

# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE ALTO AMAZONAS



## **EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE PITUITARIA DE PAICHE (*Arapaima gigas*) EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE PACO (*Piaractus brachypomus*)**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
BIÓLOGO ACUICULTOR**

**AUTOR:**

**LIZ JANETH TAPULLIMA MARREROS**

**ASESOR:**

**Dr. FRED WILLIAM CHU KOO**

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN:**

**PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA ANIMAL**

**YURIMAGUAS - PERÚ**

**2024**

## MDJ-02. DECLARACIÓN DE AUTORÍA

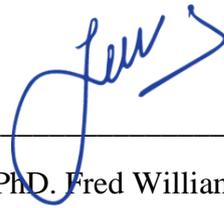
Dr. Ehrlich Yam Llasaca Calizaya, Coordinador de la Facultad de Ciencias, Programa de Estudios de Acuicultura de la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas.

### DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: “EVALUACIÓN DEL EXTRACTO DE PITUITARIA DE PAICHE (*Arapaima gigas*) EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE PACO (*Piaractus brachypomus*)”, constituye la memoria que presenta el Bachiller Liz Janeth Tapullima Marreros, para aspirar al título de Profesional en Biólogo Acuícola. Ha sido realizado en la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente constancia en Yurimaguas, a los 11 días del mes de Junio del año 2024.



---

PHD. Fred William Chu Koo

Asesor

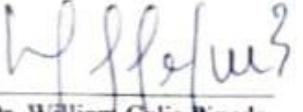
Evaluación del extracto de pituitaria de Paiche (*Arapaima gigas*) en la reproducción inducida de Paco (*Piaractus brachypomus*)

## TESIS

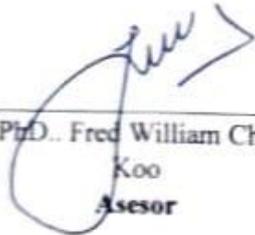
Presentada para optar el título profesional de Biólogo Acuicola

### JURADO CALIFICADOR

  
Dr. José Virgilio Aguilar  
Vásquez  
**Presidente**

  
Dr. William Celis Pinedo  
**Miembro**

  
Ing. MSc. Marino Rosendo  
Reyes Bedriñana  
**Miembro**

  
Ph.D. Fred William Chu  
Koo  
**Asesor**

Yurimaguas, 11 de junio del 2024

## **DEDICATORIA**

A mis padres, hermanos y abuelos, de quienes recibí motivación constante y apoyo incondicional durante el desarrollo de mi carrera profesional.

A cada una de las personas que fueron parte de este estudio e hicieron lo posible para que la investigación culminara de manera exitosa.

A todos los estudiantes y docentes de la Escuela Profesional de Ciencias Biológicas y Acuicultura de la UNAAA, así como a los distintos actores del sector acuícola de Alto Amazonas.

## AGRADECIMIENTO

Expreso mi profundo agradecimiento a Dios, por darme vida, salud y la fuerza necesaria para lograr esta ansiada meta.

A mis familiares, quienes me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.

A los profesionales que me acompañaron en la ejecución de mi tesis, entre ellos, a mi asesor, el Dr. Fred William Chu Koo por su dedicación, paciencia, consejos y correcciones precisas. Al Blgo. Julio Valles Cuipal por impartir sus años de conocimiento en la reproducción de peces y ser soporte técnico durante la realización del estudio. A mis docentes Magno Reyes Bedriñana y Juvenal Napuchi, por transmitirme los conocimientos necesarios.

A los señores, Karol Joseph Pérez Alvarado, Brenda Paulinich Torres y Elías Ramírez Cotrina, representantes de la empresa Productos Orgánicos LaDorada S.A.C., de la ciudad de Tarapoto, región San Martín, por la oportuna provisión de las cabezas de paiches adultos para la extracción de las hipófisis utilizadas en el presente estudio.

Al señor Willy Del Águila, por todas las facilidades prestadas; desde el uso de sus instalaciones piscícolas, el acceso a los semovientes y la utilización del laboratorio artesanal de reproducción.

A la Universidad Nacional Autónoma de Alto Amazonas por el financiamiento, del proyecto “Identificación de la dosis de aplicación de EPP más efectiva en el desove de hembras de *Piaractus brachypomus*”, gracias al cual se pudo llevar a cabo el presente estudio. Y a cada uno de los profesionales que formaron parte de mi vida universitaria, para ellos mi mayor reconocimiento y gratitud.

## Tabla de Contenido

	<b>Página</b>
<b>RESUMEN</b>	7
<b>ABSTRACT</b>	8
<b>CAPÍTULO I Datos Generales</b>	9
<b>1.1. Título del Proyecto</b>	9
<b>1.2. Proponente</b>	9
<b>1.3. Duración del Proyecto</b>	9
<b>1.4. Tesauro Unesco</b>	9
<b>CAPÍTULO II Problema</b>	13
<b>2.1. Planteamiento y Formulación</b>	13
<b>2.2. Hipótesis</b>	14
<b>2.3. Objetivos</b>	15
<b>2.3.1. Objetivo General</b>	15
<b>2.3.2. Objetivos Específicos</b>	15
<b>2.4. Justificación e Importancia</b>	15
<b>CAPÍTULOS III Marco Teórico</b>	16
<b>3.1. Antecedentes de la investigación</b>	16
<b>3.2. Base teórica</b>	25
<b>CAPÍTULO IV Método</b>	29
<b>4.1. Población y muestra</b>	29
<b>4.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos</b>	29
<b>4.3. Procedimientos</b>	29
<b>4.4. Tipo de Investigación</b>	39
<b>4.4. Análisis Estadístico</b>	39
<b>CAPÍTULO V Resultados y Discusión</b>	40
<b>5.1. Análisis Exploratorio de las variables en estudio</b>	40
<b>5.2. Descripción de las variables de estudio por niveles o categorías</b>	42

<b>CONCLUSIONES</b>	47
<b>RECOMENDACIONES</b>	48
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	49
<b>ANEXOS</b>	53

## Lista de Tablas

	<b>Página</b>
<b>Tabla 1.</b> Parámetros reproductivos en hembras de paco inducidas con extracto de pituitaria de paiche y hormona liberadora de las gonadotropinas.	40
<b>Tabla 2.</b> Tasa y peso de desove (media $\pm$ error estándar de la media) de hembras de paco, <i>P. brachypomus</i> , inducidas con tres concentraciones de extracto de pituitaria de paiche en Yurimaguas, región Loreto, Perú.	41
<b>Tabla 3.</b> Parámetros reproductivos de hembras de paco inducidas con dos dosis de extracto de pituitaria de paiche.	42

## Lista de Figuras

	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b> Identificación de la glándula pituitaria en la base del cerebro de un paiche adulto.	30
<b>Figura 2.</b> Extracción de la glándula pituitaria en el cráneo de un paiche adulto.	30
<b>Figura 3.</b> Vista del proceso de construcción de los cuatro corrales para el manejo de reproductores.	31
<b>Figura 4.</b> Finalización y llenado de los cuatro corrales para el manejo de reproductores de paco.	31
<b>Figura 5.</b> Marcaje de un ejemplar adulto de <i>Piaractus brachypomus</i> , utilizando pit tags (chips electromagnéticos).	32
<b>Figura 6.</b> Lector de chips empleado en la fase experimental de la tesis.	32
<b>Figura 7.</b> Extracto de Pituitaria de Paiche dosificado.	34
<b>Figura 8.</b> Preparación de EPP previa administración.	34
<b>Figura 9.</b> Administración de inductores hormonales (Gestar/EPP)	34
<b>Figura 10.</b> Colecta de gametos sexuales (ovocitos) en envases plásticos.	35
<b>Figura 11.</b> Colecta de gametos sexuales (semen) en envases plásticos.	35
<b>Figura 12.</b> Fertilización artificial e hidratación de huevos.	35
<b>Figura 13.</b> Incubación de huevos hidratados en incubadoras de 200 L.	35
<b>Figura 14.</b> Muestra de ovocitos fertilizados (huevos).	36
<b>Figura 15.</b> Eclosión de larvas de paco.	36
<b>Figura 16.</b> Evaluación de la madurez gonadal de un ejemplar de paco hembra.	37
<b>Figura 17.</b> Evaluación de un ejemplar de paco macho.	37
<b>Figura 18.</b> Identificación del código de un reproductor.	37
<b>Figura 19.</b> Dosificación y preparación del EPP.	38
<b>Figura 20.</b> Administración de inductor hormonal vía intraperitoneal.	38

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del extracto de pituitaria de paiche (EPP) en la respuesta reproductiva de hembras adultas del “paco”, *Piaractus brachypomus*. Se ejecutaron dos experimentos. En el primero, se comparó la efectividad del Extracto de Pituitaria de Paiche (EPP) versus un control (Acetato de Buserelina) como inductor hormonal. En el segundo estudio, se buscó la dosis ideal de EPP en la reproducción inducida del paco. Un grupo de seis (06) hembras de paco fueron tratadas con inyecciones de acetato de buserelina (GESTAR©) a razón de 2.6 ml/kg de peso corporal, comparando el desempeño de estas con las de otras seis (06) hembras que fueron inducidas con extracto de pituitaria de paiche (EPP), en las siguientes dosificaciones: dos peces con 2.5 mg/kg, dos peces con 3.0 mg/kg y dos peces con 3.5 mg/kg de peso vivo. Las dosis se administraron en dos inyecciones (10% al inicio y 90% doce horas después) para ambos casos. Trece (13) machos fueron inoculados con GESTAR© (1.5 ml/kg), administrados en una sola dosis junto con la primera dosis aplicadas a las hembras. En el Estudio 1 se encontró que el EPP tuvo un efecto similar al control, no existiendo diferencias significativas en la tasa de desove, peso del desove, número de ovocitos por gramo, fecundidad, tasa de fertilización, número de huevos viables, tasa de eclosión y el número total de larvas. En el Estudio 2, la concentración de 2.5 mg/kg no produjo respuesta positiva en las reproductoras, a diferencia de las concentraciones de 3.0 y 3.5 mg/kg, que sí inducen positivamente la ovulación y el desove. El EPP demostró tener buen potencial para su uso en reproducción del paco, recomendándose su uso en concentraciones no menores de 3.0 mg/kg.

