

PRODUCCIÓN DE ALEVINOS DE ESPECIES NATIVAS.

*Víctor Atencio G.

Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Departamento de Acuicultura, Centro de Investigación Piscícola (CINPIC). *Correspondencia: vatencio@col3.telecom.com.co - A.A. 895, Montería, Colombia.

Las ventajas de desarrollar la piscicultura con especies nativas van desde la mejor adaptación de estos peces al clima y calidad del agua de la región hasta el hábito de consumo de la población. Entre estas especies se destacan por su importancia o potencialidad en la piscicultura continental colombiana las reofilicas, sobresaliendo: *Piaractus brachypomus* (cachama blanca), *Colossoma macropomum* (cachama negra), *Prochilodus magdalenae* (bocachico), *Brycon moorei sinuensis* (dorada), *Brycon siebenthalae* (yamú), *Sorubim cuspicaudus* (bagre blanco) y *Pseudoplatystoma fasciatum* (bagre rayado). De estas especies sólo el grupo de las cachamas tiene importancia en la piscicultura comercial del país, siendo el segundo piscicultivo más importante después de las tilapias, en razón de los importantes avances en el abastecimiento a gran escala de alevinos durante todo el año, mientras que en las otras especies el suministro de alevinos es deficiente. El éxito de la piscicultura como una bioindustria depende de los progresos en la obtención de una continua y estable producción de alevinos, siendo casi imposible desarrollar el cultivo a escala comercial de una especie si no hay disponibilidad permanente de semillas.

La producción de alevinos comprende tres etapas claramente diferenciadas y relacionadas entre sí: a) Conformación y mantenimiento del plantel de reproductores b) Reproducción inducida y c) Larvicultura y alevinaje. El objetivo de esta revisión es discutir los aspectos relevantes de las etapas del proceso de producción de alevinos de especies nativas.

Conformación y mantenimiento del plantel de reproductores

La conformación y mantenimiento de los reproductores es de vital importancia en los resultados de las etapas siguientes en la producción de alevinos. Es difícil obtener adecuadas respuestas a los protocolos de inducción, altas fecundidades y larvas viables si el plantel de reproductores no es conformado y mantenido adecuadamente.

La conformación del plantel de reproductores puede establecerse a partir de individuos adultos o juveniles capturados del medio natural o de alevinos procedentes de reproducciones inducidas para garantizar la variabilidad genética. Según (Gallego 2001) para evitar los problemas de consanguinidad, el plantel de reproductores de especies reofilicas se debe iniciar como mínimo con 100 individuos. Cualquiera que sea el origen de los reproductores, estos deben ser sometidos a un proceso de "domesticación" que tenga por objeto acostumbrarlos a la manipulación y presencia del hombre, buscándose reducir el porcentaje de respuestas negativas a los protocolos de inducción como consecuencia del estrés por manejo, provocando atresia ovocitaria y muchas veces la muerte post-inducción; situación aun más frecuente cuando se induce reproductores provenientes del medio natural sin haber sido "acostumbrados" a la manipulación. La domesticación puede realizarse mediante un programa de pesca mensual durante todo el año; el cual a su vez puede aprovecharse para evaluar el crecimiento, realizar inspección general (presencia de ectoparásitos), clasificar o trasladar los reproductores de estanques. La "domesticación" de especies del género *Brycon* es determinante en el in-

cremento de la respuesta positiva al protocolo de inducción y en la sobrevivencia post-inducción de los reproductores.

Si bien es cierto que la "domesticación" es importante para acostumbrar el pez a la manipulación, también es cierto que un adecuado manejo de los reproductores para garantizar el éxito de inducción debe considerar: calidad del agua, densidad de siembra y la alimentación. Las variables que definen la calidad del agua debe mantenerse en los niveles considerados normales para la especie. En general, para las especies nativas, la temperatura del agua debe estar entre los 26 y los 30°C. Temperaturas inferiores a 22°C influyen negativamente tanto en el crecimiento como en la maduración gonadal. El oxígeno disuelto debe ser mantenido encima de 4.0 mg/L, el pH entre 6 y 9, la dureza y la alcalinidad total deben presentar valores similares y por encima de 30.0 mg CaCO₃/L, y el amonio total no debe exceder concentraciones de 0.1 mg/L (Kubitza 1998; Proença & Bittencourt 1994; Boyd 1990).

