

Evaluación de un sistema acoplado de desove e incubación para la reproducción controlada de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*)

Sergio Escárcega-Rodríguez

Subdelegación de Pesca. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca en Guanajuato. Plan de San Luis 102-303, 37260, León, Gto.

ESCÁRCEGA-RODRÍGUEZ, S. 1996. Evaluación de un sistema acoplado de desove e incubación para la reproducción controlada de la carpa herbívora (*Ctenopharyngodon idellus*). INP. SEMARNAP. Ciencia Pesquera No. 13.

Este estudio pretende dar a conocer un sistema nuevo en México para la producción masiva de alevines de ciprínidos autóctonos de huevo pelágico de importancia acuícola. Se trabajó con un sistema acoplado de desove e incubación, con cosecha automática de huevos de carpa herbívora, en términos de los márgenes de desove, fertilización y eclosión. Se hicieron ocho montajes de desove con 31 hembras y 62 machos de la especie *C. idellus*. En el desove de 22 hembras se logró un 71% global de ovulación, un 84% de fertilización y un 69% de eclosión, se produjo un total de 3 668,000 alevines y un rendimiento de poco más de 50,500 alevines viables por kilogramo de peso corporal de las hembras que alcanzaron la ovulación.

Palabras clave: Sistema acoplado, carpa herbívora, desove, fertilización, eclosión, alevines.

Due to the actual widening importance of carps in Mexico's aquaculture the present paper deals with the utilization of a new hatchery joint system for grass carp massive fry production with pelagic eggs. The research was carried out at the Fish Farming Center "El Peaje" of the Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca located in the state of San Luis Potosí. It was conducted with the aim to evaluate the system efficiency described herein regarding both spawning and incubation, which includes automatic egg collection. The experiment was conducted through 8 spawning tests using 31 female and 62 male spawners of the chinese grass carp *Ctenopharyngodon idellus* as a broodstock. The results obtained for parameters such as borderline spawning, fertilization and hatching of the eggs were analyzed. During the spawning of 22 females a 71% ovulation rate was recorded, 83% for fertilization and 69% for hatching, producing a total of 3 668,000 fish fry with a maximum hatching rate of 50,500 viable fish fry/Kg (female wt.) of those females that reached the ovulation period.

Key words: Hatchery Joint System, grass carp, spawning, fertilization, hatching, fish fry.

Introducción

La carpa herbívora *Ctenopharyngodon idellus* y otras de huevo pelágico introducidas en México procedentes de la República Popular China, como la carpa plateada *Hipophthalmichthys molitrix*, la carpa cabezona *Aristichthys nobilis* y la carpa negra *Mylopharyngodon piceus*, constituyen un grupo de especies con cualidades sobresalientes en el campo de la acuicultura en aguas continentales, por su elevado potencial biológico, su notable resistencia al manejo y enfermedades, su alto grado de adaptabilidad a distintas condiciones climáticas y su rápido crecimiento, lo que permite generar grandes volúmenes de carne de alto valor nutricional en corto tiempo y a bajo costo, en contraste con toda una gama de especies acuáticas sujetas a cultivo.

Por estas cualidades, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) promueve

su cultivo a escala mundial, sobre todo en países en vías de desarrollo de África, el Sudeste Asiático y América Latina, para contribuir a atenuar el problema del hambre y la desnutrición que padecen amplios sectores marginados de población (FAO, 1992). En China la producción de dichas especies en 1987 fue de más de 3.4 millones de toneladas, lo que significó casi el 40% de la producción pesquera total en aquella nación (Escárcega¹).

El gran potencial de producción de proteína de estas especies y las tendencias actuales para incrementar su propagación se han traducido en la simplificación y automatización de los procesos de desove e incubación, con el desarrollo de sistemas acoplados de desove e incubación, como el que ocupa el presente trabajo, en respuesta a algunas limitaciones de las

1 ESCÁRCEGA, R.S. Informe de la comisión realizada en la República Popular China, del 12 al 30 de Noviembre de 1987. Delegación Federal de Pesca en el Edo. de México. 1988. 44 p. (Documento interno)

técnicas de desove artificial y semiaartificial con cosecha manual del huevo. En estos dispositivos se reduce ampliamente la aplicación de mano de obra, la manipulación de los reproductores, el error humano y la inhibición de la ovulación en las hembras, en contraste con las técnicas mencionadas.

