

Evaluación de la sobrevivencia de alevines de surubí (*Pseudoplatystoma sp.*) en dos sistemas de cultivo obtenidos a partir de dos protocolos de inducción hormonal en Paraguay

*Evaluation of the survival of surubí fry (*Pseudoplatystoma spp.*) in two culture systems obtained from two hormonal induction protocols in Paraguay.*

Romero Rodrigo¹, Ríos Viviana¹, Rodríguez María Inés¹, Vargas Miguel¹, Barrios Carmen¹, Franco Patricia¹, Liu Heng-Hsin², Jou Jiunn-Shyan², Wang Tsan-Ping², Castillo Martin³

¹Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Veterinarias, San Lorenzo - Paraguay

²Misión Técnica de la República de China (Taiwán), San Lorenzo - Paraguay

³Ministerio Agricultura y Ganadería, Vice Ministerio de Ganadería, San Lorenzo - Paraguay

RESUMEN. La incorporación de especies nativas en la acuicultura es investigada y aplicada desde décadas atrás en varios países; con reproducción inducida se obtienen larvas y de la sobrevivencia de las mismas depende el éxito de la producción. Para este trabajo de investigación, realizado en dos fases, se utilizó la especie *Pseudoplatystoma sp.* conocida como surubí. En la primera etapa, se tuvo en cuenta para la selección de las hembras, la tasa de migración del núcleo y el peso de las mismas registrándose el peso de óvulos obtenidos en gramos. Se evaluó la respuesta a dos protocolos de inducción utilizando en ambos GnRH + Domperidona. Al protocolo I fueron sometidas nueve hembras a las cuales se les administró dosis única (0,5 ml /kgpv). En el protocolo II fueron inducidas cuatro hembras con dos dosis a intervalo de 12 horas entre cada aplicación, administrando en la primera solo el 10% de la dosis total (0,05 ml/Kpv) y 12 horas después el 90%. (0,45 ml/Kpv) se utilizaron en total 13 hembras y 13 machos. Los pesos de las hembras oscilaron entre 8 kg y 13 kg y el de los machos entre 2.6 kg y 2,7 Kg. Los resultados en cuanto al peso de los óvulos ($p=0,1322$) y tasa de fertilización ($p=0,08842$) fueron similares comparando ambos protocolos de inducción. En la segunda fase, se evaluó el cultivo de larvas en dos sistemas: incubadoras y estanques, por un periodo de tiempo de 50 días. La larvicultura en incubadoras arrojó valores de sobrevivencia con una tasa de 3,86 %; mientras que, la sobrevivencia en estanques fue de 1,07%..

Palabras clave: *Pseudoplatystoma sp.*, bagre, inducción hormonal, larvicultura, reproducción, sobrevivencia

ABSTRACT. The incorporation of native species in aquaculture has been investigated and applied for decades in several countries; With induced reproduction, larvae are obtained and the success of production depends on their survival. For this research work, carried out in two phases, the species *Pseudoplatystoma sp.* was used, known as surubí. In the first stage, the migration rate of the nucleus and their weight were taken into account for the selection of females, recording the weight of eggs obtained in grams. The response to two induction protocols was evaluated using GnRH + Domperidone in both. Nine females were subjected to protocol I, to which a single dose was administered (0.5 ml/kgpv). In protocol II, four females were induced with two doses at an interval of 12 hours between each application, administering in the first only 10% of the total dose (0.05 ml/Kpv) and 12 hours later 90%. (0.45 ml/Kpv) a total of 13 females and 13 males were used. The weights of the females ranged between 8 kg and 13 kg and that of the males between 2.6 kg and 2.7 Kg. The results regarding the weight of the eggs ($p=0.1322$) and fertilization rate ($p=0.08842$) were similar comparing both induction protocols. In the second phase, the cultivation of larvae was evaluated in two systems: incubators and ponds, for a period of 50 days. Larviculture in incubators showed survival values with a rate of 3.86%; while, survival in ponds was 1.07%.

Keywords: *Pseudoplatystoma sp.*, induction, larviculture, survival

Dirección para correspondencia: Dr. Rodrigo Romero - Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Veterinarias, San Lorenzo - Paraguay

E-mail: rromero@vet.una.py

Recibido: 18 de octubre 2023 / **Aceptado:** 20 de junio 2024

INTRODUCCIÓN.

