

Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura

**Minimización del
canibalismo en especies de
peces con larvas piscívoras:
estrategias y éxitos con el
carácido *Brycon moorei***

Etienne Baras

**MINIMIZACIÓN DEL CANIBALISMO EN
ESPECIES DE PECES CON LARVAS PISCÍVORAS:
ESTRATEGIAS Y ÉXITOS CON
EL CARÁCIDO BRYCON MOOREI**

Primera edición digital

Diciembre, 2014

Lima - Perú

© Etienne Baras

PLD 1712

Editor: Víctor López Guzmán

Guzlop editoras

<http://www.guzlop-editoras.com/>

guzlopster@gmail.com

[facebook.com/guzlop](https://www.facebook.com/guzlop)

twitter.com/guzlopster

731 2457 / 959 552 765

Lima - Perú

PROYECTO LIBRO DIGITAL (PLD)

El proyecto libro digital propone que los apuntes de clases, las tesis y los avances en investigación (papers) de las profesoras y profesores de las universidades peruanas sean convertidos en libro digital y difundidos por internet en forma gratuita a través de nuestra página web. Los recursos económicos disponibles para este proyecto provienen de las utilidades nuestras por los trabajos de edición y publicación a terceros, por lo tanto, son limitados.

Un libro digital, también conocido como e-book, eBook, ecolibro o libro electrónico, es una versión electrónica de la digitalización y diagramación de un libro que originariamente es editado para ser impreso en papel y que puede encontrarse en internet o en CD-ROM. Por, lo tanto, no reemplaza al libro impreso.

Entre las ventajas del libro digital se tienen:

- su accesibilidad (se puede leer en cualquier parte que tenga electricidad),
- su difusión globalizada (mediante internet nos da una gran independencia geográfica),
- su incorporación a la carrera tecnológica y la posibilidad de disminuir la brecha digital (inseparable de la competición por la influencia cultural),
- su aprovechamiento a los cambios de hábitos de los estudiantes asociados al internet y a las redes sociales (siendo la oportunidad de difundir, de una forma diferente, el conocimiento),
- su realización permitirá disminuir o anular la percepción de nuestras élites políticas frente a la supuesta incompetencia de nuestras profesoras y profesores de producir libros, ponencias y trabajos de investigación de alta calidad en los contenidos, y, que su existencia no está circunscrita solo a las letras.

Algunos objetivos que esperamos alcanzar:

- Que el estudiante, como usuario final, tenga el curso que está llevando desarrollado como un libro (con todas las características de un libro impreso) en formato digital.
- Que las profesoras y profesores actualicen la información dada a los estudiantes, mejorando sus contenidos, aplicaciones y ejemplos; pudiendo evaluar sus aportes y coherencia en los cursos que dicta.
- Que las profesoras y profesores, y estudiantes logren una familiaridad con el uso de estas nuevas tecnologías.
- El libro digital bien elaborado, permitirá dar un buen nivel de conocimientos a las alumnas y alumnos de las universidades nacionales y, especialmente, a los del interior del país donde la calidad de la educación actualmente es muy deficiente tanto por la infraestructura física como por el personal docente.
- El personal docente jugará un rol de tutor, facilitador y conductor de proyectos

de investigación de las alumnas y alumnos tomando como base el libro digital y las direcciones electrónicas recomendadas.

- Que este proyecto ayude a las universidades nacionales en las acreditaciones internacionales y mejorar la sustentación de sus presupuestos anuales en el Congreso.

En el aspecto legal:

- Las autoras o autores ceden sus derechos para esta edición digital, sin perder su autoría, permitiendo que su obra sea puesta en internet como descarga gratuita.

- Las autoras o autores pueden hacer nuevas ediciones basadas o no en esta versión digital.

