

Desempeño reproductivo del bocachico *Prochilodus magdalenae* inducido dos veces en un mismo año

Reproductive performance of bocachico *Prochilodus magdalenae* induced twice in the same year

Víctor Atencio G,^{1*} M.Sc, Eduardo Kerguelén D,¹ Acuicultor, Elkin Naar,¹ Acuicultor, Robert Petro,¹ Acuicultor

¹Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Departamento de Ciencias Acuicultura, CINPIC. Montería, Colombia. *Correspondencia: vatencio@hotmail.com

Recibido: Octubre de 2010; Aceptado: Diciembre de 2011.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el desempeño reproductivo del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) sometido a dos inducciones hormonales con extracto pituitario de carpa (EPC) en un mismo año. **Materiales y métodos.** 23 hembras, en fase de maduración final, fueron inducidas con 5mg EPC/Kg de peso vivo, en dos aplicaciones, inicialmente 10% y doce horas después 90% restante. A los machos fue aplicado 80% de la dosis total de las hembras. **Resultados.** Después de la primera inducción hormonal, las hembras estuvieron aptas nuevamente a los 97.6 ± 12.4 días. El índice de ovulación en ambas inducciones fue de 0.91 (21/23). La fecundidad absoluta (g-ovocitos/hembra) no presentó diferencias significativa entre la primera y segunda inducción (36.2 y 44.6 g-ovocitos/hembra, respectivamente) ($p > 0.05$); pero cuando se expresó en número de ovocitos/hembra se observó diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo mayor en la primera inducción (53535 ovocitos/hembra) que en la segunda (40658 ovocitos/hembra). La fecundidad relativa, expresada tanto en g-ovocitos/Kg-hembra como ovocitos/Kg-hembra, mostraron diferencia significativa, siendo mayor en la primera inducción ($p < 0.05$). La tasa de fecundación ($73.9 \pm 19.6\%$) y eclosión ($56.9 \pm 17.9\%$) fueron mayores en la primera inducción, comparadas con la segunda ($55.6 \pm 21.1\%$ y $35.6 \pm 20.7\%$, respectivamente) ($p < 0.05$). **Conclusiones.** Después de una inducción hormonal se requiere de aproximadamente tres meses para que una hembra de bocachico alcance nuevamente la maduración final y esté apta para una nueva inducción hormonal. El índice de ovulación no fue afectado por una segunda inducción en un mismo año, pero la fecundidad absoluta y relativa puede disminuirse entre 24 y 66% y las tasas de fecundación y eclosión entre 23 y 36%.

Palabras clave: Biopsia, fecundidad, oogenesis, peces, reproducción (Fuente: CAB).

ABSTRACT

Objective. To evaluate the reproductive performance of hormonally induced bocachico with carp pituitary extract (CPE) twice in the same year. **Materials and methods.** 23 females, in their final maturation phase, were induced with 5 mg EPC/Kg of body weight in two applications, initially 10% and 90% twelve hours later. Males was applied 80% of the total female dose. **Results.** After the first hormonal induction, females were fit again at 97.6 ± 12.4 days. Ovulation rate in both hormonal inductions was 0.91 (21/23). Absolute fecundity (g-oocytes/female) showed no significant differences between the first and second induction (36.2 and 44.6 g oocytes/female, respectively) ($p > 0.05$), but when expressed in number of oocytes per female there was a significant difference ($p < 0.05$), the fertility rate being higher in the first induction (53535 oocytes/female) compared with the second induction (40658 oocytes/female). Relative fecundity, expressed in both g-oocytes/Kg-female and oocytes/Kg-female showed a significant difference, being higher in the first induction ($p < 0.05$). Fertilization rate ($73.9 \pm 19.6\%$) and hatching ($56.9 \pm 17.9\%$) were higher in the first induction, compared to the second one ($55.6 \pm 21.1\%$ and $35.6 \pm 20.7\%$, respectively) ($p < 0.05$). **Conclusions.** After hormonal induction a period of approximately three months is required for a female bocachico to reach final maturation and be suitable for a new hormonal induction. The ovulation rate was not affected by a second induction in the same year, but the absolute and relative fertility can be reduced between 24 and 66% and fertilization and hatching rates between 23 and 36%.

