



# **Biología de las Poblaciones de Peces de la Amazonía y Piscicultura**

**Interacciones entre la  
temperatura, el tamaño, el  
crecimiento y la homogeneidad  
de tamaño en las larvas y  
juveniles del Paco *Piaractus  
brachypomus***

**Etienne Baras, Edgard Fabricio Flores**

**INTERACCIONES ENTRE LA TEMPERATURA, EL TAMAÑO,  
EL CRECIMIENTO Y LA HOMOGENEIDAD DE TAMAÑO  
EN LAS LARVAS Y JUVENILES DEL PACO PIARACTUS BRACHYPOMUS**

**Primera edición digital**

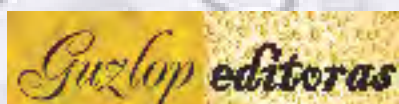
**Diciembre, 2014**

**Lima - Perú**

**© Etienne Baras  
Edgard Fabricio Flores**

**PLD 1707**

**Editor: Víctor López Guzmán**



<http://www.guzlop-editoras.com/>  
[guzlopster@gmail.com](mailto:guzlopster@gmail.com)  
[facebook.com/guzlop](https://www.facebook.com/guzlop)  
[twitter.com/guzlopster](https://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

# **Interacciones entre la temperatura, el tamaño, el crecimiento y la homogeneidad de tamaño en las larvas y juveniles del Paco *Piaractus brachypomus***

Etienne Baras<sup>1,2</sup>, Edgard Fabricio Flores<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institut de Recherche pour le Développement (IRD), UR175, GAMET, BP 5095, 34196 Montpellier cedex, France  
e-mail: etienne.Baras@mpl.ird.fr

<sup>2</sup> ULg, CEFRA, Chemin de la Justice 10, B-4500 Tihange, Belgique  
e-mail: floresysla@yahoo.es

**Palabras Claves:** Temperatura, Crecimiento, Ontogenía, Adaptación, *Piaractus*

## **Resumen**

La temperatura óptima para el crecimiento ( $T^{\circ}_{opt}$ ) varía de 31.8°C en las larvas de 2mg a 31.2°C en los juveniles 2g de *Piaractus brachypomus*. Los peces mantenidos a una temperatura cerca de  $T^{\circ}_{opt}$  mostraron la homogeneidad más grande de tamaño ( $CV_p = 53\%$  a 2g) y alta supervivencia (81.3% de 10 mg a 2g). Comparado a especies tropicales y subtropicales, el *P. brachypomus* muestra una variación ontogénica más baja de  $T^{\circ}_{opt}$  y un mayor grado de stenotermia, lo que sugiere fuertemente una base latitudinal para estos rasgos esenciales de la biología térmica de los peces.

## **Introducción**

La temperatura gobierna la propensión de forrajear, la toma de comida y la eficacia de los procesos digestivos, y así el crecimiento en peces. La temperatura óptima para el crecimiento de los peces ( $T^{\circ}_{opt}$ ) varía entre las regiones geográficas y entre las etapas de la vida de una especie particular (Jobling, 1994). Las interacciones entre la temperatura, el tamaño del cuerpo, el crecimiento, la heterogeneidad de tamaño y la supervivencia han sido evaluadas en algunas especies de peces, de las cuales muy pocas de regiones tropicales, y ninguna de la cuenca amazónica. Conocer estas interacciones es esencial para entender la evolución de las especies y



su adaptación a los cambios ambientales futuros, y para adquirir los conocimientos prácticos para su cultivo (Baras *et al.*, 2002; Baras & Daffé, sometido). Este estudio apuntó investigar estas relaciones en una especie puramente ecuatorial, el carácido, *Piaractus brachypomus*, en el cual los adultos son reconocidos como altamente sensibles a las frialdades o a los cambios de la temperatura repentinos en los ambientes de cultivo. Prácticamente no se sabe nada sobre la biología térmica de sus jóvenes.

