



“Manual de Extracción, Procesamiento y uso de la Hipófisis de Paiche en la Reproducción Inducida de Peces Amazónicos”



**LUCIANO ALFREDO RODRÍGUEZ CHU - KEVIN MORGAN RUIZ TAFUR - HARVEY SATALAYA ARELLANO
MIRIAM ADRIANA ALVÁN AGUILAR - CLINT STING CHIRINOS RAMÍREZ - CHRISTIAN FERNÁNDEZ MENDEZ
ROSA ANGÉLICA ISMIÑO ORBE - GERMÁN AUGUSTO MURRIETA MOREY**

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
del Ambiente







**“Manual de Extracción,
Procesamiento y uso de la Hipófisis de
Paiche en la Reproducción Inducida de
Peces Amazónicos”**

**LUCIANO ALFREDO RODRÍGUEZ CHU - KEVIN MORGAN RUIZ TAFUR - HARVEY SATALAYA ARELLANO
MIRIAM ADRIANA ALVÁN AGUILAR - CLINT STING CHIRINOS RAMÍREZ - CHRISTIAN FERNÁNDEZ MÉNDEZ
ROSA ANGÉLICA ISMIÑO ORBE - GERMÁN AUGUSTO MURRIETA MOREY**

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ Ministerio
del Ambiente



EL PERÚ PRIMERO



PERÚ Ministerio del Ambiente



“Manual de Extracción, Procesamiento y uso de la Hipófisis de Paiche en la Reproducción Inducida de Peces Amazónicos”

ISBN 978-612-4372-30-8
Primera edición, julio 2020.

MINISTERIO DEL AMBIENTE/GOBIERNO DEL PERÚ

Ministra: Kirla Echeagaray Alfaro

Av. Amador Merino Reyna No 267, San Isidro, Lima

Tel: (511) 611 6000

<http://www.minam.gob.pe>

Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP)

Presidente: Pablo Eloy Puertas Meléndez

Av. José Abelardo Quiñones Km. 2.5, San Juan Bautista, Iquitos, Loreto, Perú.

Teléfono: (+51-065-265515 / 265516)

<http://www.iiap.gob.pe>

Comité Revisor

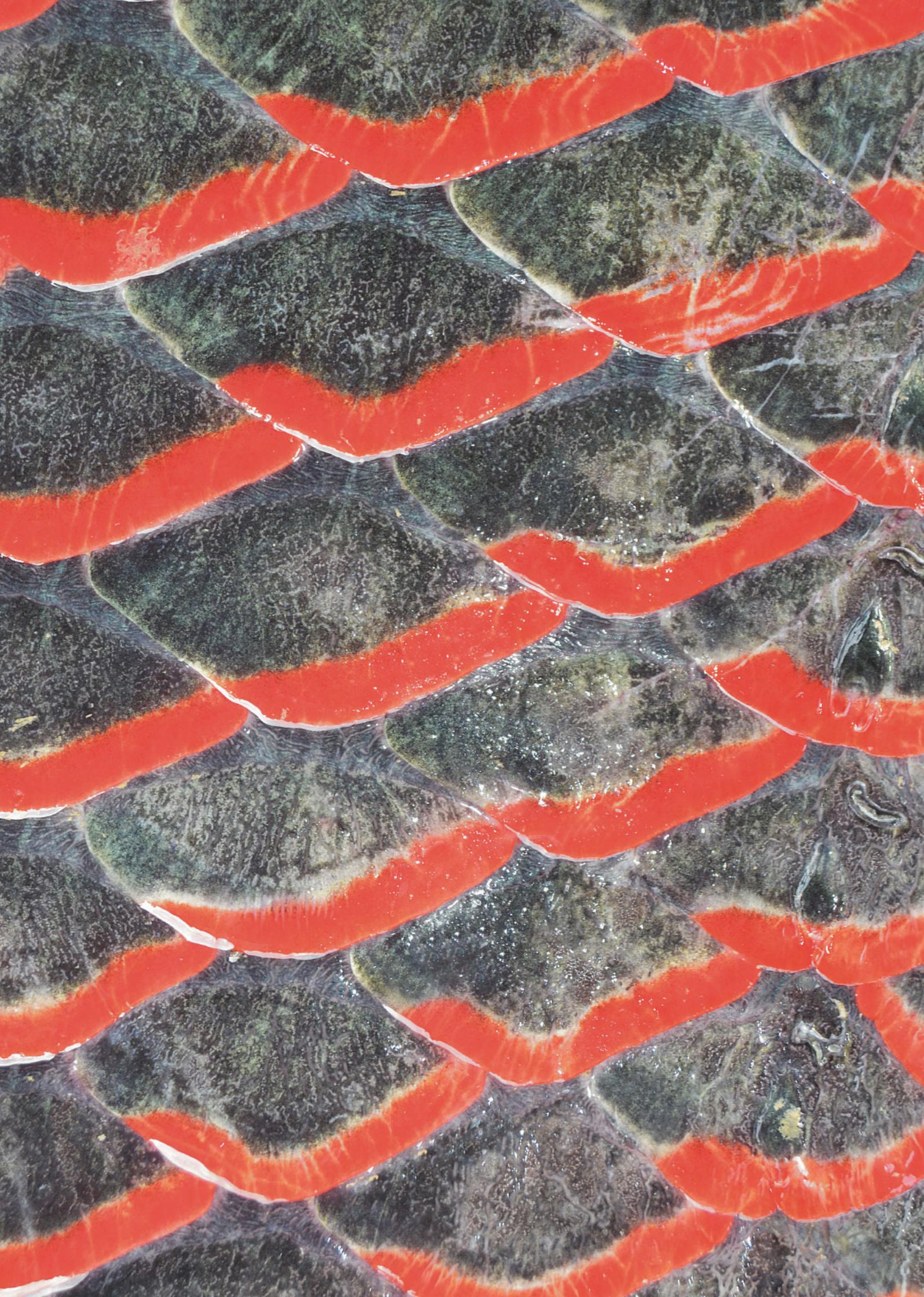
Revisión de textos: Fil. Manuel Martín Brañas. IIAP - Perú

Revisión académica : Jesús Núñez-Rodríguez, Dr. IRD - Francia

Foto portada: Luis Armando García Solsol

Foto falsa portada: Luis Armando García Solsol

Diseño y diagramación: Josejo Art Studio



LOS AUTORES

LUCIANO ALFREDO RODRÍGUEZ CHU

Biólogo egresado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), con estudios de Maestría en Acuicultura, especialista en reproducción de peces amazónicos y transferencia y capacitación de tecnología para grupos indígenas y productores acuícolas de la Amazonía.

lrodriguez@iiap.gob.pe

KEVIN MORGAN RUIZ TAFUR

Biólogo acuicultor egresado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos-Perú. Candidato al grado de maestro en acuicultura (EPG de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos, Perú), especialista en reproducción y taxonomía de peces amazónicos. Consultor en hidrobiología y acuicultura. CCS, SCBI. Washington, EE.UU.