**Palabras clave:** acuicultura, evaluación, reproducción, inducción, pez, Amazonia.

## ABSTRACT

The study's objective was to evaluate the effect of paiche pituitary extract (EPP) on the reproductive response of adult females of the “paco”, *Piaractus brachypomus*. Two experiments were carried out. In the first, Paiche Pituitary Extract (EPP) effectiveness was compared to a control (Buserelin Acetate) as a hormonal inducer. The second study sought the ideal dose of EPP in the induced reproduction of the paco. A group of six (06) paco females were treated with injections of buserelin acetate (GESTAR©) at a rate of 2.6 ml/kg of body weight, comparing their performance with that of another six (06) females that were induced with paiche pituitary extract (EPP), in the following dosages: two fish with 2.5 mg/kg, two fish with 3.0 mg/kg and two fish with 3.5 mg/kg live weight. The doses were administered in two injections (10% at the beginning and 90% twelve hours later) for both cases. Thirteen (13) males were inoculated with GESTAR© (1.5 ml/kg), administered in a single dose together with the first dose applied to the females. In Study 1, it was found that the EPP had a similar effect to the control, with no significant differences in the spawning rate, spawning weight, number of oocytes per gram, fecundity, fertilization rate, number of viable eggs, hatching rate, and the total number of larvae. In Study 2, the concentration of 2.5 mg/kg did not produce a positive response in the breeders, unlike the concentrations of 3.0 and 3.5 mg/kg, which did positively induce ovulation and spawning. EPP demonstrated good potential for use in paco reproduction, and its use is recommended in concentrations of no less than 3.0 mg/kg.

**Keywords:** aquaculture, evaluation, reproduction, induction, fish, amazon.

# CAPÍTULO I

## Datos Generales

### 1.1. Título del Proyecto

Evaluación del extracto de pituitaria de Paiche (*Arapaima gigas*) en la reproducción inducida de Paco (*Piaractus brachypomus*).

### 1.2. Proponente

Tesista: Liz Janeth Tapullima Marreros

Asesor: Dr. Fred William Chu Koo

### 1.3. Duración del Proyecto

Fecha inicio del Proyecto (D/M/A) : 28/08/2022

Duración meses : 6

Fecha Término : 25/02/2023

### 1.4. Tesauruso Unesco

**Acuicultura:** Es el cultivo de organismos eminentemente acuáticos, en particular peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas (FAO, 2020) .

**Amazonía:** Región neotropical de América del Sur que corresponde a la cuenca del río Amazonas, que recibe los nombres de Amazonia o Amazonía, la cual es considerada la selva tropical más grande del mundo.

**Evaluación:** Es el proceso mediante el cual se determina el valor de alguien o algo.

**Inducción:** Acción que se emplea en la acuicultura con el propósito de desencadenar la maduración final de los ovocitos, ovulación y espermiación de los ejemplares.

**Pez:** Animal vertebrado hidrobiológico.

**Reproducción:** Proceso biológico fundamental, mediante el cual las especies buscan mantenerse a través del tiempo.

## CAPÍTULO II

### Problema

#### 2.1. Planteamiento del Problema

La reproducción inducida cumple la función de sostener la cadena de producción con la obtención constante de semillas (Hoga et al., 2018). Por ello, se justifica la administración de hormonas para estimular la maduración de los gametos, la cual se utilizó con éxito para desovar muchas especies de peces (Marimuthu, 2019). Sin embargo, en muchos peces cultivados, a pesar de presentarse el desarrollo gonadal, la carencia de estímulos ambientales adecuados resultan ser un inconveniente para la reproducción de dichos organismos en cautiverio.

Las hormonas sexuales más utilizadas en la reproducción de peces, son los estrógenos y los andrógenos, que pueden ser de origen natural o sintéticos (Hoga et al., 2018). A pesar de existir diversos estudios de reproducción inducida en diferentes especies de peces, en Alto Amazonas existe un limitado conocimiento del uso de hormonas de origen natural, esto debido al fácil acceso de las hormonas sintéticas que a su vez resultan costosas pero efectivas. La eficiencia de las hormonas sexuales de origen natural está comprobada por investigaciones ya realizadas, dentro de esta lista encontramos a los extractos hipofisarios de pollo de engorde (BCPE), de conejo (RPE), de carpa (CPE), de voga y de paiche (*Arapaima gigas*), etc.; siendo este último en mención el pez con mayor proyección dentro de la acuicultura de especies amazónicas (Chu-Koo & Alcántara, 2009).

Existen protocolos para la extracción de la pituitaria de paiche, así como estudios para su potencial aplicación en la reproducción inducida de peces amazónicos (Rodríguez *et al.*, 2020), sin embargo, se desconoce la efectividad y la dosificación

ideal de dicho extracto en la reproducción inducida de paco (*Piaractus brachypomus*) una de las especies de valor comercial en la acuicultura regional.

El presente proyecto busca dilucidar esta brecha de conocimiento, identificando la dosis ideal de EPP para la reproducción inducida del paco, y de paso transformar un subproducto de descarte (extracto de pituitaria) de la paichicultura, en un insumo de alto valor económico y de utilidad acuícola.

## **2.2. Formulación del Problema**

En base al planteamiento del problema realizado, se formularon los siguientes problemas de investigación a manera de interrogante:

### **2.2.1. Problema General**

- ¿Será efectivo el extracto de pituitaria de paiche (EPP) en la reproducción inducida del paco?

### **2.2.2. Problemas Específicos**

- ✓ ¿Es el EPP igual de efectivo que el Acetato de Buserelina en la reproducción inducida del paco?
- ✓ ¿Cuál será la dosis ideal de EPP aplicado en la reproducción inducida del paco?

## **2.3. Hipótesis**

### ***H<sub>0</sub>***

La administración del EPP no tiene efecto positivo en la reproducción inducida de Paco.

### ***H<sub>i</sub>***

La administración del EPP tiene efecto positivo en la reproducción inducida de Paco.

## **2.4. Objetivos**

### **2.4.1. Objetivo General**

Evaluar la efectividad del extracto de pituitaria de paiche (EPP) en la reproducción inducida del paco.

### **2.4.2. Objetivos Específicos**

- ✓ Comparar la efectividad del EPP versus un análogo de la hormona Liberadora de la Gonadotropinas (Acetato de Buserelina) en la reproducción inducida del paco.
- ✓ Determinar la dosis ideal de uso de EPP en la reproducción inducida del paco.

## **2.5. Justificación e Importancia**

La justificación del presente estudio radica en el resultado positivo de la efectividad del EPP, que será puesto a disposición de la población de interés acuícola, con el objetivo de perfeccionar el nivel de vida de las asociaciones dedicadas al cultivo y la conservación del paiche, originando ideas de negocios y generación de renta para las personas que conforman dichos grupos de manejo pesquero de las áreas naturales protegidas de la región Loreto. El EPP puede convertirse como un producto de valor agregado del paiche, hasta incluso podría ser la más ofertada del mercado, por su efectividad y precio accesible.

El presente estudio aporta nuevo conocimiento práctico acerca del funcionamiento del EPP como inductor hormonal en hembras de paco y busca demostrar su efectividad en la inducción a la maduración final y desove de hembras de paco. A su vez, se espera que se continúen los estudios buscando determinar la factibilidad de su uso en la reproducción artificial de las demás especies de peces reofílicos de interés acuícola.

## CAPÍTULO III

### Marco Teórico

#### 3.1. Antecedentes de la investigación

González (2022), evaluó el efecto del acetato de busarelina, un análogo del GnRH, en la inducción a la reproducción de *Piaractus brachypomus* procedentes de la empresa Giant Fish en Pucallpa, región Ucayali, Perú. El autor aplicó dos tratamientos a diez distintas parejas, donde en el T1, los pacos fueron inducidos con Conceptal®, mientras que, en el T2, los peces fueron inducidos con Conceptase®. El autor utilizó dos dosis con porcentajes diferentes para cada tratamiento. Para las hembras de paco utilizó el 10 y 90% y para los machos empleó una dosis de 50 y 50%, cada uno con un intervalo de dosificación de 12 horas. Ambos tratamientos produjeron una eficiencia del 100% para las 10 parejas, mientras que, el índice de desove varió entre 2,3 y 10,9%, no lográndose la eclosión de los huevos. El autor concluyó que, no hubo diferencias significativas en el peso de óvulos y el índice de producción de huevos entre los tratamientos.

