

REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE GAMITANA *Colossoma macropomum* USANDO EXTRACTOS DE PITUITARIA DE CARPA COMÚN Y DE PAICHE

Luciano RODRÍGUEZ CHU¹, María TOBAR TELLO², Lorena ROSERO SOLARTE²,
Harvey SATALAYA ARELLANO¹, German MURRIETA MOREY¹,
Miriam Adriana ALVAN-AGUILAR¹, Fred William CHU-KOO³

- 1 Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). Programa para el Uso y Conservación del Agua y sus Recursos (AQUAREC). Carretera Iquitos – Nauta, Km. 4.5. Iquitos, Perú.
 - 2 Universidad de Nariño – UDENAR. Departamento de Recursos Hidrobiológicos, Programa de Ingeniería en Producción Acuícola. Pasto, Colombia.
 - 3 Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas – UNAAA. Facultad de Zootecnia, Agronomía, Ciencias Biológicas y Acuicultura. Departamento Académico de Acuicultura. Yurimaguas, Loreto, Perú.
- * Correo electrónico: fchu@unaaa.edu.pe

RESUMEN

La hipofización fue la primera técnica de reproducción inducida conocida en piscicultura y sigue siendo una técnica aplicada hasta la actualidad. El objetivo del estudio fue evaluar la respuesta reproductiva de machos y hembras adultas de gamitana *Colossoma macropomum*, inducidas con inyecciones de extracto de pituitaria de paiche (EPP) y extracto de pituitaria de carpa (EPC). Utilizamos diez hembras y diez machos con un peso corporal promedio de $6,81 \pm 1,86$ kg y $6,59 \pm 2,34$ kg, respectivamente. Cuatro hembras fueron tratadas con el extracto de hipófisis de carpa (EPC) a $6,0$ mg/kg de peso corporal, mientras que otras seis recibieron el extracto de pituitaria de paiche (EPP) a razón de $3,5$ mg/kg de peso corporal. En ambos casos la dosis fue administrada en dos inyecciones (10% al inicio y 90% doce horas después). Cuatro machos fueron inducidos con EPC y seis con EPP a razón de 1 mg/kg de peso corporal administrados en dos dosis de 50%, al mismo tiempo que las hembras. Las hembras inducidas con el EPP desovaron en su totalidad, mientras que con el EPC solo el 75% de ellas. La tasa de desove, así como las medias de peso total de ovocitos desovados, número de ovocitos por gramo, fecundidad absoluta, tasa de eclosión y el número total de

larvas producidas de los dos tratamientos hormonales utilizados en el presente estudio no presentaron diferencias significativas ($P>0.05$). El presente trabajo demostró que es posible realizar la reproducción inducida de *Colossoma macropomum* utilizando el extracto de pituitaria de paiche.

PALABRAS CLAVE: Hipofización, piscicultura, *Arapaima*, *Colossoma*, desove.

INDUCED REPRODUCTION OF BLACK-FINNED PACU *Colossoma macropomum* USING PITUITARY EXTRACTS FROM COMMON CARP AND PIRARUCU

ABSTRACT

Hypophysation was the first known induced reproduction technique in fish farming and, it continues being applied to this day. The study aimed to evaluate the reproductive response of adult males and females of black-finned pacu *Colossoma macropomum*, induced with injections of paiche pituitary extract (EPP) and carp pituitary extract (CPE). We used ten females and ten males with an average body weight of $6,81 \pm 1,86$ kg and $6,59 \pm 2,34$ kg, respectively. Four females were treated with carp pituitary extract (CPE) at 6,0 mg/kg body weight, while another six received paiche pituitary extract (PPE) at 3,5 mg/kg body weight. In both cases, the dose was administered in two injections (10% at the beginning and 90% twelve hours later). Four males were induced with EPC and six with EPP at 1 mg/kg body weight administered in two 50% doses simultaneously as the females. The females induced with the EPP spawned in their entirety, while with the EPC only 75% of them. The means of total weight of spawned oocytes, number of oocytes per gram, absolute fecundity, hatching rate and the total number of larvae produced from the two hormonal treatments used in the present study did not present significant differences ($P>0.05$). The present work demonstrated that it is possible to carry out the induced reproduction of *Colossoma macropomum* using paiche pituitary extract.