## Metodología

Embriones de origen idéntico de *P. brachypomus* fueron obtenidos por reproducción artificial con progenitores en cautiverio criados en el Centro de Investigación en Acuicultura de la Universidad de Lieja (Bélgica), utilizando extractos hipofisarios de carpa (10 mg / kilogramo) para inducir la maduración final de las hembras. Los huevos eclosionaron 18 horas después de la fecundación a 27°C. Los embriones (3.8 milímetros en longitud total [ LT ] al nacimiento) no comenzaron la alimentación exógena antes de 120 h post-eclosión. (de aquí en adelante, PE), poco antes de que agotaran completamente su vitelo. Los experimentos comenzaron cuando la proporción de peces que alimentan era cerca del 100% (7 d PE, 6.2 mm LT, 1.45 mg, coeficiente de variación del peso corporal:  $CV_p = 14.2\%$ ). Los peces fueron criados en acuarios de 50-L en un sistema de agua reciclada con luz 12L:12D (intensidades de 80 y < 0.01 lux, respectivamente), con una densidad de 5 peces por litro, y en cinco temperaturas diferentes (21.5, 24.5, 27.5, 30.5 y 33°C), con dos réplicas por temperatura. Las diferentes temperaturas fueron obtenidas equipando los acuarios de una o dos resistencias de 300 W acopladas a un termóstato, y con la adjunción del agua fría (17°C) cuando era necesario. La temperatura del agua fue medida tres veces al día en cada acuario.

Hasta que lograron un peso corporal de por lo menos 100 mg, las larvas fueron alimentadas con nauplii de *Artemia* (contenido proteínico crudo de 56%, CPC). Después de eso, se realizó el destete con un alimento balanceado (Nippai SeaBream, de 56% CPC) luego las larvas fueron alimentadas exclusivamente con balanceado a partir de 250 mg. Independientemente del tipo de alimento, los peces fueron alimentados *ad libitum* cada dos horas durante las horas de la luz. Los peces muertos fueron contados dos veces al día, asumiendo que los cuerpos truncados correspondían a las víctimas del canibalismo incompleto. Los peces fueron cosechados y contados semanalmente para determinar supervivencia, asumiendo que

los peces que faltaban habían sucumbido al canibalismo completo. El peso corporal promedio fue deducido del peso de todos los sobrevivientes. Por lo menos 30 peces de cada acuario fueron anestesiados (2-phenoxy-ethanol, 0.4 mL / L) y pesados individualmente para determinar la heterogeneidad de tamaño, que se expresó como el coeficiente de variación del peso corporal ( $CV_p$ , %).

La variación ontogénica de  $T^{\circ}_{opt}$  ha sido calculada de la manera siguiente.

1) para cada régimen termal, la relación entre el peso corporal (P) y la edad (E) fueron descritas por una función polinomial:

$$\text{Log (P)} = +_{0-n} a_i [\text{Log (E)}]^i.$$

2) para cada régimen térmico, el crecimiento C (% P / d) era calculado sobre una base diaria y comparado a W, usando el mismo principio que en (1), es decir:

$$\text{Log (C)} = +_{0-n} a_i [\text{Log (P)}]^i.$$

3) El valor de  $T^{\circ}_{opt}$  correspondiente a un valor particular de P fue obtenido utilizando los valores de C modelizados en (2) para la  $T^{\circ}$ . El cálculo fue repetido para una serie de valores de P sobre el intervalo de tamaño bajo estudio para describir la variación de  $T^{\circ}_{opt}$  durante la ontogenia de *P. brachypomus*. Los tests exactos de Fisher fueron utilizados para comparar los índices de la mortalidad y de canibalismo. Los pesos corporales de peces de edad idéntica fueron comparados entre los regímenes térmicos con análisis de variancia (ANOVA) unidireccionales y el F-test de Scheffe para la comparación de medias. Las hipótesis nulas fueron rechazadas a  $P < 0.05$ .

## Resultados

### Efecto de la temperatura sobre la supervivencia y el canibalismo

Cinco días después de del comienzo del experimento, las larvas sufrieron una fuerte mortalidad debida a una infestación por los protozoos (*Costia sp.*), que se estabilizó después de 12h de tratamiento con formaldehído a 25 ppm.

Figura 1. Crecimiento de las larvas y juveniles de *Piaractus brachypomus* en función de la temperatura del agua. Los símbolos representan los valores experimentales (dos replicados por temperatura), las curvas representan modelos polinomiales ( $R^2 > 0,99$ ).

La mortalidad era más variable entre las réplicas que entre los tratamientos térmicos, sugiriendo que era independiente de la temperatura, y no fue acompañada por variaciones en las tasas de crecimiento. Por lo tanto, el efecto de la temperatura sobre la supervivencia fue medido exclusivamente en peces  $> 10$  mg, es decir el

tamaño logrado a esta edad en el tratamiento térmico mas eficiente sobre el crecimiento.