kmrtafur@gmail.com

HARVEY SATALAYA ARELLANO

Biólogo acuicultor egresado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú. Candidato al grado de Maestro en Acuicultura (EPG de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, Iquitos – Perú). Especialista en cultivo de peces amazónicos y transferencia de tecnología acuícola. Especialista en proyectos acuícolas e investigación pesquera. IIAP Loreto, CIFAB - Quistococha.

hsatalaya@iiap.gob.pe

MIRIAM ADRIANA ALVÁN AGUILAR

Bióloga egresada de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, con estudios de doctorado en Ecología Amazónica y grado de magister en Ciencias Biológicas con mención en Entomología. Especialista en acuicultura amazónica y ecología acuática. Labora como investigadora acuícola en el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana-IIAP y tiene amplia experiencia en docencia universitaria a nivel de pre-grado.

malvan@iiap.gob.pe

CLINT STING CHIRINOS RAMÍREZ

Bachiller en Acuicultura (Universidad Nacional de la Amazonía Peruana). Asistente de Investigación Acuícola del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB) del IIAP.
cchirinosramirez21@gmail.com

CHRISTIAN FERNÁNDEZ MÉNDEZ

Ingeniero acuicultor egresado de la Universidad Nacional Federico Villareal (UNFV). Magister en Acuicultura (UNMSM). Especialista del IIAP en larvicultura, nutrición y fisiología de peces.
cfernandez@iiap.gob.pe

ROSA ANGÉLICA ISMIÑO ORBE

Bióloga egresada de la Universidad Ricardo Palma (URP), maestra en Biología de Agua dulce y Pesca Interior en el INPA-Brasil, investigadora del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Especialista en cultivos auxiliares, destacando la producción de alimento vivo para peces amazónicos.
rismino@iiap.gob.pe

GERMÁN AUGUSTO MURRIETA MOREY

Biólogo egresado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP), con estudios de Maestría en la Universidad de Georg-Augusto, Goettingen-Alemania. Con doctorado en el programa de Biología de Agua Dulce y Pesca Interior del INPA-Brasil. Con post-doctorado en la Universidad Federal do Paraná, Curitiba-Brasil. Especialista en Parasitología de Peces y Sanidad Acuícola. Investigador del IIAP y Director de la Dirección de Investigación en Ecosistemas Acuáticos Amazónicos (AQUAREC).
gmurrieta@iiap.gob.pe

INDICE

Prólogo.....	pág 6
Presentación.....	pág.8
Introducción.....	pág.9
Extracción de la Hipófisis.....	pág.12
Procesamiento de la Hipófisis.....	pág.17
Uso de la Hipófisis.....	pág.20
Validación del proceso de reproducción inducida utilizando hipófisis de paiche en ejemplares de gamitana <i>Colossoma macropomum</i> y sábalo <i>Brycon amazonicus</i>.....	pág.21
Agradecimientos.....	pág.31
Glosario de términos.....	pág.32
Referencias bibliográficas.....	pág.34



PRÓLOGO

A inicios de la década de los ochenta, trabajando en la reproducción inducida de gamitana *Colossoma macropomum* (Serrasalminidae) con extractos hormonales, utilizamos hipófisis de paiche *Arapaima gigas* (Arapaimidae), especie distante filogenéticamente de la especie de interés. Tuvimos como antecedente la respuesta positiva de muchas especies a la administración de hipófisis de carpa, *Cyprinus carpio* (Cyprinidae). No logramos inducir la ovulación y el desove de la gamitana porque aún no habíamos establecido la dosis adecuada, pero si tuvimos evidencias de respuesta positiva a la administración de los extractos.

Desde los inicios de nuestro trabajo en la Amazonía peruana, nos llamó la atención el gran tamaño de la glándula hipófisis del paiche y luego de coleccionar varias de ellas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, las preservamos por cerca de 10 años, mientras criábamos hasta su madurez sexual a la gamitana capturada como alevino en los remansos del río Amazonas.

Entre varios objetivos de nuestro trabajo, pretendíamos inducir la ovulación y desove de la gamitana y otras especies, lo que, en pocos años, se convirtió en logro, con sus implicancias en el desarrollo socio económico de la región amazónica del país, contribuyendo al incremento de la oferta de proteína para la alimentación de la población, a la generación de empleo y la generación de renta en el sector productivo.





El tiempo pasa y hoy, en el retiro, con gran satisfacción, respondo a la invitación de mi colega biólogo Dr. Germán Augusto Murrieta Morey, ayer mi alumno en la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, para prologar la edición del Manual de Extracción, Procesamiento y uso de la Hipófisis de Paiche en la Reproducción Inducida de Peces Amazónicos, que ha preparado un grupo entusiasta de jóvenes profesionales del IIAP. La región y el país entero requieren del compromiso y la creatividad de sus profesionales para poner en valor la gran diversidad y riqueza de sus recursos, siendo esta una muestra de ello.

Este manual, con certeza, servirá para el establecimiento de una nueva estrategia de tratamiento de la gamitana y otras especies de interés en los procesos de reproducción inducida, contribuyendo a la reducción de los costos y al desarrollo de la piscicultura en el país.

Biólogo Dr. Fernando Alcántara Bocanegra
Profesor Principal cesante de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana
Investigador Principal cesante del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana



PRESENTACIÓN

En la región Loreto, la actividad acuícola viene tomando trascendencia en las diferentes instancias y niveles del gobierno, como también en las diversas empresas privadas, organismos gubernamentales y ONGs; la importancia se refleja en el fomento, difusión y promoción del cultivo de peces amazónicos como actividad promisoría para el desarrollo de la región. Asimismo, la acuicultura es considerada como una actividad productiva y de ahí radica la consideración y jerarquía que viene siendo asumida por parte de diversas entidades estatales y privadas. La razón principal de esto es porque permite generar nuevos emprendimientos de negocios, diversificación de actividades ligadas a la agricultura y pecuaria, mitigación de los impactos negativos de los ambientes acuáticos por causa de la sobrepesca y malas prácticas de los recursos pesqueros y, por último el aprovechamiento del recurso con fines de seguridad alimentaria.

En el presente manual se opta por investigar la hipófisis del “paiche” *Arapaima gigas* en los tratamientos hormonales en “gamitana” *Colossoma macropomun* y “sábalo” *Brycon amazonicus*, trabajos que viene realizando el IIAP en el “Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra”, con el fin de aprovechar la glándula hipófisis de tal forma que se pueda difundir a los productores acuícolas que trabajan con esta especie para darle un valor agregado y generar un nuevo emprendimiento que será útil en la reproducción de peces amazónicos.

En ese sentido, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana con la finalidad de desarrollar nuevas tecnologías e insumos para la acuicultura amazónica, apuesta por utilizar hipófisis de paiche en la reproducción inducida de peces amazónicos, reduciendo considerablemente los costos de producción de alevinos de peces de las especies más demandadas y comercializadas en nuestra región.