Lima - Perú, enero del 2011

“El conocimiento es útil solo si se difunde y aplica”

Víctor López Guzmán
Editor

Minimización del canibalismo en especies de peces con larvas piscívoras: estrategias y éxitos con el carácido *Brycon moorei*

Etienne Baras

Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET,
BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France
etienne.Baras@mpl.ird.fr

Palabras Claves: Canibalismo, heterogeneidad de tamaño, crecimiento, larvas, *Brycon moorei*

Resumen

Este estudio integrativo proporciona las bases morfológicas, bioenergéticas y económicas que demuestran que alimentando las larvas altamente canibalísticas de *Brycon moorei* (Characidae) con peces presa durante los primeros tres días de la alimentación exógena, da el mejor de todos los compromisos posibles entre la supervivencia, el crecimiento y la heterogeneidad de tamaño. En detalle, esta solución zootécnica permite hacer crecer peces suficientemente rápido durante la etapa larval evitando la etapa costosa de alimentación con *Artemia*, sin incurrir desventajas en lo que concierne la supervivencia y la heterogeneidad de tamaño.

Introducción

El canibalismo es frecuente en peces cultivados, especialmente en los estadios larva y joven juvenil, que exhiben una mayor apertura mandibular (relativamente la altura del cuerpo), consumen más alimento y crecen más rápidamente que los adultos. El consumo de peces proporciona una ventaja en el crecimiento, así que el canibalismo resulta en el aumento de la divergencia de los tamaños, que favorece el canibalismo subsecuente en una dinámica típica de la bola de nieve.

La dinámica continua hasta que la presa desaparezca o hasta el crecimiento alométrico negativo de partes bucales que complica excesivamente el ejercicio del canibalismo (Baras & Jobling, 2002; Kestemont *et al.*, 2003). Cuanto más joven es la edad y cuanto más pequeño es el tamaño en el cual los peces comienzan a ejercer canibalismo, mayores son las pérdidas antes de que los peces puedan ser

separados por tamaño. El aminoramiento del canibalismo llega a ser más complicado cuando no requiere una diferencia de tamaño entre el canibal y su presa, como es frecuente el caso en las especies en las cuales las larvas llevan dientes orales largos, que permiten la retención de las presas grandes huidizas que son ingeridas por la cola. En estas circunstancias, el canibalismo no se puede atenuar con separación por tamaño, y cuando los peces logran el tamaño al cual el ejercicio del canibalismo requiere un diferencial del tamaño suficiente para permitir la separación, ya han ocurrido demasiadas pérdidas.

Muchas especies, especialmente las piscívoras, pertenecen a la última categoría. Una solución zootécnica a este problema está en alimentar las larvas y los juveniles de estas especies con los peces presa adecuados durante este período crítico. Mas frecuentemente, tales soluciones fueron desplegadas de manera empírica y la eficiencia y viabilidad económica no fueron evaluadas. Aquí, proporciono una descripción de la estrategia y resultados de una serie de estudios que permitieron abordar este planteamiento en la especie que posiblemente ostenta el record para el canibalismo temprano e intenso: la dorada *Brycon moorei* (Characidae), cuales larvas comienzan a comer peces o a ejercer canibalismo no más de un día post-eclosión (PE), en gran parte debido al crecimiento excepcionalmente precoz de sus quijadas y dientes (Baras *et al.*, 2000; Vandewalle *et al.*, 2005).

Material biológico y condiciones experimentales

Todos los experimentos fueron realizados en la estación de la acuicultura de la Universidad de Lieja (Bélgica) en descendientes de reproductores en cautiverio originarios de la cuenca del río Magdalena (Colombia). Los peces fueron criados en sistemas con agua reciclada a 27°C bajo un fotoperíodo 12L:12D. Los experimentos implicaron peces criados en aislamiento para la medida de la toma de comida y la eficiencia del crecimiento con una dieta de peces, y en grupos para probar el efecto de la dieta (nauplii de *Artemia* o peces presa) sobre el crecimiento, la heterogeneidad de tamaño y el canibalismo. Los peces presa eran larvas de otra especie de la cuenca del río Magdalena, el bocachico *Prochilodus magdalenae*. El protocolo de reproducción artificial, las condiciones de incubación (botellas de zug) y duración de la incubación (15-16 h) de las dos especies son casi idénticas a 27°C. Las larvas del bocachico son ligeramente más pequeñas que las de la dorada, no exhiben ningún comportamiento piscívoro durante la primera semana PE y pueden ser consumidas enteramente por la dorada desde el comienzo de la alimentación exógena (Fig. 1).

