> )
Tilapia	Intensivo	16-25	20 -32
	Semi-intensivo	3-15	
	Extensivo	1-2	
Caña de azúcar	Tabasco	4.7-7.5	1-2
Piña	Tabasco	3-6	10-15
Ganadería (en pie)	Estabulada	3-4	41-55
	Tropical extensivo	0.4-1	25-30
Pejelagarto	Semi-intensivo	6-11	35-40
	Extensivo	3-5	

Fuente: elaboración propia a partir de SIACON (2013), Alam *et al.* (2012), Peters (2014), Márquez *et al.* (2010) y Márquez (2011).

divididas en cuatro categorías: (i) reproducción controlada en cautiverio, (ii) Nutrición, (iii) Sanidad acuícola y (iv) manejo del agua.

### Reproducción controlada en cautiverio

Después de varios años de investigación, ahora se conoce gran variedad de tópicos relevantes referente a la reproducción controlada en cautiverio del *A. tropicus*, tales como las fechas de reproducción natural, el acondicionamiento previo de los reproductores antes de la inducción, requerimientos de calidad del agua, técnicas de inducción al desove con hormona (de uso acuícola y pecuario), relación de pejelagarto hembra/macho, condiciones necesarias para el desove, técnicas de cultivo en las etapas de larvicultura y alevinaje, identificación de peces no viables, entre otros (Pérez y Páramo, 1998; Márquez, 2009; Márquez, 2011). La tecnología de la cría de larvas, juveniles y engorda de adultos ha pasado de la etapa experimental a la etapa pre-comercial (Figura 2).

rios, pero que es insuficiente por tratarse especímenes silvestres o con un grado mínimo de domesticación, tal y como sucede con otros recursos acuícolas que comparten este nivel de desarrollo (Woynarovich y Horváth, 1980, Lorenzen, 2012).

### Nutrición

La alimentación en la acuicultura representa entre el 35%-65% de los costos totales (FAO, 2014). Para la engorda de AT, los estudios de nutrición se han concentrado en tres líneas de acción: (i) la aceptación de dietas artificiales para las diferentes etapas de desarrollo y crecimiento del AT, (ii) identificación de los elementos nutritivos para cada etapa crítica de crecimiento y desarrollo del AT y (iii) el desarrollo de técnicas que optimicen las estrategias de alimentación de pejelagarto que incluyen desde la compra y almacenamiento de alimento, pasando por la preparación y suministro de las raciones, hasta el análisis costo-beneficio de esta importante actividad. Con estas líneas de acción, se realizaron los estudios

**Cuadro 3.** Insumo estratégico, variable de desempeño, parámetro técnico y participación\* porcentual en la estructura de costos totales para el cultivo de *A. tropicus*.

Insumo	Variable	Parámetro técnico	Participación*
Alevines	Tasa de sobrevivencia	50-60 %	5-10 %
Alimento	Ganancia de peso diario	1.6-2.7 g d <sup>-1</sup>	45-55%
	Tasa de conversión	1.9:1 alimento/peso	
Control sanitario	Mortandad en el engorde por enfermedades y depredación de otros animales	1-5%	10-15%
Manejo del agua	Densidad de siembra en las diferentes etapas	1 m <sup>3</sup> kg <sup>-1</sup>	15-20%

Fuente: elaboración propia a partir de Márquez (2011) y Márquez *et al.* (2010, 2013).



sobre requerimientos nutrimentales, alimentación, densidad, actividad enzimática y estrategias de alimentación en larvas, juveniles y adultos (Aguilera *et al.*, 2002; Escobar y Márquez 2004; Márquez *et al.*, 2004; Aguilera *et al.*, 2005; Márquez *et al.*, 2006; Huerta *et al.*, 2009).

### Sanidad acuícola

Los estudios sobre enfermedades y parásitos están enfocados principalmente a los ejemplares silvestres. Hay muy poca información sobre las enfermedades del pejelagarto en cautiverio, en parte esto se explica debido a las altas exigencias en las estrategias de cultivo y alimentación. Aunque todavía no se identifican las bacterias y hongos que los atacan en las etapas de larvicultura y alevinaje, ya se tienen remedios prácticos para controlarlos. El uso de Baytril® y 3 sulfas® son medicamentos de amplio espectro de uso veterinario que se utilizan para combatir bacterias gram positivas, gram negativas y hongos (Márquez *et al.*, 2013).