KEYWORDS: Hypophysation, fish culture, *Arapaima*, *Colossoma*, spawning.

INTRODUCTION

La reproducción en los peces es un fenómeno periódico que es condicionado por el medio ambiente (exógeno) y mecanismos reguladores internos (endógeno), donde los estímulos exógenos son captados y transformados en señales nerviosas que juegan un papel importante en la formación y liberación de hormonas gonadotrópicas que desencadenan el proceso reproductivo en estos vertebrados (Elakkanai *et al.*, 2015). Desafortunadamente, muchas especies mantenidas en cautividad sufren disfunciones reproductivas importantes. Por esa razón, los tratamientos hormonales son la única alternativa de lograr su reproducción (Valdebenito, 2008). Buena parte de las investigaciones sobre el uso de hormonas naturales y sintéticas para el control del ciclo reproductivo en peces, se han enfocado en la inducción de la ovulación, espermiación maduración final de los ovocitos y el desove, en aquellas especies que no completan satisfactoriamente estos eventos reproductivos (Zohar & Mylonas, 2001).

La hipofización fue la primera técnica de reproducción inducida conocida en piscicultura y fue desarrollada en el primer tercio del siglo XX (Houssay, 1930; Von Ihering, 1937) y mejorada en las décadas siguientes (Fontenele, 1955). El uso de inductores hormonales para la manipulación de la ovulación en los peces tiene una importancia vital en los centros de producción de alevines para resolver el problema de la asincronía en el desove (Crim & Glebe, 1984) y acelerar la gametogénesis y el desove en reproductores en cautiverio, permitiendo programar la producción de larvas cuando sea necesario (Lam, 1983).

La hipofización aún hoy, continúa siendo una técnica aplicada ampliamente en Latinoamérica (Paschoalini *et al.*, 2021) y África (Okomoda *et al.*, 2017; Eyo *et al.*, 2020), donde los costos de adquisición de inductores sintéticos importados

suelen ser altos, obligando a los piscicultores a aprovechar extractos hipofisarios de peces nativos y otros vertebrados para estos fines (Streit Jr. *et al.*, 2005; Martins *et al.*, 2008; González *et al.*, 2010). Dentro del grupo de extractos hipofisarios más usados resalta el extracto de pituitaria de carpa o EPC (Zaki *et al.*, 2020, Caldas *et al.*, 2021; Romanova *et al.*, 2021). El uso de EPC se reporta en la reproducción inducida del pez amazónico conocido como gamitana o tambaquí, *Colossoma macropomum* (Martins *et al.*, 2017; Pires *et al.*, 2018; Souza *et al.*, 2018; Pires *et al.*, 2019; Seignani *et al.*, 2020), una de las principales especies nativas cultivadas en Brasil y Perú. Sin embargo, en el Perú el EPC puede costar entre 500 y 700 USD/g, dependiendo de la marca y el país de origen del producto. El alto costo del EPC está obligando a los centros de producción de alevines a explorar nuevas fuentes de extractos hipofisarios como alternativas al EPC en una coyuntura de crisis económica post Covid-19.

En ese contexto, el presente trabajo reporta los resultados de un estudio realizado en Iquitos (Perú) donde evaluamos la respuesta reproductiva de reproductores de gamitana *Colossoma macropomum*, a las cuales se les aplicó inyecciones con Extracto de Pituitaria de Paiche (EPP) como inductor hormonal natural y lo comparamos con el desempeño reproductivo de reproductores inducidos con un control de Extracto de Pituitaria de Carpa (EPC).

Los extractos hipofisarios utilizados en el presente trabajo provienen de paiches adultos procedentes de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (Rodríguez *et al.*, 2020), sacrificados como parte de la cuota de captura otorgado por el Estado peruano a los grupos de manejo pesquero de dicha área natural protegida y que tienen el potencial de convertirse en una alternativa al EPC y a los análogos sintéticos de la hormona liberadora de las gonadotropinas (GnRH).

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento fue conducido entre diciembre de 2018 a mayo de 2019, en el Centro de Investigaciones “Fernando Alcántara Bocanegra” (03°48’48.9” S y 73°19’18.2” W) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), localizado en la comunidad de Quistococha (128 m.s.n.m.), distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, Perú.