Constituyen objetivos complementarios del trabajo aportar un marco de referencia, desde el punto de vista del diseño y esquema operativo del sistema, que sirva de base para difundir su utilización en México, contribuya a mejorar los métodos actuales de propagación de las especies mencionadas y, con su extensión, coadyuve a fortalecer los programas de fomento a la producción acuícola en aguas continentales e incremente la oferta de alevines para los sistemas de cultivo, la cual es en la actualidad limitada.

Antecedentes

El cultivo de la carpa en el mundo se inició en China hace más de 2,700 años, durante los períodos conocidos como primavera y otoño y estados de guerra, que datan de los años 770 a 221 a.C. La explotación de las carpas herbívora, plateada, cabezona y negra en policultivo se inició durante la dinastía Tang en los años 618 a 907 de nuestra era; pero fue hasta 1958 cuando se desarrollaron las técnicas de reproducción artificial en estas especies, lo que permitió el abasto masivo y seguro de alevines para los sistemas de engorda, así como el incremento sustancial en la producción acuícola en aguas interiores (Lin *et al.*, 1980). De hecho, estas cuatro especies de huevo pelágico constituyen los componentes principales del modelo chino del policultivo.

La carpa herbívora fue introducida a México en 1965 por la Comisión Nacional Consultiva de Pesca, y fue hasta 1971 cuando se inició su disseminación en el país, sobre todo en la meseta central, abarcando tres grandes cuencas: Lerma-Chapala-Santiago, Balsas y Pánuco (Arredondo y Juárez, 1986). Su reproducción se inició en 1971 en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hgo. En la actualidad su propagación se logra principalmente en dicho Centro y en el Centro Acuícola El Peaje, en San Luis Potosí.

En los procedimientos utilizados para su propagación en México se han empleado la técnica semiaartificial con colecta manual del huevo y la técnica artificial (manual) de desove. En esta última la fertilización de los óvulos se realiza empleando por lo general la técnica seca, descrita por diversos autores como Lin *et al.* (*op. cit.*), Woynarovich y Horváth (1981) y Horváth y Tamás (1986).

Si bien estas técnicas han permitido producir alevines de *C. idellus* y de otras carpas de huevo pelágico a lo largo de su aplicación en México, presentan no obstante inconvenientes de consideración, como son:

1. Manipulación importante de los reproductores en la técnica artificial, que se traduce en maltrato a los mismos.
2. Ambos métodos requieren de vigilancia estrecha de los individuos después aplicar la dosis final, para detectar el momento justo de la ovulación.

3. En la técnica artificial suelen presentarse ineficiencias derivadas de la ovulación asincrónica que presentan regularmente las hembras, lo que llega a producir bajos índices de fertilización cuando se desova a un individuo que ya presenta sobremaduración en los óvulos e inhibición en la ovulación en otras hembras por las maniobras de captura y revisión de las que primero la logran. Por otra parte, los períodos de ovulación no son siempre regulares y muchas veces las hembras ovulan antes del tiempo esperado, lo que requiere mano de obra fuera del horario normal de labores, resultando, por tanto, una técnica desgastante.
4. Mortalidad en el huevo en la técnica semiaartificial, debida a la colecta manual del mismo.

Estos factores y el hecho de que en la actualidad, salvo en el caso de la carpa herbívora, la reproducción de las carpas plateada, cabezona y negra sólo se logra en el Centro Acuícola de Tezontepec (de 11 centros acuícolas que producen carpas), han determinado una oferta reducida de crías que no satisface la demanda de estas especies a escala nacional; lo que ha limitado la expansión de su aprovechamiento y el desarrollo de métodos de policultivo.