Key words: Biopsy, fecundity, fishes, oocyte maturation, oogenesis, reproduction (Source: CAB).

INTRODUCCIÓN

Prochilodus magdalenae es la principal especie de la pesca continental colombiana; aunque se estima que su captura ha disminuido en 90% en los últimos 40 años; por lo que ha sido declarada en peligro crítico de extinción, debido a la sobrepesca y deterioro de su hábitat (1,2). Su cultivo se ha expandido rápidamente, siendo la cuarta especie más cultivada del país; en el año 2000 su producción piscícola se estimó en 1474 ton, mientras que en 2005 su producción alcanzó 2545 ton (3).

El bocachico, al igual que las otras especies reofílicas de la cuenca del río Sinú, ha sido afectado por la construcción de la Hidroeléctrica URRÁ (4). El repoblamiento ha sido una de las acciones impulsadas para atenuar estos impactos; lo cual ha incrementado la demanda de alevinos de esta especie.

Como en los otros vertebrados, el ciclo reproductivo de los peces puede ser dividido en dos grandes fases: la primera fase la componen la proliferación, crecimiento y diferenciación de los gametos (espermatogénesis y vitelogénesis); mientras que la maduración y preparación del ovocito y espermatozoide para la liberación y fecundación constituyen la segunda fase (espermiación y maduración final del ovocito) (5). En la mayoría de los peces la espermatogénesis y la vitelogénesis se presenta en cautiverio, cuando las condiciones ambientales y el manejo del cultivo son adecuados (6). La disfunción reproductiva más común ocasionada por el cautiverio en los reproductores machos

es la reducción del volumen y disminución de la calidad seminal; mientras que en las hembras se interrumpe la maduración final y, por tanto, no se presenta ovulación y desove (7); por lo que las inducciones hormonales se utilizan para incrementar el volumen seminal en machos y completar la maduración final y lograr la ovulación en hembras (5).

En cautiverio las reproductoras hembras de bocachico, completan la vitelogénesis e interrumpen la maduración final del ovocito, mientras que en los machos se disminuye el volumen seminal (8); por lo que los alevinos utilizados tanto para los cultivos de engorde como para los programas de repoblamientos son obtenidos por reproducción artificial mediante tratamientos hormonales, principalmente con extracto pituitario de carpa (EPC). Para mantener la oferta de alevinos durante gran parte del año algunas estaciones productoras de semilla de bocachico inducen a una misma hembra por lo general dos veces en un año. La segunda reproducción, en especies reofílicas como bocachico, es posible dado que su desarrollo ovocitario ha sido descrito como sincrónico en dos grupos (8); lo cual sugiere que además del lote que están madurando para ser desovado mantienen en sus gónadas un lote de ovocitos pre-vitelogénicos, también conocidos con el nombre de stock de reservas. Una vez que el lote que ha madurado ha sido desovado por inducción hormonal, un nuevo lote del stock de reserva, al recibir las condiciones ambientales adecuadas particularmente de

calidad del agua y de alimentación inicia el proceso de crecimiento (vitelogénesis). Esta condición es la que hace posible realizar más de una inducción hormonal en un mismo año. Pese lo anterior, no se conocen trabajos que evalúen y comparen el desempeño reproductivo entre la primera y segunda inducción hormonal, por lo que, el objetivo de este estudio fue evaluar el desempeño reproductivo del bocachico sometido a dos inducciones hormonales con EPC durante un mismo año.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. El estudio se realizó en el Centro de Investigación Piscícola de la Universidad de Córdoba (CINPIC). Se utilizaron 23 hembras (pesos entre 152 y 618 g) y 20 machos (pesos entre 130 y 250 g), con edades entre uno y dos años, mantenidos en un estanque en tierra de 400 m² (1pez/8 m²), con reposiciones del volumen de agua entre el 20 y 30% cada 15 días. Previo a la siembra de los reproductores, el estanque fue preparado mediante secado (una semana), enclado (100 g cal agrícola/m²) y abonado (150 g de vacaza/m²) con el fin de estimular la productividad natural para favorecer la alimentación de los reproductores. Durante el estudio el agua del estanque donde se mantuvieron los reproductores presentaron valores promedio de oxígeno disuelto (4.5 1.9 mg/L), pH (6.8±0.4), temperatura (28.8±1.1°C), dureza (94.7±24.4 mg CaCO₃/L), alcalinidad (118.4±42.0 mg CaCO₃/L) y amonio total (0.3±0.2 mg/L).