Utilizamos diez hembras y diez machos de gamitana *C. macropomum* procedentes de la naturaleza, con un peso corporal promedio de $6,81 \pm 1,86$ kg y $6,59 \pm 2,34$ kg, respectivamente. Los reproductores se mantuvieron en un estanque excavado de 2646 m² a una densidad de 0,13 kg/m². En el período anterior a la reproducción, los peces recibieron alimento extruido (88% materia seca, 22% proteína cruda, 12% materia mineral, 3,0% extracto etéreo y 8% fibra cruda) a una tasa equivalente al 1% de su peso corporal por día.

Seleccionamos a las hembras siguiendo los criterios especificados por Pires *et al.* (2018) y a los machos luego de constatar la emisión seminal previa presión abdominal. Con un lector de chip, identificamos el código numérico de cada reproductor seleccionado, tomando nota además del peso (kg) y talla (cm). Luego trasladamos los peces al Laboratorio de Reproducción de Peces del CIFAB y los colocamos en tanques de mampostería (0,75 m³) y mantenidos con una tasa

de renovación de agua de 0,4 L/s y temperatura media del agua de $28,5 \pm 2,2$ °C). En la Tabla 1 mostramos los inductores hormonales y dosis empleadas en el presente estudio.

Las hembras fueron sometidas a inducción hormonal utilizando extracto de hipófisis de carpa (EPC) a 6,0 mg/kg de peso corporal (Verdi-Olivares *et al.*, 2014) y de Extracto de Pituitaria de Paiche (EPP) a razón de 3,5 mg/kg de peso corporal administrada en dos dosis: 10% al principio y el 90% restante 12 h después, también llamada dosis desencadenante (Woynárovich & Horváth, 1983; María *et al.*, 2012). Los machos también fueron inducidos con EPC o EPP a razón de 1 mg/kg de peso corporal administrados en dos dosis de 50%, al mismo tiempo que las hembras.

Transcurridas 230 grados-hora desde la aplicación de la dosis desencadenante, se mantuvo bajo observación al conjunto de hembras a la espera de detectar la expulsión de ovocitos. Cerca a los 240 grados-hora anestesiábamos a los peces con eugenol (50 mg/L) para recolectar sus gametos. Colectamos los ovocitos siguiendo el protocolo descrito por Woynárovich & Horváth (1983), mientras que el semen se recolectó según el método descrito por Sanches *et al.* (2011). Después de la recolección de los gametos, se realizó la fertilización artificial utilizando tres muestras de ovocitos (1 g cada una por hembra). Las muestras individuales se mezclaron con semen recién colectado (0,10 ml por cada muestra de 1 g). Luego, las muestras se colocaron en

Tabla 1. Número y peso total (promedio \pm desviación estándar) de progenitores de gamitana *Colossoma macropomum* y dosis de Extracto de Pituitaria de Carpa (EPC) y Extracto de Pituitaria de Paiche (EPP) utilizados en la reproducción inducida.

HORMONA	MACHOS			HEMBRAS		
	n	Peso total (kg)	Dosis (mg/kg)	n	Peso total (kg)	Dosis (mg/kg)
EPC	4	4,55 \pm 1,60	1,0	4	6,59 \pm 2,34	6,0
EPP	6	5,70 \pm 0,80	1,0	6	6,70 \pm 1,62	3,5

Tabla 2. Respuesta reproductiva (promedio \pm error estándar de la media) de hembras de gamitana *Colossoma macropomum* a dos inductores hormonales, de Extracto de Pituitaria de Carpa - EPC (6,0 mg/kg) y Extracto de Pituitaria de Paiche - EPP (3,5 mg/kg).

HORMONA	Ovocitos Desovados (g)	Nº de Ovocitos.g ⁻¹	Fecundidad Absoluta	Tasa de Eclosión (%)	Nº de Larvas Producidas
EPC	333,3 \pm 121,3	922,3 \pm 311,8	403784 \pm 140591	25,5 \pm 8,8	139435 \pm 52149
EPP	521,0 \pm 72,9	1112,8 \pm 103,5	579621 \pm 98274	14,9 \pm 6,8	81433 \pm 37298
Valor de P	0,194	0,513	0,319	0,361	0,379

platos plásticos de 1 mm y mantenidas dentro de incubadoras cilíndrico-cónicas de 40 L, a una temperatura del agua de 28,5 \pm 2,2 °C; y un flujo de caudal de 1,5 L/min.