En respuesta a las limitaciones de las técnicas convencionales de propagación, desde finales de la década de los setentas se desarrollaron en China sistemas acoplados de desove e incubación que permitieron simplificar y automatizar en alto grado estos procesos; con lo que se dio una solución exitosa a los inconvenientes mencionados y se logró mayor eficiencia en la producción de alevines a gran escala. El diseño de estos dispositivos fue inicialmente desarrollado por el Instituto de Investigaciones sobre Productos Acuáticos del Río Perla, en Guangzhou, China, y adaptado por el autor de este trabajo en el Centro Acuícola El Peaje, a raíz de un viaje realizado a la República Popular China en noviembre de 1987. La adaptación al sistema de cosecha automática de huevo consistió en dejar el contenedor de desove y la incubadora a un mismo nivel de operación en la columna de agua, y no a uno diferente como en los patrones de China; lo cual evita la pérdida de huevo ocasionada por una mayor tracción de flujo de agua resultante de ese desnivel.

Sitio de estudio

El Centro Acuícola El Peaje se localiza al suroeste de la ciudad de San Luis Potosí, en el Km 20.5 de la carretera federal No. 80 (Tampico-Barra de Navidad), en la localidad de Escalerillas, municipio de San Luis Potosí. Sus coordenadas geográficas son 22°04'22" Lat. Norte y 101°04'05" Long. Oeste y cuenta con una altitud aproximada de 1960 msnm.

El clima de la zona es el subtipo seco templado con lluvias en verano (BS kw). La temperatura media anual oscila de los 16 a los 18 °C y su precipitación pluvial entre los 335 y 398 mm al año. Las máximas temperaturas se registran en mayo y junio, con 22 °C, y los mínimos en enero con 13.6 °C (INEGI, 1985).

Métodos y materiales

El trabajo se realizó en el Centro Acuícola El Peaje, unidad de producción de crías de carpa de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), en el Estado de San Luis Potosí. El sistema instalado consta de una pileta circular para el desove de 6.8 m de diámetro por 1.4 m de altura, y de una incubadora de canal circulante convencional de tres metros de diámetro, conectados por un tubo de 7.62 cm (tres pulgadas) que parte del centro del desovadero y que se inserta en la parte basal de la incubadora.

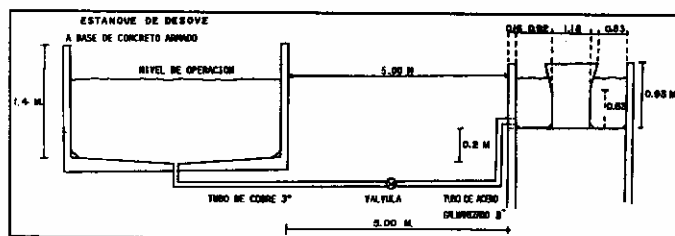


Fig. 1. Plano estructural del sistema acoplado

El suministro de agua es por medio de un tubo de plástico de 5.08 cm (2 pulgadas) con orificios cada 30 cm en dirección tangencial al perímetro del contenedor, lo que determina el movimiento circular del agua.

El principio del sistema se centra en que tanto en el desove como en la incubación se reproducen las condiciones de movimiento de la columna de agua que ocurren en el hábitat natural de las especies consideradas durante su reproducción. En el caso del desove, el factor de la corriente de agua resultante, aunado a una alta concentración de oxígeno disuelto, favorece el disparo de la ovulación y determina que el huevo se aglutine en corto tiempo en el fondo y al centro del contenedor de desove.

Tanto el desovadero como la incubadora se mantienen al mismo nivel de operación en la columna de agua, debido a que el punto de descarga del suministro de agua al desovadero es el nivel de vertimiento en la incubadora. El agua que ingresa al desovadero pasa a la incubadora por un tubo de 7.62 cm y se vierte en el nivel de rebosamiento de la misma. De esta manera, conforme se van liberando y fecundando, los óvulos pasan paulatina y automáticamente a la cámara de incubación, con una tracción muy suave que evita cualquier daño.