Dzyuba et al. (2021), realizaron una investigación en base al método de maduración *in vitro* de los espermatoцитos testiculares (ST) en *Acipenser ruthenus* con la finalidad de investigar los efectos de la temperatura y la estimulación hormonal de la espermiación en la capacidad de los ST para completar este proceso. Los parámetros de motilidad de los espermatozoides tras maduración *in vitro* de los mismos, las concentraciones de hormonas esteroides sexuales y la morfología de los testículos se estudiaron en tres grupos de esterlinas: (1) tras la hibernación en estanques (OW), (2) adaptadas a temperatura de desove (ST), y (3) adaptados a la temperatura de desove con inducción hormonal de la espermiación (ST-HI). De acuerdo a los resultados, las concentraciones plasmáticas en sangre de testosterona, 11-cetotestosterona y 17, 20 βdihidroxi-pregnenolona aumentaron significativamente tras la inducción hormonal de la espermiación (grupo ST-HI). En todos los grupos, los ST no eran

móviles. Tras la maduración *in vitro* de los espermatozoides, la motilidad fue de hasta el 60% sólo en el grupo ST-HI. Según los datos obtenidos los autores sugieren que la capacidad de maduración *in vitro* de las ST no estaba relacionada con la temperatura ambiental, mientras que la estimulación hormonal de la espermiación durante la temporada de desove era un requisito absoluto para una óptima maduración *in vitro*.

Zaki et al. (2020), publicaron un estudio con el objetivo de inspeccionar los efectos del Ovaprim, el extracto de la glándula pituitaria hipofisaria y la gonadotropina coriónica humana sobre las hormonas 11- cetotestosterona y 17 $\beta$ -estradiol en *Clarias gariepinus*. Las hembras y los machos (T1, T2 y T3) fueron inyectados con Ovaprim® en forma de 0,5 ml/kg, extracto de glándula pituitaria de bagre y gonadotropina coriónica humana (HCG), respectivamente. Los resultados mostraron que T1 fue mejor que T2, pero T2 fue mejor que T3 en todos los parámetros de parámetros de rendimiento reproductivo. Plasma de 17 $\beta$ -estradiol en las hembras de siluro a lo largo de 12 horas después de la inyección de hormonas estimulantes osciló de 2,15 ng/ml (en T1) a 1,65 ng/ml (en T3) mientras que la testosterona en las hembras de bagre durante 12 horas osciló entre (0,031 ng/ml) en T1 a (0,036 ng/ml) en T3. Además, la 11- cetotestosterona en los machos del bagre africano se registró en T1 (0,154 ng/ml) seguido de T2 (0,107 ng/ml) y el nivel más bajo en T3 (0,083 ng/ml) pero la testosterona plasmática en el macho se registró en el T1 (0,225 ng/ml) seguido de T2 (0,189 ng/ml) y el nivel más bajo en T3 (0,143 ng/ml).

Sevignani et al. (2020), realizaron una investigación en la Pescadería del Municipio de Sorriso, con el objetivo de monitorear el tiempo-grado que las hembras de *Colossoma macropomum* necesitan después de la segunda dosis del protocolo de inducción hormonal, hasta el momento de la extrusión de sus ovocitos. Para esta investigación, nueve reproductoras fueron sometidas al protocolo de inducción hormonal con extracto hipofisario de carpa siendo administrado en dos dosis. En la primera, utilizaron la dosis de 0,5 mg/kg y la segunda dosis

fue de 5 mg/kg de peso corporal, con un espacio de 12 horas. A partir de la segunda dosis, controlaron la temperatura en grados centígrados del agua de los tanques cada hora hasta el momento de la extrusión de los ovocitos. Las reproductoras presentaban temblores musculares, nadaban en círculos y estaban más agitadas nueve horas después de la segunda dosis. Los ovocitos tenían un aspecto marrón amarillento, y algunos presentaban rasgos individuales. La suma de la temperatura del agua en horas-grado obtenida fue de 243. La temperatura del agua no presentó variación, manteniéndose en 27 ° C. Concluyeron que, una hora-grado es necesaria para una extrusión de ovocitos en algunas de las cosas que se pueden encontrar en *C. macropomum* de 243, concordando con los límites propuestos en la literatura.

Konzen-Freitas et al. (2020), llevaron a cabo un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la reproducción inducida en hembras de *Colossoma macropomum* utilizando acetato de buserelina en comparación con el régimen de tratamiento tradicional con extracto de pituitaria de carpa (CPE). En esta investigación, evaluaron los rasgos reproductivos de hembras con un peso corporal de  $8,47 \pm 1,52$  kg en diez hembras tratadas con acetato de buserelina a la dosis de 0,5 ml/kg de peso corporal, en una sola aplicación, y en diez hembras tratadas con CPE a la dosis de 5,5 mg/kg de peso corporal, en dos administraciones (10 y 90 con un espacio de 12 horas entre aplicaciones). Los resultados mostraron que, la tasa de desove no difirió entre las hembras tratadas con acetato de buserelina (40 %) y CPE (40 %). El peso, la tasa de fecundación y la tasa de eclosión no difirieron entre los dos grupos de tratamiento. El grado-hora (determinado como la temperatura media multiplicada por el tiempo, en horas, para el desove después del tratamiento con la segunda dosis de CPE y después del tratamiento único con acetato de buserelina) para el desove y el número de ovocitos por gramo de gametos recogidos fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en las hembras inyectadas con acetato de buserelina que en las hembras inyectadas con CPE. El índice de producción, la fecundidad absoluta y la fecundidad relativa fecundidad relativa fueron mayores ( $P < 0,05$ ) en las hembras tratadas con

CPE. Finalmente concluyeron que, la hormona acetato de buserelina promueve la reproducción en las hembras de gamitana con una tasa de desove y una calidad ovocitaria similares, sin embargo, menores índices de producción y fecundidad que cuando existe el régimen de tratamiento convencional impuesto con extracto de pituitaria de carpa.

Souza et al. (2018), llevaron a cabo un estudio con el objetivo de evaluar la eficacia de los inductores hormonales Ovopel® y el extracto de pituitaria de carpa (CPE) para la inducción de la reproducción en hembras de *Colossoma macropomum*. Los tratamientos fueron CPE a la dosis de 5,5 mg/kg dividido en dos inoculaciones (10% y 90% después de 12 h) y Ovopel® en dosis de 0,2 y 0,4 pellets/kg de peso corporal en una sola aplicación. Utilizaron réplicas en cada uno de los tres tratamientos, totalizando 24 unidades experimentales, las hembras desovaron cuando se trataron con 0,2 gránulos de Ovopel® (100,0%), 0,4 gránulos de Ovopel® (62,5%), y CPE (87,5%), pero no hubo diferencias significativas entre los grupos de tratamiento en tasa de desove. Con Ovopel®, el desove se produjo con mayor ( $P < 0,05$ ) grados-hora (temperatura promedio del agua  $\times$  número de horas hasta el desove; 0,2 pellet: 417,7; 0,4 pellet: 412,3) en relación al tratamiento CPE (268,9). El peso total de los ovocitos fue similar cuando hubo tratamiento con Ovopel® (0,2 pellet: 832,3 g; 0,4 pellet: 798,9 g) y CPE (688,3 gramos). Por el contrario, el índice de producción fue mayor ( $P < 0,05$ ) con el Ovopel® (0,2 pellets: 8,8%; 0,4 pellets: 9,0%) en comparación con CPE (6,7%). La fertilidad y las tasas de eclosión fueron similares entre los grupos de tratamiento. En conclusión, de los dos tratamientos de Ovopel® evaluados en este estudio, la dosis de 0,2 pellets/kg de peso corporal es suficiente para inducir eficazmente los procesos reproductivos.

Islam (2017), buscó determinar la dosis óptima de la glándula pituitaria (PG) de la anguila espinosa rayada (*Mastacembelus pancalus*) en la reproducción inducida de la misma. El estudio constaba de dos ensayos y cada uno de ellos tenía tres tratamientos (T1, T2 y T3) con tres repeticiones de cada uno, a su vez, compararon los parámetros de calidad del agua en

cada ensayo. En el primer ensayo (dosis doble) inyectaron a los peces dos dosis separadas de la hormona de la glándula pituitaria (PG). En la dosis preliminar, las hembras fueron inyectadas a 55, 60 y 65 mg/kg en la dosis resolutive, posteriormente, inyectaron 105, 120 y 135 mg/kg-1 de peso corporal en T1, T2 y T3 respectivamente. En el segundo ensayo (dosis única dosis) los peces fueron inyectados una sola vez a 160, 180 y 200 mg/kg de peso corporal en T1, T2 y T3 respectivamente. En ambos ensayos, los machos fueron inyectados a 55, 60 y 65 mg/kg de peso corporal en T1, T2 y T3 respectivamente. De acuerdo a los resultados, los parámetros del agua, como la temperatura, el pH y el OD, oscilaron entre 26,5 y 31,2 °C, entre 7,06 y 8,04 y entre 4,1 y 5,6 mg/L respectivamente, lo que no fue significativamente ( $p < 0,05$ ) diferente en los distintos tratamientos en ambos ensayos. Asimismo, demostraron que el macho comienza a perseguir a la hembra después de 9-10 horas de la inyección de la hormona y el desove tiene lugar después de 7-9 horas de persecución. Demostraron que no hubo diferencias significativas con respecto al periodo de desove e incubación en los dos ensayos y los peces desovaron al 100% en todos los tratamientos. El tiempo de desove y el periodo de incubación oscilaron entre 15 y 20 horas y entre 36 y 41 horas respectivamente en ambos ensayos. Finalmente, el tratamiento 2 del primer ensayo mostró un rendimiento significativamente mayor ( $p < 0,05$ ) en términos de tasa de fecundación (73,33%) y la tasa de eclosión (67,85%) que los demás tratamientos, lo que sugiere que la dosis de PG (1ª dosis 60 mg/kg + 2ª dosis 120 mg/kg peso corporal) podría ser mejor para inducir a *M. pancalus*.