Las hembras fueron seleccionadas, inicialmente, mediante el diagnóstico presuntivo utilizando señales externas tales como abultamiento del abdomen, enrojecimiento y dilatación de la papila genital (8). Luego, mediante biopsia ovárica, se verificó el inicio de la maduración final, observando la posición de la vesícula germinal (núcleo) del ovocito (8, 9). Los machos fueron seleccionados cuando al hacer ligera presión abdominal fluyó semen (10). Los reproductores seleccionados para inducción hormonal fueron pesados, marcados y mantenidos en piletas circulares de 2.1 m³ con flujo constante de 2 a 3 L/min. Las hembras fueron inducidas con 5 mg de EPC/Kg de peso dosificada en dos aplicaciones, la primera equivalente al 10% de la dosis total y doce horas después el 90% restante. A los machos se les aplicó el 80% de la dosis total de las hembras, en una aplicación única, conjuntamente con la segunda aplicación de las hembras. Durante la inducción hormonal como durante la incubación, la temperatura y pH del agua de las incubadoras fueron medidas cada dos horas; mientras que, las mediciones

de amonio total, alcalinidad y dureza se realizaron al inicio y al final tanto de la inducción hormonal como en la incubación de los huevos. Luego de obtener los productos sexuales, los reproductores fueron devueltos al mismo estanque para su reposo e iniciación de un nuevo ciclo de maduración gonadal, tratándose en lo posible de mantener el mismo manejo antes de ser sometidos a la inducción hormonal. Los animales fueron revisados quincenalmente hasta observar nuevamente las características de maduración final.

Desempeño reproductivo. El desempeño reproductivo se determinó mediante el índice de ovulación, fecundidad absoluta, fecundidad relativa, tasa de fecundación y tasa de eclosión. Se consideró como índice de ovulación, la fracción de las hembras ovuladas del total de hembras inducidas hormonalmente. Para determinar el momento de la ovulación, las hembras fueron revisadas cada media hora a partir de las cinco horas post-inducción. Se consideraron ovuladas aquellas hembras que al ser sometidas a ligera presión en el abdomen los ovocitos fluyeron libremente por el orificio genital. Los productos sexuales tanto de hembras como de machos se obtuvieron por masajes en el abdomen en sentido cráneo-caudal. El peso del desove fue medido con ayuda de una balanza Precisa (5000D-12000G, ±0.01 g, Dinamarca). La fecundidad absoluta se expresó tanto en gramos de ovocitos/hembra como ovocitos/hembras. Para calcular esta última se tomó una muestra de 1 g de ovocitos, se contaron y luego se aplicó la siguiente fórmula (11):

$$F = n \times G/g$$

Donde:

F = Fecundidad (número de huevos desovados por hembra)

n = Número de ovocitos en la muestra

G = Peso (g) de los ovocitos desovados por hembra

g = Peso (g) de la submuestra

La fecundación fue realizada en seco (*in vitro*) y la incubación se llevó a cabo en incubadoras cilindro-cónicas de 60 L de volumen y flujo de agua ascendente continuo de 2 a 3 L/min. Después de cuatro horas post-fecundación se determinó la tasa de fecundación, tomando tres muestras de cien huevos en cada incubadora. Se consideraron como huevos fecundados aquellos cuyos embriones tenían aspecto transparente; mientras que como embriones no viables se consideraron aquellos que presentaron color opaco o blancuzco. De

la misma manera se determinó la tasa de fecundación, aproximadamente a las 11 horas post-fecundación.

Análisis de los datos. Todas las variables para evaluar el desempeño reproductivo (índice de ovulación, fecundidad absoluta, fecundidad relativa, tasa de fecundación y eclosión) y los parámetros de calidad de agua se analizaron mediante la prueba t student con un nivel de significancia del 95%. El análisis estadístico se realizó en el programa Statgraphics Plus 5.0 (12).

