



Efecto del fotoperíodo y la temperatura en el desarrollo ovárico de *Cheirodon interruptus* y su aplicación en acuicultura

Ignacio García¹, Silvia Plaul², Leandro Miranda³ y Darío Colautti¹

¹ Instituto de Limnología “Dr. Raúl A. Ringuelet” (ILPLA, CONICET-UNLP). Laboratorio de Ecología de Peces, La Plata, Buenos Aires, Argentina.

² Laboratorio de Histología y Embriología Descriptiva, Experimental y Comparada, Facultad de Ciencias Veterinarias, UNLP. La Plata, Buenos Aires, Argentina.

³ Instituto de Investigaciones Biotecnológicas-Instituto Tecnológico de Chascomús “Dr. Raúl Alfonsín”, IIB-INTECH (CONICET-UNSAM), Laboratorio de Ictiofisiología y Acuicultura, Chascomús, Buenos Aires, Argentina. Email: ignadgarcia@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se evaluó la influencia del fotoperíodo y temperatura sobre la maduración ovárica de *Cheirodon interruptus*. En un primer experimento se establecieron cuatro regímenes de luz (Luz: Oscuridad, L: D): 24L: 0D, 12L: 12D (control), 0L: 24D y un fotoperíodo progresivo. Mediante el índice gonadosomático, tamaño de oocitos, proporción de oocitos vitelogénicos / previtelogénicos y la concentración de estradiol en sangre se evaluó la respuesta de los ovarios a dichos tratamientos. En un segundo experimento, considerando los resultados obtenidos, se utilizaron tres tratamientos: 12L: 12D y temperatura fija de 20 °C (control), fotoperíodo y temperatura progresiva, y 24L: 0D y temperatura progresiva. El fotoperíodo progresivo del primer experimento evidenció valores significativamente superiores en los parámetros reproductivos. En el segundo experimento el fotoperíodo y temperatura progresivos produjeron un incremento del 20% en los indicadores respecto al experimento anterior. El fotoperíodo y la temperatura resultaron ser herramientas para la cría de la especie.

Palabras claves: VARIABLES AMBIENTALES – REPRODUCCIÓN – CHARACIDAE.

Introducción

La “mojarra” *Cheirodon interruptus* (Ostariophysi: Characidae) es una especie autóctona que presenta una amplia distribución en Argentina, especialmente en la región Pampeana. Por ser una especie abundante, eurioica y muy resistente, es la especie más utilizada como carnada por los pescadores de pejerrey con caña. La extracción de ejemplares salvajes, para abastecer el mercado, se realiza con redes de arrastre, produciendo un impacto sobre las comunidades de peces y un deterioro de los ambientes. El desarrollo de su acuicultura representa una alternativa a la explotación de las poblaciones naturales y el conocimiento y manipulación de su ciclo reproductivo es fundamental para su manejo en cautiverio.

La maduración gonadal de los peces está influenciada por la estacionalidad, en particular en climas templados y fríos donde los cambios de fotoperíodo y temperatura a lo largo del año son grandes (Pankhurst y Porter, 2003). Varios estudios han demostrado que bajo condiciones

controladas, la regulación del fotoperíodo puede ser utilizada como una herramienta factible para manipular la reproducción de varias especies de peces en cautiverio (Bromage et al., 2001, Biswas et al., 2010). La temperatura del agua también tiene un rol importante en la estimulación o inhibición de la gametogénesis. Este factor puede modular la tasa de gametogénesis de forma directa o indirecta por sus efectos sobre el crecimiento somático y el almacenamiento de energía. Existen numerosos antecedentes que sugieren que la maduración gonadal de muchas especies de peces se ve afectada por la temperatura, sin embargo, existe controversia acerca de si los efectos de la temperatura en la reproducción son directos o complementarios. Debido a la importancia de *C. interruptus* como carnada es importante entender su biología reproductiva. Por lo expuesto anteriormente, en este trabajo se analizan los efectos del fotoperíodo y la temperatura sobre la maduración ovárica de *C. interruptus*.

Materiales y Métodos

Se colectó un total de 600 adultos de *C. interruptus* (longitud estándar $3,68 \pm 0,24$ cm; peso corporal $1,24 \pm 0,37$ g) provenientes de estanques artificiales localizados en la localidad de Chascomús, provincia de Buenos Aires. Se aclimataron durante las tres semanas previas a los experimentos, estableciéndose un ciclo de 12 horas de luz. El experimento se llevó a cabo en un sistema de recirculación de agua especialmente diseñado formado por 12 acuarios de 50 litros donde se colocaron 30 hembras en cada uno. Durante la aclimatación y el desarrollo de los experimentos los peces se alimentaron con alimento comercial (Shulet®, Argentina) ofrecido tres veces al día (*ad libitum*).