Okomoda et al. (2017), realizaron un estudio sobre el rendimiento de desove de *Clarias gariepinus*, inducido con extracto de glándula pituitaria (PG) de bagre conservado en etanol y fresco. El objetivo fue determinar la eficacia del extracto hipofisario conservado y fresco de *C. gariepinus* (Burchell, 1822) para inducir el desove en la misma especie. También controlaron el crecimiento de los alevines durante 15 días para determinar el posible efecto del tratamiento hormonal natural en los alevines. Los resultados obtenidos revelaron un mejor rendimiento de

eclosión utilizando la hormona sintética Ovaprim® (64,52%); sin embargo, el extracto de PG conservado dio una mejor tasa de eclosión (59,74%) que el extracto de PG fresco (51,39%). Después de 15 días de alimentación ad libitum con quistes de *Artemia* sin cáscara, el crecimiento de los alevines desovados con el extracto de PG conservado fue similar con el del control, mientras que el menor rendimiento se observó con el extracto de PG fresco. Concluyeron que, la preservación del extracto de PG en etanol 24 horas antes de la inyección tuvo un efecto positivo en el rendimiento de la cría y podría aprovecharse en la producción comercial de alevines de *C. gariepinus*.

Alarcón et al. (2016), evaluaron el efecto de tres protocolos de inducción de desove utilizando Acetato de Buserelina en hembras de *P. brachypomus* en Malankiato (Cuzco, Perú). En el estudio, trabajaron con 21 reproductoras con madurez gonadal avanzada, aquellas que fueron inducidas empleando tres protocolos hormonales diferentes: P1 (dosis de 0,004 mg/kg), P2 (0,007 mg/kg) y P3 (mg/kg a 0,01 mg/kg). Los resultados no mostraron diferencias significativas entre protocolos, aunque el P2 produjo mayor tasa de desove (5/7).

Verdi-Olivares et al. (2014), ejecutaron una investigación aplicando protocolos en las diferentes etapas de la reproducción inducida: partiendo desde el tratamiento hormonal, incubación, manejo de larvas, y el manejo de alevines en especies de consumo humano, como: gamitana, paco y boquichico, los mismos que evaluaron en el marco del proyecto UNAP “Cátedra CONCYTEC en Acuicultura Tropical”, con la finalidad de establecer procedimientos adecuados para lograr una productividad acuícola óptima y una mejor economía en Loreto. Como inductores se usaron los siguientes: pituitaria de carpa para gamitana, con una dosis equivalente a 2,0 mg/kg en machos y 6,0 mg/kg en hembras. Para paco machos y hembras, se utilizó Conceptal a una dosis de 2,6 ml/kg para hembras y 1,0 ml/kg para machos y se empleó pituitaria de carpa para boquichico, a razón de 4,0 mg/kg para las hembras y una dosis equivalente a 2,0 mg/kg para los machos. El desove se produjo en  $11 \pm 2$  horas y

22 horas post fertilización ocurrió la eclosión, con una tasa promedio de eclosión superior al 70% y una tasa de supervivencia inferior al 50%, lo que garantiza una alta producción de alevines.

Babilonia et al. (2014), llevaron a cabo un estudio en la Estación Acuícola “Amazonia Aquaculture Service” con el propósito de obtener reproducción inducida del sábalo (*Brycon amazonicus*) con extracto de pituitaria de carpa. Trabajaron con 16 machos y 13 hembras. Las hembras desovaron en su totalidad, sin embargo, cinco tuvieron fertilidad negativa. El desove se produjo después de  $5,68 \pm 0,53$  horas, siendo la temperatura media del agua  $28,12 \pm 0,61$  °C, lo que corresponde a  $159,01 \pm 14,5$  horas-grado. Aquellas hembras de 4 años de edad que pesaban en promedio  $2.310 \pm 143,2$  g tuvieron un recuento medio de ovocitos de  $1.497,60 \pm 14,57$ /gramo. El valor obtenido de la tasa de fertilización fue equivalente a un  $68,80 \pm 1,9\%$  y la eclosión fue de  $53,59 \pm 8,7\%$ . El proceso de eclosión ocurrió después de  $11,67 \pm 0,32$  horas, la temperatura del agua fue de  $28,25 \pm 0,09$  °C y requirió  $331,07 \pm 12,56$  grados horas.

González et al. (2010), realizaron un estudio con la finalidad de evaluar el potencial biológico de las hipófisis de especies autóctonas, como agente inductor alternativo en la reproducción de especies ícticas. Potencial biológico de la hipófisis de ejemplares nativos como inductor alternativo de la reproducción de peces. El coporo, *Prochilodus mariae*, fue la especie elegida como donante de hipófisis debido a su facilidad de cultivo, filogenia y madurez reproductiva precoz. La investigación comprendió la preparación y el mantenimiento de las especies donantes en estanques, con el objetivo de determinar el índice somático gonadal, extracción de hipófisis, deshidratación, almacenamiento de material y pruebas. Los resultados del muestran que, ambos tratamientos con extractos hormonales arrojaron resultados positivos en la inducción del desove del Coporo, sin diferencia significativa al comparar valores medios de eficiencia  $\alpha = 0,05$ . Concluyeron que, las sustancias hormonales extraídas de la carpa como

inductoras de especies reófilas podrían reemplazar a los extractos hipofisarios homoplásticos en la reproducción inducida.

Arias Acuña & Hernández Rangel (2009), ejecutaron un estudio basado en la comparación de uno de los análogos de la GnRH (Ovaprim®) con el extracto de pituitaria de carpa (EPC) aplicado en la reproducción artificial de *Colossoma macropomum*. En dicha investigación se analizaron dos tratamientos, el primero con Ovaprim® (0,5 ml/kg), el segundo tratamiento con EPC (5 mg/kg) y un tercer grupo fue el control. Los resultados mostraron que, el Ovaprim® tuvo efectos similares al EPC en cuanto a la producción y concentración del semen en machos inyectados. Para las hembras, la tasa de ovulación fue idéntica para los dos tratamientos (100%). Encontraron una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) en el número de ovocitos producidos con Ovaprim® (155,6 x 103) y EPC (67,5 x 103). Los mejores resultados en cuanto a tasas de fertilidad y eclosión se obtuvieron del grupo tratado con EPC (63,26 y 68,48%) que en el grupo Ovaprim® (11,12 y 19,75% respectivamente). Los autores concluyeron que para inducir el desove el tratamiento con Ovaprim® es efectivo, sin embargo, los óvulos que este produce son de baja calidad.

Martins et al. (2008), publicaron un estudio con el objetivo de evaluar una fuente alternativa de hipófisis (*Cyphocarax voga*) en la inducción hormonal de jundiá (*Rhamdia quelen*). La metodología se basó en, inducir el desove de 60 animales (20 hembras y 40 machos) con los siguientes tratamientos: T1 - grupo de control (suero fisiológico), T2 - hipófisis de carpa (HBC), T3 - hipófisis de voga macho (HBVM) y T4 - hipófisis de voga hembra (HBVF). Cada unidad experimental estuvo compuesta por una hembra y dos machos, con cinco repeticiones por tratamiento. Los desoves se obtuvieron en todos los tratamientos con extractos de hipófisis. En el Tratamiento 2, el 25% de los desoves fueron por extrusión, 50% inducidas/extrusión y 25% no desovaron. En el tratamiento 3, el 80% de los desoves se obtuvieron mediante extrusión y el 20% por inducción/extrusión. Tratamiento 4, el 20% se

obtuvo mediante inducción, y el 80% mediante extrusión. Finalmente, los autores concluyeron que el extracto de hipófisis de *Voga* como inductor hormonal en *R. quelen* muestra buenos resultados, demostrando y pudiendo ser un exitoso desove inducido.

Valdebenito (2008), realizó una extensa revisión bibliográfica con el objetivo de analizar el estado actual del control artificial de la madurez sexual en peces de cultivo mediante terapias hormonales, analizando de manera crítica aquellas ventajas y desventajas de las diversas técnicas existentes para un cultivador. Se analiza desde el primer ensayo exitoso realizado por Houssay (1930) en Argentina hasta la última tecnología de liberación lenta, cada vez más exitosa, el uso cada vez mayor de inhibidores de dopamina. Además, el trabajo detalla el uso de métodos atraumáticos que hasta ahora no han tenido un éxito total. Concluye que, debido a su alta eficiencia, larga vida útil y falta de respuesta inmune en los peces receptores, se tiende a utilizar productos similares más ampliamente y su vez recomienda que se debería continuar indagando para reducir el coste de estos productos y continuar en la búsqueda de aplicaciones que sean menos gravosas para los peces (y menos agotadoras para el personal).

Júnior et al. (2005), evaluaron los efectos de tres fuentes diferentes de extracto hipofisario sobre la inducción gonadal en machos y hembras de pacú (*Piaractus mesopotamicus*). En dicho trabajo se indujeron pacus machos y hembras con extractos hipofisarios de pollo de engorde (BCPE), de conejo (EPR) y de carpa (CPE). Las hembras inducidas con EPR no presentaron estímulos para la eclosión. No encontraron diferencias ( $P > 0,05$ ) entre BCPE y CPE para la unidad térmica acumulada, el número de ovocitos/gramos de desove, la fecundación y las tasas de eclosión según el tratamiento origen. Finalmente, indican que se recomienda el uso de BCPE para la inducción gonadal de *P. mesopotamicus*.

### **3.2. Bases teóricas**

- **Reproducción Inducida**

La reproducción inducida en peces surge de la administración de hormonas a reproductores, las cuales pueden ser de origen natural o sintético, cuya función consiste en inducir la maduración terminal de las gónadas y la ovulación o espermiación cuando no se experimentan los estímulos ambientales necesarios para desencadenar una respuesta endocrina en cautiverio. Estos estímulos inciden sobre el hipotálamo provocando la liberación de la hormona liberadora de gonadotropinas I (GnRH) (González-Martínez et al., 2004), la cual estimula las células gonadotrópicas de la hipófisis, provocando la producción de las hormonas FSH, responsable de la formación de vitelo y de la hormona LH, responsable de la maduración final de los ovocitos (Lenis et al. 2009).