Los peces del género *Pseudoplatystoma*, representan algunas de las especies de agua dulce más importantes de América del Sur debido a la calidad de su carne, tamaño e importancia histórica de su pesquería. Este género posee especies distribuidas en las principales cuencas hidrográficas del continente, con excepción de las cuencas del Pacífico (Campos, J. 2010). Las diferentes especies del género son bastante semejantes entre sí, cambiando principalmente el patrón de marcas negras sobre el fondo ceniza/olivo y pequeñas características morfológicas, conforme lo han descrito Buitrago-Suárez y Burr (2007).

Los primeros ensayos de reproducción artificial en bagres sudamericanos se realizaron en Brasil en la década de los 90 (Kubitza, F et al., 1997 y Kubitza et al., 1998). El cultivo del *Pseudoplatystoma* a gran escala se ha visto limitado por la dificultad de producir juveniles y por la ausencia de tecnología disponible para su engorda (Campos, 2010). Factores como la biología de su reproducción que es estacional y el hábito alimentario carnívoro son temas centrales de preocupación y captan la atención de los investigadores.

En Sur América se han desarrollado tecnologías que permiten la producción de esta especie nativa a gran escala, obteniendo resultados satisfactorios en cuanto a reproducción, sin embargo, en relación a las etapas de larvicultura y alevinaje los resultados obtenidos han sido de menor alcance, tal es el caso de Brasil en donde han logrado algunos avances mediante la implementación de diferentes estrategias de alimento vivo en la dieta (Atencio, V. 2001).

En Paraguay; en el año 2018, el Gobierno Nacional de Paraguay, a través del Vice Ministerio de Ganadería y la Embajada de Taiwán, por medio de la Misión Técnica de la República de China (Taiwán) impulsaron el "Proyecto de Cría y Producción de alevines de Surubi en el Paraguay" con el objeto de desarrollar la tecnología de producción abarcando todas las fases mencionadas anteriormente, para luego transferir esos conocimientos a los piscicultores locales. En el marco de ese proyecto surge el presente trabajo de investigación, con el objetivo de afianzar los conocimientos referentes a la reproducción inducida del surubí e identificar el mejor método para lograr la mayor sobrevivencia de larvas que puedan continuar el ciclo de producción.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los trabajos de reproducción artificial se llevaron a cabo en las instalaciones del Laboratorio en Reproducción de Especies Nativas del Departamento de Pesca y Acuicultura de la Facultad de Ciencias Veterinaria de la Universidad Nacional de Asunción, Ciudad de San Lorenzo Paraguay, conjuntamente con el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Misión Técnica de la República China (Taiwán).

Para este trabajo de investigación presentado en dos fases, se utilizaron datos colectados de tres años consecutivos para la primera fase correspondiente a dos protocolos de inducción. En tanto la segunda fase del estudio se llevó a cabo en 50 días, evaluando el alevinaje en dos sistemas de cultivo

Material Biológico: Se utilizaron un total de 26 ejemplares de surubí, 13 hembras y 13 machos. El peso de las hembras oscila entre 8 y 13 Kg. Para la obtención de los alevines de surubí como producto final, se llevaron a cabo diferentes etapas de desarrollo a lo largo del sistema, según se detallan a continuación:

Selección de reproductores: Fueron obtenidos del medio natural por medio de pesca científica; se seleccionaron peces con el desarrollo gonadal y la madurez sexual adecuada para ser inducidos. Los ejemplares machos y hembras utilizados en el ensayo se mantuvieron separados por sexos en estanques de cemento de 25 m², con una densidad de 2,5 individuos m², x individuos m⁻² bajo invernadero para obtener control del desarrollo fisiológico. Al inicio, se evaluó la morfología y el grado de maduración por medio de las características externas, tanto para las hembras como en los machos. En las hembras se observó presencia de abdomen aumentado de tamaño, con una consistencia de semi blanda a la palpación por la presencia de óvulos en los ovarios, la papila genital, enrojecida y aumentada de tamaño. Previo al momento de la inducción se realizó la biopsia ovárica para determinar la migración nuclear la cual se realizó con una cánula de 0,3 a 0,5 mm y una jeringa para adaptar al extremo de la cánula y así aspirar una pequeña fracción de óvulos los cuales quedaron depositados dentro de la cánula. La muestra de óvulos se depositó en una placa de Petri y se fijó con "líquido de Serra" en una proporción de 1 ml por gramo de óvulo. Algunos minutos después se observó al microscopio óptico constatando que se encontraban aptas para ser inducidas. En los machos, se evaluó la presencia de semen que a leve presión abdominal fue expulsado por la papila genital.