El objetivo del presente trabajo es otorgar a los estudiantes, técnicos, empresarios, investigadores y demás involucrados en la actividad piscícola, informaciones básicas para el aprovechamiento del recurso “paiche” en beneficio de la población amazónica.

Agradecemos al presidente del IIAP, Blgo. Pablo E. Puertas Meléndez, al gerente general del IIAP, Lic. Jorge Armando Peláez por el apoyo brindado para la elaboración de la presente obra.



INTRODUCCIÓN

Ante la necesidad de generar alternativas para la reproducción inducida de peces, por lo general, se opta por utilizar hipófisis de especies nativas, debido sobre todo a que están disponibles en el mercado regional y tienen un costo menor. Esta posibilidad permite romper la dependencia existente con algunos tipos de hormonas comerciales que resultan menos ventajosas para las instituciones del estado o las empresas privadas que desarrollan la reproducción inducida.

Una de las opciones que se vienen investigando durante los últimos años, ha sido la utilización de la hipófisis del paiche *Arapaima gigas* en el proceso de reproducción inducida.

El paiche es uno de los peces más grandes de la cuenca amazónica que puede alcanzar los tres metros de longitud y pesar 250 kg. La implementación de las vedas sistemáticas y los planes de manejo para su conservación ha permitido que las poblaciones de paiche se recuperen favorablemente. El manejo de la especie en ambiente natural o artificial abre la posibilidad de realizar un aprovechamiento más efectivo de su hipófisis para la reproducción inducida, dando mayor valor agregado al manejo sostenible de la especie.

Bajo este contexto, gracias al trabajo de campo y validación en laboratorio del uso de la hipófisis de paiche en la reproducción de peces amazónicos, el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), pone a disposición el documento titulado “Manual de Extracción, Procesamiento y Uso de la Hipófisis de Paiche en la Reproducción Inducida de Peces Amazónicos”, elaborado por sus investigadores y personal técnico. El uso de la hipófisis del paiche es una alternativa para aquellas instituciones públicas o privadas que desarrollen programas de reproducción con especies amazónicas, ya que gracias a esta tecnología podrán obtener alevinos, beneficiando finalmente a los diferentes piscicultores que contribuyen con el crecimiento y desarrollo de la actividad acuícola en la región Loreto y el país.





**MANUAL DE EXTRACCIÓN, PROCESAMIENTO Y
USO DE LA HIPÓFISIS DE PAICHE EN LA
REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE
PECES AMAZÓNICOS**

EXTRACCIÓN DE LA HIPÓFISIS

Sacrificio de los peces

Para extraer la hipófisis de un paiche es necesario sacrificar al individuo, es por este motivo que se eligen aquellos ejemplares que hayan alcanzado la talla de 1.60 a 1.85 m o edades de primera reproducción, después de los 4 o 5 años. El sacrificio puede realizarse por contusión, lo que implica dar un golpe en la parte trasera de la cabeza. También se puede utilizar algún tipo de anestésico. Una vez que el paiche esté sin ningún signo de vida se procede a retirar la cabeza. Para ello se realiza un corte a la altura de la zona del istmo (Figura 1), luego se procede a retirar las escamas que se encuentran alrededor del inicio del tronco, zona en la que se une con la cabeza. Seguidamente, realizamos la incisión utilizando un instrumento cortante o agudo, se realiza un corte que atraviesa la musculatura y la primera vertebra de la serie cervical o atlas (Figura 2). Finalmente, la cabeza se desprende del tronco, quedando todo listo para iniciar el proceso de hipofisectomía del paiche (Figura 3).



Figura 1. Corte a la altura del istmo

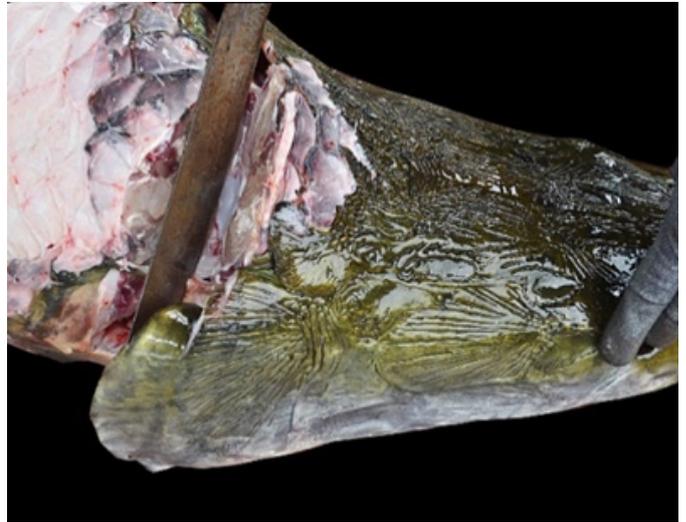


Figura 2. Corte a la altura de la primera vertebra "ATLAS"



Figura 3. Región cefálica del Paiche

Hipofisectomía en el Paiche:

Este procedimiento consiste en extirpar o retirar la hipófisis del *Arapaima gigas* "paiche". El procedimiento consta de tres fases.

Primera fase:

Realizar un corte de 10 cm con algún tipo de instrumento cortante, como una sierra de metal o un cuchillo bien afilado, al nivel superior de la cabeza, específicamente en la zona occipital (Figura 4). Seguidamente se vuelve a realizar un corte de aproximadamente 10 cm a la altura media de la región cefálica, encima de la zona orbital (Figura 5)



Figura 4. Primer corte en la zona occipital



Figura 5. Segundo corte en la zona media de la cabeza

Por último, se realiza un corte superficial colocando la cabeza en posición vertical, tal como se observa en la Figura 6. El corte final queda en forma de campana, descubriéndose una inconfundible capa de grasa (Figura 7).



Figura 6. Tercer corte de forma vertical, se procede a retirar estructuras óseas de la cabeza



Figura 7. Zona frontal descubierta

Segunda fase:

Una vez retirada la estructura ósea, procedemos a retirar con una cuchara de metal todo el tejido adiposo o grasa (Figura 8). La grasa brinda protección al sistema nervioso central (SNC) o "cerebro" del paiche.

Una vez identificado el sistema nervioso central, se procede a limpiar y secar con papel filtro los excedentes de agua, aceite y sangre, hasta dejarlo completamente seco (Figura 9). Este paso debe ser realizado con sumo cuidado, ya que el sistema nervioso es muy delicado. La limpieza de la zona nos permite contemplar mucho mejor el sistema nervioso central del paiche (Figura 10).