Según Hoga et al. (2018), las hormonas en la acuicultura se utilizan para la reproducción artificial y la inversión del sexo. La primera, sostiene la cadena de producción con semillas. La segunda, se utiliza cuando la tasa de crecimiento y/o el aumento de peso son diferentes entre el macho y la hembra. Sin embargo, el uso de productos hormonales en la piscicultura puede tener consecuencias perjudiciales, como los riesgos potenciales para la salud humana y medioambiental relacionados con los parámetros dependientes de las hormonas. Además, su uso al margen de las prácticas ganaderas puede afectar no sólo al propio sistema de producción piscícola, sino también a la comercialización de este producto alimentario. En la actualidad, la mayoría de las cuestiones relacionadas con la seguridad alimentaria tienen como finalidad el control de los residuos en los alimentos debido al uso de plaguicidas, medicamentos veterinarios o accidentes relacionados con la contaminación ambiental por sustancias químicas.

- **Paiche (*Arapaima gigas*)**

### **Descripción Taxonómica**

El siguiente sistema taxonómico del paiche fue adaptado por Berg (1937):

Clase: Actinopterygii

Sub orden: Osteoglossomorpha

Orden: Osteoglossiformes

Familia: Arapaimidae

Subfamilia: Heterotidinae

Género: *Arapaima*

Especie: *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829)

El paiche habita en la cuenca del Amazonas, en Brasil, Perú y Colombia, así como en los ríos de la Guyana. En nuestro país se distribuye en el curso bajo de los ríos Marañón, Putumayo, Pastaza, Ucayali, Napo, y Yavarí. Podemos encontrar a las principales poblaciones en la Reserva Nacional Pacaya Samiria en Perú y las Reservas Mamirauá y Amanã en Brasil. El paiche vive en lagos y otras áreas de aguas bajas, y se puede encontrar en ríos poco profundos donde abunda vegetación flotante. Puede alcanzar los 250 kg y medir 3 metros, caracterizándose por su alta especialización (Chu-Koo et al., 2017).

Morfológicamente es un pez con forma delgada y alargada parecido al de un torpedo, la cabeza es más pequeña que el cuerpo y representa aproximadamente el 10% de su peso total, en cuanto a la coloración predomina el color pardo negruzco en la cabeza y el dorso negro, con marcas rojizas en las escamas abdominales, esta característica puede variar dependiendo del lugar donde habite, la edad, época del año y el sexo del ejemplar (Navas & Reyes, 2019).

- **Paco (*Piaractus brachypomus*)**

El paco, *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818, es originario de las cuencas del Orinoco y del Amazonas. Se considera la especie con mayor productividad y potencial comercial para la piscicultura. Es una especie resistente al manejo en cautiverio, muy dócil y presenta rusticidad; es resistente a enfermedades y se adapta fácilmente a las condiciones limnológicas desfavorables por poco tiempo (Mesa & Botero, 2016).

### **Clasificación Taxonómica**

Phyllum: Gnathostomata

Clase: Actinopterygii

Orden: Characiformes

Familia: Characidae

Subfamilia: Serrasalminae

Género: *Piaractus*

Especie: *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818)

### **Reproducción en su hábitat Natural**

El paco presenta comportamiento migratorio y con tan solo 3 años puede alcanzar la madurez sexual. Asimismo, puede llegar a producir más de 100.000 huevos por kilogramo de peso corporal en el caso de las hembras. Normalmente, su reproducción ocurre en épocas de lluvias, en zonas de inundación para lograr el desarrollo pleno de las larvas y los alevines obteniendo todo el alimento (plancton) necesario para su etapa.

## **Reproducción en ambientes controlados**

El éxito de la reproducción inducida comienza con un manejo adecuado de los ejemplares, para asegurar un número suficiente de machos y hembras sexualmente maduros. La evaluación de la madurez gonadal refleja la influencia de las condiciones de cultivo en el desarrollo gonadal de los organismos cultivados (Zumaeta López, 2021).

En el caso del paco, se utiliza la hormona Conceptal para tratar a las hembras y machos. Las dosis totales son equivalentes a: 2,6 ml / kg para las hembras y 1,0 ml / kg para los machos. Las cuales se dividen en dos dosis parciales, 10% y 90% para hembra y 50% para machos, administradas en un intervalo de 12 horas. La vía de inoculación del extracto es intramuscular e intraperitoneal, según sea EPC o Conceptal (Alcántara Bocanegra et al., 2016).

- **Acetato de buserelina**

El acetato de buserelina (conocido comercialmente como Conceptase®) es un inductor hormonal de uso veterinario. La inoculación con este producto se realiza por vía intraperitoneal en el origen de las aletas ventrales y en los pliegues detrás de las aletas pectorales, la dosis a administrar se determina de acuerdo al sexo y peso del pez (Espinales R. et al., 2019).

Si bien es cierto, esta hormona análoga de GnRH tiene la finalidad de ayudar a la maduración de los ovocitos y desencadenar el desove, Alarcón et al. (2016) indicaron que la dosis ideal para el desove constante en reproducción inducida de paco es de 0,007 mg/kg utilizando una dosis estimulante del 60% y una dosis desencadenante del 40% con un intervalo de 12 horas cada uno.

- **Variables reproductivas**

**Tasa de desove (TD):** Es la variable que determina el peso de ovas obtenidas sobre el peso de la hembra que desovó, expresada en porcentaje. Se calcula:

$$TD = (\text{total } \text{♀} \text{ desovantes} / \text{total de } \text{♀} \text{ inyectadas}) \times 100$$

**Peso total de ovocitos desovados (g):** Esta variable indica el total en gramos de ovocitos desovados por evento reproductivo. Se calcula pesando los ovocitos recolectados haciendo uso de una balanza gramera.

**Número de ovocitos por gramo:** Esta variable determina la cantidad de ovocitos desovados por gramo de cada hembra. Se calcula tomando muestras de 1 g para proceder a realizar el recuento de los mismos.

**Fecundidad absoluta:** Es la variable que determina el número de ovocitos liberados durante el desove. Se calcula:

$$Fa = \text{peso de ovocitos liberados} * \text{recuento medio de ovocitos de tres muestras de 1 g}$$

**Tasa de fertilización:** Es la variable que nos permite determinar la cantidad de huevos que han sido fecundados, expresado en porcentaje. Se estima después de las ocho horas desde el inicio de la incubación, para ello se toma una muestra de las incubadoras para realizar el conteo de huevos fertilizados.

**Tasa de eclosión (%):** Esta variable nos permite obtener el total de huevos eclosionados (larvas viables), expresado en porcentaje. Se estima relacionando el total de huevos efectivamente eclosionados con el total de las muestras de huevos no eclosionados (20 h post fertilización).

**Número total de larvas producidas:** Esta variable nos indica el total de larvas producidas por evento reproductivo. Se calcula:

$$N = \text{volumen del agua con larvas} * \text{número de larvas en la muestra} / \text{número de muestras}$$

## **CAPÍTULO IV**

### **Método**

#### **4.1. Población y muestra**

La población fue constituida por 39 reproductores de paco, criados en estanques de tierra en un fundo privado del eje carretero Yurimaguas – Munichis; de los cuales, fueron 18 ejemplares machos y 21 ejemplares hembras. Para el presente trabajo, como muestra representativa de la población, se utilizaron un total de 27 peces (14 hembras y 13 machos).

#### **4.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos las técnicas que se emplearon fueron: la evaluación de las características externas de los reproductores, la observación del comportamiento de cada individuo y de cada pareja de paco, después de cada inducción hormonal realizada. Posteriormente se ejecutaron procedimientos para evaluar el efecto de las hormonas en el proceso reproductivo como: la captura de imágenes fotográficas y la colecta de muestras.

#### **4.3. Procedimientos**

Con la finalidad de cumplir cada uno de los objetivos, previamente se realizó la obtención del inductor hormonal en estudio, la conformación del lote de reproductores y el marcaje respectivo de los mismos. En alianza con la empresa Productos Orgánicos LADORADA S.A.C., se pudo obtener cabezas de paiches adultos que abastecieron cada procedimiento experimental. De la misma manera, el propietario de la empresa San Gonzalo puso a disposición un lote de reproductores conformado por 39 ejemplares de paco.

## **Extracción de hipófisis o glándula pituitaria de Paiche**

Este trabajo fue realizado en los laboratorios de Química y Biología de la UNAAA siguiendo el protocolo establecido por Rodríguez et al. (2020) en el “Manual de extracción, procesamiento y uso de la hipófisis de paiche en la reproducción inducida de peces amazónicos” (Figuras 1 y 2). El proceso consistió en extraer, preservar, deshidratar, pulverizar y almacenar las hipófisis.



**Figura 1.** Identificación de la glándula pituitaria en la base del cerebro de un paiche adulto.



**Figura 2.** Extracción de la glándula pituitaria en el cráneo de un paiche adulto.

## Manejo de reproductores

Previo a la inducción hormonal, los 39 pacos reproductores fueron mantenidos en cuatro corrales de 250 m<sup>2</sup> aproximadamente, construidos dentro de un estanque de tierra (Figuras 3 y 4). Los peces fueron mantenidos a una densidad aproximada de 1 pez/10 m<sup>2</sup> y alimentados dos veces al día (mañana y tarde), con una dieta extrusada comercial que tenía una concentración proteica de 28%.



