



Palabras clave: Catán, *Atractosteus spatula*, Conservación.
Key Word: Alligator gar, *Atractosteus spatula*, conservation.

EL CATÁN:

RESCATE DE UN RECURSO ACUÍCOLA

Roberto E. Mendoza Alfaro, Carlos J. Aguilera González, Jesús Montemayor Leal.
Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas, Grupo de Ecofisiología.



RESUMEN

El catán (*Atractosteus spatula*) es el pez dulceacuícola de mayor tamaño en las aguas continentales cercanas al Golfo de México. Muchas de sus poblaciones han venido declinando no solo en abundancia, sino en su área de distribución y tamaño individual como consecuencia de la sobreexplotación pesquera, la alteración y desaparición de sus hábitats de origen, su alto nivel trófico (i.e. predadores tope) y gran longevidad. Considerando este contexto, el Grupo Ecofisiología de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, diseñó un conjunto de estrategias de investigación para desarrollar su cultivo en cautiverio y disminuir así la presión por la actividad pesquera dando así solución a un problema de índole faunístico, por ser una especie endémica cuyas poblaciones naturales tienden a desaparecer; de índole comercial, por tratarse de una pesquería tradicional; y de un gran valor científico, por tratarse de organismos primitivos que convivieron con los dinosaurios. Se presentan los resultados de 20 años de estudios en el presente manuscrito.

INTRODUCCIÓN

El catán (*Atractosteus spatula*) es un pez dulceacuícola perteneciente a la familia de los Lepisosteidos, la cual incluye siete especies de peces primitivos fácilmente reconocibles por sus escamas en forma de diamante y su hocico alargado. Entre las características distintivas de estos peces destaca la presencia de una válvula espiral en el intestino, al igual que en los tiburones; su vejiga natatoria les permite obtener oxígeno del aire atmosférico y la aleta caudal es de forma asimétrica.

El catán se distribuye a lo largo de la costa este de Norteamérica, en las inmediaciones del Río Mississippi hacia el sur, hasta el estado de Veracruz en México. Se distingue del resto de los lepisosteidos por ser la especie de mayor tamaño, ya que llega a medir hasta 3 m. Estos peces se han venido capturando regularmente en las aguas continentales cercanas al Golfo de México (Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz), donde al ser apreciados por la calidad de su carne, por su tamaño y facilidad para filetear, se ha establecido desde hace muchos años una pesquería tradicional. Sin embargo, al no existir normas que regularan su captura, las poblaciones declinaron drásticamente, principalmente debido a la explotación desmedida durante la temporada de reproducción, ya que es el momento en que los individuos más grandes presentan más actividad en la superficie del agua. Al mismo tiempo, estos peces también han sido objeto de la pesca deportiva ya que su tamaño los convierte en un atractivo trofeo. Esta situación se agravó con la reducción o desaparición de sus áreas naturales de desove como consecuencia de la rápida expansión agrícola y urbana, así como por la construcción de presas y la contaminación del medio acuático. Esto se reflejó en la reducción en los niveles de captura de miles de toneladas que se pescaban a sólo catorce toneladas en 1988 en Tamaulipas y una tonelada para 1996. En consecuencia, la perturbación de sus poblaciones ocasionaba, no solo la privación de un recurso tradicional para los pescadores y comerciantes de la región Noreste, sino también el riesgo de que la especie se extinguiera. Esta situación no es exclusiva de México, ya que en diversas regiones de Norte

América se ha propuesto como especie amenazada. De aquí, que la conservación de la especie fuera el objetivo principal del Grupo *Ecofisiología* de la Facultad de Ciencias Biológicas, UANL, que en ese momento diseñó una estrategia para dar solución a un problema de índole faunístico, por ser una especie endémica cuyas poblaciones tienden a desaparecer; de índole comercial, por tratarse de una pesquería tradicional; y de un gran valor científico, por tratarse de organismos primitivos que convivieron con los dinosaurios (Mendoza et al., 2010).