RESULTADOS

Los valores promedios de las principales variables físicas y químicas del agua utilizada en la inducción hormonal e incubación de los huevos se muestran en la tabla 1, tanto en la primera como en la segunda inducción del bocachico con EPC. La temperatura, la dureza y la alcalinidad total no presentaron diferencias significativas en las dos inducciones realizadas ($p > 0.05$). Los valores promedios del pH oscilaron entre 7.5 y 7.7 para la primera y segunda inducción respectivamente, encontrándose diferencia significativa ($p < 0.05$) entre estos valores. El valor promedio del amonio total osciló entre 0.08 mg/L para la primera inducción y 0.1 mg/L para la segunda, observándose diferencia significativa ($p < 0.05$).

Tabla 1. Valores promedios de parámetros del agua utilizada en la inducción hormonal con EPC e incubación de huevos de bocachico *Prochilodus magdalenae*.

Parámetro	1 inducción	2 inducción
Temperatura (°C)	27.8 ± 0.8 ^a	28.0 ± 0.8 ^a
pH	7.5 ± 0.4 ^a	7.7 ± 0.4 ^b
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	75.1 ± 3.0 ^a	77.6 ± 4.1 ^a
Dureza Total (mg CaCO ₃ /L)	126.2 ± 6.3 ^a	126.5 ± 5.5 ^a
Amonio Total (mg/L)	0.08 ± 0.005 ^a	0.1 ± 0.01 ^b

La tabla 2 presenta las características de peso y los resultados de las biopsias ováricas (posición de la vesícula germinal); así como los valores promedio de la fecundidad absoluta y relativa de hembras de bocachico inducidas dos veces con EPC. Para la primera inducción el peso promedio fue de 287.4 g, mientras que para la segunda inducción se registró un leve incremento (310.9 g) sin observarse diferencia significativa ($p > 0.05$). La biopsia ovárica mostró que tanto en la primera como en la segunda inducción predominaron los ovocitos en maduración final, caracterizados por presentar

Tabla 2. Valores de peso, fecundidad absoluta y relativa y biopsia ovárica de hembras de bocachico *Prochilodus magdalenae* inducidas dos veces en un mismo año con extracto pituitario de carpa (EPC).

		1 inducción n=23	2 inducción n=23
Peso (g)	Prom±d.e.	287.4±93.4 ^a	310.9±88.2 ^a
	Mínimo	152.0	191.0
	Máximo	603.0	618.0
Biopsia ovárica (posición núcleo, %)	Céntrico	18.9±4.3 ^a	19.1±3.5 ^a
	Migrando	27.6±5.0 ^b	27.4±4.6 ^b
	Periférico	41.2±4.8 ^b	40.6±4.3 ^b
	Atrésico	12.4±9.0 ^a	12.6±6.9 ^a
Tiempo de maduración (días)		-	97.6±12.4
Fecundidad absoluta	g ovocitos/hembra	44.6±15.2 ^a	36.4±15.5 ^a
	ovocitos/hembra	53535±20185 ^a	40658±19001 ^b
Fecundidad relativa	g ovocito/Kg hembra	160.5±51.0 ^a	118.0±49.4 ^b
	ovocitos/Kg hembra	192058±65531 ^a	59416±62010 ^b

Valores promedios con letras diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$)

la vesícula germinal migrando hacia el micrópilo; observándose que los núcleos en posición migrando más los periféricos sumaron más del 68% de los ovocitos analizados; sin observarse diferencia significativa en los porcentajes de las diferentes posiciones del núcleo de los ovocitos entre la primera y la segunda inducción ($p > 0.05$). Los resultados de la biopsia ovárica, permiten señalar que las hembras tanto en la primera como en la segunda inducción hormonal habían completado la vitelogénesis e iniciado la maduración final y se encontraban aptas para recibir los tratamientos hormonales para inducir la reproducción. Luego de la primera inducción con EPC las hembras en promedio se demoraron 97.6±12.4 días para alcanzar nuevamente la maduración final y estar lista para una nueva inducción hormonal.