**Figura 3.** Vista del proceso de construcción de los cuatro corrales para el manejo de reproductores.



**Figura 4.** Finalización y llenado de los cuatro corrales para el manejo de reproductores de paco.

## Marcaje de reproductores

Los 39 ejemplares fueron marcados con Pit Tags (chips electromagnéticos), que fueron insertados en la zona dorsal izquierda (Figuras 5 y 6), para facilitar su identificación individual, un requisito clave para el monitoreo de sus datos biométricos y el desempeño reproductivo individual, el mismo que fue llevado a cabo durante la ejecución de la investigación.



**Figura 5.** Marcaje de un ejemplar adulto de *Piaractus brachypomus*, utilizando pit tags (chips electromagnéticos).



**Figura 6.** Lector de chips empleado en la fase experimental de la tesis.

Para llevar a cabo el estudio en general, solo se evaluó el desempeño reproductivo (maduración final de sus gónadas y la ovulación) de las hembras de paco bajo el efecto del EPP, en el caso de los machos se administró un inductor hormonal sintético.

**Objetivo Específico 1.** *Comparar la efectividad del EPP versus un análogo de la hormona Liberadora de la Gonadotropinas (GnRH) como inductor hormonal en el paco.*

Para realizar este estudio comparativo se usaron los peces reproductores que, al momento de los monitoreos de desarrollo gonadal, hayan mostrado signos distintivos de madurez sexual, el cual era clave para poder llevar a cabo los estudios de la fase experimental. Las hembras fueron seleccionadas siguiendo los criterios especificados por Pires et al. (2018); abdomen abultado, abdomen suave al tacto, papila genital dilatada y de color rosa; mientras que los machos fueron seleccionados luego de constatar la emisión seminal previa presión abdominal. Mediante el lector de microchips, se identificó el código numérico de cada reproductor seleccionado, tomando nota además del peso (kg) y talla (cm). Luego los peces se trasladaron al laboratorio de reproducción inducida y los colocamos en tanques de mampostería (1,2 m<sup>3</sup>) y mantenidos con una tasa de renovación de agua de 0,5 L.

### **Inducción hormonal**

Para llevar a cabo los ensayos de reproducción inducida, un grupo de seis (06) hembras de paco fueron tratados con inyecciones de acetato de busarelina (GESTAR©) a razón de 2,6 ml/kg de peso corporal, comparando el desempeño de estas con las de otras seis (06) hembras inducidas con EPP, en las siguientes dosificaciones: dos peces con 2,5 mg/kg, dos peces con 3,0 mg/kg y dos peces con 3,5 mg/kg de peso vivo. En ambos casos las dosis fueron administradas en dos inyecciones (10% al inicio y 90% doce horas después). Por su parte, un grupo de trece (13) machos fueron inducidos con GESTAR© (1,5 ml), administrados en una sola dosis junto con la primera dosis aplicadas a las hembras (Figura 7, 8 y 9).



**Figura 7.** Extracto de Pituitaria de Paiche dosificado.



**Figura 8.** Preparación de EPP previa administración.



**Figura 7.** Administración de inductores hormonales (Gestar/EPP).

### **Colecta de gametos y fertilización artificial**

Transcurridas los 230 grados-hora desde la aplicación de la segunda dosis, se mantuvo bajo observación al conjunto de hembras a la espera de detectar la expulsión de los ovocitos. Una vez logrado esto para las 12 hembras inducidas, se calculó la tasa de efectividad de cada inductor en la estimulación, expresada en la tasa de desove (Figura 10, 11)

Las variables reproductivas evaluadas fueron:

- Tasa de desove,  $TD = (\text{total } \text{♀} \text{ desovantes} / \text{total de } \text{♀} \text{ inyectadas}) \times 100$
- Peso total de ovocitos desovados (g)
- N° de ovocitos por gramo
- Fecundidad absoluta (número de ovocitos liberados durante el desove)

- Tasa de fertilización,
- Tasa de eclosión (% de huevos efectivamente eclosionados) y
- N° total de larvas producidas.

La fecundidad se calculó como el resultado del peso de los ovocitos que fueron liberados y multiplicado por el recuento medio de ovocitos colectados en tres muestras de 1 g. Poco después de la eclosión de las larvas (20 h post fertilización) se estimó la tasa de eclosión.

Se recolectaron los ovocitos en envases plásticos y se mezclaron con semen recién colectado. Luego fueron incubados 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 (Figura 12, 13, 14 y 15).



**Figura 10.** Colecta de gametos sexuales (ovocitos) en envases plásticos.



**Figura 8.** Colecta de gametos sexuales (semen) en envases plásticos.



**Figura 9.** Fertilización artificial e hidratación de huevos.



**Figura 13.** Incubación de huevos hidratados en incubadoras de 200 L.



**Figura 14.** Muestra de ovocitos fertilizados (huevos).



**Figura 15.** Eclosión de larvas de paco.

**Objetivo Específico 2.** *Determinar la dosis ideal de uso de EPP en la reproducción inducida del paco.*

Para llevar a cabo el estudio que nos permita determinar la dosis ideal de EPP en la reproducción inducida de hembras de paco, se procedió de la siguiente manera:

### **Selección de reproductores**

Las hembras fueron seleccionadas siguiendo los criterios especificados por Pires et al. (2018); abdomen abultado, abdomen suave al tacto, papila genital dilatada y de color rosa; mientras que los machos fueron seleccionados luego de constatar la emisión seminal previa presión abdominal (Figuras 16 y 17). Mediante el lector de microchips, se identificó el código numérico de cada reproductor seleccionado, tomando nota además del peso (kg) y talla (cm) (Figura 18). Se trasladaron los peces al Laboratorio de Reproducción Inducida y los colocamos en tanques de mampostería (1.2 m<sup>3</sup>) y mantenidos con una tasa de renovación de agua de 0.5 L.



**Figura 16.** Evaluación de la madurez gonadal de un ejemplar de paco hembra.



**Figura 17.** Evaluación de un ejemplar de paco macho.

### **Procedimiento experimental**

Para llevar a cabo los ensayos de reproducción inducida, un primer grupo de tres (03) hembras fueron tratadas con inyecciones de EPP a razón de 2.5 mg/kg de peso corporal (T1), otro grupo, a razón de 3.0 mg/kg de peso corporal (T2) y finalmente tres hembras más a razón de 3.5 mg/kg de peso corporal (T3). En todos los casos, las dosis fueron administradas en dos inyecciones (10% al inicio y 90% doce horas después). Por su parte, un grupo de trece (13) machos fueron inducidos con Gestar© a razón de 1.5 ml/kg de peso corporal administrados en dosis única. (Figura 18, 19 y 20).



**Figura 10.** Identificación del código de un reproductor.



**Figura 11.** Dosificación y preparación del EPP.



**Figura 12.** Administración de inductor hormonal vía intraperitoneal.

En todos los casos, transcurridas los 230 grados-hora desde la aplicación de la segunda dosis, se mantuvo bajo observación al conjunto de hembras a la espera de detectar la expulsión de los ovocitos. Cerca a los 240 grados-hora se recolectó los gametos sexuales cuando fue posible, pues, hubo eventos en que el desove se produjo tan solo con la primera dosis. Se midió la tasa y el peso de desove como indicadores de la respuesta reproductiva de los peces a las tres dosificaciones de EPP evaluadas en el presente estudio.

Las variables reproductivas evaluadas fueron:

- Tasa de desove,  $TD = (\text{total } \text{♀} \text{ desovantes} / \text{total de } \text{♀} \text{ inyectadas}) \times 100$
- Peso total de ovocitos desovados (g)

- N° de ovocitos por gramo
- Fecundidad absoluta (número de ovocitos liberados durante el desove)
- Tasa de fertilización
- Tasa de eclosión (% de huevos efectivamente eclosionados) y
- N° total de larvas producidas.

La fecundidad se calculó como el resultado del peso de los ovocitos que fueron liberados y multiplicado por el recuento medio de ovocitos colectados en tres muestras de 1 g. Poco después de la eclosión de las larvas (20 h post fertilización) se estimó la tasa de eclosión.

#### **4.4. Tipo de investigación**

El presente trabajo es una investigación de tipo experimental, consistió en aplicar un estímulo (hormonas) a la unidad de análisis (reproductores de paco) para determinar el grado de manifestación del estímulo y la dosis ideal.

#### **4.5. Análisis estadístico**

Para ambos estudios se utilizó la prueba  $t$  de Student para muestras independientes, con un nivel de confianza del 95%. Previo a la ejecución del test, se comprobó la normalidad de los datos. El paquete estadístico empleado fue el SPSS versión 27.

## CAPÍTULO V

### Resultados y Discusión

#### 5.1. Análisis Exploratorio de las variables en estudio

**Objetivo Específico 1.** Comparar la efectividad del EPP versus un análogo de la hormona Liberadora de la Gonadotropinas (GnRH) como inductor hormonal en el paco.

En la tabla 1 se muestran los parámetros evaluados en los ensayos de reproducción inducida de hembras de la especie paco.

**Tabla 1.** Parámetros reproductivos en hembras de paco inducidas con extracto de pituitaria de paiche y hormona liberadora de las gonadotropinas.

Parámetros	T1 (Control)	T2 (EPP)	P-Valor**
Tasa de Desove (%)	66,7 ± 21,1*	66,7 ± 21,2	1,000
Peso del Desove (g)	623,4 ± 190,9	502,2 ± 77,9	0,588
Nº Ovocitos/g	1 094,3 ± 50,4	1 119,3 ± 71,1	0,788
Fecundidad	696 898 ± 243 413,3	562 454,7 ± 100 261,2	0,636
Tasa de Fertilización (%)	29,3 ± 2,2	17,6 ± 7,3	0,197
Nº huevos viables	268 784 ± 101 968	110 224,7 ± 62 897	0,249
Tasa de eclosión (%)	16,3 ± 9,3	19,3 ± 11,1	0,845
Nº total de larvas	49 000 ± 35 921	34 000 ± 28 213	0,759

\*Promedio ± error estándar de la media

\*\* t de Student (P-Valor)

Se observa en la tabla 1 que, el EPP obtuvo resultados similares al inductor hormonal control, es decir, no existieron diferencias significativas entre los parámetros evaluados: tasa de desove, peso del desove, número de ovocitos por gramo, fecundidad, tasa de fertilización, número de huevos viables, tasa de eclosión y el número total de larvas, entre las hembras inducidas con EPP y la hormona liberadora de las gonadotropinas.