La supervivencia de *P. brachypomus* de 10 mg a 2 g ha sido casi proporcional a la temperatura del agua, es decir 0.0% a 21.5°C < 31.8% a 24.5°C < 55.9% a 27.5°C < 81.3% a 30.5°C d» 85.3% a 33°C (< corresponde a  $p < 0.05$  y d» a  $p \gg 0.05$ ; Tests exactos de Fisher).

Todos los peces criados a 21.5°C murieron antes de que lograran 10 mg y 28 d PE. Cualquiera que fuera la temperatura, el canibalismo siempre quedó en segundo lugar de las causas de mortalidad. Causó pérdidas significativamente mayores a 24.5°C (20.3%, media de los replicados) que en temperaturas más altas (4.4, 6.6 y 9.1% en 27.5, 30.5 y 33°C, respectivamente).

### **Efecto de la temperatura sobre la heterogeneidad de tamaño**

En todas las temperaturas, la heterogeneidad de tamaño ( $CV_p$ ) ha aumentado de manera curvilínea en los peces en crecimiento, y se ha estabilizado cuando los peces lograron 2-4 g. Las pendientes de las curvas y los plateaux a los cuales el  $CV_p$  se estabilizó eran dependientes en temperatura: cerca de 53% a 30.5°C, 60%

a 24.5 y 27.5°C y cerca de 62% a 33°C. El  $CV_p$  de los peces criados a 21.5°C aumentó constantemente hasta 60% a pesar de que los peces eran más pequeños que 10 mg. Estos resultados indican un efecto negativo de las temperaturas extremas, calientes o frías, en la dinámica de la heterogeneidad del tamaño en *P. brachypomus*.

### **Efecto de la temperatura sobre el crecimiento**

Cuanto mas cálida es la temperatura dentro del rango de estudio, más rápido es el crecimiento del joven *P. brachypomus*, excepto para los peces criados a 33°C que crecen más rápidamente que los otros solamente durante la primera semana de la alimentación exógena (Fig. 1). Después de eso, los peces criados a 30.5°C recuperaron el retraso y demostraron el crecimiento más rápido. Cualquiera que sea la temperatura, no hay diferencias significativas entre las réplicas (F-test de Scheffe). Por el contrario, los pesos corporales de peces criados en diversas temperaturas fueron significativamente diferentes entre ellas a partir de 14 d PE y siguieron siendo diferentes durante el resto del experimento (a excepción de los peces criados a 30.5 y 33°C, que no se diferenciaron antes de 28 d PE y adelante). Los cinco modelos explicativos (polinomios de orden 3) entre los logaritmos de la edad y el peso corporal rindieron valores de  $R^2$  de 0.99. Estos indican que *P. brachypomus*



lograría un peso corporal de 2 g en 35, 33, 41 y 56 d PE a 33, 30.5, 27.5 y 24.5°C respectivamente, y nunca lograrían ese tamaño a 21.5°C. Las relaciones entre los logaritmos del crecimiento y el peso corporal que fueron establecidos a partir de estos modelos (también con valores de  $R^2 \gg 0.99$ ) permitieron calcular las variaciones ontogenéticas de  $T^{\circ}_{opt}$  y de la tasa de crecimiento máxima ( $C_{max}$ ) en *P. brachypomus* (Fig. 2). La  $T^{\circ}_{opt}$  es de 31.8°C a 2 mg y disminuye de casi 0.17°C para un aumento de diez veces del peso corporal de los peces (orden de magnitud). El  $C_{max}$  es de casi 35 % / d a 2 mg y cae a casi 21 % / d a 2 g.

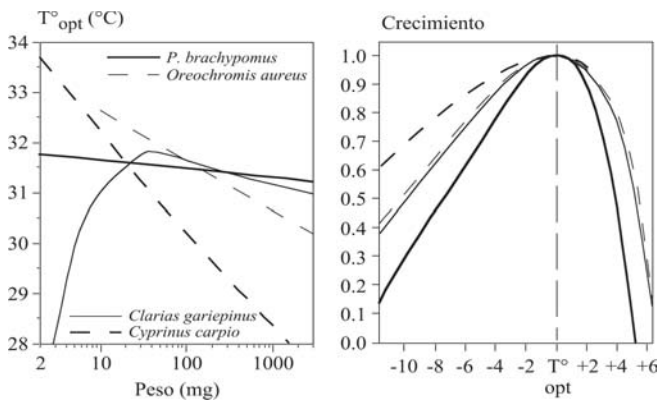


Figura 2. Variaciones ontogénicas de la  $T^{\circ}_{opt}$  (izda.) y las relaciones entre temperatura y crecimiento durante las tres primeras semanas de alimentación exógena (dcha.) en *Piaractus brachypomus* y otras especies de peces con áreas de distribución geográfica o estrategias reproductivas contrastadas. En la última gráfica, la escala del crecimiento es normalizada y la escala térmica está puesta en referencia a  $T^{\circ}_{opt}$  de modo a facilitar la comparación entre especies con tasas de crecimiento o valores de  $T^{\circ}_{opt}$  contrastados.