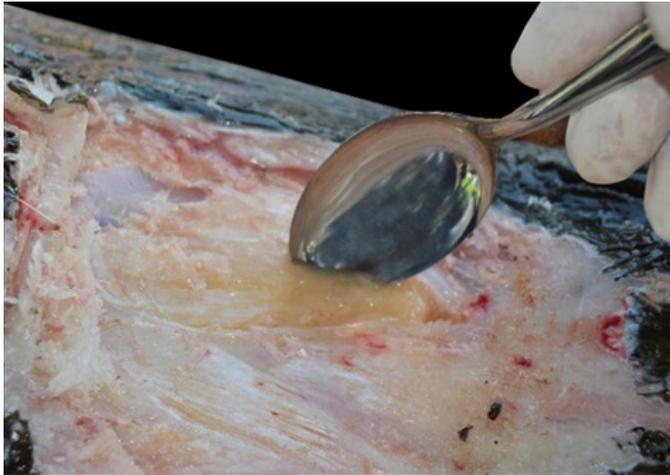


Figura 8. Extracción del tejido adiposo "grasa"



Figura 9. Secado de la zona donde se encuentra el SNC

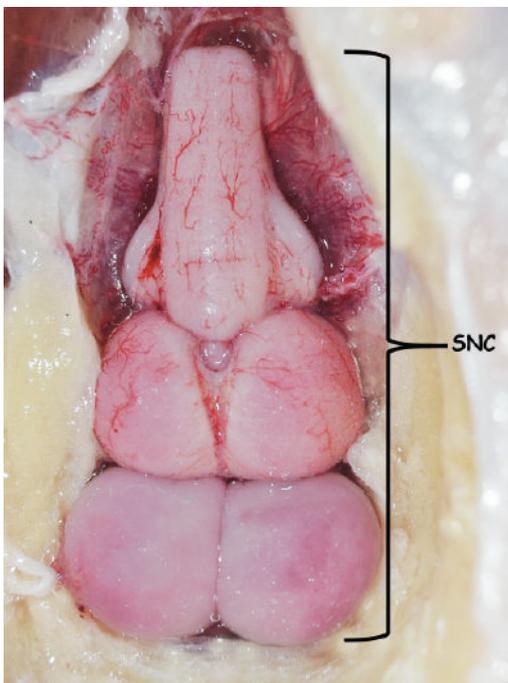


Figura 10. Sistema Nervioso Central (SNC) del paiche.

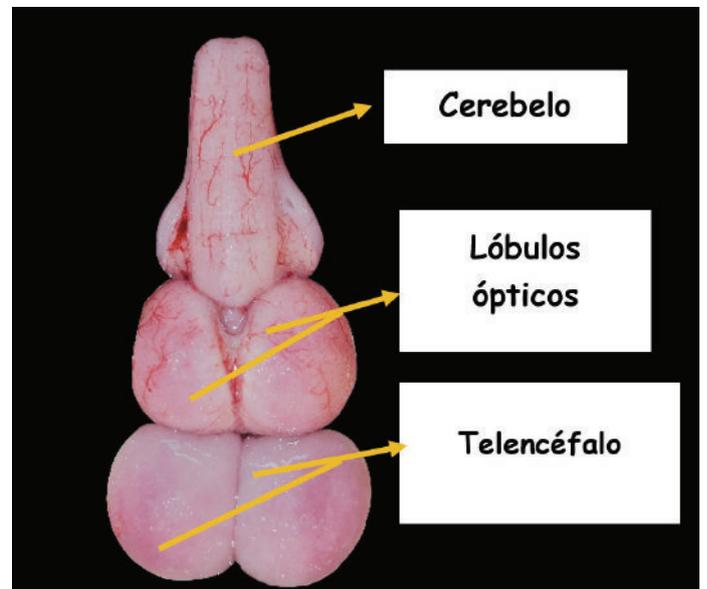


Figura 11. Zonas del Sistema Nervioso Central (SNC) del paiche.

Tercera Fase:

Con la ayuda de unas tijeras y una pinza quirúrgica, procedemos a retirar el cerebro. Este paso debe ser realizado con mucho cuidado, debido a que debajo de la base del cerebro se encuentra ubicada la hipófisis o glándula pituitaria (Figura 12). Una vez retirado el encéfalo, la hipófisis queda totalmente visible. Antes de extraerla se deben retirar con papel filtro los líquidos presentes alrededor de la hipófisis (Figura 13).



Figura 12. Retirando el cerebro



Figura 13. Hipófisis del paiche

Con el uso de una pinza quirúrgica extraemos la hipófisis del paiche, ejerciendo una leve presión (Figura 14). La hipófisis es colocada en un frasco con acetona fría (4 a 6 °C) para su conservación final (Figura 15 y 16). El espacio óseo que queda después de extraída la hipófisis es conocido como silla turca (Figura 17).

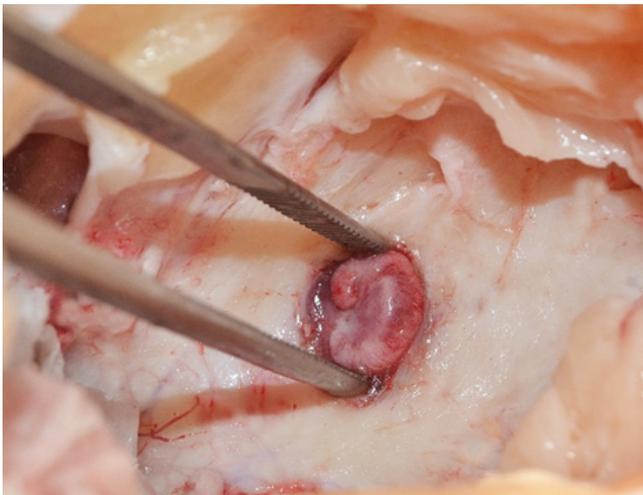


Figura 14. Extracción de la hipófisis de paiche.



Figura 15. Colocación de la hipófisis en un frasco con acetona



Figura 16. Conservación de hipófisis de paiche.

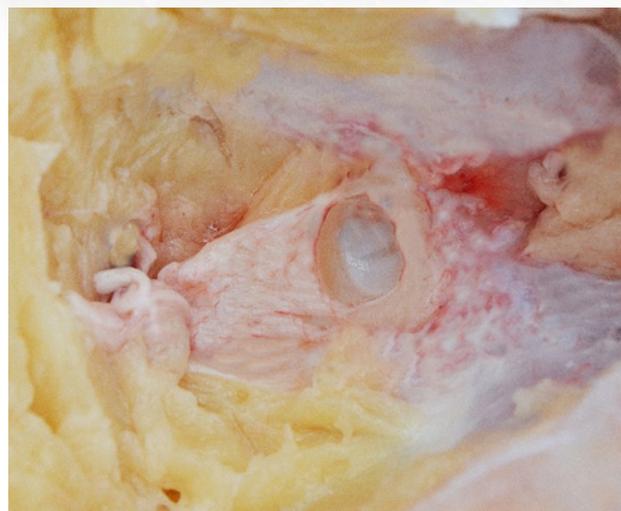


Figura 17. Silla turca

Hipófisis o glándula pituitaria

Esta glándula endocrina segrega hormonas que regulan determinadas funciones del cuerpo, actuando de manera principal en el ciclo reproductivo de los peces. Se encuentra ubicada en el interior de una estructura ósea conocida como silla turca y tiene forma de guisante (Figura 18). Mide en promedio 4.6 mm de diámetro, con un peso húmedo de 273.8 mg promedio para ejemplares de paiche que van de 1.9 a 2.46 m de longitud total y pesos de 69 a 174 kg. Esta glándula aumenta de tamaño cuando se acerca la época de reproducción. En ella se aprecia una vascularización considerable, que permite la distribución de las hormonas secretadas por la hipófisis que se concentran y fluyen para alcanzar el resto de los órganos del cuerpo. Las hipófisis, colectadas y conservadas para su aplicación en la reproducción inducida de peces amazónicos, deben provenir de ejemplares adultos y estar en plena maduración sexual, solo así se garantizarán los niveles suficientes de gonadotropinas responsables de la maduración final de los peces en cautiverio.