En la década de los años 80 se recomendaba mantener los reproductores de las especies nativas a muy baja densidad de siembra; por ejemplo, para cachama negra se recomendaba 0.1-0.2 Kg/m² (Woynarovich 1986). Estas densidades implicaban grandes áreas para el mantenimiento de los reproductores. Muchas de las estaciones productoras de alevinos no podían mantener sus reproductores a estas densidades, y por tanto lo mantenían a densidades mayores; sin embargo, obtenían buenos resultados estableciéndose que una densidad de 0.5-1Kg/ m² era adecuada para las mayorías de las especies nativas de hábitos alimentarios omnívoros (cachamas, brycónidos) e iliófagos (bocachicos).

El manejo de una adecuada alimentación con dietas balanceadas y completas durante todo el año es decisivo en la fecundidad, la calidad de los huevos, en las tasas de fertilización y eclosión, así como en el mejor desarrollo de los alevinos (Urbinati 2000). Las especies nativas de dieta omnívora (cachamas y brycónidos) tienen tendencia frugívora, y su requerimiento proteico ha sido definido en el rango de 25-35% de proteína bruta (PB). (Vásquez 1994) encontró que 25% PB y 2600 Kcal/ energía digestible (ED) eran suficientes para alimentar reproductores de cachama blanca y obtener buenos resultados en los protocolos de inducción. Para el caso de los iliófagos, es necesario un programa de abonamiento que mantenga una adecuada producción natural de alimen-

to. Para el manejo de reproductores de bagres carnívoros es indispensable un requerimiento proteico por encima del 40% de PB.

En su ambiente natural, las especies nativas tienen una época de abundante alimento (período lluvioso) en el cual acumulan reservas en forma de grasa cavitaria y una época de escasez de alimento (período seco) en el que estas reservas se utilizan en la migración y en la maduración ovocitaria. Según (Urbinati 2000) en este periodo los peces reofilicos movilizan el 90% de los lípidos y el 50% de las proteínas corporales para la maduración ovocitaria, razón por la cual es importante el suministro de dietas que ofrezcan sustancias de reserva como lípidos, carbohidratos y proteínas de buena calidad. El esquema para el manejo de la alimentación más utilizado en las estaciones productoras de alevinos es alimentar seis días a la semana en cantidad correspondiente al 2 ó 3% de la biomasa. Aunque es importante evitar que los reproductores se engorden porque, según (Zaniboni-Filho 1997), los reproductores "gordos" presentan un menor desempeño reproductivo en las reproducciones inducidas.

Reproducción inducida

En general, la estrategia de reproducción exhibida por los peces reofilicos es similar y su ciclo reproductivo está asociado con el régimen de lluvias. Los estímulos ambientales iniciales y finales del ciclo reproductivo están definidos por las consecuencias de las lluvias en su medio ambiente. Al final del período lluvioso los peces adultos salen de las ciénagas e inician la migración ascendente por los ríos procurando áreas para realizar la maduración ovocitaria y luego esperar la llegada del período lluvioso para reproducirse. Una vez expulsados los productos sexuales, inician el regreso a las ciénagas a alimentarse. Los huevos son semi-densos y son incubados en los cauces principales de los ríos y, una vez eclosionadas, las larvas son transportadas por los ríos y caños para finalmente llegar a las ciénagas o planos inundables donde inician su alimentación exógena.

En condiciones de cautiverio, los peces reofilicos realizan la maduración ovocitaria (vitelogénesis e inicio de la maduración final) pero no ovulan ni desovan debido a la falta de los estímulos ambientales finales, principalmente la variación de caudales que se presenta en los ríos en la época lluviosa. Cuando

han iniciado la maduración final es cuando los tratamientos de inducción pueden ser efectivos. Los criterios para la selección de reproductores maduros pueden ser basados en las características morfológicas externas y/o la obtención de muestras de ovocitos mediante la biopsia ovárica. Las características más comunes en las hembras maduras son el abultamiento del abdomen, como consecuencia del crecimiento de los ovocitos (vitelogénesis), y el enrojecimiento de la papila genital; mientras que en la muestra de ovocitos debe observarse el tamaño de estos, la homogeneidad del color y la posición de la vesícula germinal. En los machos, la expulsión de semen a una leve presión abdominal es indicadora de la fase de madurez adecuada (espermiación). Otra característica que indica que los machos de bocachicos y cachamas están en la fase adecuada es la emisión de "ronquidos", mientras que los machos maduros de dorada presentan espículas en la aleta anal que al tacto, dan la sensación de una superficie rugosa ("lija").