Pesaje e inducción hormonal: Una vez seleccionados, los reproductores fueron pesados con el objeto de calcular la dosis hormonal para cada individuo. El criterio para realizar una dosis o dos dosis se basó en las características de maduración de las hembras (migración nuclear) tal como lo describieron Ghezzi Solís et al. (2015). Se procedió a la aplicación de GnRH + Domperidona dosis única (Protocolo I) a nueve hembras con signos evidentes de maduración y a cuatro hembras en proceso de maduración se les administraron dos dosis, con 10% de la dosis completa (0,05 ml/Kg de peso vivo) y una segunda aplicación, con el 90% restante a un intervalo de 12 horas (Protocolo II). Los machos fueron inducidos con dosis única del 100% (0,25 ml/Kg de peso vivo), a la par que las hembras sometidas a una dosis, y en el mismo horario que se realizó la segunda inducción de las hembras (Valdebenito, 2008).

Desove manual de las hembras: La obtención de los gametos se hizo mediante un leve masaje en el abdomen de la hembra para poder extraer los óvulos colocando en un recipiente preferiblemente de plástico,; posteriormente se utilizó la misma técnica para la extracción del semen del macho, se agregó al recipiente en donde se colectaron los óvulos, agua limpia, a igual temperatura del agua en que se mantenían los reproductores.

Larvicultura: En este proceso, los huevos se hidrataron y aumentaron hasta cuatro veces su diámetro por un lapso de 5 - 10 minutos. Los huevos fertilizados fueron depositados en incubadoras verticales de fibra de vidrio laminada lisa en color blanco y un tubo con pantalla fija de acero inoxidable con entrada de agua con un flujo constante de tres litros por minuto a través de una roscada de 1", salida con canaleta y anillo de malla con pantalla fija de acero inoxidable sostenido sobre un soporte tubular tipo trípode. Debido a que tiene una pantalla fija y un interior liso, no deposita suciedad en su interior. En esta etapa se produce la eclosión de las larvas y permanecen por un tiempo de 12 días mientras se desarrollan fisiológicamente los sistemas del organismo hasta que puedan cumplir las funciones básicas de alimentación, crecimiento y natación. Las larvas son alimentadas con artemia cada 2 horas.

Alevinaje: En esta etapa se diferenciaron los tipos de cultivo, ocho de ellos en incubadora con una cantidad total de 1.593.000 larvas y cinco ensayos en

estanque, con una cantidad de 1.590.000 larvas. Ambos grupos fueron alimentados con balanceado comercial con 48 % de proteína por 50 días.

Análisis estadístico: El peso vivo de las hembras y la tasa de migración nuclear fueron analizados mediante estadística descriptiva, estimando medidas de tendencia central y dispersión. De igual manera, se determinó la bondad de ajuste de las distribuciones en cuanto a tasa de fertilidad y peso de los óvulos, utilizando el Test de Shapiro-Wilk. Para el análisis inferencial se utilizó la prueba T de Student para muestras independientes. De igual manera, los resultados obtenidos a partir de las prácticas de larvicultura y alevinaje fueron analizados mediante estadística descriptiva. Los datos fueron procesados con el software estadístico R, versión 4.3.1 (R Core Team, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A fin de conocer el comportamiento reproductivo del surubí (*Pseudoplatystoma sp.*) con dos protocolos de inducción hormonal se registraron datos durante tres años consecutivos. Las larvas obtenidas, a su vez, fueron sembradas en dos sistemas de cultivo diferente para determinar la sobrevivencia en uno y otro sistema.

Se realizaron en total 13 ensayos de reproducción artificial, con ejemplares extraídos del medio natural, a través de pesca científica durante su ciclo reproductivo que es estacional. Esta estrategia arrojó resultados deseables en la obtención de ejemplares aptos de ser reproducidos pues en ese momento es donde mejor expresan las características sexuales, en coincidencia a lo expresado por Ghezzi Solís et al. (2015).