Figura 18. Hipófisis o glándula pituitaria de paiche

PROCESAMIENTO DE LA HIPÓFISIS

Hipofización

Es la técnica que permite el uso de extractos crudos de hipófisis para inducir la maduración final de los ovocitos, la espermiación y el desove en los peces. A continuación se describe el proceso de utilización de la hipófisis de paiche para la inducción hormonal en peces amazónicos.

Trabajo en laboratorio:

Se procede, en primer lugar, a tomar el peso húmedo de las hipófisis que fueron colectadas (Figura 19 y 20), colocándolas inmediatamente después, por un periodo de 48 horas, en la estufa (Figura 21).



Figura 19. Obtención del peso húmedo de la hipófisis del paiche

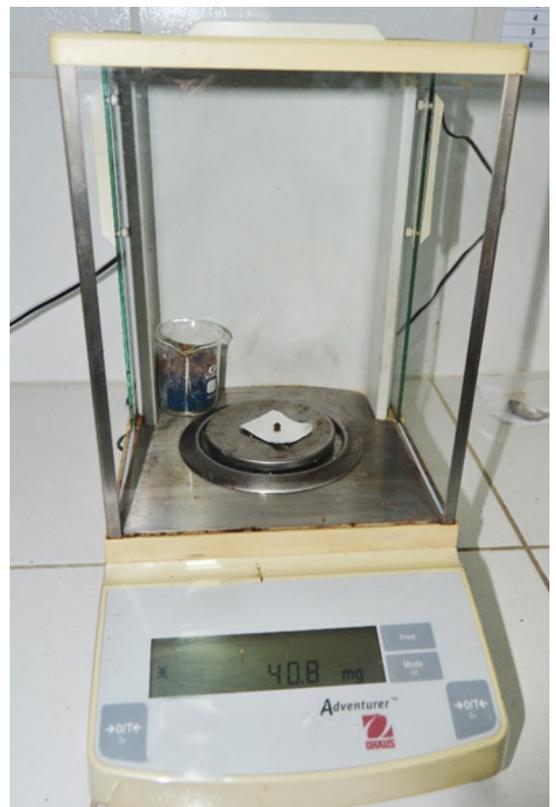


Figura 20. Peso seco de la hipófisis



Figura 21. Colocación de la hipófisis en el desecador

Pasadas las 48 horas, las hipófisis están libres de humedad. En este momento son retiradas de la estufa, procediendo a molerlas, utilizando un mortero y un pilón de laboratorio (Figura 22).



Figura 22. Trituración de las hipófisis

Las hipófisis de paiche son trituradas hasta hacerlas polvo (Figura 23). Finalmente, son guardadas en frascos de vidrio utilizando una cuchara de metal (Figura 24).



Figura 23. Hipófisis de paiche en polvo



Figura 24. Guardando el extracto de hipófisis de paiche

Para los procesos de inducción hormonal es importante, en primer lugar, conocer el peso de los reproductores, tanto de las hembras como de los machos. Nos aseguraremos que estén maduros sexualmente. Una vez que conocemos el peso de los ejemplares seleccionados, pesamos el extracto seco molido de hipófisis de paiche en una balanza analítica con alta precisión (0.1 mg) (Figura 25)



Figura 25. Pesaje de la hipófisis de paiche

Es recomendable que cuando realicemos el pesado de la hipófisis de paiche, utilicemos papel canson o tubos pequeños eppendorf, rotulando y guardando convenientemente el contenido (Figura 26).



Figura 26. Rotulación del extracto de hipófisis de paiche

USO DE LA HIPÓFISIS

Antes de utilizar el extracto de la hipófisis de paiche para la reproducción inducida, se acompaña de una solución salina (suero fisiológico) en volúmenes de 1 a 3 ml, dependiendo del peso del pez reproductor y de la cantidad de EPP que hay que usar para cada especie. Una vez introducido el suero en el tubo eppendorf, lo tapamos y agitamos por un espacio de 20 segundos varias veces. (Figura 27). Una vez agitado el suero con el extracto de hipófisis, lo extraemos utilizando una jeringa (Figura 28) y lo inyectamos en los peces seleccionados (Figura 29)



Figura 27. Uso de suero fisiológico.



Figura 28. Extracción del extracto de hipófisis diluido con suero fisiológico.



Figura 29. Inyección del extracto de hipófisis en ejemplar reproductor.

VALIDACIÓN DEL PROCESO DE REPRODUCCIÓN INDUCIDA UTILIZANDO HIPÓFISIS DE PAICHE EN EJEMPLARES DE GAMITANA *Colossoma macropomum* Y SÁBALO *Brycon amazonicus*

SELECCIÓN DE LOS REPRODUCTORES

Para la selección de los reproductores se realiza un muestreo del plantel de peces con la finalidad de observar características que permitan identificar la madurez sexual de los ejemplares (Figura 30). En el caso de ejemplares hembras, se puede observar un abultamiento en el abdomen que puede ser una señal que nos indica que el pez está cargado de ovocitos. Para confirmar el grado de madurez sexual es necesario realizar un examen interno, utilizando una cánula que permite extraer los ovocitos (Figura 31). Una vez extraídos, estos deben ser observados en el estereoscopio (Figura 32) para determinar la posición del núcleo, lo que nos indicará el grado de madurez y viabilidad para los procesos reproductivos. El núcleo en posición central indicará que el pez aún no está listo para ser inducido hormonalmente; el núcleo en posición periférica indicará que el pez está listo para ser inducido; y un núcleo ausente indicará que el pez está iniciando la regresión gonadal (Figura 33).



Figura 30. Muestreo del plantel reproductor.



Figura 31. Proceso de canulación para la extracción de ovocitos.



Figura 32. Observación de los ovocitos bajo estereoscopio.