Ante esta situación, en 1982, el INAPSCA (Instituto Nacional de Pesca) perteneciente a la SEMARNAP (Secretaría del Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca), antecesora de la SAGARPA (la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) canalizó sus esfuerzos para la producción de crías de catán con el objetivo de incrementar las poblaciones naturales, llegando en algunos años



a producir hasta 415,000 crías, mismas que fueron destinadas a programas de repoblación. Sin embargo, se enfrentaron al obstáculo de la alimentación de las larvas, las cuales requieren de una gran cantidad de alimento vivo, debido a su voracidad característica, como consecuencia de su rápido crecimiento. Esto a menudo provocaba diferencias de tallas y la incidencia de un fuerte canibalismo, haciendo necesaria la liberación de las crías en un estadio muy prematuro, con lo que se interrumpía el ciclo de cultivo y la mayoría de estas solo servía de alimento para peces más grandes. Para resolver este obstáculo, en 1997, nuestro grupo de investigación planteó el *Programa para la recuperación del catán*, cuyos objetivos han estado dirigidos al conocimiento básico de la especie como base para solventar los problemas técnicos del cultivo como una medida directa para la conservación *in situ* de la especie y apoyar su

acuacultura para disminuir así la presión sobre sus poblaciones naturales. Los puntos que se han abordado en el Programa son presentados a continuación.

LOTES DE REPRODUCTORES

El principal lote de reproductores de catán se mantenía en el Centro Acuícola Tancol, dependiente de la SAGARPA, en Tampico Tamaulipas, y se formó a mediados de la década de los ochentas, con ejemplares capturados por los pescadores de la región. Estos organismos eran considerados como patrimonio de la Nación, sin embargo, debido a diversos problemas, entre los que destacan la longevidad de estos ejemplares (algunos de más de 35 años), la producción de crías era errática. Considerando lo anterior se planteó la alternativa de formar nuevos lotes de reproductores llevando a cabo un seguimiento histórico de cada individuo, como una medida inmediata para incrementar la disponibilidad de larvas y de esta manera recuperar las poblaciones amenazadas. Para este propósito, se identificó el sexo de los 40 ejemplares de Tancol y fueron marcados individualmente mediante microchips. Un nuevo lote constituido a partir de la captura de 30 juveniles silvestres fue formado por el *Grupo Ecofisiología* y la Asociación de Acuicultores de Tamaulipas en el "Centro Acuícola El Huasteco", y, por otra parte, nuestro grupo mantuvo un lote de 10 organismos en cautiverio en las instalaciones de la FCB de la UANL por más de 10 años para formar un tercer lote de reproductores. De la misma manera, los individuos de estos dos últimos lotes fueron marcados con microchips. El manejo y zootecnia de estos lotes se ha centrado en la manipulación de distintos parámetros fisicoquímicos y biológicos, con miras a incrementar su capacidad reproductiva y al mismo tiempo para disponer de organismos en cantidad suficiente para realizar diversos ensayos de inducción hormonal para su reproducción.

Figura 1. Ejemplares adultos de catán *Atractosteus spatula*





Figura 2. Manejo del catán en las instalaciones de la FCB, UANL.

DETERMINACIÓN DEL SEXO DE LOS REPRODUCTORES

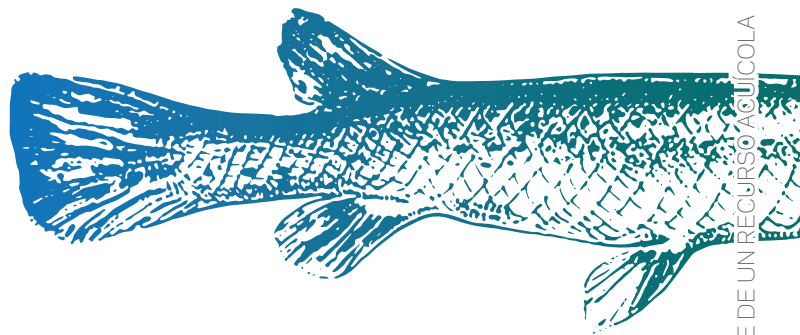
Un aspecto esencial para la constitución adecuada de un lote de reproductores es el sexado correcto de los animales, ya que de la proporción de hembras y machos dependerá el éxito del desove. Sin embargo, en el caso de los lepisosteidos esto sólo es posible después de 4 a 6 años, tiempo que tardan en alcanzar su madurez sexual. Los métodos implementados para distinguir el sexo de estos peces estaban basados tradicionalmente en el dimorfismo de ciertas estructuras morfológicas (tamaño del hocico, apariencia del vientre y papila genital), o en la diferenciación de los ductos de las gónadas de hembras y machos, sin embargo, en este último caso se requiere sacrificar al animal. Por otra parte, estos métodos carecen de precisión, en particular al tratarse de jóvenes reproductores. Nuestras investigaciones generaron una alternativa práctica para facilitar el sexado de los organismos, la cual igualmente permite estimar su grado de madurez. El desarrollo del método requirió del aislamiento y purificación de la *vitelogenina*, una proteína producida exclusivamente por hembras que aparece en la pubertad y cuya concentración se incrementa con el desarrollo del ovario. En el caso del catán, esta proteína se utilizó para producir anticuerpos, mismos que fueron empleados para establecer un inmunoensayo (ELISA) que permitió cuantificar los niveles de éstas moléculas. Esta aproximación significó no solo contar con un índice bioquímico confiable para estimar el grado de madurez sexual, sino también con un método de sexado rápido, preciso y poco invasivo, ya que se utiliza solo una pequeña cantidad de sangre o mucus. Así mismo, la determinación de esta molécula permitió estimar la efectividad de las inducciones hormonales para que los organismos alcanzaran la madurez sexual,