En la Tabla 1 se observan los datos de las variables analizadas como condiciones previas al ensayo. Al respecto, el peso de las seleccionadas en promedio fue de 8,8 Kg; los machos seleccionados fueron de menor tamaño que las hembras; en ese sentido, en los ensayos preliminares realizados en la misma especie por Mira, et al. (2007), Leonardo et al. (2004) y Resende et al. (1995) quienes también reportaron pesos inferiores de los machos respecto a las hembras. La relación macho/hembra fue de 1:1

La Tasa de Migración Nuclear (TMN), presentó valores muy bajos comparados a los que se observan cuando las hembras se encuentran con maduración gonadal óptima en el medio natural. En

ese sentido se obtuvo un valor de 25,38 inferior al 26% observado en esta especie por Leonardo et al. (2004) quienes reportaron la tendencia de una mayor proporción de vesículas germinales centrales cuando la hembra está madura. En contraposición, para la inducción de *Pseudoplatystoma punctifer* se consideran óptimos valores superiores al 70% (Ghezzi Solís et al., 2015). En ese sentido, Rojas (2010) manifestó que pueden considerarse óvulos maduros aquellos en los que se observa 35 a 40% de migración nuclear, teniendo en cuenta que no todos los óvulos maduran al mismo tiempo, razón por la cual es posible observar en una misma muestra, núcleos centrales y periféricos.

Tabla 1. Estadística descriptiva del peso y tasa de migración nuclear en hembras de Surubí (*Pseudoplatystoma sp.*), evaluados como condiciones previas al ensayo.

Variables	\bar{x}	DE \pm	Me	A
Peso de hembras (Kg)	8,884615	2,623244	8	9
TMN (%)	25,38462	5,188745	30	10

Referencia: TMN= Tasa de migración nuclear; Kg= kilogramos; %= porcentaje

El peso de los óvulos obtenidos en gramos por peso de las hembras no registró diferencia significativa ($p=0,1322$) con la utilización de dosis única o dos aplicaciones (Tabla 2) Con ambos protocolos se logró el desove total de las hembras sin producirse la muerte de las mismas, situación reportada en acuicultura por desove incompleto o fallido (Barry et al., 2005 ; Ferguson y Rice, 2006 ; Larsen, 2011 ; Teffer et al., 2017).

Tabla 2. Resultados del Test inferencial T – de Student ($\alpha =5\%$) para muestras independientes comparando dos protocolos de inducción hormonal en *Pseudoplatystoma*

Variables	Protocolos de inducción	\bar{x}	Δ	p - valor
Peso de los óvulos (gr)	Dosis única	339	139	0,1322
	Doble dosis	200		
Tasa de fertilización (%)	Dosis única	56,7	30,2	0,0884
	Doble dosis	26,5		

***Referencia:** gr= gramos; %= porcentaje; \bar{x} = Promedio; Δ = delta o diferencia de medias; p-valor= valor de la probabilidad.

La tasa de fertilización, fue favorable con ambos protocolos y sin diferencia significativa ($p=0,0884$), registrándose 56,7% con dosis única y 26, 5% con dos dosis. Riveros-Pinilla, et al. (2017) evaluaron los efectos de la inducción hormonal en la

espermiación y las características seminales de yaque (*Leiarius marmoratus*) concluyendo que la inducción hormonal con sGnRH + Domperidona (OVAPRIM®) combinada con GCH (FERTIVET®) son efectivas en esta especie al no afectar su calidad seminal y permitiendo obtener tasas de fertilidad satisfactorias en condiciones de cautiverio. Por el contrario, Arias Acuña (2009) en un estudio comparativo en cachama negra (*Colossoma macropomum*) obtuvo resultados mayores en hembras tratadas con Extracto de hipófisis de carpa HC (63,26%) que con Ovaprim (11,12%)