La fecundidad absoluta, expresada en g ovocitos/hembra, no presentó diferencia significativa entre la primera y segunda inducción, oscilando entre 36.2 y 44.6 g/ovocitos hembra ($p > 0.05$). Sin embargo, al expresar esta fecundidad en términos de número de ovocitos por hembra (ovocitos/hembras) se observó diferencia significativa ($p < 0.05$), siendo mayor esta fecundidad en la primera inducción (53535 ovocitos/hembra) al ser comparada con la segunda inducción (40658 ovocitos/hembra). Los valores de la fecundidad relativa (g ovocitos/Kg hembra) y número de ovocitos por

Kg de hembra (ovocitos/Kg hembra) también mostraron diferencia significativa. En ambas magnitudes la fecundidad relativa fue mayor en la primera inducción al ser comparada con los valores obtenidos en la segunda inducción ($p < 0.05$).

La tabla 3, muestra los valores del índice de ovulación, tasa de fecundación y de eclosión de las hembras de bocachico inducidas dos veces en un mismo año con EPC. De las 23 hembras tratadas tanto en la primera como en la segunda inducción, solo respondieron 21 (0.91).

Tabla 3. Tasa de fertilización y tasa de eclosión del bocachico *Prochilodus magdalenae* inducidos dos veces en un mismo año con Extracto Pituitario de Carpa (EPC).

		1 inducción n=23	2 inducción n=23
Índice de ovulación		21/23 (0.91) ^a	21/23 (0.91) ^a
Tasa de fertilización (%)	Prom±d.e.	73.9±19.6 ^a	56.9±17.9 ^b
	Mínimo	29.0	26.0
	Máximo	96.5	89.0
Tasa de eclosión (%)	Prom±d.e.	55.6±21.1 ^a	35.6±20.7 ^b
	Mínimo	15.0	0.0
	Máximo	80.5	80.0

Valores promedios con letra diferentes en la misma fila indican diferencia significativa ($p < 0.05$).

La tasa de fecundación mostró diferencia significativa ($p < 0.05$); siendo mayor en la primera inducción (73.9%) al ser comparada con el valor registrado en la segunda (56.9%). Igual comportamiento mostró la tasa de eclosión, la cual presentó diferencia significativa ($p < 0.05$) entre la primera (55.64 ± 21.13%) y segunda inducción (35.6 ± 20.7%).

DISCUSIÓN

La eficiencia en los procesos de reproducción inducida depende en gran parte de ofrecer condiciones ambientales adecuadas de manejo y calidad del agua durante la inducción hormonal y el proceso de incubación (5,8,13,14). En el presente estudio la calidad de agua en que fueron realizadas tanto la primera como la segunda reproducción artificial para las mismas hembras de bocachico oscilaron dentro de los rangos normales para la inducción hormonal e incubación de los huevos de esta especie neotropical (8). A pesar que las condiciones de pH y amonio total presentaron diferencia significativa entre la primera y segunda inducción, ambas variables se mantuvieron

dentro de valores normales (14), por lo que biológicamente no representaron ninguna diferencia y por tanto no pueden considerarse como las causas de las diferencias en el desempeño reproductivo entre la primera y segunda inducción hormonal. El pH se mantuvo ligeramente básico entre 7.5 y 7.7; mientras que, el amonio total en ninguno de los casos fue superior a 0.1 mg/L. Además, en ningún momento la temperatura de incubación fue superior a los 29°C, por lo que esta variable no afectó negativamente las tasas de fecundación y eclosión. Se ha reportado que temperaturas de incubación por encima de 29°C afectan la tasa de fecundación y de eclosión (15). En general, los parámetros evaluados en el presente estudio sugieren que la calidad del agua en que fueron realizadas las reproducciones de bocachico y la incubación de los huevos no afectó el desempeño reproductivo de esta especie, ni en la primera ni en la segunda inducción hormonal.

Los resultados demostraron que el bocachico es posible reproducirlo más de una vez en un mismo año, en virtud de su desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos; el cual se caracteriza en que además, del lote de ovocitos que está madurando para ser desovado, mantienen un lote en reserva (pre-vitelogénicos, stock de reservas) (8). Al igual que en bocachico, se ha reportado que la cachama blanca *Piaractus brachypomus* y la cachama negra *Colossoma macropomum* pueden ser inducidas más de una vez en un mismo año, en un periodo entre 98 y 111 días (16). Tanto el bocachico como las cachamas (blanca y negra) son peces reofílicos, presentan un desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos y no se reproducen en cautiverio; ya que la principal disfunción reproductiva ocasionada por el cautiverio es la interrupción de la maduración final y por tanto no ovulan ni desovan; por lo cual requieren de inducciones hormonales para finalizar la maduración final, lograr que ovulen y desoven.