constituyendo una alternativa idónea en estos animales ya que, a diferencia de la mayoría de los peces, la estructura de sus conductos genitales no permite canularlos para estimar el grado de maduración (Mendoza et al., 2012).

CONTROL DE LA REPRODUCCIÓN

A pesar de la existencia de algunas descripciones sobre la reproducción de los lepisosteidos, se conocía muy poco acerca de los aspectos básicos sobre sus hábitos reproductivos. La información empírica más importante correspondía a las observaciones realizadas en el medio natural por diversos autores norteamericanos sobre varias de las especies de la familia y las observaciones realizadas en el Centro Acuícola Tancol. Durante los primeros años del programa, uno de los principales problemas para la obtención de crías de catán era su limitada temporada de reproducción, la cual se restringía únicamente a un par de semanas al año. Ante esta situación, el Grupo *Ecofisiología* se dio a la tarea de obtener al menos dos desoves al año, fuera de la temporada de reproducción natural.

En este contexto, para inducir la reproducción normalmente se recurre a dos tipos de estímulos: medioambientales y hormonales. La vía medioambiental permite la obtención de crías de mayor calidad, una mínima manipulación de los progenitores, bajas mortalidades y la independencia de inductores químicos. Sin embargo, se requiere de una infraestructura que permita regular el fotoperíodo y la temperatura, así como de una alimentación especial. En el caso del catán, se han simulado las condiciones de las áreas naturales de desove para de esta manera provocar la reproducción de la especie en cautiverio. Para este efecto se habilitan estanques aparentando las zonas pantanosas donde



normalmente se reproduce y desova la especie; esto se logra introduciendo vegetación típica de las zonas de desove, o un sustituto como ramas de casuarina que sirven como sustrato para los huevecillos de naturaleza adherente.

En el otro extremo, la inducción por medio de la manipulación hormonal ofrece múltiples ventajas, entre las cuales destaca la posibilidad de extender el ciclo reproductivo más allá de la temporada natural, lo que repercute en una mayor producción de crías y la flexibilidad en la programación de la producción de larvas sin necesidad de emprender modificaciones ambientales onerosas. Con la finalidad de ganar un mayor control de la reproducción, se indujo la maduración sexual a organismos de tres lotes de reproductores de catán, por medio de la aplicación de diferentes hormonas. Los protocolos hormonales de inducción de la reproducción se realizaron anualmente en fechas anteriores (abril) y posteriores (septiembre y octubre) a la fecha de desove natural que se presenta a finales del mes de mayo y principios del mes de junio. Estos protocolos permitieron producir desoves con hasta 70% de viabilidad fuera de la temporada natural de reproducción (Mendoza, et al., 2003).

DESARROLLO LARVARIO

La sensibilidad de las larvas de peces a la falta de alimento, particularmente después de la absorción del vitelo, influye negativamente sobre sus posibilidades de sobrevivencia. Por este motivo, emprendimos diferentes investigaciones con la finalidad de desarrollar indicadores de la condición nutricional que nos permitieran no solo detectar los estados iniciales de inanición, sino también evaluar el aprovechamiento de distintos regímenes alimenticios. De esta forma, como primera aproximación, recurrimos al estudio de las características morfológicas e histológicas para contar con una herramienta simple para detectar condiciones desfavorables durante el desarrollo larvario. Estos estudios nos permitieron describir el desarrollo larval y tasas de crecimiento de larvas de catán (Mendoza y Aguilera, 2001; Mendoza et al., 2008). Pudimos