Para garantizar la operación adecuada del sistema, sobre todo en centros que se surten de acuíferos superficiales con riesgo de eutroficación, es indispensable contar con un dispositivo de filtración de agua que evite a toda costa el paso al mismo de zooplánton (particularmente de copépodos). En el Centro Acuícola El Peaje se instaló en el aljibe principal de distribución de agua un dispositivo a base de rejillas de tela nylón nyal de 355 micrones, con lo que se controló el paso de componentes zooplántonicos mayores que ocasionan problemas de mortalidad de huevos y alevines.

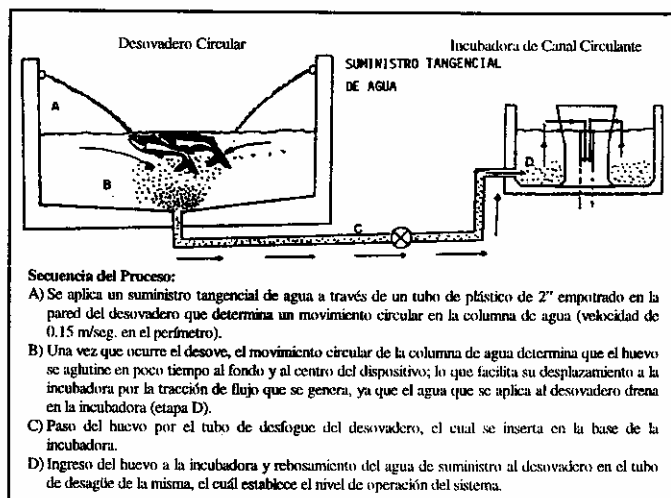


Fig. 2. Esquema del funcionamiento del sistema

Se ejecutaron ocho montajes de desove entre el 17 de mayo y el 28 de julio de 1994, con la participación de 31 hembras y 62 machos de *C. idellus*, de un promedio de edad de 7 años y peso de 3.83 kg.

El mantenimiento de reproductores durante el ciclo de maduración 1993-1994 se realizó en un contenedor rústico con recambio variable y permanente de agua y en dos estanques de mampostería revestida, de 354 m², manteniendo en éstos un recambio continuo de aproximadamente 5-10 l/min. La alimentación suplementaria se llevó a cabo exclusivamente con la maleza acuática conocida como "cola de caballo" (*Potamogeton sp.*) con aplicación basada en la demanda.

Los individuos se seleccionaron con base en sus características fenotípicas, con proporción general de montaje de dos machos por hembra, y se sometieron a una fase de purga de 24 horas, previa a la inducción hormonal, para facilitar la eliminación de las excretas, al cabo de la cual se pesaron y marcaron.

La inducción hormonal se llevó a cabo con un extracto heteroplástico de hipófisis de carpa común preparado con glándulas secas y pulverizadas de importación marca Argent y una solución salina de cloruro de sodio al 0.65%. La dosis empleada en las hembras fue de 4.0 mg/kg y de 2.0 mg/kg en los machos. En todos los casos se elaboró la dilución de acuerdo con los criterios propuestos por Woyanovich y Horváth (1981, *op. cit.*) y Horváth y Tamás (1986, *op. cit.*). A las hembras se les aplicaron dos dosis al 10% y al 90% de la dosis total, suministradas a las 10:00 y a las 20:00 h, con intervalo de 10 horas entre las mismas.

Los extractos preparados se aplicaron en la cavidad corporal (vía celómica) en la base del lóbulo de la aleta pectoral. Al terminar de suministrar la segunda dosis, los reproductores se transfirieron al desovadero circular, el cual fue previamente activado con un gasto de agua de aproximadamente 0.8 l/seg; con lo que se aportó una velocidad de flujo de agua en el perímetro del desovadero de alrededor de 0.15 m/seg.