**Objetivo Específico 2.** *Determinar la dosis ideal de uso de EPP en la reproducción inducida del paco.*

El presente estudio es el primero evaluando el uso del extracto de pituitaria del paiche en la reproducción inducida del paco, *P. brachypomus*. A continuación, se presentan los resultados obtenidos en la fase experimental.

### **Tasa y peso de desove**

Culminada la fase experimental de este segundo experimento, no se obtuvieron desoves en las tres hembras inducidas con la concentración de 2,5 mg EPP/kg (T1); por el contrario, los otros dos tratamientos, sí estimularon la espermatogénesis, maduración de ovocitos y el desove. Los resultados de la tasa y peso del desove se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.** Tasa y peso de desove (media  $\pm$  error estándar) de hembras de paco, *P. brachypomus*, inducidas con tres concentraciones de extracto de pituitaria de paiche.

<b>Parámetros</b>	<b>T1 2,5 mg EPP/kg</b>	<b>T2 3,0 mg EPP/kg</b>	<b>T3 3,5 mg EPP/kg</b>
Tasa de Desove (%)	0.0	100,0 $\pm$ 0,0	100,0 $\pm$ 0,0
Peso del Desove (g)	- - -	619,9 $\pm$ 155,7	539,0 $\pm$ 0,0

Como puede observarse en la Tabla 2, las hembras inducidas con el T1 (2,5 mg/kg) no respondieron positivamente a la inducción con EPP, lo cual podría indicar que esta concentración no suministra las cantidades necesarias de hormonas para estimular adecuadamente la maduración final de los ovocitos, el rompimiento de los folículos ováricos y producir el desove.

Por otro lado, todas las hembras inducidas con dosis iguales o mayores a 3,0 mg/kg sí desovaron. Incluso, las dos primeras hembras inducidas con la dosis de 3,5 mg/kg desovaron con la primera dosis, perdiéndose los productos sexuales. La prueba *t* de Student reveló que no

existen diferencias significativas en la respuesta reproductiva del paco a dosificaciones de 3,0 y 3,5 mg/kg ( $P>0,05$ ).

### **Desempeño reproductivo**

En lo referente a los parámetros cantidad de ovocitos por gramo, fecundidad, tasa de fertilización y número de huevos viables no existieron diferencias significativas, según la prueba de la *t* de Student ( $P>0,05$ ). Sin embargo, los huevos fertilizados de las hembras inducidas con el T3 no se desarrollaron adecuadamente, siendo eventualmente descartadas (ver Tabla 3).

**Tabla 3.** Parámetros reproductivos de hembras de paco inducidas con dos dosis de extracto de pituitaria de paiche.

<b>Parámetros</b>	<b>T2 (3.0 mg EPP/kg)</b>	<b>T3 (3.5 mg EPP/kg)</b>	<b>P-Valor**</b>
Tasa de Desove (%)	100,0 ± 0,0*	100,0 ± 0,0	1,000
Peso del desove (g)	619,9 ± 155,7	539,0 ± 0,0	0,819
Nº Ovocitos/g	1 126,0 ± 65,0	982,0 ± 0,0	0,382
Fecundidad	683 950 ± 144 170	529 298 ± 0,0	0,645
Tasa Fertilización (%)	27,5 ± 5,6	6,5 ± 0,0	0,244
Nº huevos viables	206 893 ± 77 297	34 404 ± 0,0	0,381
Tasa de eclosión (%)	24,5 ± 5,6	0,0 ± 0,0	--
Nº total de larvas	60 496 ± 42 437	0,0 ± 0,0	--

\*Promedio ± error estándar de la media

\*\* *t* de Student (P-Valor)

### **5.2. Descripción de las variables de estudio por niveles o categorías**

Como puede observarse en la Tabla 1, el EPP tuvo un efecto similar al inductor control. La prueba *t* de Student mostró que no existieron diferencias significativas en la tasa de desove, peso del desove, número de ovocitos por gramo, fecundidad, tasa de fertilización, número de huevos viables, tasa de eclosión y el número total de larvas entre las hembras inducidas con Acetato de Buserelina (Gestar©) y el EPP. En tal sentido, se puede afirmar que, en el primer

objetivo, el EPP es tan eficaz como el acetato de buserelina en la estimulación a la gametogénesis, la maduración de los ovocitos, así como en el desove de los mismos; en otras palabras, el EPP es un inductor hormonal con alto potencial para las labores de reproducción inducida de paco.

Un hallazgo interesante registrado en el segundo objetivo es que las hembras respondieron positivamente a la inducción con las concentraciones de 3,0 y 3,5 mg/kg. En ambos casos, la totalidad de las reproductoras inducidas llegaron a desovar sus productos sexuales, siendo este resultado idéntico al reportado por Rodríguez et al. (2022) en Iquitos - Perú con reproductoras de gamitana, (*C. macropomum*), usando el mismo inductor hormonal en una concentración de 3.5 mg/kg. Estos resultados y el de Rodríguez et al. (2022), convierten al EPP en una alternativa técnicamente viable para reemplazar al extracto de pituitaria de carpa (EPC) en las tareas de reproducción inducida de estas dos especies amazónicas, que son a su vez, los dos organismos más cultivados en la región Loreto en el periodo 2021 - 2022, según las estadísticas del Ministerio de la Producción.

Revisando estudios similares realizados en el paco, se comprobó que, las tasas de desove obtenidas en nuestra investigación fueron equivalentes a los reportados por Chaves-Moreno et al. (2012) , quienes usaron la dosis única de 5 mg EPC/kg de peso vivo del pez. Por otro lado, se encontraron reportes científicos que muestran que el EPC no produce el mismo efecto en *P. brachypomus*; registrándose tasas de desove ligeramente menores a los reportados en el presente trabajo. Por ejemplo, Vásquez et al. (2009) y Rodríguez et al., (2022), reportan tasas de desove que varían entre 70% y 75%, usando concentraciones de EPC de 0,7 mg/kg (machos) y 6,0 mg/kg (hembras), respectivamente. Otros extractos hipofisarios extraídos de peces fueron empleados en la inducción al desove del paco, pero sin éxito. Entre estas tenemos a los extractos de tres Characiformes: boquichico (*Prochilodus nigricans*), de yahuarachi, (*Potamorhina latior*), y de yulilla (*Anodus elongatus*), que fueron administradas en

concentraciones de 2,5 y 5,5 mg/kg por Del Risco (2014), sin obtener respuesta positiva de las reproductoras inducidas.

No tenemos una explicación concreta acerca de las razones por las cuales las hembras a las que se les administraron la concentración de 2.5 mg/kg no hayan finalmente desovado. Una limitación del presente estudio fue el de no poder discriminar los extractos de pituitaria provenientes de hembras o de machos. Por lo general, los autores recomiendan usar los extractos hipofisarios de hembras adultas y con alto grado de desarrollo gonado-somático.

Asimismo, es posible que al ser abastecidos con cabezas de paiche de ejemplares cultivados en acuicultura, algunas hipófisis obtenidas hayan provenido de ejemplares de paiche que aún no hayan alcanzado la adultez o que se encuentren con un bajo grado de desarrollo gonado-somático al momento de ser sacrificados para su comercialización.

Sin perjuicio de lo detallado en los dos párrafos anteriores, la eventualidad observada en los dos experimentos podría estar indicando que la dosis ideal de EPP para las hembras de paco estaría por encima de 2,5 mg/kg, y alrededor de 3,0 a 3,5 mg/kg, es decir a niveles similares a los reportados por Rodríguez et al. (2021) en la gamitana.

En lo que respecta al número de ovocitos por gramo de huevera, observamos que los valores obtenidos en el presente estudio (1126 y 982 en T2 y T3, respectivamente), son bastante cercanos a los reportados por Rodríguez et al., (2022) en gamitana (1,114 con EPP y 922 con EPC). El peso promedio de los desoves registrados en nuestro trabajo fue de 620 y 539 g para el T2 y T3, respectivamente, no siendo estadísticamente distintos según el uno del otro según el *t* de Student ( $P > 0.05$ ). Otros estudios de reproducción inducida en esta misma especie obtuvieron valores cercanos, como, por ejemplo: 521 g, usando EPP (Rodríguez et al., 2022), 606 g, usando acetato de buserelina (Alcántara et al., 2016) y 717 g, usando acetato de buserelina (Zumaeta, 2021). Sin embargo, Vásquez et al. (2009) usando dos dosis de EPC (0.7

y 0.5 mg/kg) obtuvo desoves de menor cuantía (212.4 y 177.3 g, respectivamente), lo que posiblemente se deba a las bajas concentraciones de EPC inoculadas a las reproductoras.

La fecundidad, es decir, la cantidad total de ovocitos producidos por una reproductora es un parámetro importante ya que determina el potencial reproductivo de una hembra. En el presente trabajo se pudo determinar que la fecundidad media de las reproductoras de paco fue de 683 950 ovocitos en las hembras inducidas con el T2 y de 529 298 ovocitos en las reproductoras inducidas con el T3. En este caso, la literatura indica que estos valores también son similares a las reportadas en otros estudios. Así, podemos ver que Rodríguez et al. (2022) al inducir seis reproductoras de gamitana con EPP, obtuvieron niveles de fecundidad absoluta media de 579 621 ovocitos, mientras que con otras seis reproductoras inducidas con EPC la fecundidad media fue de 403 784 ovocitos.