## Discusión y conclusión

El crecimiento de larvas de *Piaractus brachypomus* es lento (es decir no más del 35% / d en  $T^{\circ}_{opt}$ ) en comparación con otras especies (e.g. más de 70 % / d en *Clarias gariepinus*) pero su disminución con el aumento del peso corporal no es tan fuerte como en otras especies (e. g. a 2 g, *P. brachypomus* y *C. gariepinus* muestran tasas de crecimiento similares). Estos elementos apoyan la idea que el *P. brachypomus* tiene un alto potencial de crecimiento, lo que consolida aun más su interés para la acuicultura.

Como en el *C. gariepinus*, *Cyprinus carpio* y *Oreochromis aureus* (Baras *et al.*, 2002), criando peces a temperaturas cercanas a  $T^{\circ}_{opt}$  permitieron reducir al

mínimo el canibalismo y la heterogeneidad de tamaño en *P. brachypomus*. El mecanismo funcional subyacente a estas relaciones hacen intervenir probablemente las variaciones inter-individuales de  $T^{\circ}_{opt}$ , que producen eventualmente una mayor heterogeneidad del tamaño, y eventualmente un mayor riesgo de canibalismo y de la mortalidad, cuando la temperatura del agua es más lejana del valor óptimo al promedio de la población. La heterogeneidad de tamaño se eleva más rápidamente cuando las temperaturas son superiores a  $T^{\circ}_{opt}$  que para las temperaturas inferiores a  $T^{\circ}_{opt}$ , debido a la forma parabólica de la relación entre el crecimiento y la temperatura en peces. De un punto de vista práctico, la semejanza entre las temperaturas que maximizan el crecimiento, la supervivencia y la homogeneidad del tamaño consolidan más allá el interés de aclarar la biología térmica de los peces.

Las pendientes de la relación entre  $T^{\circ}_{opt}$  y el peso corporal en *P. brachypomus* ( $0.17^{\circ}\text{C}$  por orden de magnitud [ / OM ]) es más baja que en *C. gariepinus* ( $0.5^{\circ}\text{C}$  / OM) y *O. aureus* ( $-1.0^{\circ}\text{C}$  / OM), que gozan de una distribución tropical, y mucho más baja que en el subtropical *C. carpio* ( $-1.9^{\circ}\text{C}$  / OM). Semejantemente, la amplitud de la respuesta térmica en *P. brachypomus* es más estrecha que en las especies que viven más lejos del ecuador. Se piensa que estas estrategias térmicas contrastadas reflejan la adaptación de las especies a niveles latitud-dependientes de la variabilidad estacional y de la previsibilidad de los regímenes térmicos. Una consecuencia de este patrón latitudinal es que las especies ecuatoriales sufrirían probablemente más seriamente de los cambios del clima que afectan la temperatura del agua que las especies tropicales, subtropicales o templadas. Un paradigma similar se aplica en lo que concierne la posibilidad de cultivar estas especies en diversos regímenes térmicos.

## Agradecimientos

E.F. Flores recibió una beca del programa belga «Coopération Universitaire au Développement» durante su estudio en la Universidad de Lieja. Los autores agradecen Jesús Núñez por la traducción del inglés al castellano de este manuscrito.

## Referencias

Baras, E.; Mpo'n'tcha, A.; Driouch, H.; Prignon, Ch.; Mélard, C. 2002. Ontogenetic variations of thermal optimum for growth, and its implication on thermolabile sex determination in blue tilapia. *Journal of Fish Biology*, 61: 645-660.

- Baras, E.; Daffé, M. submitted. Relationships between size heterogeneity, cannibalism and thermal optimum for growth in larvae and juveniles of sharptooth catfish. *Journal of Fish Biology*, submitted, 15 pp.
- Jobling, M. 1994. *Fish Bioenergetics*. London, Chapman & Hall.



# 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