La ovulación se determinó considerando las hembras que desovaron con respecto al total de hembras utilizadas por

montaje y en relación con los ocho montajes, estableciendo una relación porcentual, así:

$$\% \text{ Ovulación} = (\text{HD} \times 100) / \text{HT}$$

Donde: HD = hembras Desovadas, y

HT = total de Hembras Utilizadas

La fertilización se determinó a partir de la obtención de muestras de huevo de la cámara de incubación (de 99 a 202 unidades), captadas por sifoneo con un tubo de vidrio de 0.5 cm de diámetro interior, de 7 a 12 horas después de la fertilización. Para esto, el conteo se verificó directamente en el tubo recolector, se contabilizó el total de unidades captadas en números de huevos muertos, se obtuvo por diferencia el número de huevos viables y se estableció una relación porcentual de la manera ya mencionada. Los estadios del desarrollo embrionario se identificaron con ayuda de un microscopio estereoscópico de 0.7 a 4.2 aumentos, con base en la secuencia del desarrollo ontogénico propuesto por Barnard (1984), citado por Arredondo y Juárez (1986), para la carpa herbívora. Identificando los estadios que van del IX al XIII y que corresponden a las fases avanzadas de blástula y gástrula, respectivamente, Lin *et al.* (1980, *op. cit.*) recomiendan realizar la valoración del índice de fertilización a partir del estadio de gástrula, ya que en etapas anteriores como la de mórula algunos óvulos infecundos llegan a presentar segmentación en el protoplasma germinal, con lo que se puede afectar el análisis.

La eclosión se evaluó con base en el porcentaje de viabilidad del huevo poco antes de la eclosión, a partir de muestras que fluctuaron de 65 a 158 unidades obtenidas de entre 23 a 32 horas después de la fertilización, en los estadios del XVII al XX de la secuencia del desarrollo mencionada y que son previos a la eclosión.

Los alevines se cuantificaron por extrapolación de volumen al momento de su cosecha, de 3 a 5 días después de la eclosión. Se empleó un corral de tela de organza de 1.2x0.7x0.6 m; a partir de muestras que variaron de 2 a 7 ml; se obtuvo la

proporción de alevines por mililitro, para extrapolar sobre esta base al volumen total colectado, el cual se midió con un vaso de precipitados de 500 ml:

$$\text{NTA} = \text{NA} / \text{ml} (\text{vtc})$$

Donde: NTA = número total de alevines

NA/ml = número de alevines/ml

vt = volumen total colectado

Dado que, por su operación, el sistema no permite llevar a cabo un conteo directo de los óvulos liberados, este dato se obtuvo por inferencia a partir del número de alevines obtenidos por montaje de desove y del porcentaje determinado de eclosión. De esta manera, el número captado de alevines representó el porcentaje de eclosión del huevo, y el 100% lo constituyó, sobre esta base, el número aproximado de óvulos producidos:

$$\text{NTH} = [\text{NTA} (100)] / \% \text{ eclosión}$$

Donde: NTH = número total de huevos, y

NTA = número total de alevines

Resultados

Ovulación

De las hembras utilizadas, 22 alcanzaron la ovulación y el desove, lo que arrojó un porcentaje del 70.96%. En la *tabla 1* se presentan los resultados logrados por montaje de desove, y en ella se aprecia que el índice de eclosión fluctuó del 50% (MO5 y MO8) al 100% (MO1), dentro de un intervalo de temperatura inicial del agua de 20 a 25 °C, con un tiempo de efecto que varió de 10.5 h (10 h 30 min) a 14.92 horas (14 h 55 min) a partir de la aplicación de la segunda dosis a las hembras. Se consigna también el número de hembras y machos participantes, la proporción de sexos empleada, la biomasa total de las hembras, su peso promedio, la hora detectada del inicio de la

Tabla 1. Resumen de los resultados logrados en la determinación del índice de ovulación en las hembras de *C. idellus*.