En el primer experimento se establecieron cuatro regímenes de luz con tres réplicas (Horas/luz: oscuridad, L: D): 24L: 0D, 12L: 12D (como control), 0L: 24D y un fotoperíodo progresivo. Este último respondió a la función del incremento de horas de luz diaria observado en la transición invierno-primavera en la latitud del sitio geográfico donde los peces fueron capturados y aplicando incrementos diarios correspondientes a la suma de lo observado en tres días sucesivos en el ambiente hasta alcanzar las horas luz observadas en el equinoccio de primavera (Fotoperíodo inicial 9,8L: fotoperíodo final 14,2L). La temperatura se estableció en 20°C.

En un segundo experimento se utilizaron tres tratamientos con tres réplicas cada uno: 12L: 12D y una temperatura fija de 20 °C (como control), fotoperíodo progresivo y temperatura progresiva, y 24L: 0D y temperatura progresiva. El régimen incremental de temperatura se estableció aumentando un grado centígrado cada 7 días partiendo de los 20°C hasta una temperatura final de 25°C. La iluminación se programó utilizando controladores de tipo Arduino y la temperatura mediante calefactores eléctricos. Ambos experimentos se extendieron durante 45 días. El desarrollo ovárico se cuantificó mediante el índice gonadosomático (IGS), tamaño de oocitos, proporción de oocitos vitelogénicos y previtelogénicos y concentración de estradiol en plasma sanguíneo (ELISA). Los datos se analizaron mediante métodos no paramétricos (Kruskal-Wallis) seguido del procedimiento de múltiples comparaciones entre pares (método de Dunn). Se consideró un nivel de significancia de $p < 0,05$ para todos los procedimientos estadísticos.

Resultados

En la Tabla 1 se presentan los resultados del primer experimento. El mayor valor medio de IGS (5,04) fue obtenido en el tratamiento de fotoperíodo progresivo seguido por el tratamiento 0L: 24D (3,27), mientras que el valor medio más bajo de IGS fue observado en 24L: 0D. El valor final de IGS observado en 12L: 12D resultó similar a la condición inicial. Se observaron diferencias significativas en el IGS de las hembras entre los tratamientos ($H = 136,244$, $p < 0,001$ y 3 grados de libertad). Los resultados de las comparaciones de a pares establecieron que todos los tratamientos difirieron significativamente ($p < 0,05$) excepto en el caso de 12L: 12D y 0L: 24D.

Tabla 1 Promedio del Índice gonadosomático (IGS), desviación estándar. (DE), de *Cheirodon interruptus*, obtenidos en el primer experimento antes y después de la exposición a diferentes tratamientos fotoperiódicos.

Fotoperíodo (Luz: Oscuridad)	IGS	DE
Inicial	2,15	0,9
Progresivo	5,04	2,8
12L: 12D	2,71	1,3
24L: 0D	1,61	0,5
0L: 24D	3,27	2,3

Los análisis histológicos mostraron diferencias significativas entre los tratamientos en el tamaño de los oocitos y la proporción de oocitos previtelogénicos y vitelogénicos ($p < 0,001$). Las concentraciones plasmáticas de estradiol evidenciaron concordancia con la maduración ovárica registradas en los tratamientos. Los valores más altos fueron observados en el fotoperíodo progresivo ($221 \pm 1,8$ pg/ml) y el valor mínimo fue registrado en el tratamiento 24L: 0D ($204,7 \pm 6,9$ pg/ml), pero no se registraron diferencias significativas.

En el segundo experimento, se obtuvieron resultados concordantes con el experimento anterior donde se registró el mayor valor medio de IGS (6,07) en el tratamiento de fotoperíodo y temperatura progresivos seguido por el tratamiento 12L: 12D (3,3), mientras que el valor medio más bajo fue observado en 24L: 0D y temperatura progresiva (2,65). Al igual que en el primer experimento se observaron diferencias significativas en el IGS entre tratamientos ($p < 0,001$). El test "a posteriori" de Dunn mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre todas las combinaciones pares posibles. Además se registraron diferencias significativas entre los tratamientos en el tamaño de oocitos y la proporción de oocitos previtelogénicos y vitelogénicos ($p < 0,001$) (figura 1). Se registraron diferencias significativas ($p < 0,001$) en las concentraciones plasmáticas de

estradiol. Se obtuvieron los valores más altos en el tratamiento de fotoperíodo y temperatura progresivos ($296,9 \pm 21,8$ pg/ml) y el valor mínimo se registró en el tratamiento 24L: 0D y temperatura progresiva ($201,9 \pm 3,68$ pg/ml).