Criterios morfológicos

La estrategia tuvo como primer objetivo la determinación de la «ventana crítica» para el canibalismo en dorada, basándose en el crecimiento alométrico de la altura del cuerpo y de la apertura mandibular, la combinación de los cuales permite la determinación del diferencial de tamaño que se requiere para ejercer canibalismo. La información abajo se ha sintetizado de trabajos publicados (Baras *et al.*, 2000; Vandewalle *et al.*, 2005).

Al comienzo de la alimentación exógena (1 día PE, peces de 6.5 mm de longitud total [LT], 1.2 mg), la apertura mandibular de la dorada logra un clímax de 25% LT, mientras que su altura de cuerpo es solamente de 17% LT, así un cociente de 1.5 que deje una amplia puerta abierta para el canibalismo. Después de eso, el crecimiento alométrico negativo de las quijadas y el crecimiento alométrico positivo de la altura del cuerpo hacen más difícil el canibalismo. El cociente de tamaño es de 1.00 a 12 mm LT, 0.80 a 15 mm LT y 0.63 a 20 mm LT (estos cocientes corresponden a los del peso corporal de 1.00 [por la definición], 0.51 y 0.21, respectivamente).

Como consecuencia, el tamaño de la presa más grande que puede ser consumida por una larva de dorada sigue siendo casi idéntico para los caníbales comprendidos entre 12 y 20 mm LT. La validez de estos criterios morfológicos está apoyada por estudios del comportamiento en las capacidades de predación de la dorada (Baras *et al.*, 2000).

En conjunto, estos estudios demuestran que la ventana crítica para el canibalismo comienza al inicio de la alimentación exógena (6.5 mm LT) y se acaba cuando el tamaño de la dorada alcanza entre 15 y 18 mm LT, de tal modo que es necesario criar la dorada lo más rápido y con la mayor homogeneidad de tamaño posible durante este intervalo de desarrollo.

El crecimiento y la ración de la dorada

Las larvas de la dorada criadas en aislamiento y alimentadas *ad libitum* con nauplii de *Artemia* desde 1 d PE alcanzaron pesos corporales de 6.5 mg y 25 mg (10.5 y 15.5 mm LT) a 4 y 8 d PE, respectivamente, mientras que los hermanos a los que se le han ofrecido peces presa lograron el peso 25 y 212 mg (15.5 y 28.0 mm LT) en estas mismas edades (Fig. 2 A). A nuestro conocimiento, esta es la tasa de crecimiento más rápida publicada en larvas de teleosteos. Cantidades enormes de alimento eran necesarias para provisionar de combustible este crecimiento excep-

cionalmente rápido: de 300 hasta 100% del peso/día, en el primero y séptimo día de alimentación exógena, respectivamente. Esto da un cuadro claro del número de larvas de bocachico que son necesarias para alimentar la dorada durante este período (es decir no menos de 7, 28 y 80 larvas el primer día, tres días y a siete días de alimentación exógena).

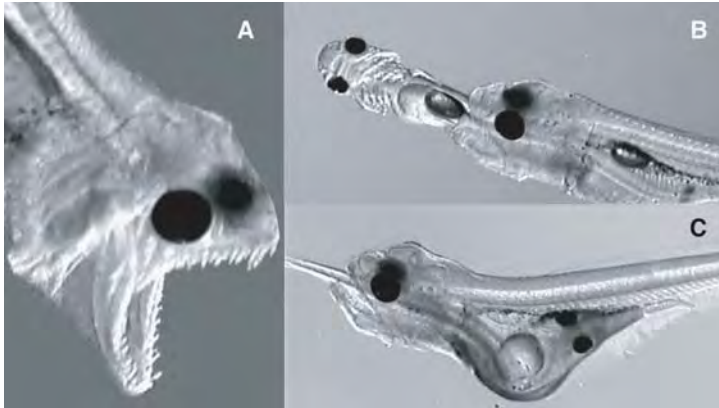


Figura 1. Detalle sobre la quijada y los dientes orales de una larva de *Brycon moorei* de 1 día de edad (A), y ejemplos de la predación sobre larvas de *Prochilodus magdalenae*, que pueden ser capturadas cola primero o cabeza primero por la dorada.