No. de Montaje	Fecha	Temp. Agua (°C) ¹	No. de Hembras	No. de Machos	Proporción	Biomasa Hembras (Kg)	Peso Prom. Kg	Inicio Ovulación (Hora)	Tiempo de Efecto ²	No. de Hembras Desovadas	% de Ovulación
M01	17/5/94	21.0	4	8	1:2	12.7	3.18	10:30.	14 h	4	100
M02	24/5/94	24.0	4	8	1:2	15.15	3.79	06:45.	10 h 30 min	3	75
M03	01/6/94	25.0	5	10	1:2	18.4	3.68	07:00.	11 h	4	80
M04	07/6/94	23.0	6	12	1:2	21.1	3.52	07:00.	10 h 45 min.	4	66.6
M05	16/6/94	22.0	4	7	1:1.75	16.25	4.06	08:20.	12 h 05 min	2	50
M06	30/6/94	23.0	3	6	1:2	10.7	3.57	08:30.	12 h	2	66.6
M07	18/7/94	20.0	3	6	1:2	14.55	4.85	11:30.	14 h 55 min.	2	66.6
M08	28/7/94	22.0	2	5	1:2.5	9.8	4.9	08:45.	11h 45 min.	1	50
Promedio:		22.5	31	62	1:2.03	118.65	3.83	08:32	12 h 07 min	22	69.35

Agente inductor utilizado en todos los casos: pituitaria seca de *C. carpio*

Dosis: 4.0 mg/kg en las hembras y 2.0 mg/kg en los machos

Instalación empleada: desovadero circular del sistema acoplado

Gasto de agua de suministro: 0.8 l/seg.

Velocidad de flujo en el perímetro: 0.15 m/seg

¹ Corresponde a la fecha del montaje.

² A partir de la aplicación de la segunda dosis a las hembras

ovulación y el número de hembras desovadas. Se considera que el margen global obtenido del 70.96% es adecuado. En términos prácticos, se tiene que 7 de cada 10 hembras respondieron exitosamente a la inducción.

Es probable que la declinación en el índice de ovulación que se aprecia a partir del MO5 haya estado influenciada por el uso de hembras de mayor talla en relación con los cuatro primeros desoves. También es posible que estas hembras, de un peso mayor a los 4 kg, requieran de una dosis más alta del extracto hipofisiario utilizado. La proporción de oocitos residuales en los ovarios de las hembras que ovularon fue poco significativa. Los individuos revisados en los dos primeros montajes presentaron la emisión de unos cuantos óvulos a una presión abdominal.

Fertilización

La *tabla 2* muestra los resultados obtenidos al evaluar la fertilización. Como puede apreciarse en ella, se lograron magnitudes del 58.54% en el MO5 al 91.58% en el MO6, con un promedio general del 84.34%. El bajo índice logrado en el MO5, muy probablemente estuvo determinado por la utilización de machos despermados en desoves anteriores, dado que no fue posible capturar individuos nuevos, para este caso, plenos en su capacidad reproductora. Soslayando este dato en la determinación del promedio general, el porcentaje de fertilización se incrementa al 88.6%; lo que significó que el sistema aportó en promedio una eficiencia de casi 89 óvulos fecundados por cada 100 unidades liberadas; la cual es notablemente alta, considerando que la fecundación ocurre de manera natural en el contenedor de desove.

Sobre este aspecto, se estima que entre los factores que favorecieron la obtención de estos resultados están la alimentación intensiva de los reproductores con malezas acuáticas (*Potamogeton sp.*) y adecuada calidad del agua durante el ciclo de maduración, lo que debió contribuir a la producción de gametos con un margen alto de viabilidad. Por otra parte, durante el período de maduración final y el

desove, el factor de movimiento en la columna de agua, en el desovadero, produjo niveles altos de oxígeno disuelto, lo que favoreció un despliegue intenso del cortejo sexual, en respuesta de las hembras que alcanzaron la ovulación (Fig. 3); además de una concentración de los productos sexuales liberados hacia el centro y el fondo del contenedor de desove. El mismo movimiento circular del agua determina que todo tipo de partícula suspendida, incluidos en este caso los gametos, se ubiquen en corto tiempo en un espacio reducido y delimitado. La proporción de sexos utilizada (dos machos por hembra) también contribuyó al logro de estos resultados.