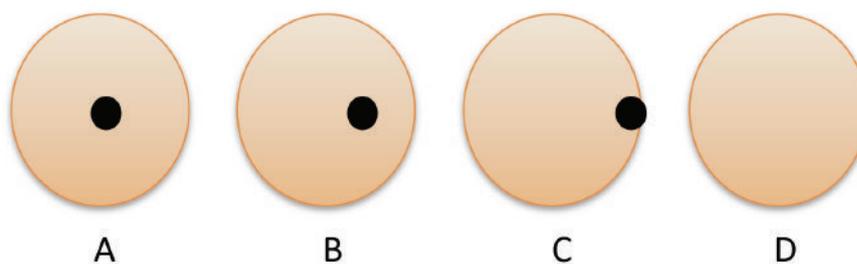


Figura 33. Posición del núcleo en ovocitos de gamitana para determinar el grado de madurez sexual. A: núcleo en posición central; B y C: núcleo en posición periférica; D: núcleo ausente.

En el caso de ejemplares machos, se debe presionar el abdomen. De observarse emisión de semen, será un indicador de madurez sexual.

ACONDICIONAMIENTO

Una vez que hemos seleccionado a los peces, procederemos a su acondicionamiento en tanques de concreto con una división, colocando los machos a un lado y las hembras al otro (Figura 34). Antes de aplicar las dosis hormonales, se deben pesar los peces para poder calcular la concentración de hormona que utilizaremos.



Figura 34. Acondicionamiento de los peces. Separación de ejemplar macho y de ejemplar hembra.

INDUCCIÓN HORMONAL

La aplicación de la hormona se realiza vía intraperitoneal. Las dosis son aplicadas con intervalos de 12 horas, siendo la aplicación inicial generalmente a las 7:00 pm y 12 horas más tarde la aplicación final (7:00 am). Las dosis para cada sexo son mostradas en la Tabla 1.

Hormona	Dosis/Kg de pez	Aplicación inicial	Aplicación final	Sexo
Extracto de hipófisis de paiche	3 mg	10%	90%	Hembra
	1 mg	50%	50%	Macho

Tabla 1. Dosis y aplicación de la hipófisis de paiche para los procesos de reproducción inducida



Figura 35. Inducción hormonal en gamitana.

FERTILIZACIÓN DE LOS ÓVULOS

Transcurridas de seis a ocho horas de aplicada la segunda dosis hormonal, se monitorean las hembras. Para ello se realizan leves masajes en la parte abdominal. Si se observa emisión de óvulos, se procede a presionar con más fuerza con la finalidad de lograr la expulsión de la totalidad de óvulos (Figura 36).



Figura 36. Expulsión de los óvulos en ejemplar hembra de gamitana.

En el caso de los machos, debe realizarse también una presión abdominal con la finalidad de lograr la emisión del semen (Figura 37) para la consecuente fertilización de los óvulos. La fertilización se realiza mezclando el semen con los óvulos. Para ello se utiliza una pluma de ave, con la cual se realizan leves movimientos circulares y luego añadiendo agua limpia (10% del volumen total de la mezcla óvulos+semen) para la fertilización durante un periodo de tres a cinco minutos (Figura 38). El uso de la pluma permite mantener la integridad de los frágiles huevos.



Figura 37. Emisión de semen de ejemplar macho de gamitana.



Figura 38. Mezcla de los óvulos con el semen para iniciar el proceso de fertilización.

INCUBACIÓN

Una vez que hemos fertilizado en seco los óvulos con el producto sexual masculino, se limpian con abundante agua, dando inicio a la incubación de los huevos fecundados en un sistema de circuito cerrado dotado de incubadoras de flujo vertical tipo Woynarovich, modificadas para una capacidad de 40 litros y alimentadas con agua a través de mangueras situadas en la parte inferior. A las incubadoras se les adapta un filtro tipo corona para evitar la fuga o escape de los huevos y larvas. El sistema permite un significativo ahorro de agua y mantiene una mínima variación de la temperatura. El uso del circuito cerrado sin recambio de agua puede mantenerse hasta las 10 horas de incubación, luego de este periodo se recambia el 50% del agua. Luego de este periodo se activa el flujo de agua del tanque y se procede a trabajar en un circuito abierto hasta la eclosión de los huevos (entre las 18 a 22 horas post-fecundación).



Figura 39. Incubación de los huevos.

ECLOSIÓN DE LOS HUEVOS

La eclosión ocurre luego de las 18 ± 1 horas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ de la fecundación, las larvas nacen aun sin la capacidad de nadar y con un saco vitelino que luego de las 72 horas se reabsorbe, siendo el único alimento que les permite sobrevivir durante las primeras horas de vida.

DESARROLLO EMBRIONARIO

El desarrollo embrionario se inicia luego de la fecundación, teniendo una duración aproximada de 18 horas. En la Figura 40 mostramos las etapas del desarrollo embrionario.