constatar que las larvas de 1 a 4 días después de la eclosión dependían exclusivamente del vitelo y permanecen adheridas a la vegetación, lo cual incrementaba el riesgo de ser depredadas en este periodo. Sin embargo, los lepisosteidos cuentan con un mecanismo de defensa para estas fases del desarrollo que consiste en la presencia de una toxina en el vitelo, la cual es particularmente potente en el caso del catán. Al quinto día las larvas se desprenden de la vegetación e inicia la alimentación exógena, no obstante, aún cuentan con reservas de vitelo hasta el octavo día, por lo cual es difícil distinguir su condición nutricional. Después de esta etapa, una vez que aprendieron a cazar y dependen exclusivamente del alimento exógeno, el crecimiento y la condición nutricional de las larvas fueron evaluados por medio de características, como la longitud del hocico y la altura corporal en la aleta anal. De la misma manera, la coloración fué indicativa del aprovechamiento nutricional, así, las larvas más oscuras resultaron generalmente las más desnutridas. La tasa de crecimiento durante los primeros 10 días es de 1.3 mm/día. Sin embargo, después de este periodo la velocidad de crecimiento se acelera considerablemente hasta 5.6 mm/día, lo cual coloca al catán como uno de los peces de agua dulce con mayor velocidad de crecimiento.

La metamorfosis en larvas de peces es controlada principalmente por hormonas de la tiroides. Realizando estudios sobre la concentración de estas hormonas en etapas embrionarias y larvales pudimos constatar que sus niveles concordaban con los cambios morfológicos de la metamorfosis en las larvas de catán. De esta forma, evaluamos la posibilidad de modificar el desarrollo mediante la administración de hormonas. Las larvas expuestas a hormonas tiroideas mostraron una metamorfosis más temprana, mientras que las larvas expuestas a agentes antitiroideos, presentaron una metamorfosis más lenta, un mayor crecimiento y menor mortalidad. Este mejor desempeño es explicado por un menor desarrollo en el tamaño del



hocico, el cual les permite capturar peces hasta de su misma talla, de esta forma, al inhibir el crecimiento del hocico fue posible reducir la mortalidad por canibalismo durante el cultivo larvario. Así, estos resultados abrieron dos nuevas vertientes: a) la posibilidad de propiciar el consumo de dietas artificiales desde las primeras etapas larvales al utilizar hormonas tiroidianas y b) la posibilidad de controlar el canibalismo al exponer las larvas a agentes antitiroidianos, ya que de esta manera es posible obtener larvas más grandes, pero con el hocico menos desarrollado.

Adicionalmente nuestro grupo clonó la hormona de crecimiento y pudo evidenciar que existía un aporte materno a las larvas, jugando un papel relevante en el desarrollo embrionario, la organogénesis de las larvas y el crecimiento, coincidente con el inicio de la alimentación exógena.

Las modificaciones que se producen durante la metamorfosis incluyen la formación estructural y maduración funcional del tracto digestivo, lo cual se ve reflejado por la aparición y actividad de enzimas digestivas. De aquí, que nuestro grupo se haya avocado al estudio de la aparición secuencial de las diferentes enzimas digestivas para considerarlas como los principales indicadores de la diferenciación del estómago y de esta manera determinar el momento más apropiado para reemplazar el alimento vivo por dietas artificiales. Por medio de diferentes estudios histológicos y bioquímicos pudimos conocer el rápido desarrollo del tracto digestivo de las larvas de catán, lo que las coloca dentro de un grupo reducido de peces capaces de utilizar alimentos artificiales desde el inicio del cultivo larvario. Por otra parte, las enzimas digestivas identificadas

y aisladas fueron utilizadas para realizar pruebas de aprovechamiento de diferentes ingredientes y alimentos.

CULTIVO LARVARIO

Los estudios anteriores nos permitieron definir un esquema básico de cultivo larvario de la siguiente forma: Durante los primeros 4 días después de la eclosión (DDE) las larvas pueden ser manipuladas (o transportadas) con efectos mínimos de mortalidad, lo cual permite su distribución en tanques de cultivo. Estos tanques están adaptados con air-lifts y suministro de agua que reduce las turbulencias que pueden dañar a las larvas dado su lento desplazamiento en este periodo. Estas adecuaciones permiten también incrementar la flotabilidad del alimento artificial, la cual es necesaria para su consumo. La elevada tasa de crecimiento ocasiona que sea indispensable un abastecimiento continuo de alimento, el cual inicia a partir del 5 DDE, por lo cual se requiere proporcionar un mínimo de cuatro raciones por día. Por otra parte, con el incremento continuo en la longitud del hocico resulta necesario incrementar el tamaño de las partículas alimenticias en periodos cortos. De esta forma, durante los primeros 5 días de alimentación las partículas deben tener un diámetro entre 0.3 y 0.5 mm, los siguientes 5 días de 0.5 a 0.8 mm y los siguientes 5 días de 0.8 a 1.2 mm. Se continúa utilizando dietas flotantes de 1.5 mm y progresivamente mayores hasta obtener juveniles de 13 a 15 cm de longitud total, lo cual se puede lograr entre 45 y 60 días de cultivo, dependiendo de diferentes factores como la temperatura, el tipo de alimento y la densidad en el cultivo.