Efecto de la dieta sobre la supervivencia y la heterogeneidad de tamaño

Los estudios fueron llevados a cabo con 16 grupos de 50 doradas de 1 día de edad y fueron colocados en las jaulas 2.5-L alimentados con las larvas de bocachico de 0 a 7 días (dos réplicas por tratamiento), con los números exactos de presas que fueron determinados durante el estudio bioenergético. Cuando la distribución de los peces presa se terminaba, las doradas eran pasadas al esquema de alimentación estándar (es decir nauplii del *Artemia* para las larvas de peso inferior a 25 mg y alimentación formulada para el resto). La supervivencia y la heterogeneidad de tamaño (coeficiente de variación del peso corporal, CV_p) fueron determinadas cuando los peces lograron un tamaño de 250 mg (30 mm LT), en el cual pueden ser clasificados y ser transferidos sin mortalidades a las infraestructuras de engorde. A 250 mg, la supervivencia de la dorada que no recibía ningún pez presa era menos del 40%, con la mayoría de la mortalidad originada por el canibalismo (Fig. 2 B). El canibalismo fue reducido y la supervivencia creció hasta el 55% cuando la dorada era alimentada con las larvas de bocachico durante dos días, y se elevó hasta el 85% cuando la distribución fue ampliada al tercer día de alimentación (Fig.

2 B). Después de eso, la supervivencia aumentó de manera curvilínea y alcanzó una meseta acercándose al 95%. La heterogeneidad de tamaño siguió una dinámica opuesta: CV_p era de 42% en las doradas que no recibían ningún pez presa y caía hasta el 12% en las doradas alimentadas continuamente con peces presas (Fig. 2 B). Para ambos factores, la variabilidad entre las réplicas disminuyó cuando la distribución de los peces presa fue prolongada. Estos resultados indican claramente que las ventajas de una dieta a base de peces son substanciales sobre todo los primeros tres días de la alimentación exógena y menor después, lo que verifica completamente las conclusiones de los estudios morfológicos y de comportamiento.

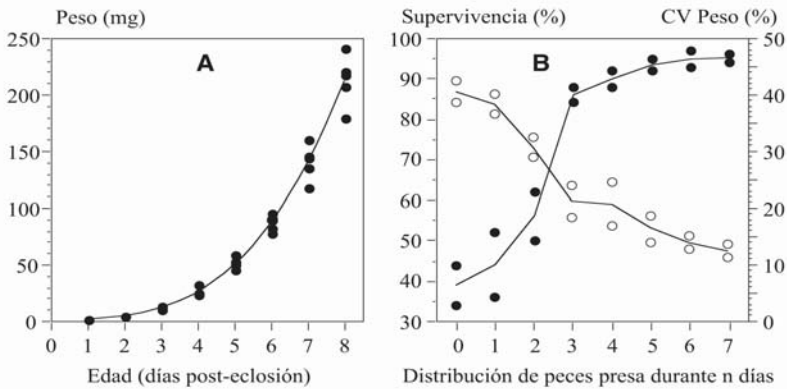


Figure 2. A. Crecimiento de las larvas de *Brycon moorei* criadas en aislamiento y alimentadas *ad libitum* con las larvas de los *Prochilodus magdalenae*. B. La supervivencia (símbolos cerrados) y la heterogeneidad del tamaño a 30 mm LT (símbolos abiertos) de larvas de *Brycon moorei* criadas en grupos de 50 peces, dependiendo del esquema de alimentación durante los primeros siete días de la alimentación exógena.

Costos de producción

Los costos de producción incluyen el costo de mantenimiento de los reproductores, el costo de reproducción hormonal inducida y los costos de cría de las larvas y juveniles de la dorada hasta 30 mm LT (250 mg), así como la mano de obra y las provisiones para la depreciación del equipo/edificio. Los costos de alimentación incluyen los costos de producción y cría de larvas del bocachico de diversas edades y tamaños (los mismos rubros que para la dorada), para ser comparado con los costos alternativos de producción con *Artemia* y con alimentación balanceada.