### Manejo del agua

El suministro y calidad de agua son muy importantes en la reproducción y la engorda del *A. tropicus*. La selección de la fuente de abastecimiento (río, pozo, laguna) es de vital importancia para garantizar un suministro seguro y una calidad adecuada. Los estudios por tanto se han centrado en diferentes vertientes: densidad de peces por litro de agua, recambios de agua por día, uso de sistemas de filtrado de agua, entre otros. Este conocimiento ayuda a incrementar la eficiencia de todo el sistema, disminuyendo el volumen de agua que debe ser suministrado a una granja (Márquez *et al.*, 2013).

Figura 2. Tecnología del cultivo del *A. tropicus*.



## Mercado: importancia económica y cultural del pejelagarto

El pejelagarto es un recurso acuícola aprovechado en el sureste de México y parte de Centroamérica. Los usos más comunes son como alimento, ornato y artesanías. De acuerdo con SIACON (2013), su pesca se concentra en Tabasco. Los volúmenes de captura entre 1991 y 2008 fluctuaron entre 100 y 550 toneladas por año. En 2013, un 60% de los ejemplares comercializados en los mercados públicos y pescaderías fueron de 550 g<sup>-1</sup> en promedio, 25% pesaron entre 2 y 3 kg<sup>-1</sup> y 15% entre 4 y 6 kg<sup>-1</sup> (Márquez *et al.*, 2013).

Como lo indica la FAO (2014), la cultura es un factor clave en el consumo de los peces de agua dulce. En el caso particular del estado de Tabasco, la sociedad ha desarrollado un gusto particular por el pejelagarto y su consumo incluye una gran variedad de guisos como el pejelagarto asado, tamalito, empanadas, ensalada, al chirmol, entre otros platillos (Márquez *et al.*, 2013, Vázquez-Navarrete y Márquez, 2010). Otros usos del son la elaboración de artesanías, disecando el cuerpo y aprovechando la rigidez y durabilidad de las escamas en forma de coraza. La comercialización como peces de ornato para la acuariofilia también es otro nicho de comercialización. Un potencial no desarrollado es la pesca deportiva, tal y como sucede en Estados Unidos con algunas especies del género *Lepisosteus* spp. (Quin, 2010).

## CONCLUSIONES

El éxito de cualquier producción rentable y sustentable exige el mejoramiento genético de las plantas y animales (Teletchea y Fontaine, 2014). En el caso de *A. tropicus*, este proceso puede continuar, como hasta ahora, controlando la reproducción de progenitores silvestres en cautiverio, pero esta revisión concluye que la construcción de una acuicultura tropical sustentable será exitosa en la medida que se implementen programas de mejoramiento genético en el mediano y largo plazo. Debido a que la alimentación representa casi el 50% de los costos totales, esta revisión concluye que la elaboración de dietas específicas para *A. tropicus* debe ser considerada en los proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico a escala comercial. Esto es factible en el mediano plazo debido a la existencia de abundante conocimiento teórico y práctico sobre nuevas dietas y la capacidad organizativa de la red de productores de pejelagarto que opera actualmente como Sistema Producto de Especies Nativas de Tabasco (SPENT) con reconocimiento de la

Subdelegación de Pesca de la SAGARPA, quienes podrían implementar la producción a mayor escala.

Las UTD son pieza clave en la consolidación de una cadena de suministro. La reducción de costos, la maximización de rendimientos y la corresponsabilidad ambiental podrán ser evaluadas de mejor manera con la determinación de escalas de producción de los diferentes sistemas de cultivo (mono, o policultivo). Actualmente, la información está a nivel pre-comercial y se requiere abonar con más estudios a escala piloto comercial (16-60 Mg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>). Como se indicó en la sección de biología, el *A. tropicus* tiene varias particularidades (escamas en forma de coraza, moco excesivo, aspecto amenazador, aminoácidos de gran interés nutricional), por ello el procesamiento industrial puede ayudar a identificar nuevos nichos de mercado que estimulen su consumo. En esta revisión se da cuenta de estos aspectos y concluye que existe un potencial no desarrollado en este sentido. La participación de la ciencia de los alimentos con las UTD y las UIT será de vital importancia para alcanzar nuevos nichos de mercado.