Figura 3. Cría de catán de 30 días de nacido.



Figura 4. Juveniles de catán de 4 meses de edad.

CULTIVO DE JUVENILES

Esta fase del cultivo se encuentra en etapa de escalamiento y recientemente se han realizado diferentes investigaciones centradas en la determinación de los requerimientos nutricionales y la digestibilidad de las dietas. La optimización del sistema de cultivo, la determinación de las densidades de siembra más adecuadas y el mejor tiempo de cosecha se encuentran en curso de definición. Con la tecnología actual, se han obtenido resultados prometedores con respecto al crecimiento de juveniles al utilizar dietas para salmónidos, con valores en las tasas de crecimiento específico (SGR) entre 5 y 8; conversión alimenticia (FCR) entre 0.9 y 0.6; y eficiencia proteica (PER) entre 2 y 6. Estos ensayos han permitido la producción de juveniles de 30 cm en 4 meses, con lo cual se han abierto las posibilidades de cultivar

comercialmente, considerando la excelente tasa de crecimiento, rusticidad de la especie y su demanda en el mercado del Noreste del país.

EFFECTO DE LOS CONTAMINANTES

Para estudiar el efecto de la contaminación, uno de los principales generadores de cambio de la biodiversidad, y su efecto potencial sobre las poblaciones de catán, realizamos una serie de bioensayos exponiendo larvas y juveniles a diferentes hidrocarburos y contaminantes estrogénicos. Esto era de particular relevancia considerando el alto nivel trófico de la especie (predadores tope), sus hábitos bentónicos y su gran longevidad (hasta 100 años de edad). Los resultados revelaron que los catanes son muy sensibles a estos contaminantes ya que pueden tener repercusiones sobre su sistema nervioso y pueden inducir reversión sexual (Aguilera et al, 2015).
Repoblación

A mediados del año 2004 se realizó el primer ensayo controlado de repoblación en el Rancho “El Coronel”, localizado en China, Nuevo León, utilizando 1000 juveniles de catán con la finalidad de estudiar su adaptación a los cuerpos de agua de la región, en los cuales predominan las especies exóticas (tilapia y lobina). Los ejemplares recapturados alcanzaron tallas de 130 a 150 cm de longitud, después de 6 meses, demostrando su capacidad de sobrevivencia. Así mismo, en el 2013 se llevó a cabo una siembra de ejemplares juveniles de una longitud entre 70 y 80 cms, en la presa de la Facultad de Veterinaria de la UANL ubicada en General Bravo, N.L.

CONCLUSIÓN

De esta forma, el Grupo *Ecofisiología* ha apoyado en el control de la reproducción, la producción masiva de crías y la restauración de las poblaciones naturales de la especie, con la finalidad de seguir conservando el recurso.



Figura 5. Presa de la Facultad de Veterinaria en General Bravo, N.L.





LITERATURA CITADA

Aguilera González C., J. Cruz Valdéz, y R. Mendoza Alfaro (2015) Physiological response of alligator gar juveniles (*Atractosteus spatula*) exposed to sub-lethal doses of pollutants.

Mendoza, R. y C. Aguilera (2001). Bases Fisiológicas del desarrollo de larvas de *Atractosteus spatula* y perspectivas para su cultivo. Ciencia-UANL. 4(2):161-166.

Mendoza, R., C. Aguilera, G. Rodríguez, M. Gonzalez y R. Castro (2003). Morphophysiological studies on alligator gar (*Atractosteus spatula*) larval development as a basis for their culture and repopulation of their natural habitats. Reviews in Fish Biology and Fisheries.12 (2-3). 133-142.

Mendoza, R., C. Aguilera, L. Carreón, J. Montemayor y M. González (2008). Weaning of Alligator Gar (*Atractosteus spatula*) larvae to artificial diets. Aquaculture Nutrition, 14 (3): 223-231

Mendoza, R., C. Aguilera y J. Montemayor (2010). Ecología de los Lepisosteidos. En: Biología, Ecología y Avances en el cultivo del catán *Atractosteus spatula*. Capítulo 2. Editores: R. Mendoza, C. Aguilera y J. Montemayor. Editorial UANL. Monterrey, México.

Mendoza R., O. Santillán, A. Revol, C. Aguilera & J. Cruz (2012) Alligator gar (*Atractosteus spatula*, Lacépède 1803) vitellogenin: purification, characterization and establishment of an enzyme-linked immunosorbent assay. Aquaculture Research.43: 649-661