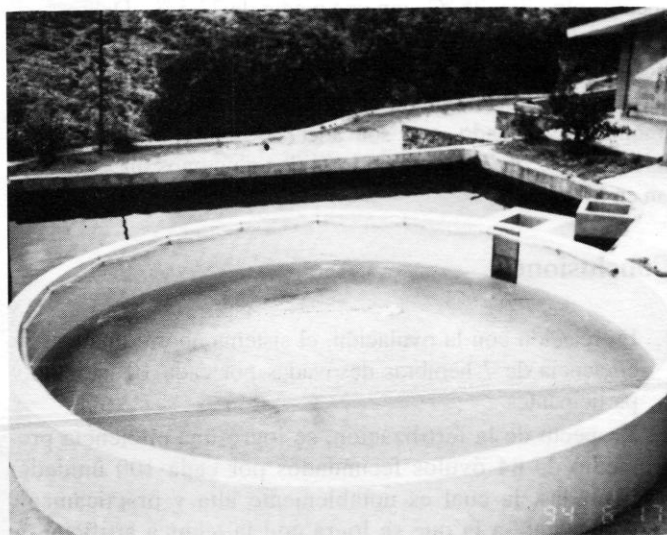


Fig. 3. Aspecto del momento culminante del desove de la carpa herbívora y la emisión sincrónica de los gametos. Se aprecia el suministro tangencial de agua a través del tubo de plástico dispuesto en el muro perimetral

Tabla 2. Índices de fertilización y eclosión de la carpa herbívora *Ctenopharingodon idellus*.

No. de Montaje	Biomasa Con Desove Neto (Kg) ¹	No. Aprox. De Ovulos ²	Fecundidad ³	% de Fertilización	% De Viabilidad En Incubacion ⁴	No. De Alevines	% De Eclosion
M01	12.7	5	-	-	-	-	-
M02	11.0	887,420	80,675	87.4	65.82	584,100	65.82
M03	12.3	1'110,685	90,300	84.85	63.83	708,950	63.83
M04	11.2	936,305	83,599	87.0	73.13	684,720	73.13
M05	3.45	444,849	128,942	58.54 ⁶	27	260,370	27
M06	7.8	671,330	86,068	91.58	64.37	432,135	64.37
M07	10.05	925,231	92,063	89.92	78.46	725,936	78.46
M08	4.1	402,663	98,210	91.07	67.59	272,160	67.59
Totales/Prom:	72.6	5'378,483	94,265	84.34	68.87	3'668,371	68.87

1. Corresponde al peso inicial de las hembras que desovaron.

2. Inferido sobre alevines cuantificados en la cosecha, y al % de viabilidad en el huevo previo a la eclosión

3. En base al número inferido de óvulos liberados y a la biomasa inicial de las hembras desovadas (óvulos /kg. De peso)

4. En base al muestreo de viabilidad realizado previo a la eclosión (estadios del xvii al xx de la secuencia propuesta por barnard, 1984).

5. Pérdida total de los huevos en la eclosión por falla en el suministro de energía eléctrica.

6. Bajo índice de fertilización determinado por la utilización de machos despermados en desoves anteriores.

7. No se realizó muestreo previo a la eclosión.

Eclósión

En la misma *tabla 2* se aprecian los índices obtenidos por evento de desove, en los que se registró una media general del 68.87%, con un intervalo de variación del 63.83% (MO3) al 78.46% (MO7); con una producción total aproximada de 3'668,371 alevines.

El índice global de eficiencia fue alto, según los márgenes que se reportan en México en la aplicación de la técnica artificial de desove, que oscilan del 40% al 70%, y que se obtienen en el Centro Acuícola de Tezontepec en la reproducción manual de la carpa herbívora y otros ciprínidos de huevo pelágico (SEPESCA, 1994).

Finalmente, en cuanto a la calidad del agua, la temperatura fluctuó entre 20 y 25 °C, con una media de 22.5 °C. Del resto de los factores considerados se obtuvieron los siguientes promedios: 5.8 mg/l de oxígeno disuelto, 7.2 de pH, 36.7 mg/l de dureza total, 30.7 mg/l de alcalinidad total y 0.0032 mg/l de amonio no ionizado, que son adecuados para el desarrollo y cultivo de *C. idellus* y otros ciprínidos alóctonos que se explotan en México.