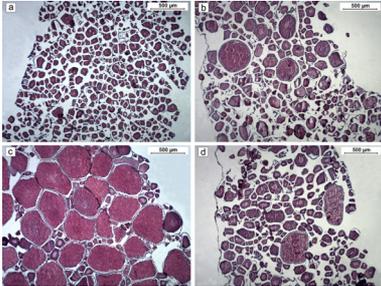


Fig. 1. Histología del tejido ovárico de *Cheirodon interruptus* obtenidos en el segundo experimento expuestos a diferentes tratamientos. a) 24L: 0D y temperatura progresiva. b) 12L: 12D y 20°C. c) fotoperíodo y temperatura progresiva. d) condición inicial.

Discusión

Los resultados obtenidos en el primer experimento no sólo indicaron que las variaciones del fotoperíodo afectan el desarrollo de los ovarios sino también que producen diferentes respuestas en los parámetros reproductivos evaluados. La exposición de *C. interruptus* a iluminación permanente (24L: 0D), evidenció una disminución generalizada de los valores de IGS y de la proporción de oocitos vitelogénicos, alcanzando los valores más bajos con la menor dispersión de todo el experimento. En este tratamiento fotoperiódico se determinaron los menores valores de estradiol plasmático, indicando que la iluminación permanente afecta la producción de hormonas sexuales inhibiendo el desarrollo gonadal. En el caso de la oscuridad total (0L: 24D) se observó una respuesta difusa en términos de cambio de IGS. Este tratamiento mostró rango amplio de variación en los valores, desde cercanos al mínimo hasta cercanos a los máximos registrados en todo el experimento. Los resultados del tratamiento progresivo afirman la idea de que el control del fotoperíodo puede promover cambios en relación a la maduración ovárica en *C. interruptus* debido a que en esta situación se registraron los valores más altos de IGS en comparación con el resto de los tratamientos. Se suma a lo expuesto que los análisis histológicos revelaron que el diámetro medio de los oocitos y la proporción vitelogénicos/ previtelogénicos fueron mayores en peces criados bajo este tratamiento. Así, la compresión de los incrementos progresivos

diarios observados en el ambiente desde el invierno a la primavera tuvieron una influencia relevante en la maduración ovárica y, por lo tanto, el régimen lumínico es un direccionador ambiental de la maduración ovárica y la reproducción de *C. interruptus*.

En el segundo experimento donde se combinó el fotoperíodo y la temperatura se observaron resultados consistentes con el experimento anterior. El tratamiento de fotoperíodo 12L: 12D y temperatura de 20°C al igual que en el primer experimento no mostró cambios en los tejidos gonadales, esto es indicativo que el mismo tuvo un efecto neutral en las funciones reproductivas para la especie, o al menos este régimen de iluminación no es apropiado para inhibir o activar la maduración ovárica. El tratamiento 24L: 0D y temperatura progresiva mostró el menor desarrollo en el ovario entre todos los tratamientos. El valor medio de IGS alcanzado por este tratamiento con respecto al mismo fotoperíodo, sin la manipulación de la temperatura del experimento anterior, fue más elevado pero se advierte un retroceso en los valores de IGS con respecto a la condición inicial. Por lo tanto se reafirma que la luz continua es un inhibidor del desarrollo ovárico en *C. interruptus*. El tratamiento de fotoperíodo y temperatura progresivos alcanzó el valor máximo de IGS representando un avance en el desarrollo gonadal cercano al 20% con respecto al alcanzado en el tratamiento de fotoperíodo progresivo sin incremento de temperatura del experimento anterior. Esto sugiere que la temperatura tiene una influencia en el desarrollo ovárico en *C. interruptus* acelerando los procesos de cambio generados por el fotoperíodo, ya que se obtuvo una mayor maduración en el mismo intervalo de tiempo. Lo observado se condice con lo expresado por otros autores que sostienen que la temperatura es un factor de control de la velocidad (Brett, 1979), mientras que el fotoperíodo es considerado como un factor directivo y un modulador primario de la maduración sexual.

Referencias

- Biswas A., Inoue K. y Takii K. 2010. Feeding interval and photoperiod influence the growth performance of striped knife jaw, *Oplegnathus fasciatus*. *Aquaculture Research*, 41: 517-523
- Brett J.R. 1979. Environmental factors and growth. En: Hoar W.S., Randall D.J. y Brett J.R. (eds), *Fish Physiology* (Vol. VIII), Academic Press, New York. pp. 599- 675.
- Bromage N.R., Porter M.J. y Randall C.F. 2001. The environmental regulation of maturation in farmed finfish with special reference to the role of photoperiod and melatonin. *Aquaculture*, 197: 63-98.
- Pankhurst N.W. y Porter M.J. 2003. Cold and dark or warm and light: variations on the theme of environmental control of reproduction. *Fish Physiology and Biochemistry*, 28: 385-389.