Sustancias inductoras de primera generación como

extractos brutos de hipófisis homoplásticos o heteroplásticos; de segunda generación como extracto pituitario de carpa (EPC), de salmón (EPS), gonadotropina coriónica humana (HCG, Primogonyl®); y de tercera generación como análogos de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH, LHRH, Ovaprim®) han dado resultados positivos en la inducción a la maduración final y ovulación de las especies reofilicas. Algunos protocolos utilizados para las diferentes especies nativas se presentan en la Tabla 1. El protocolo más ampliamente usado en las estaciones productoras de alevinos es la hipofización (inducción con EPC). Recientes estudios realizados en el Instituto de Acuicultura de los Llanos (IALL) y del Centro de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba (CINPIC) sobre inducción a la maduración final y ovulación de yamú, dorada y bocachico con análogo de mamífero (LHRH, D-ALA⁶, desGly) han producido resultados negativos (Pardo-Carrasco et al 1998, Hernández et al 2002). No obstante, Zaniboni Filho (1996) obtuvo respuesta positiva con LHRH en una especie de bocachico (*Prochilodus scrofa*).

Tabla 1. Protocolos de reproducción inducida utilizados en las especies nativas.

Bocachico*		
Sustancia inductora	1ºdosis (intervalo) 2ºdosis	Autor
EPC	0.5 (12 h) 5.0 mg/Kg	Zaniboni-Filho, 1996
EPC	0.4-0.6 (6-14 h) 4.0-6.0mg/Kg	Solano, 1992
EPC	2000 (12 h) 3000 UI/Kg	Solano, 1992
LHRH (D-Ala ⁶ desGly)	10 µg/Kg (única)	Zaniboni-Filho, 1996
Brycónidos (dorada, yamú)*		
EPC	0.5 (12h) 5.0 mg/Kg	Zaniboni-Filho, 1996 Pardo-Carrasco et al. , 1998
EPC	0.4 (12h) 4.0 mg/Kg	Atencio-García, 1999
HCG (Primogonyl)	400 (12h) 600 UI/kg	Solano, 1992
Cachamas (negra y blanca)*		
EPC	0.5 (12h) 5.0 mg/Kg	Zaniboni-Filho, 1996
EPC	0.6 (12h) 6.0 mg/Kg	Vásquez, 1994
LHRH (D-Ala ⁶ desGly)	10 µg/Kg (única)	Zaniboni-Filho, 1996
LHRH (D-Ala ⁶ desGly)	1.5 (12h) 15 µg/Kg	Zaniboni-Filho, 1996
Bagres**		
EPC	0.5 (12h) 5.0 mg/kg	Zaniboni-Filho, 1996
EPC	0.6 (12h) 6.0 mg/Kg	Yepes et al., 1994
Liseta		
EPC	0.3-0.7 (12h) 3.0-5.0 mg EPC/Kg	Arguello & González, 2001

* Los machos de estas especies reciben una dosis entre el 50-80% de la dosificación de las hembras.

** Los machos de esta especie reciben una dosis entre el 100-150% de la dosificación de las hembras.

La respuesta al protocolo de inducción con EPC se obtiene entre las 5 - 6 horas para dorada, yamú y bocachico y entre las 6 - 7 horas para cachamas y bagres después de aplicada la segunda dosis hormonal, a una temperatura entre 27 y 29°C.

El desove puede darse en condiciones semi-naturales en piletas circulares, embaldosadas o de superficie lisa, de 2.5 - 3.5 m³ de volumen, obteniéndose una fertilización natural. Luego de 1 a 2 horas de iniciados los desoves se recogen los huevos una vez que estén completamente hidratados porque a partir de este momento son más resistentes a la manipulación. Luego se llevan a las incubadoras tipo cilindro-cónicas donde se realiza la incubación, con flujo de agua entre 2 y 4 L/min. Una incubadora de este tipo de 60 litros de volumen tiene una capacidad para incubar hasta 5 litros de huevos hidratados. La eclosión para estas especies sucede entre las 12 y 14 horas post-fertilización (T = 27 - 28°C). También es posible realizar el desove por extrusión manual para la obtención de los gametos y proceder a la fertilización en seco. Este método causa un mayor estrés en los reproductores, pero permite mejores tasas de fertilización y eclosión con relación al método de fertilización natural que a pesar de producir un menor estrés en los reproductores, provoca una mayor manipulación sobre los huevos, lo que aumenta la tasa de mortalidad durante la incubación.