## LITERATURA CITADA

- Aguilera C., Mendoza R., Iracheta I., Marquez G. 2012. Digestive enzymatic activity on Tropical gar (*Atractosteus tropicus*) larvae fed different diets. *Fish Physiology and Biochemistry* 38, 679-691.
- Aguilera C., Mendoza R., Rodriguez G., Marquez G., 2002. Morphological description of alligator gar and tropical gar larvae, with an emphasis on growth indicators. *Transactions of the American Fisheries Society* 131, 899-909.
- Aguilera L. R. Mendoza, G. Márquez., Iracheta I. 2005. Alligator gar *Atractosteus spatula* larval development and early conditioning to artificial diets. *In: Memories of Aquaculture America 2005*. New Orleans, Louisiana, USA. pp 6.
- Alam M.F., Khan M.A., Huq A.S.M.A. 2012. Technical efficiency in tilapia farming of Bangladesh: a stochastic frontier production approach. *Aquaculture International* 20, 619-634.
- Arias-Rodriguez L., Paramo-Delgadillo S., Contreras-Sanchez W.M., Alvarez-Gonzalez C.A. 2009. Karyotype of the tropical gar *Atractosteus tropicus* Lepisosteiformes: Lepisosteidae) and chromosomal variation in their larval and adults. *Revista De Biología Tropical* 57, 529-539.
- Barrientos-Villalobos J., Espinosa de los Monteros A. 2008. Genetic variation and recent population history of the tropical gar *Atractosteus tropicus* Gill (Pisces: Lepisosteidae). *Journal of Fish Biology* 73, 1919-1936.
- Bohn S., Barraza E., McMahan C., Matamoros W., Kreiser B., 2013. Cross amplification of microsatellite loci developed for *Atractosteus spatula* in *Atractosteus tropicus*. *Revista Mexicana De Biodiversidad* 84, 1349-1351.
- Escobar C.L. Márquez G. 2004. Evaluación de la biomasa de Artemia congelada en primera alimentación de larvas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. IX Congreso Nacional de Zoología, Villahermosa, Tabasco. México. 149 p.
- FAO. 2014. The estate of world fisheries and aquaculture 2014. Rome. p. 223.