Las variables reproductivas evaluadas incluyeron la tasa de desove (% de hembras inducidas que llegan a desovar), el peso total de ovocitos desovados (g), número de ovocitos por gramo, fecundidad absoluta (número de ovocitos liberados durante el desove), tasa de eclosión (% de huevos efectivamente eclosionados) y el número total de larvas producidas. El número de ovocitos liberados por hembra se calculó como el peso de ovocitos liberados multiplicado por el recuento medio de ovocitos de las tres muestras de 1 g. La tasa de eclosión se estimó poco después de la eclosión de las larvas (18 - 22 h post fertilización).

Los datos obtenidos en los diez ensayos reproductivos fueron analizados en el paquete estadístico SPSS versión 23, utilizando la prueba de comparación de medias de la *t* de Student para dos muestras independientes, con un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS

La tasa de desove obtenida en las hembras inducidas con EPP fue de 100%, mientras que con EPC este valor alcanzó el 75% (desovaron 3 de las 4 hembras). No se registró la muerte de

progenitores durante los ensayos realizados. El peso medio total de ovocitos desovados por cada hembra fue 521,0 \pm 72,9 g con EPP y de 333,3 \pm 121,3 g con EPC. La tasa de eclosión observada en el estudio fue de 14,9 \pm 6,8% con EPP y de 25,5 \pm 8,8% con EPC (Tabla 2).

De acuerdo al *t* de Student realizado, las medias de peso total de ovocitos desovados, número de ovocitos por gramo, fecundidad absoluta, tasa de eclosión y el número total de larvas producidas de los dos tratamientos hormonales utilizados en el presente estudio no presentaron diferencias significativas ($P > 0.05$).

DISCUSIÓN

El presente estudio es el primero en el mundo que utilizó el Extracto de Pituitaria de Paiche (EPP) en la reproducción inducida de otro pez. Nuestro trabajo demostró que el EPP tiene la capacidad de inducir a la espermiación al 100% de los ejemplares machos, así como desencadenar los procesos fisiológicos que conllevan a la ovulación, producción de vitelogenina, maduración final y desove en el 100% de las hembras adultas de *C. macropomum*. Incluso la tasa de desove reportada (100%) fue superior a la obtenida con el uso del EPC (75%). En ese sentido, entendemos que el EPP una vez inyectado en las gamitanas adultas cumplió eficientemente con aportar altas

concentraciones de GtH I (hormona folículo-estimulante o FSH) y GtH II (hormona luteinizante o LH) en el torrente sanguíneo de los progenitores, logrando alcanzar, y posteriormente ejercer, una efectiva estimulación sobre las gónadas masculinas y femeninas para la producción y secreción de testosterona, 17-β estradiol así como otros andrógenos y estrógenos involucrados en los procesos fisiológicos y bioquímicos propios de la maduración reproductiva y el desove (Counis *et al.*, 2005; Lubzens *et al.*, 2010).

Estudios de reproducción inducida de gamitana tratada con EPC también registraron altas tasas de desove en este pez reofílico, variando desde 87,5 ± 7,0% (Souza *et al.*, 2018) hasta 100% (Acuña & Hernández, 2009; Leite *et al.*, 2013; Pires *et al.*, 2017; Seignani *et al.*, 2020), confirmando la efectividad de este extracto hipofisiario. Por otro lado, Konzen-Freitas *et al.* (2020) reportaron tasas de desove cercanos al 40% en hembras adultas de *C. macropomum* inducidas con EPC y un análogo de la GnRH, el acetato de buserelina. Mientras nuestros resultados con EPP fueron superiores a los obtenidos por Konzen-Freitas *et al.* (2020) con estos dos inductores.

Aunque el peso promedio de desove de las hembras inducidas con EPP (521 ± 72,9 g) fue mayor a la media de aquellas tratadas con EPC (333,3 ± 121,3 g), no resultó en diferencias significativas según la *t* de Student ($P=0,194$). Otros trabajos en gamitana reportaron pesos promedio de desove de 457,3 ± 147,9 g (Pires *et al.*, 2018), 625 ± 35 g (Perdomo *et al.*, 2002), 736,67 ± 189,7 g (Seignani *et al.*, 2020), 773,2 ± 5,4 g (Souza *et al.*, 2018), 1015,6 ± 358,5 g (Galo *et al.*, 2015) hasta los 1200 g (Leite *et al.*, 2015).