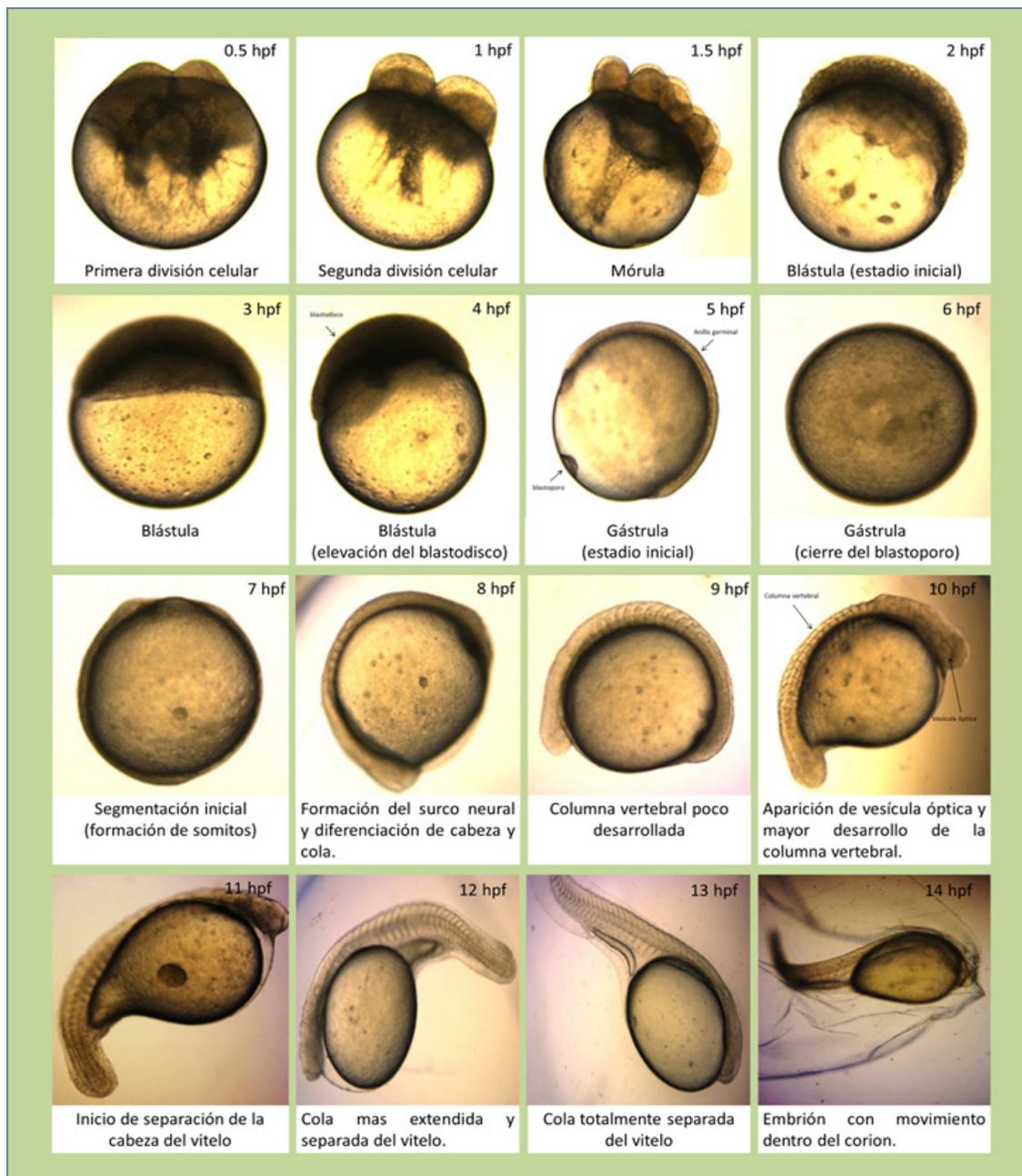


Figura 40. Desarrollo embrionario de la gamitana.

RESULTADOS DE LA INDUCCIÓN

Durante el año 2019, se realizaron 10 ensayos de inducción en 24 ejemplares adultos de gamitana. De los 24 individuos empleados, 20 de ellos desovaron (83.33%). En cuanto al número de dosis empleadas, el 35% de los individuos desovaron luego de aplicada la primera dosis y el 65% lo hicieron después de la aplicación de la segunda dosis. Independientemente del desove, se tuvo en cuenta la viabilidad de los huevos. De los 24 individuos utilizados, 14 (54.94%) resultaron en huevos viables que dieron origen a larvas.

Para el caso de ejemplares de sábalo, se realizaron tres ensayos reproductivos, induciendo a 20 hembras, de las cuales 11 desovaron, mostrando una efectividad del 55%.

En cuanto a la dosificación empleada utilizando la hipófisis de paiche, se demostró que 3 mg/Kg, es efectiva para los procesos de inducción hormonal en peces de la especie gamitana y sábalo (*Colossoma macropomum* y *Brycon amazonicus*)



Figura 41. Inducción hormonal de sábalo *Brycon amazonicus* por la vía muscular.



Figura 42. Inducción hormonal a ejemplar de sábalo *Brycon amazonicus* por la vía intraperitoneal.



Figura 43. Ejemplar hembra de sábalo en proceso de desove.



Figura 44. Huevos de sábalo en incubadora.



Figura 45. Muestras de larvas de sábalo de un día post eclosión.



Figura 46. Larvas de gamitana de un día post eclosión.

COMENTARIOS

La viabilidad de los huevos, con la consecuente eclosión de las larvas, depende del manejo previo que consiste en alimentación, calidad de agua, manipuleo y estado de salud de los ejemplares reproductores. Hay casos en los que las hembras no presentan todos los óvulos en calidad homogénea, es decir, no todos los óvulos de una hembra “madura” pueden ser viables en el momento que se realiza la inducción, situación que puede influir posteriormente en la eclosión de las larvas. Por otro lado, el manejo en las incubadoras puede influir en el porcentaje de eclosión. El mismo criterio se aplica para determinar los factores que influyen en el porcentaje de sobrevivencia de larvas, post-larvas y alevinos.

Según los resultados obtenidos hasta la fecha, la hipófisis de paiche es efectiva para la reproducción inducida de la gamitana y el sábalo.







AGRADECIMIENTOS:

A los grupos de manejo “los Jaguares”, “Los Leones” y “Catalanes”, de la Reserva Nacional Pacaya Samiria - RNPS –cuenca del río Pacaya-Puesto de Vigilancia 1, por permitirnos extraer muestras de hipófisis de los ejemplares en el marco de las cuotas establecidas para el aprovechamiento anual del paiche en la RNPS. Al Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Un agradecimiento especial a los señores Hugo Marichín Ayambo, Italo Orbe Torres, Lidman Arimuya Paredes y Julio Sampaya Ruiz por participar en los trabajos metodológicos y fotográficos de la extracción y colecta de las hipófisis del paiche.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Alevino: término utilizado comúnmente en la actividad piscícola o acuícola y en ciencias como la ictiología. Designa las crías recién nacidas de los peces.

Biopsia ovárica: extracción de ovocitos introduciendo una cánula por el conducto ovopositor de las hembras para observar la posición del núcleo de los ovocitos.

Desarrollo embrionario o embriogénesis: proceso que se inicia gracias a la fecundación de los gametos masculinos y femeninos para dar lugar a la eclosión del pez.

Desove: acción y efecto de liberar óvulos o esperma en gran parte de los peces que presentan fecundación externa.

Dosificación: es la cantidad de sustancia utilizada, para las inducciones hormonales.

Embrión: en los seres vivos de reproducción sexual, óvulo fecundado en las primeras etapas de su desarrollo hasta la eclosión.

Espermatozoide: célula reproductora masculina de los animales, destinada a la fecundación del óvulo.

Espermiación: liberación de espermatozoides al exterior.

Fecundación: proceso sexual que consiste en la unión de los productos gonadales, es decir, óvulos y espermatozoides.

Gamitana: es una especie de pez de la Familia Serrasalminidae, conocida también como cherna, gamitana, tambaquí o pacú negro, originaria de las cuencas del Orinoco y de la Amazonía. Su nombre científico es *Colossoma macropomum*.

Glándula: órgano encargado de producir y liberar sustancias llamadas “hormonas” necesarias para el vital funcionamiento del organismo.

Gonadotropinas: son distintas hormonas secretadas por la hipófisis que intervienen directamente en la reproducción, haciendo que se desarrollen los procesos de crecimiento de los ovocitos y de la producción de los espermatozoides.

Hipofisación: inyección de extractos de hipófisis o pituitaria a peces de interés en la acuicultura.

Hipófisis: glándula de secreción interna del organismo que está en la base del cráneo y se encarga de controlar la actividad de otras glándulas y de regular determinadas funciones del cuerpo, como el desarrollo o la actividad sexual.

Hipotálamo: ubicado en la región ventral del mesencéfalo, cuya función principal es controlar el funcionamiento del sistema nervioso y la actividad de la glándula pituitaria.

Hormona folículoestimulante (FSH): hormona gonadotrópica producida por la hipófisis. En las hembras produce la multiplicación y el crecimiento de los ovocitos y en los machos la producción de espermatozoides. Junto a la hormona luteinizante trabaja sinérgicamente en los procesos reproductivos.