- Grande L. 2010. An empirical synthetic pattern study of gars (Lepisosteiformes) and closely related species, based mostly on skeletal anatomy. The resurrection of Holosteii. *Copeia*, 1-863.
- Guerrero-Zarate R., Alvarez-Gonzalez C.A., Olvera-Novoa M.A., Perales-Garcia N., Frias-Quintana C.A., Martinez-Garcia R., Contreras-Sanchez W.M., 2014. Partial characterization of digestive proteases in tropical gar *Atractosteus tropicus* juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry* 40, 1021-1029.
- Huerta-Ortiz M., Alvarez C.A., Márquez G., Contreras W., Civera R., Goytortua E. 2009. Sustitución total de aceite de pescado con aceite vegetal en larvas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. KUXULKAB'. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Vol. XV (28): 51-58 pp.
- Jamett M.M., Pena J.C., Galeano G. 1997. Reproduction and diet of *Atractosteus tropicus* (Pisces: Lepisosteidae) at Refugio Nacional de Vida Silvestre, Cano Negro, Costa Rica. *Revista De Biología Tropical* 45, 861-866.
- Katsu Y., Kohno S., Hyodo S., Ijiri S., Adachi S., Hara A., Guillet L.J., Jr. Iguchi T. 2008. Molecular Cloning, Characterization, and Evolutionary Analysis of Estrogen Receptors from Phylogenetically Ancient Fish. *Endocrinology* 149, 6300-6310.
- Lorenzen K., Beveridge M.C.M., Mangel M. 2012. Cultured fish: integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish. *Biological Reviews* 87, 639-660.
- Márquez-Couturier G., Vazquez-Navarrete C.J., Contreras-Sanchez W.M., Alvarez Gonzalez C.A. 2013. Acuicultura Tropical Sustentable: Una estrategia para la producción y conservación del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Márquez G., Álvarez C., Contreras W., Hernández U., Hernández A., Mendoza R., Aguilera C., García T., Civera R., Goytortua E. 2006. Avances en la alimentación y nutrición del pejelagarto *Atractosteus tropicus*. En: VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. 446-523 pp.
- Márquez C.G. 2000. Biología y tecnología para el cultivo del pejelagarto *Atractosteus tropicus* en el sureste de México. In: P. Alvarez, M. Guzman, S. Contreras y A. Silva (Editores). Redes nacionales de investigación en acuicultura. Memorias de la IV Reunión. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Instituto Nacional de la Pesca. Distrito Federal, México. 265-267 pp.
- Márquez C.G. 2009. Restauración de la capacidad de producción de pejelagarto en Comalcalco, Tabasco. Informe técnico MEX/SGP/OP4/RAF/07/03 Programa de Pequeñas Donaciones/FMAM/PNUD – Yokochan Ibam A. C. 15 pp.
- Márquez C.G. 2011. Producción por acuicultura sustentable de pejelagarto en Comalcalco, Tabasco. Informe técnico MEX/SGP/OP4/Y3/RAF/2009/22 Programa de Pequeñas Donaciones/FMAM/PNUD – Otot Ibam SPR de RL de CV. Comalcalco, Tabasco. México. 35 pp.
- Márquez C.G., Vázquez C.J., Olive I.C., Olive O. Álvarez C.A. 2010. Strategies for the commercial pilot scale culture of tropical gar (*Atractosteus tropicus*). In: Memories of the III International Network for Lepisosteid Fish Research and Management. Nicholls State University. Thibodaux, Louisiana. USA. 29 p.
- Márquez C.G., García T., Contreras W., Álvarez C.A. 2004. Efecto del alimento comercial sobre el crecimiento y la supervivencia de prejuveniles de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. En: Memorias del XI Congreso Latinoamericano de Acuicultura (ALA) México 2004. Villahermosa, Tabasco, México. 43 pp.
- Mena-Torres F., Pfennig S., Arias-Andres M.d.J., Marquez-Couturier G., Sevilla A., Protti Q.C.M. 2012. Acute toxicity and cholinesterase inhibition of the nematocidal ethoprophos in larvae of gar *Atractosteus tropicus* (Semionotiformes: Lepisosteidae). *Revista De Biología Tropical* 60, 361-368.
- Mendez-Marin O., Hernandez Franyutti A.A., Alvarez-Gonzalez A.C., Contreras-Sanchez M.W., Uribe Aranzabal M.C. 2012. Histology of reproductive cycle of tropical gar *Atractosteus tropicus* females (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) in Tabasco, Mexico. *Revista De Biología Tropical* 60, 1857-1871.
- Moravec F., Salgado-Maldonado G. 2002. Redescription of *Perezitrema bychowkyi* (Caballero & Caballero, 1975) (Trematoda: Macroderoididae), with remarks on the systematic status of *Perezitrema Barus* & Moravec, 1996. *Systematic Parasitology* 53, 199-206.
- Moravec F., Salgado-Maldonado G. 2003. *Cystoopsis attractostei* n. sp (Nematoda: Cystoospiidae) from the subcutaneous tissue of the tropical gar, *Atractosteus tropicus* (Pisces), in Mexico. *Journal of Parasitology* 89, 137-140.
- Pérez E., Páramo S. 1998. Estudio Histológico de las gónadas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. *Universidad y Ciencia*. 14(27): 69-82 pp.
- Peters C.J., Picardy J.A., Darrouzet-Nardi A., Griffin T.S. 2014. Feed conversions, ration compositions, and land use efficiencies of major livestock products in US agricultural systems. *Agricultural Systems* 130, 35-43.
- Pineda R., Páramo S., Delrio R. 1995. A new species of the genus *Argulus* (Crustacea, Branchiura) parasitic on *Atractosteus-tropicus* (Pisces, Lepisosteidae) from Tabasco, Mexico. *Systematic Parasitology* 30, 199-206.
- Quinn J.W. 2010. A Survey of Bowfishing Tournaments in Arkansas. *North American Journal of Fisheries Management* 30, 1376-1384.
- Saenz-Sanchez I., Protti-Quesada M., Cabrera-Pena J. 2006. Species richness and diversity of a fish community in a temporal water body at Cano Negro National Wildlife Refuge, Costa Rica. *Revista De Biología Tropical* 54, 639-645.
- Salgado-Maldonado G., Moravec F., Cabanas-Carranza G., Aguilar-Aguilar R., Sanchez-Nava P., Baez-Vale R., Scholz T. 2004. Helminth parasites of the tropical gar, *Atractosteus tropicus* Gill, from Tabasco, Mexico. *Journal of Parasitology* 90, 260-265.
- SEDAFOP. 2013 Programa sectorial de desarrollo agropecuario, forestal y pesquero 2013-2018. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP)-COPLADET- Gobierno del Estado de Tabasco. 104p.
- SENASICA. 2013. Evaluación de Resultados del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos. Componente Sanidades 2013. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA)-SAGARPA-SEDAFOP. 43p.
- SIACON. 2013. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA, Mexico.
- Teletchea F., Fontaine P. 2014. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish and Fisheries* 15, 181-195.
- Vázquez-Navarrete C.J., Márquez-Couturier G. 2010. Characterization of the supply network of the tropical gar (*Atractosteus tropicus*) in Tabasco, Mexico. International Network for Lepisosteid Research, Nicholls State University. Thibodaux, Louisiana.
- Wiley E.O. 1976. The phylogeny and biogeography of fossil and recent gars *Actinopterygii lepisosteidae*. University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publication, 1-111.
- Woyanovich E., Horváth L. 1980 The artificial propagation of warm water finfishes a manual for extension. *FAO Fish.Tech.Pap.*, (201):183 p.