Nuestros resultados también revelaron que tanto el EPP como el EPC no tuvieron un efecto diferenciado en lo que respecta al número promedio de ovocitos por gramo registrado en cada desove ($P=0,513$), siendo las medias registradas

bastante cercanas (1112,8 ± 103,5 y 922,3 ± 311,8 ovocitos.g⁻¹ para EPP y EPC, respectivamente) y similares a los 1290 ± 29 ovocitos.g⁻¹ obtenido por Konsen-Freitas *et al.* (2015) pero por debajo de los 1500 ovocitos.g⁻¹ reportado por Leite *et al.*, (2015).

La fecundidad absoluta registrada en el presente trabajo varió entre 579621 ± 98274 ovocitos en hembras tratadas con EPP y 403784 ± 140591 ovocitos en hembras inducidas con EPC, siendo bastante parecidas a los 555800 ± 182300 ovocitos obtenidos por Pires *et al.* (2018). Sin embargo, estos valores están por debajo de otros estudios que reportaron fecundidades absolutas en gamitana, que varían desde 847893 ± 58534 ovocitos (Konsen-Freitas *et al.*, 2015), hasta los 1630203 ± 195864 ovocitos por desove (Konsen-Freitas *et al.*, 2015).

Las tasas de eclosión registradas en el estudio fueron por un lado cercanas a las reportados por Perdomo *et al.* (2002) quienes en Venezuela obtuvieron en media, 30,3 ± 5,8% con EPC, pero notoriamente inferiores a las reportadas en otros estudios de reproducción inducida de gamitana usando extractos hipofisiarios. Por ejemplo, Souza *et al.* (2018) registraron una tasa de eclosión media de 56 ± 10%; Acuña & Rangel (2009) de 68,4 ± 9,0; mientras que Pires *et al.* (2018) obtuvo tasas de eclosión entre 87,9 a 93,3% usando EPC (5,5 mg/kg de peso corporal). Finalmente, Galo *et al.* (2015) reportan valores que van desde 22,9 ± 22,9% hasta 89,1 ± 4,7% con el mismo inductor. Los bajos niveles de eclosión obtenidos podrían deberse a varios factores, desde variables externas (inadecuados niveles flujo de agua y oxigenación) hasta un deficiente manejo nutricional de los reproductores, que podrían haber resultado en la producción de gametos sexuales de baja calidad. Estos factores serán tomados en consideración en futuras investigaciones.

Visto que el desempeño reproductivo de las gamitanas reproductoras fue estadísticamente similar con ambos extractos hipofisarios, podemos sugerir el uso del Extracto Pituitario de Paiche como una alternativa viable al Extracto Pituitario de Carpa en los países amazónicos. Los resultados abren la oportunidad de transformar un subproducto de descarte, como es la cabeza del paiche *Arapaima gigas* durante el proceso de maquila o beneficio del paiche, en un producto con valor agregado para uso directo en la piscicultura. El Extracto de Pituitaria de Paiche actualmente no es explotado en ningún país amazónico y cuyo potencial como inductor hormonal, probado en el presente trabajo, abre la posibilidad de convertirse en un nuevo estímulo para la conservación y el manejo sostenible de las poblaciones salvajes de paiche en la cuenca amazónica.

En el año 2021, el grupo de manejo pesquero de la cocha Yarina (Reserva Nacional Pacaya Samiria) extrajo un total de 281 paiches adultos como parte de su cuota de pesca (Chuquimbalqui, *com. per*). Mientras que en la cuenca del río Apayacu (distrito de Pebas, región Loreto), el grupo de manejo pescó un total de 19 adultos como cuota de pesca (Sáenz, *com. per*). Esta cuota autorizada por el Estado, se realiza entre los meses de julio a septiembre, justo al inicio de la época reproductiva del paiche, las hipófisis frescas que se obtengan de esos peces que serán sacrificados, son ideales para su preservación, transformación, comercialización y utilización acuícola, generando una nueva oportunidad de negocios y renta para los socios de dichos grupos de manejo pesquero. Esta misma modalidad de manejo pesquero se da también en la Amazonía brasileña, donde las poblaciones naturales de *A. gigas* son más abundantes que en el resto de la Amazonía, por lo tanto, la oportunidad de convertir a este subproducto en un lucrativo negocio es una opción con excelentes perspectivas, siempre

y cuando se haga dentro de la ley, ya que el paiche es una especie protegida por ambos países.