Después de la ovulación y desove, obtenidos en la primera inducción hormonal, las hembras entraron en un proceso de reposo, iniciaron y completaron una nueva vitelogenénesis, seguidamente iniciaron e interrumpieron la maduración final. Este estudio encontró que las hembras de bocachico después de ser sometidas a la inducción hormonal y devueltas al estanque alcanzan nuevamente la maduración final, por tanto aptas para inducción, aproximadamente en tres meses (97.6 días).

Es importante considerar que el tiempo entre la primera y la segunda inducción obtenido en el presente estudio (97.6 días) podría variar

dependiendo de las condiciones ambientales a las que sean sometidas las hembras, particularmente en términos de calidad de agua, alimentación y densidad de siembra (5,8,13,14). Sin embargo, en el presente estudio las condiciones en que fueron mantenidas las hembras antes de la primera inducción podrían considerarse similares a las condiciones en que desarrollaron la segunda maduración final; en virtud que el manejo fue realizado en el mismo estanque bajo las mismas densidades de siembra y calidad del agua. Este manejo se reflejó en que los pesos promedios de las hembras antes de ser sometidas a la primera (287.4 g) y segunda inducción (310.9 g) no mostraron diferencia significativas ($p > 0.05$), sugiriendo que las condiciones de manejo ofrecidas antes de las inducciones fueron similares.

Entre la primera y segunda inducción hormonal del bocachico no se registraron diferencias en el índice de ovulación (hembras ovuladas/hembras tratadas = 0.91), indicando que esta variable no fue afectada por la segunda inducción hormonal con EPC. Cordero y Pertuz (17), reportaron un índice de ovulación similar (0.92) para esta especie cuando fue inducida con el mismo protocolo de reproducción utilizado en el presente estudio (0.91); lo cual permite sugerir que las hembras estaban aptas para recibir el tratamiento hormonal y la efectividad del EPC para inducir la ovulación y el desove del bocachico; cuando el bocachico se ha intentando inducir con 0.5 mL de Ovaprim®/Kg de peso se han obtenidos bajos índices de ovulación (menores de 0.42) (17).

Sí bien el índice de ovulación no fue afectado en las hembras de bocachico en la segunda inducción hormonal, variables como la fecundidad, medida en términos absoluto y relativo, así como la tasa de fertilización y de eclosión, mostraron un decrecimiento. La fecundidad absoluta, medida en gramos de ovocitos por hembra, decreció en 24.0%, la fecundidad relativa, medida en gramos de

ovocitos por Kg de hembra, disminuyó en 26.5%; pero expresada en términos de número de ovocitos por Kg de hembra cayó 65.9%. Igual comportamiento sufrieron la tasa de eclosión y fecundación las cuales decrecieron en la segunda inducción hormonal en 23.0 y 36.0%, respectivamente, como consecuencia de la segunda inducción hormonal. Cordero y Pertuz (17), utilizando el mismo protocolo de inducción con EPC, registraron valores de fecundidad relativa (142.0 g de ovocitos/Kg hembra), tasa de fertilización (89.2%) y de eclosión (63.1%) similares a los resultados obtenidos en la primera inducción en el presente estudio.

Si bien es cierto, el desempeño reproductivo puede ser afectado por las condiciones ambientales (5,8,13,14) los resultados del presente estudio sugieren que entre la primera y la segunda inducción hormonal hay una pérdida del desempeño reproductivo en términos de la fecundidad, tasa de eclosión y tasa de fecundación que pueden ser atribuidos al efecto de la segunda inducción a que fueron sometidas las hembras.