Estos cálculos fueron analizados para cada uno de los ocho esquemas de alimentación considerados en el paso anterior (es decir alimentación de la dorada con peces presa durante 0 a 7 días) y para diversos costos de la mano de obra (de 5 a 100 Euros por día). Las estimaciones de las tasas de la supervivencia para cada esquema de alimentación fueron deducidas de los valores indicados en la Figura 2. Cualquiera que sea el costo de mano de obra, el costo de producción es siempre es más bajo para la dorada alimentada con peces presa durante los primeros tres días de alimentación exógena que por períodos más cortos o más largos de la distribución de los peces. Para un costo de la mano de obra de 5 Euros/día, los costos de una dorada de 250 mg son de 2.13; 0.82 y 5.33 centavos de Euro, con 0, 3 y 7 días de distribución de peces presa respectivamente (los valores correspondientes para un costo de la mano de obra de 100 Euros/día son de 6.37, 2.70 y 6.71 centavos de Euro, respectivamente).

Conclusiones

La combinación de estudios morfológicos, de comportamiento y bioenergéticos nos han permitido definir la ventana crítica para el canibalismo y probar las soluciones zootécnicas que (casi) permitieron solucionar el problema del canibalismo y de la heterogeneidad de tamaño en una especie con larvas altamente canibalísticas. El estudio también puso en evidencia que una distribución de los peces presa restringida en el tiempo era económicamente provechosa. Los ensayos a una mayor escala, con tres grupos de 2.000 larvas criadas a una densidad de 20 peces por litro hasta un peso corporal de 500 mg (36 mm LT) con el esquema de alimentación óptimo rindieron una supervivencia alta ($72\pm 4\%$), una heterogeneidad de tamaño baja (CV_p de $21\pm 3\%$) y un crecimiento rápido (tamaño de 500 mg en 16-17 d PE). Estos estudios demuestran la viabilidad de criar larvas altamente canibalísticas en altas densidades cuando se adopta una estrategia clara, paso a paso, teniendo en cuenta también lo que se refiere a las exigencias económicas. Este planteamiento se aplica a un amplio número de especies Amazónicas de interés para la acuicultura, en particular las de los géneros *Brycon*, *Salminus* y *Pseudoplatystoma*.

Agradecimientos

El autor es investigador honorario asociado «senior» del «Fonds National de la Recherche Scientifique» de Bélgica y agradece Jesús Nuñez por la traducción del Inglés al Castellano de este manuscrito.

Referencias

- Baras, E.; Ndao, M.; Maxi, M. Y. J.; Jeandrain, D.; Thomé, J. P.; Vandewalle, P.; Mélard, C. 2000. Sibling cannibalism in dorada under experimental conditions. I. Ontogeny, dynamics, bioenergetics of cannibalism and prey selectivity. *Journal of Fish Biology*, 57: 1001-1020.
- Baras, E. ; Jobling, M. 2002. Dynamics of intracohort cannibalism in cultured fishes. *Aquaculture Research*, 33: 461-479.
- Kestemont, P.; Jourdan, S.; Houbart, M.; Mélard, C.; Paspatis, M.; Fontaine, P.; Cuvier, A.; Kentouri, M.; Baras, E. 2003. Size heterogeneity, cannibalism and competition in cultured predatory fish larvae: biotic and abiotic influences. *Aquaculture*, 227: 333-356.
- Vandewalle P.; Germeau G.; Besancenet P.; Parmentier E.; Baras, E. 2005. Early development of the head skeleton in *Brycon moorei* (Pisces, Ostariophysi, Characidae). *Journal of Fish Biology*, 66: 996-1024.



Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura

Coloquio Internacional
27 de Junio - 1 de Julio de 2005
Iquitos, Perú

Red de Investigación sobre la Ictiofauna Amazónica

Editores:

J.-F. Renno

C. García-Dávila

F. Duponchelle

J. Nuñez