Larvicultura y alevinaje

La larvicultura y alevinaje tienen por objetivo incrementar las tasas de sobrevivencia y crecimiento, en

la difícil fase de transición de larva a alevino a partir del ofrecimiento de condiciones ambientales adecuadas, entre ellas la definición de una estrategia alimentaria. Pero, la mayoría de los fracasos cuando se intenta desarrollar tecnologías de producción de alevinos están asociados al poco conocimiento de las preferencias del individuo, particularmente lo relacionado con la alimentación.

El sistema más ampliamente usado en la producción de alevinos de las especies nativas es la adaptación del sistema húngaro, en el cual, una vez las larvas inician su alimentación exógena son sembradas en estanques abonados donde permanecen hasta convertirse en alevinos. Este sistema ha sido exitoso en la producción de alevinos de cachamas y bocachicos, pero con resultados muy variables cuando es aplicado a la dorada y al yamú.

La conducta canibal, luego del inicio de la alimentación exógena, ha sido informada para la dorada y el yamú (Atencio-García et al 1998). Igualmente coinciden (Hecht & Appelbaum 1988), quienes afirman que en la mayoría de los casos la principal causa del canibalismo en la larvicultura está relacionada con el manejo de la alimentación. (Hecht & Piennar 1991), consideraron como factores importantes en el control del canibalismo en la larvicultura: alimentación a saciedad, frecuencia óptima de alimentación, tamaño apropiado y distribución homogénea del alimento, uso preferencial de alimento vivo y densidad de siembra conveniente. La Tabla 2 muestra el manejo de la primera alimentación en la larvicultura de las especies nativas.

Tabla 2. Manejo de la primera alimentación utilizado en la larvicultura de las especies nativas

Especie	Inicio de la alimentación exógena (HPE)	Densidad de siembra (post-larva/L)	Manejo de la primera alimentación	Tiempo de alimentación (Días)
Bocachico	44 - 48	100-200	Nauplios de Artemia sp., Zooplancton silvestre (250-400 µm) libre de predadores	3
Cachamas	96-108	100-300	Nauplios de Artemia sp., Zooplancton silvestre (250-400 µm) libre de predadores	2-3
Dorada	20-24	50-100	Larvas forrajeras, recién eclosionadas	1
Yamú	32-36	50-100	Larvas forrajeras, recién eclosionadas	1

HPE: Horas Post-Eclosión, a una temperatura entre 26-28°C.

El conocimiento del inicio de la alimentación exógena y el manejo de la primera alimentación son considerados puntos críticos en la larvicultura, debido a su importancia en la posterior viabilidad de la post-larva. En el caso de las post-larvas de yamú y dorada, ofrecer tardíamente el primer alimento acentuaría el canibalismo y, por tanto, se incrementaría la tasa de mortalidad. Los mejores resultados para el control del canibalismo en estas especies es ofreciendo como primera alimentación larvas de otras especies (Woynarovich & Sato 1983, Cecarelli 1997, Senhorini 1998, Atencio-García 2000). Recientes estudios han demostrado que el manejo de la primera alimentación del bocachico con nauplios de *Artemia* sp (Instar I) o zooplancton silvestre entre 250 - 400 μ m li-

bre de predadores, por los menos durante tres días, mejoran los indicadores de crecimiento y sobrevivencia en la larvicultura del bocachico (Kerguelén et al 2001).