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el bocachico puede ser inducido dos veces en un mismo año o temporada reproductiva, en atención a que presenta un desarrollo ovocitario sincrónico en dos grupos. Esta doble inducción de una hembra de bocachico, en un mismo año o temporada reproductiva, no afecta el índice de ovulación en la segunda inducción hormonal cuando es comparado con el obtenido en la primera inducción. Sin embargo, la fecundidad puede disminuirse entre 24 (absoluta) y 66% (relativa); mientras que las tasas de fecundación y eclosión pueden disminuirse entre 23 y 36% en la segunda inducción con relación a los valores obtenidos en la primera inducción hormonal; además es preciso un periodo de aproximadamente tres meses para alcanzar nuevamente la maduración final y estar listas para una nueva inducción hormonal.

REFERENCIAS

1. Mojica JI, Castellanos C, Usma JS, Alvarez R, editores. Libro rojo de peces dulceacuícolas de Colombia. La Serie Libros Rojos de Especies Amenazadas de Colombia. Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá; Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Ministerio del Medio Ambiente; 2002.
2. Valderrama M, Solano D. Estado de la población de bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner 1878) y su manejo en la cuenca del río Sinú, Colombia, Suramérica. Rev Dahlia 2004; (7):3-12.
3. CCI (Corporación Colombia Internacional). Pesca y Acuicultura Colombia 2009. Bogotá: CCI/MADR. 2010.

4. Atencio-García V. Impactos de la Hidroeléctrica Urrá en los peces migratorios del río Sinú. *Rev Temas Agrarios* 2000; 9:29-40.
5. Mylonas C, Fostier A, Zanuy S. Broodstock management and hormonal manipulations of fish reproduction. *Gen Comp Endocrinol* 2010; 165:516-534.
6. Okumura S, Okamoto K, Oomori R, Sato R, Nakazono A. Improved fertilization rates by using a large volume spawning tank in red spotted grouper (*Epinephelus akaara*). *Fish Physiol Biochem* 2003; 28:515-516.
7. Mylona C, Zohar Y. Endocrine regulation and artificial induction of ovocyte maturation and spermiation in basses of the genus *Morone*. *Aquaculture* 2001; 202:205-220.
8. Atencio-García V. Producción de alevinos de especies nativas. *Rev MVZ Córdoba* 2001; 6(1):9-14.
9. Martino G. Contribución al diagnóstico del desarrollo gonadal para inducción de cachama (*Colossoma macropomum*). Zaragoza, España. En: *Memorias II Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA*. 1 sep/2003-20 ene/2004; 2003.
10. Rurangwa E, Kime D, Ollevier F, Nash P. The measurement of sperm motility and factor affecting sperm quality in cultured fish. *Aquaculture* 2004; 234:1-28.
11. Olaya C, Solano D, Florez O, Blanco H, Segura F. Evaluación preliminar de la fecundidad del bocachico (*Prochilodus magdalenae*) en el río Sinú, Colombia. *Rev MVZ Córdoba* 2001; (6)1:31-36.
12. Statistical Graphics Corp. *Statgraphics plus 5.0*. 2005.
13. Dabrowsky K, Richard J, Ottobre JS, Alcántara F, Padilla P, Ciereszko A, De Jesús M, Kohler CC. Effect of oxygen saturation in water on reproductive performance of pacu *Piaractus brachypomus*. *J World Aquac Soc* 2003; 34(4):441-449.
14. Zaniboni-Filho E, Nuñez APO, Reynalte-Tataje DA, Serafini RI. Water pH and *Prochilodus lineatus* larvae survival. *Fish Physiol Biochem* 2009; 35:151-155.
15. Atencio-García V, Kerguelén E, Wadniper L, Narvaez A. Manejo de la primera alimentación del bocachico *Prochilodus magdalenae*. *Rev MVZ Córdoba* 2003; 8(1):254-260.
16. Martino G. Contribución sobre desoves artificiales múltiples con las especies del género *Colossoma* y *Piaractus* en un mismo periodo reproductivo. *Memorias IV Congreso Iberoamericano Virtual de Acuicultura CIVA*, 6 dic/2006-15 ene/2007; Zaragoza, España. 2006.
17. Cordero A, Pertuz V. Reproducción inducida del bocachico *Prochilodus magdalenae* (Steindachner, 1878) con Ovaprim® [Trabajo de pregrado]. Montería, Colombia: Universidad de Córdoba; 2003.