Se torna necesario continuar los estudios con el Extracto de Pituitaria de Paiche a fin de determinar también la factibilidad en la reproducción inducida de otros peces reofílicos amazónicos de importancia acuícola, tales como el paco *Piaractus brachypomus*, el sábalo *Brycon amazonicus*, el boquichico *Prochilodus nigricans*, la doncella *Pseudoplatystoma fasciatum*, entre otros.

A modo de conclusión, podemos decir que el presente trabajo demostró que es posible realizar la reproducción inducida de la especie gamitana *Colossoma macropomum* utilizando el Extracto de Pituitaria de Paiche.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), y los grupos de manejo pesquero denominados “Catalanes”, “Los Jaguares”, y “Los Leones” de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (RNPS), por permitirnos extraer las hipófisis en el marco de las cuotas establecidas para el aprovechamiento anual de paiche. A Clara Chuquimbalqui y Ana Rosa Sáenz por las estadísticas pesqueras alcanzadas. A Jorge Iberico y Erick Del Águila por proveer los precios actuales del EPC. Finalmente, al personal técnico del Programa AQUAREC del IIAP por el apoyo prestado en los ensayos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acuña, J.J.A.; Rangel, J.L.H. 2009. Efectos del extracto hipofisario de carpa común y el análogo de la GNRH sobre la maduración final del oocito y el desove de la cachama negra (*Colossoma macropomum*). *Revista Científica*, 19(5): 486-494.

- Caldas, J.S.; Silva, A.L.; Sousa, L.M.; Sousa, E.B.; Monteiro, I.L.P.; Barros, F.J.T.; Godoy, L. 2021. Effects of hormonal treatment on induced spermiation and semen quality in the endangered Amazonian fish *Hypancistrus zebra* (Siluriformes, Loricariidae). *Aquaculture*, 533: 736140. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736140>
- Counis, R.; Laverriere, J.N.; Garrel, G.; Bleux, C.; Cohen-Tannoudji, J.; Lerrant, Y.; Kottler, M.L., Magre, S. 2005. Gonadotropin-releasing hormone and the control of gonadotropic function. *Reproduction Nutrition Development*, 45(3): 243-54. DOI: <https://doi.org/10.1051/rnd:2005017>
- Crim, L.W.; Glebe, B.D. 1984. Advancement and synchrony of ovulation in Atlantic salmon with pelleted LHRH analog. *Aquaculture*, 43(1-3): 47-56. DOI: [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(84\)90008-5](https://doi.org/10.1016/0044-8486(84)90008-5)
- Elakkanai, P.; Francis, T.; Ahilan, B.; Jawahar, P.; Padmavathy, P.; Jayakumar, N.; Subburaj, A. 2015. Role of GnRH, HCG and Kisspeptin on reproduction of fishes. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(17): 1-10. DOI: <https://dx.doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i17/65166>
- Eyo, V.O.; Eze, F.; Eriegha, O.J. 2020. Reproductive performance of hatchery-bred, wild-caught broodstock, and their outbreed of the african catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Indonesian Aquaculture Journal*, 15(2): 59-65. DOI: <https://doi.org/10.15578/iaj.15.2.2020.59-65>
- Fontenele, O. 1955. Injecting pituitary (hypophyseal) hormones into fish to induce spawning. *Progressive Fish-Culturist*, 18: 71-75. DOI: [https://doi.org/10.1577/1548-8659\(1955\)17\[71:IPHHIF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8659(1955)17[71:IPHHIF]2.0.CO;2)
- Galo, J.; Ribeiro, R.; Streit Jr., D.P.; Albuquerque, D.M.; Fornari, D.C.; Roma, C.F.C.; Guerreiro, L.R.J. 2015. Oocyte quality of tambaqui (*Colossoma macropomum*) during the reproductive season. *Brazilian Journal of Biology*, 75(2):279-284. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.10113>
- González, J.; Hernández, G.; Messia, O.; Pérez, A. 2010. Extracto hipofisiario de Coporo (*Prochilodus mariae*) como agente inductor sustitutivo en la reproducción de su misma especie. *Zootecnia Tropical*, 28(1): 25-32.
- Houssay, B.A. 1930. Acción sexual de la hipófisis en los peces y reptiles. *Revista de la Sociedad Argentina de Biología*, 6: 686-688.
- Konzen-Freitas, A.R.; Abreu, J.G.; Abreu, J.S.; Dantas, V.L.Q.; Corrêa-Filho, R.A.C.; Povh, J.Á. 2020. Tambaqui females (*Colossoma macropomum*) spawn after hormonal induction with buserelin acetate. *Animal Reproduction Science*, 22:106594. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2020.106594>
- Lam, T.J. 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. En: Hoar, W.S.; Randall, D.J.; Donaldson, E.M. (eds.) *Fish Physiology*. London Academic Press. p. 65-116. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1546-5098\(08\)60302-7](https://doi.org/10.1016/S1546-5098(08)60302-7)
- Leite, L.V.; Melo, M.A.P.; Oliveira, F.C.E.; Pinheiro, J.P.S.; Campello, C.C.; Nunes, J.F.; Salmito-Vanderley, C.S.B. 2013. Determinação da dose inseminante e embriogênese na fertilização artificial de tambaqui (*Colossoma macropomum*). *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 65(2): 421-429. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-09352013000200018>
- Lubzens, E.; Young, G., Bobe, J.; Cerdà, J. 2010. Oogenesis in teleosts: How fish eggs are formed. *General and Comparative Endocrinology*, 165: 367-389. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2009.05.022>
- Maria, A.N.; Azevedo, H.C.; Santos, J.P.; Carneiro, P.C.F. 2012. Hormonal induction and semen characteristics of tambaqui *Colossoma*