Los datos referentes a las prácticas de larvicultura y alevinaje se observan en la Tabla 3. Se evidenciaron datos de supervivencia en incubadoras de más de 3% frente a la sobrevivencia registrada en estanques (1,07%). La diferencia pudo deberse a que el manejo de las larvas en incubadora permite un mejor control por la observación directa, el monitoreo constante de la calidad de agua, el abastecimiento adecuado de alimentación, la selección y clasificación de tamaños para evitar el canibalismo intra cohorte, ausencia de depredadores externos y eliminación de desechos orgánicos, producto del metabolismo. El resultado obtenido en estanques pudo responder, a la diferencia en cuanto al control realizado en las incubadoras, sobre todo en lo referente a alimentación y selección por tamaños conforme iban creciendo, lo que pudo acentuar el canibalismo propio de la especie (Atencio, GV; 2006; Sepúlveda-Quiroz, et al, 2022). En el levantamiento de larvas en estanques de tierra, Rodríguez Ruiz, y Moreno (2013) obtuvieron buenos resultados de crecimiento en longitud, peso, tasa de crecimiento específico bajo alimentación de zooplancton. En el mismo contexto Marciales et al. (2010) reportaron sobrevivencia de 63,1% en larvas alimentadas con cladóceros cultivados y seleccionados por tamaño.

Tabla 3. Resultados de las prácticas de larvicultura y alevinaje en dos tipos de cultivo.

Tipos de cultivo	Parámetros	\bar{x}	DE \pm	Me	A
Estanque	Larvas de un día	318000	290895	200000	760000
	Alevines de 50 días	3496	4979	1800	12170
	Sobrevivencia (%)	1,07	1,29	0,43	3,30
Incubadora	Larvas de un día	199125	118986	225000	397000
	Alevines de 50 días	7170	3599	7500	10943
	Sobrevivencia (%)	3,86	2,00	3,25	5,60

***Referencia:** %=porcentaje; \bar{x} = Promedio; Me= mediana; DE \pm = Desvío estándar; A= Amplitud.

CONCLUSIÓN

En las hembras, inducidas con GNRH + domperidona independientemente del protocolo, se produjo desove completo, con buen peso de óvulos obtenidos en cada ensayo, sin fallos ni muerte de matrices. Sin embargo, la tasa de migración nuclear refleja que no todos los óvulos liberados se encontraban con migración nuclear o en proceso de maduración, hecho que se traduce en la baja fertilización.

Durante el periodo de 50 días de alevinaje, en incubadoras se logró una sobrevivencia del 3,86 % de alevines en comparación a los 1,07 % de sobrevivencia que se dio en estanques, donde se produjo canibalismo intra cohorte por la desigualdad de tallas que normalmente se producen, por la falta de selección los ejemplares más grandes devoraron a los más pequeños, esta acción produjo al término pocos alevines pero con tamaños mucho más grandes que los observados en las incubadoras.

Recomendaciones:

Seguir investigando sobre la sinergia de OVAPRIM® con otros inductores, pues a pesar de lograr desove completo, no se logra una maduración completa y uniforme.

En el alevinaje de *Pseudoplatystoma sp.* en estanques, proveer alimento natural, vivo y adecuado además de realizar la selección periódica por tamaño.