Hormona luteinizante (LH): es una hormona gonadotrópica producida por la hipófisis o glándula pituitaria que regula la secreción de testosterona en los machos y la secreción de progesterona en las hembras, controlando la maduración ovocitaria.

Hormona: es una sustancia química producida por alguna glándula del cuerpo y cuyo objetivo es regular la función de un determinado órgano.

Huevo: término empleado para llamar al ovocito fecundado por el espermatozoide.

Incubación: proceso de mantenimiento de los huevos sometidos a parámetros ambientales constantes bajo medios artificiales para que los embriones se desarrollen.

Inducción hormonal: uso de una hormona sintética o natural con la finalidad de estimular la ovulación o espermiación.

Intraperitoneal: acción que se realiza en el interior de la cavidad peritoneal.

Larva: fase juvenil de los peces con desarrollo indirecto (con metamorfosis) y que tienen una anatomía, fisiología y ecología diferente del adulto. Para los peces se considera que la fase larval se extiende hasta que el animal reabsorbe su saco vitelino.

Madurez: es la fase final del proceso de maduración sexual donde el pez alcanza la capacidad para reproducirse.

Ovocito: célula germinal femenina derivada de la ovogonia y que da lugar al óvulo.

Ovulación: es un proceso reproductivo que comienza con la ruptura folicular y la expulsión del ovocito.

Óvulo: célula reproductora femenina que se forma en el ovario de las hembras, que una vez fecundado por el espermatozoide da origen al embrión.

Paiche: el paiche, pirarucú o arapaima es una especie de pez osteoglosiforme de la familia Arapaimidae. Es el segundo pez escamado más grande del mundo que habita en aguas dulces, su nombre científico es *Arapaima gigas*.

Peces: son animales vertebrados acuáticos, generalmente ectotérmicos (regulan su temperatura a partir del medio donde viven).

Pituitaria o hipófisis: es una glándula endócrina y compleja situada en la base del cráneo en una estructura ósea llamada silla turca, controla la actividad de otras glándulas y órganos, regula las funciones del organismo como el desarrollo y la actividad sexual.

Post-larva: fase de desarrollo de los peces luego de la fase larval. En esta etapa el animal es capaz de alimentarse de organismos de su entorno.

Reproducción inducida: es el conjunto de técnicas o métodos que sustituyen a los procesos naturales de reproducción.

Sábalo: es una especie de pez de la familia Bryconidae dentro del orden de los Characiformes. Su nombre científico es *Brycon amazonicus*.

Validación: dar validez a una investigación, hacerla más rígida, consistente y reproducible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcántara, F. 1985. Reproducción inducida de gamitana *Colossoma macropomum* (Cuvier 1985) (Tesis Doctoral). Universidad Nacional de Trujillo. Perú.

Alcántara, F. & Flores, H., 1988. Avances en la producción de alevinos de gamitana, *Colossoma macropomum* y paco, *Piaractus brachypomus* por reproducción inducida. Folia Amazonica, 1-2 01, 10-15.

Araujo-Lima, C. & Gouding, M., 1997. So fruitful a fish: ecology, conservation and aquaculture of the Amazon's tambaqui. Columbia University Press, New York.

Batista, M., De Araujo, M., & Senhorini. 1986b. Criação de larvas de especies do gênero *Colossoma*, em redes beçários. Sinteste dos Trabalhos Realizados com Espécies do Gênero *Colossoma* Projeto Aquicultura. Brasil 3:16.

Bello, R., Gonzáles, L., La Grave, Y., Pérez, L., Prada, N., Salaya, J., & Santacana, J. 1989. Monografía sobre el cultivo de la cachama (*Colossoma macropomum*) en Venezuela. Pages 144-167 in R. A. Hernández, editor. Primera Reunión Grupo de Trabajo, Junio 1988, Brasil.

Bermúdez, D. 1979. Observaciones sobre el desarrollo embrionario de la cachama: *Colossoma macropomum*. Extensión Universitaria Barquisimeto, Venezuela Serie 1:2.

Daza, V.; Landines, M.; Sanabria, A. 2005. Reproducción de los peces en el trópico. Ministerio de Agricultura de Colombia - Instituto Colombiano de Desarrollo Rural, Universidad Nacional de Colombia – Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Bogotá D.C. – Colombia. 246 pp.

Farrell, A. P., 2011. Encyclopedia of fish physiology: from genome to environment. The Netherlands: Elsevier., 2.163 p

Guerra H. 1980. Desarrollo sexual del paiche (*Arapaima gigas*) en las zonas reservadas del Estado (ríos Pacaya y Samiria) 1971-1975. Instituto del Mar del Perú. Informe N° 67. 17 p.

Goulding, M. & Carvalho, M., 1982. Life history and management of the tambaqui (*Colossoma macropomum*, Characidae): an important Amazonian food fish. Revista Brasilia Zoological, 2 01, 107-133.

González, J; G. Hernández; O. Messia y A. Pérez. 2010. Extracto hipofisiario de Coporo, *Prochilodus mariae* como agente inductor sustitutivo en la reproducción de su misma especie. INIA- CENIAP, Departamento Acuicultura y Pesca. Zootecnia Trop., 28(1): 25-32.

Harvey, B. & Hoar, W. (1980). Teoría y práctica de la reproducción inducida en los peces. Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo. Bogotá, Colombia 48 pp.

Loureiro, F., De Almeida, & Ribeiro, V., 2017. Coleta de hipófise de tambaqui (*Colossoma macropomum*). Embrapa Amazônia Ocidental. Comunicado técnico, 132

Neves, A.M.B. 2000. Conhecimento atual sobre o pirarucu *Arapaima gigas*, p. 90-113. In: Fisher, C.F.A. (Coord). Recursos pesqueiros do médio Amazonas. Brasília: Ed. IBAMA.

PRODUCE, 2017. Anuario estadístico pesquero y acuícola. Ministerio de la producción (PRODUCE). Lima. 205 pp.

Pickford, G. E., AND ATZ, J. W. (1957). "The Physiology of the Pituitary Gland of Fishes." N. Y. Zool. Soc., N. Y.

Torati, L. 2017. Reproductive physiology of *Arapaima gigas* and development of tools for broodstock management. A Thesis Submitted for the Degree of Doctor of Philosophy Institute of Aquaculture University of Stirling Scotland.

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 Amazonica, 1 04, 54-59.

Woynarovich, E. 1986. Propagação artificial e criação do alevinos de tambaqui *Colossoma macropomum*. Editor corporación del Valle de San francisco (CODEVASP), Brazil.

Woynarovich, E. 1977. La Propagación de Peces. Informe Técnico N° 72. Venezuela. 48 p.

Zaniboni-Filho, E.; Weingartner, M., 2017. Técnicas de indução da reprodução de peixes migradores. Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v. 31, n. 3, p. 367-373.





Las Cajas

EL PERÚ PRIMERO



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



ISBN: 978-612-4372-30-8



9 786124 372308