- macropomum*. *Zygote*, 20: 39–43. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0967199410000559>
- Martins, R.C.; Fernandez, O.P.J.L.; Lopes, P.R.S.; Vaz, B.S. 2008. Utilização de hipófise de voga (*Cyphocharax voga*) na indução à reprodução do jundiá *Rhamdia quelen*. *Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas*, 14(4-4): 102-106.
- Martins, E.F.F.; Streit Jr., D.P.; Abreu, J.S.; Correa-Filho, R.A.; Oliveira, C.A.L.; Lopera-Barrero, N.M.; Povh, J.A. 2017. Ovipel and carp pituitary extract for the reproductive induction of *Colossoma macropomum* males. *Theriogenology*, 98: 57–61. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.04.047>
- Okomoda, T.; Tiamiyu, L.O.; Kwagheger, D. 2017. Spawning performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) induced with ethanol preserved and fresh catfish pituitary extract. *Zygote*, 25(3): 376-382. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0967199417000247>
- Paschoalini, A.L.; Eloi, M. R.; Santos, J.E.; Santos, J.C.E.; Rizzo, E.; Bazzoli, N. 2021. Induced reproduction and early development in dourado, *Salminus franciscanus* Lima & Britski, 2007 (Pisces: Characiformes). *Zygote*, 29. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0967199420000854>
- Perdomo, C.D.; Useche, G.M.; González, E.M. 2002. Utilización de macroincubadoras en el proceso de reproducción inducida de cachamas (*Colossoma macropomum*) Pisces, Characidae. *Revista Científica*, 12(2): 425-427.
- Pires, L.B.; Sanches, E.A.; Romagosa, E.; Corrêa-Filho, R.A.C.; Streit Jr., D.P.; Nass, R.A.R.; Povh, J.A. 2017. Semen characteristics of *Colossoma macropomum* from three successive sample collections in the same reproductive cycle. *Aquaculture Research*, 48, 5104–5110. DOI: <https://doi.org/10.1111/are.13329>
- Pires, L.B.; Corrêa-Filho, R.A.C.; Sanches, E.A.; Romagosa, E.; Silva, T.J.; Reche, S.; Streit Jr., D.P.; Povh, J.A. 2018. *Colossoma macropomum* females can reproduce more than once in the same reproductive period. *Animal Reproduction Science*, 196:138-142. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.07.006>
- Pires, L.B.; Sanches, E.A.; Romagosa, E.; Corrêa-Filho, R.A.C.; Streit Jr., D.P.; Nass, R.A.R.; Lopera-Barrero, N.M.; Povh, J.A. 2019. Sperm quality of *Colossoma macropomum* after room temperature and cold storage. *Journal of Applied Ichthyology*, 35: 747–753. DOI: <https://doi.org/10.1111/jai.13864>
- Rodríguez, C.L.A.; Ruiz, T.K.M.; Satalaya, A.H.; Alvan-Aguilar, M.A.; Chirinos, R.C.S.; Fernandez, M.C.; Ismiño, O.R.A.; Murrieta, M.G.A. 2020. *Manual de extracción, procesamiento y uso de la hipófisis de paiche en la reproducción inducida de peces amazónicos*. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú. 44p.
- Romanova, E.; Lyubomirova, V.; Romanov, V.; Shadyeva, L.; Shlenkina, T. 2021. Regulation of the duration of spawning cycles of catfish in industrial aquaculture. En: International Research Conference on Challenges and Advances in Farming, Food Manufacturing, Agricultural Research and Education, *KnE Life Sciences*, p. 566–576. DOI: <https://doi.org/10.18502/kls.v0i0.8992>
- Sanches, E.A.; Neumann, G.; Baggio, D.M.; Bombardelli, R.A.; Piana, P.A.; Romagosa, E. 2011. Time and temperature on the storage of oocytes from jundiá catfish, *Rhamdia quelen*. *Aquaculture*, 319: 453–458. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.07.036>
- Sevignani, D.; Buzzacaro, E.; Fortuna, N.B. 2020. Monitoramento da hora-grau necessária para extrusão de ovócitos de reprodutoras de *Colossoma macropomum*. *Scientific Electronic Archives*, 3:57-63. DOI: <https://doi.org/10.36560/1362020946>
- Souza, F.N.; Martins, E.D.F.F.; Corrêa-Filho, R.A.C.; Abreu, J.S.; Pires, L.B.; Streit Jr., D.P.;