BIBLIOGRAFÍA

- Arias Acuña, Juan José, & Hernández Rangel, Jim Lenrly. (2009). Efectos del extracto hipofisiario 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.
- Atencio, G.V & Zaniboni, F.E. (2006.) El canibalismo en la larvicultura de peces. Revista MVZ Córdoba Vol. 11, No.1, p 9-19. E
- Atencio, V. (2001). Producción de avelinos de especies nativas. Revista MVZ Córdoba, 6(1), 9-14.
- Barry TP, Unwin MJ, Malison JA, Quinn TP (2005). Niveles de cortisol libre y total en salmón chinook semélparo e iteróparo. J. Biol de pescado.
- Buitrago-Suárez, UA y Burr, BM (2007). Taxonomía del género bagre *Pseudoplatystoma Bleeker (Siluriformes: pimelodidae)* con reconocimiento de ocho especies. Zootaxa, 1512 (1), 1-38.
- Campos, J. (2010). Genero *Pseudoplatystoma* (Surubí). En Flores-Nava A., Brown A. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo (pp.115-125). Roma: Fao.
- Ferguson H., Rice D. (2006). Mortalidad posdesove en trucha marrón *Salmo trutta* L. J. Fish Dis. 3 153-160.
- Ghezzi Solís, P; Requejo Aleman, JC; Gonzáles Guerrero, S; Óscar Del Valle Ayala, O; (2015). Protocolo de Reproducción de Doncella (*Pseudoplatystoma punctifer*). FONDEPES (El Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero), Ministerio de la Produccion, Perú.
- Kubitza, F. (1997). Qualidade do alimento, qualidade da água e manejo alimentar na produção de peixes. In: Simposio sobre manejo y nutrición de peces, Piracicaba-SP, Anais... Piracicaba: Simpósio Sobre Manejo e Nutrição de Peixes. p. 63-100.
- Kubitza, F; Campos, J.L.; Brum, J.A. (1998). Produção Intensiva no PROJETO PACU Ltda.e AGROPEIXE Ltda. Panorama da Aqüicultura, v. 8, p. 41-49.
- Larsen L. (2011). Fisiología de las lampreas adultas, con especial atención a la inanición natural, la reproducción y la muerte después del desove. Poder. J. Pescado. Agua. Ciencia.
- Leonardo GAF, Romagosa E, Borella MI, Batlouni SR. (2004). Induced spawning of hatchery-raised Brazilian catfish, cachara *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766). Aquaculture. 240:451-61.
- Marciales Caro L.J. (2010.) Evaluación del crecimiento y sobrevivencia de larvas de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* (Linnaeus, 1766) alimentadas con alimento vivo natural y enriquecido con ácidos grasos. Rev Colom Cienc Pecua vol.23 no.3 Medellín July/Sept. 2010(en línea) (Mayo14/14). Recuperado de: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-06902010000300006&script=sci_arttex
- Mira T, Castro SR, Medina-Robles VM, Murillo RP, Otero-Paternina AM, Ramírez-Merlano JA, y Cruz-Casallas PE (2007). Ensayos preliminares de reproducción inducida de bagre rayado *Pseudoplatystoma fasciatum* con extracto de hipófisis de carpa. XIII Jornada de Acuicultura. Villavicencio: Universidad de los Llanos.
- R Core Team (2023). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>.

16. Resende EK, Catela AC, Nascimento FL, Palmeira SS, Pereira RAC, Lima MS, Almeida VLL.(1995.) Biología do curimatá (*Prochilodus lineatus*), pintado (*Pseudoplatystoma coruscans*) e cachara (*Pseudoplatystoma fasciatum*) no bacia hidrográfica do rio Miranda, Pantanal do Mato Grosso do Sul, Brasil, Corumbá, MSEMBRAPA CPAP. Boletim de pesquisa. 2, 75.

17. Riveros-Pinilla, D. A., Ramírez-Merlano, J. A., Sandoval-Vargas, L. Y., Mira-López, T. M., Cruz-Casallas, P. E., & Medina-Robles, V. M. (2017). Efeito do protocolo de indução hormonal sobre a spermiação e as características do sêmen do yaque (*Leiarius marmoratus*). Orinoquia, 21(1),34-40.

18. Rodriguez Ruiz, J. R., & Moreno Rojas, P. A. (2013). Sobrevivencia de post larvas de bagre rayado (*Pseudoplatystoma* sp) en estanques en tierra bajo alimentación de zooplancton nativo.

19. Rojas T. (2010). Protocolo de reproducción artificial para *Brycon orbignianus*, *Brycon hilarii*, *Leporinus obtusidens*, *Pseudoplatystoma coruscans*, *Prochilodus lineatus* y *Salminus brasiliensis*. En Flores-Nava A., Brown A. Peces nativos de agua dulce de América del Sur de interés para la acuicultura: Una síntesis del estado de desarrollo tecnológico de su cultivo. (pp.140-149). Roma: Fao.

20. Sepúlveda-Quiroz, C. A., Pérez-Jiménez, G. M., Maytorena-Verdugo, C. I., Álvarez-Villagomez, C. S., Mendoza-Porras, O., Peña-Marín, E. S., ... & Álvarez-González, C. A. (2022). Canibalismo en organismos acuáticos: Un reto para la acuicultura comercial. Estudios marinos y pesqueros en el Pacífico mexicano, 61-81.

21. Teffer AK, Hinch SG, Miller KM, Patterson DA, Farrell AP, Cooke SJ, et al. (2017). La gravedad de la captura, los procesos de enfermedades infecciosas y el sexo influyen en la mortalidad posterior a la liberación de la captura incidental del salmón rojo. Conservar. Fisiol. 5 :cox017

22. Valdebenito I. (2008). Terapias hormonales utilizadas en el control artificial de la madurez sexual en peces de cultivo: una revisión. Arch Med Vet. 40(2): 115-123.