Luego del manejo de la primera alimentación, en un medio controlado libre de predadores, las post-larvas deben ser sembradas, en estanques debidamente preparados para estimular la producción natural de alimento (secado, encalado y abonado), a densidades de 150 - 300 post-larvas/m² para cachama y bocachico y 50 - 150 post-larvas/m² para dorada y yamú, obteniéndose sobrevivencias mayores del 50% en la fase de alevinaje con este sistema.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguello L, & González H. Reproducción inducida de la liseta *Leporinus muyscorum* (Steindachner 1902) con extracto pituitario de carpa. Montería: Universidad de Córdoba, (Tesis, Acuicultor) 2001; 43p.
- Atencio-García V. Reproducción inducida de la dorada (*Brycon moorei sinuensis*). Montería: CINPIC/Universidad de Córdoba, 1999; 3p.
- Atencio-García V. Influência da primeira alimentação na alevinagem do yamú *Brycon siebenthalae* (Eigenmann 1912). Florianópolis, Bras. Dissertação (M.Sc. Acuicultura) - Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000; 130p.
- Atencio-García V, Pardo-Carrasco S, Arias A, Zaniboni Filho E, Vásquez W. Larvicultura y alevinaje del yamú *Brycon siebenthalae* en los Llanos Colombianos. In: Mem. 1º CONGRESO SUL AMERICANO DE AQUICULTURA, 1998; Recife, Bra., p. 255 (Res.).
- Boyd C. Water quality in warmwater fish pond. Alabama: Auburn University, 1990; 482 p.
- Ceccarelli P. Canibalismo em larvas de matrinxã *Brycon cephalus* (Gunther, 1869). Botucatu: UNESP, Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências de Botucatu, 1997; 92 p.
- Gallego F. Algunas aplicaciones del mejoramiento genético en la acuicultura. In: Mem. 6º Simposio Colombiano de Ictiología, Bogotá, 2001; p.30 (Res.).
- Hecht T, Appelbaum S. Observations on intraespecific aggression and coeval sibling cannibalism by larva and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae:Pisces) under controlled conditions. J. of Zoology, London, 1988; 214: 21-44.
- Hecht T, Pienaar A. A Review of cannibalism and its implications in fish larviculture. J. World Aqua. Soc., 1991; 24(2): 247-261.
- Hernández V, Mendoza L. Reproducción inducida del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) con análogo de mamífero. Montería: CINPIC/Universidad de Córdoba (Tesis, Acuicultor). 2001; 60p.
- Kerguelén-Durango E, Sánchez-Alonso I, Atencio-García V. Influencia de la primera alimentación en la larvicultura del bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Rev Ciencias Marinas 2001 (en prensa).
- Kubitza F. Qualidade da água na produção de peixes: Parte I. Panorama da Aquicultura, jan/fev., 1998; p.10-18.
- Pardo-Carrasco S, Arias A, Atencio-García V, Zaniboni Filho E, Vásquez W. Ensayos de reproducción inducida del yamú *Brycon siebenthalae* en los Llanos Colombianos. In:

- Mem. 1º Congresso Sulamericano de Aquicultura, Recife, 1998; p.282 (Res.).
14. Proença C, Bittencourt P. Manual de piscicultura tropical. Brasília: IBAMA, 1994; 195 p.
 15. Senhorini J.A, Mantelato F. L. M, Casanova S. M. C. Growth and survival of larvae of the amazon species "Matrinxã", *Brycon cephalus* (Pisces, Characidae), in larviculture tanks of Brazil Bol Téc. CEPTA, 1998; (11): 13-28.
 16. Solano J. M. Reproducción inducida de la dorada (*Brycon moorei sinuensis*) y el bocachico (*Prochilodus magdalenae*). Montería: CINPIC/Universidad de Córdoba, 1992; 5p.
 17. Urbinati E. Generalidades y aspectos prácticos de la reproducción. In: Mem. 3º Curso Internacional de Acuicultura, Bogotá, 2000; (CD).
 18. Vásquez W. Efeito de dietas com níveis crescentes de proteína e energia na ovulacao ovocitaria da pirapitinga, *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818). Disertación (M.Sc. Acuicultura) - Departamento de Aquicultura, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, 1994; 91p.
 19. Woynarovich E, Sato J. Special rearing of larvae and post-larvae of matrinchã (*Brycon lundii*) and dourado (*Salminus brasiliensis*). In : Harvey, B. & Carolsfeld, J. (eds) Workshop on larval rearing of finfish. Pirassununga. 1989; CIDA/CASAFA/ICSU, 1990; p.134-136.
 20. Woynarovich E. Tambaqui e pirapitinga; propagação artificial e criação de alevinos. Brasília: CODEVASF, 1986; 69p.
 21. Yepes J, Solano J. M, Cordero A. Reproducción inducida del bagre blanco (*Sorubim lima*). Montería: 1994; CINPIC/Universidad de Córdoba.
 22. Zaniboni Filho E. Priming hormone administration to induce spawning of some brazilian migratory fish. Rev Bras Biol, 1996; 56(4): 655-659.
 23. Zaniboni Filho E. Reproducción de espécies nativos. In: Mem. 1º Seminario-Taller Internacional de Acuicultura, Bogotá, 1997; sp.