- Lopera-Barrero, N.M.; Povh, J.A. 2018. Ovopel® and carp pituitary extract for induction of reproduction in *Colossoma macropomum* females. *Animal Reproduction Science*, 195: 53-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.05.005>
- Streit Jr., D.P.; Moraes, G.V.; Ribeiro, R.P.; Sakaguty, E.S.; Povh, J.A.; Moreira, H.L.M. 2005. Effects of three different sources of pituitary extract on gonadal inducer in male and female pacu (*Piaractus mesopotamicus*). *Acta Scientiarum Animal Sciences*, 27: 439-447. DOI: <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v27i4.1146>
- Valdebenito, I. 2008. Terapias hormonales utilizadas en el control artificial de la madurez sexual en peces de cultivo: una revisión. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 40: 115-123. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2008000200002>
- Verdi-Olivares, L.; Alcantara-Bocanegra, F.; Rodriguez-Chu, L.; Chu-Koo, F.; Ramirez-Arrarte, P.; Tello-Martin, S. 2014. Validación del protocolo de Reproducción inducida de *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus* y *Prochilodus nigricans* en condiciones controladas. *Ciencia Amazónica*, 4(1): 54-59. DOI: <https://doi.org/10.22386/ca.v4i1.68>
- Von Ihering, R., 1937. A method for inducing fish to spawn. *The Progressive Fish-Culturist*, 4(34): 1-15.
- Woynárovich, E.; Horváth, L. 1983. *Propagação artificial de peixes de águas tropicais*, Brasília. FAO/CODEVASF/CNPq. Documento Técnico sobre Pesca FIR/T201. 220pp.
- Zaki, E.M.; Haytham, A.; El-Ghaffar, A. 2020. Effects of ovaprim, pituitary gland extract and human chorionic gonadotropin on testosterone, 11-Ketotestosterone, and 17β-Estradiol hormones of African catfish (*Clarias gariepinus*). *Egyptian Journal of Aquaculture*, 10(4): 01-16. DOI: <https://dx.doi.org/10.21608/eja.2020.52848.1043>
- Zohar, Y.; Mylonas, C.C. 2001. Endocrine manipulations of spawning in cultured fish: from hormones to genes. *Aquaculture*, 197: 99-136. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(01\)00584-1](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(01)00584-1)

Recibido: 18 de noviembre de 2021 **Aceptado para publicación:** 13 de marzo de 2022