Conclusiones

1. En relación con la ovulación, el sistema aportó una tasa de eficiencia de 7 hembras desovadas por cada 10 individuos participantes.
2. Respecto de la fertilización, se logró una eficiencia promedio de 84 óvulos fecundados por cada 100 unidades liberadas, la cual es notablemente alta y prácticamente equivalente a la que se logra con la técnica artificial de desove en estas especies, considerando que la fecundación ocurre de manera natural en el contenedor de desove. La proporción empleada de dos machos por hembra resultó adecuada en la utilización de este dispositivo.
3. El porcentaje promedio de eclósión fue del 68.87%, que es alto, de acuerdo con lo que se reporta en México en la aplicación del desove artificial. En términos prácticos, el sistema aportó una eficiencia promedio en producción de 70 alevines viables, de 3 a 5 días después de la eclósión, por cada 100 óvulos liberados; y, en referencia a la biomasa de hembras que desovaron (72.6 kg) de poco más de 50,500 alevines/kg de hembra.
4. Con base en lo anterior se puede afirmar que el sistema presenta un alto grado de eficiencia en la producción masiva de alevines, ya que los índices logrados son similares a los que se logran en la aplicación de la técnica artificial de desove. En el sistema acoplado se reduce notablemente la necesidad de mano de obra, la manipulación y el maltrato de los reproductores, el error humano y la inhibición de la ovulación en las hembras, además de que se elimina la manipulación del huevo, limitaciones que son inherentes a la técnica manual.

Recomendaciones

1. Con base en los beneficios logrados con este sistema de propagación, se considera importante extender su aplicación en México, con la finalidad de ampliar en gran medida la oferta de alevines en los programas acuícolas que incluyen el manejo de la carpa herbívora y otras carpas chinas de huevo pelágico, como la carpa plateada (*H. molitrix*), la carpa cabezona (*A. nobilis*) y la carpa negra (*M. piceus*), que se cultivan desde hace tiempo en México y son de gran importancia en el contexto alimentario mundial. Todo esto se ubica dentro de los lineamientos establecidos en el Programa Nacional de Pesca y Acuicultura 1995-2000 de la SEMARNAP, en cuanto al desarrollo, diversificación y fortalecimiento de la producción acuícola en aguas continentales.
2. Se sugiere considerar en diseños posteriores la inclusión del tubo para el suministro tangencial de agua (Fig. 2) dentro del mismo muro perimetral del desovadero, para favorecer el movimiento circular del agua, la instalación de un tubo de surtimiento de 1 1/2" de diámetro en la parte basal del mismo, y en dirección tangencial a su perímetro; así como el acoplamiento de al menos dos incubadoras de canal circulante, con la finalidad de mantener una línea continua de producción de alevines, tomando como base el patrón de diseño aquí expuesto.

Agradecimientos

A la SEMARNAP y al Instituto Nacional de la Pesca por el apoyo brindado para la difusión del trabajo. A los compañeros de la SEMARNAP en el Centro Acuícola El Peaje, SLP., José Zamarrón Moreno, José Hernández Arredondo y Jorge Hernández Hernández, por su valiosa aportación en la ejecución del mismo.

Referencias bibliográficas

- ARREDONDO, F.J.L. y Juárez, P.J.R. 1986. Ciprinicultura. Manual para el cultivo de carpas. *Secretaría de Pesca. México.*
- FAO. 1992. Propagación artificial de las carpas chinas. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (FAO). Roma.*
- HORVÁTH, L. y Tamás, G. 1986. La carpa común (Parte I). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.*
- INEGI. 1985. Síntesis geográfica del Estado de San Luis Potosí. *Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). México.*
- LIN Z., et al. 1980. Pond fish culture in China. Pearl River Fisheries Research Institute. *China National Bureau of Aquatic Products. Guangzhou, China.*

SEPESCA. 1994. Reproducción de carpas. *Colecc. Nal. de Man. de Cap. Pesq. Secretaría de Pesca. México.*

WOYNAROVICH, E. y Horváth, L. 1981. Propagación artificial de peces de aguas templadas: Manual para extensionistas. *FAO. Doc. Tec. Pesca (201): 187 p.*