Las tasas de fertilización de los ovocitos registrados en el presente trabajo variaron entre 6,6 a 27,5%, valores bastante bajos para los estándares que se manejan normalmente en los centros de producción de semilla de peces amazónicos. Por ejemplo, la literatura revisada en estudios de reproducción inducida en el paco reporta tasas de fertilización siguientes: 59,8% usando gonadotropina coriónica humana (Vidal, 2022), 66,7% usando GnRH (Vásquez et al., 2009) y 89,3% usando EPC (Condori, 2022). Sin embargo, al ser el EPP un insumo nuevo y sobre el cual es necesario realizar mayor número de investigaciones para ir refinando su uso, es absolutamente entendible que se hayan obtenido estos resultados, que además también se presentaron en el estudio publicado por Rodríguez et al. (2022) en la gamitana, donde las tasas de fertilización con EPP fueron en media de 14,9%.

Finalmente, la totalidad de huevos fertilizados provenientes de las reproductoras inducidas con el T3 (3,5 mg/kg) no completaron su desarrollo gonadal. En el caso de los huevos viables de las hembras del T2 (3,0 mg/kg), la tasa de eclosión obtenidas en el estudio fue de

apenas el 24,5%, obteniéndose como resultado un promedio de 60 496 larvas por hembra inducida.

Las bajas tasas de fertilización y de eclosión obtenidas en los dos experimentos del presente trabajo podrían estar relacionadas con algunos parámetros de calidad del agua del reservorio empleado para el abastecimiento del sistema de incubación. Durante las fases de incubación de los huevos, se presentaron eventos de calor extremo, que llevaron a tener temperaturas de hasta 32 °C, así como caídas de pH (entre 5,0 y 5,2), que podrían haber dificultado una adecuada fertilización de los ovocitos y posteriormente el desarrollo embrionario de los pocos huevos fertilizados.

## CONCLUSIONES

- El EPP tiene un efecto inductor de la ovulación, maduración final y desove, similar al Acetato de Buserelina en *P. brachypomus*.
- Las concentraciones de EPP de 3,0 y 3,5 mg/kg inducen a la ovulación y el desove en las reproductoras de paco.
- La concentración de 2,5 mg/kg no produjo respuesta positiva en las reproductoras.
- Las tasas de fertilización y eclosión obtenidas fueron bajas, por lo que se sugiere continuar las investigaciones para mejorar estos parámetros reproductivos, empleándose en todo caso un laboratorio que cuente con facilidades para el monitoreo y control de la calidad del agua.
- El EPP es una sustancia natural con buen potencial para su uso en la reproducción inducida del paco y una alternativa local.

## RECOMENDACIONES

Para próximas investigaciones relacionadas al uso del extracto de pituitaria de paiche (EPP), se recomienda lo siguiente:

- Realizar estudios comparativos de la efectividad del EPP extraídos de paiches provenientes de acuicultura y del medio natural en los parámetros de desempeño reproductivo del paco y otras especies amazónicas.
- Realizar estudios comparativos de la efectividad del EPP extraído de paiches de sexos distintos en los parámetros de desempeño reproductivo del paco y otras especies amazónicas.
- Realizar estudios comparativos de la efectividad del EPP extraído de paiches de distintas edades y pesos, en los parámetros de desempeño reproductivo del paco y otras especies amazónicas.
- Una vez realizado todos estos estudios, se debería estandarizar el origen de los paiches donantes de la pituitaria o hipófisis (medio natural o acuicultura), sexo (de preferencia hembras), la edad (mayores a 4 años), y estadio de desarrollo gonadal, ya que sería interesante trabajarse con EPP extraídos de donantes que pertenezcan al género, edades, pesos y estadio de desarrollo ideales para proporcionar extractos de alta calidad y rendimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, G., Echevarría, L., Llerena, C., Mamani, N., & Inga, D. (2016). Evaluación de la efectividad sobre el desove de tres protocolos de inducción hormonal con acetato de buserelina en *Piaractus brachypomus* aplicados en un centro de reproducción de peces amazónicos en Cusco, Perú. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 3(2), 51-57.  
<https://doi.org/10.20453/STV.V3I2.2825>
- Alcántara Bocanegra, F., Verdi Olivares, L., Murrieta Morey, G., Rodríguez Chu, L., Chu Koo, F., Tello Martín, S., & Del Águila Pizarro, M. (2016). Evaluación de dos inductores hormonales en la ovulación y desove de tres especies ícticas amazónicas. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 6(1), 103. <https://doi.org/10.22386/ca.v6i1.113>
- Arias Acuña, J. J., & Hernández Rangel, J. L. (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.
- Babilonia Medina, J., Flores Ancajima, M., & Chuquipiondo Guardia, C. (2014). Reproducción inducida del sábalo cola roja, *Brycon cephalus* (Günther, 1869) en la Amazonía Peruana: Iquitos. <https://1library.co/document/y4mw8dry-reproduccion-inducida-del-sabalo-cola-roja-brycon-cephalus-guenther-1869-en-confinamiento-en-la-amazonia-peruana-iquitos-peru.html>
- Chaves-Moreno, L. C., Chacón-Rodríguez, L., Lozada-Morales, J., Motta-Delgado, P. A., & Murcia-Ordoñez, B. (2012). Evaluación de la reproducción inducida de cachama blanca (*Piaractus brachypomus*) con acetato de buserelina. *Revista Veterinaria y Zootecnia (On Line)*, 6(1), 47-55.
- Chu-Koo, F., Fernández Méndez, C., Alfaro Rebaza, C., Darías, M. J., García Dávila, C., García Vásquez, A., Tello Martín, S., Campos Baca, L., Alván Aguilar, M., Ayarza Rengifo, J., Arévalo Llerena, L., François Renno, J., & Arbildo, H. (2017). El cultivo del paiche: biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana – IIAP, Ministerio del Ambiente / Gobierno del Perú.

- Chu-Koo, F., & Alcántara, F. (2009). Perspectivas de una crianza sostenible: Paiche doméstico en la Amazonía. *Revista Internacional de la Sociedad Nacional de Pesquería*, 13(57), 32-33.
- Condori Bernal, R. (2022). Evaluación de tres inductores hormonales en la ovulación y desove de tambaqui (*Piaractus brachypomus*) en la empresa Eco Pesca Vallecito S.R.L. [Tesis para Optar el Título de Ingeniero Agrónomo]. Universidad Mayor de San Andrés.
- Del Risco Orbe, R. M. (2014). Efecto de dos concentraciones de pituitaria de *Prochilodus nigricans* “boquichico”, *Potamorhina latior* “yahuarachi”, y *Anodus elongatus* “yulilla” sobre la liberación y viabilidad de productos gonádicos de *Piaractus brachypomus* “paco”. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.
- Dzyuba, V., Cosson, J., Papadaki, M., Mylonas, C. C., Steinbach, C., Rodina, M., Tučkova, V., Linhart, O., Shelton, W. L., Gela, D., Boryshpolets, S., & Dzyuba, B. (2021). Influence of environmental temperature and hormonal stimulation on the in vitro sperm maturation in Sterlet *Acipenser ruthenus* in advance of the spawning season. *Animals* 2021, Vol. 11, Page 1417, 11(5), 1417. <https://doi.org/10.3390/ANI11051417>
- Espinales R., A., Reyes R., J., & Hidalgo M., A. (2019). Efecto de tres concentraciones de acetato de buserelina en la emisión de gametos de *Cynoscion analis*. *Manglar*, 15(2), 99-106. <https://doi.org/10.17268/MANGLAR.2018.012>
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. Versión resumida. FAO. <https://doi.org/10.4060/ca9231es>
- González Campos, C. A. (2022). Efecto del análogo sintético de GnRH en la reproducción inducida de “paco” *Piaractus brachypomus* en Pucallpa-Perú. Universidad Nacional de Trujillo.
- 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.
- González-Martínez, D., Zamora, N., Saligaut, D., Zanuy, S., Elizur, A., Kah, O., & Muñoz-Cueto, J. A. (2004). New insights in developmental origins of different GnRH (gonadotrophin-releasing hormone) systems in perciform fish: an immunohistochemical

- study in the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Journal of Chemical Neuroanatomy*, 28(1-2), 1-15. <https://doi.org/10.1016/J.JCHEMNEU.2004.05.001>
- Hoga, C. A., Almeida, F. L., & Reyes, F. G. R. (2018). A review on the use of hormones in fish farming: Analytical methods to determine their residues. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 679-691. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1475423>
- Islam, S. (2017). Induced breeding of Striped Spiny Eel, *Mastacembelus pancalus*: considering various doses of pituitary gland hormone. *International Journal of Oceanography & Aquaculture*, 1(4). <https://doi.org/10.23880/IJOAC-16000122>
- Konzen-Freitas, A. R., Abreu, J. G. de, Abreu, J. S. de, Dantas, V. L. de Q., Corrêa Filho, R. A. C., & Povh, J. A. (2020). Tambaqui females (*Colossoma macropomum*) spawn after hormonal induction with busserelin acetate. *Animal Reproduction Science*, 221, 106594. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2020.106594>
- Lenis, G. A., Restrepo, L. F., Rivera, J. C., Monsalve, F., & Cruz- Casallas, P. E. (2009). Reproducción inducida y producción de alevinos de Sabaleta *Brycon henni*: determinación del tiempo de latencia utilizando extracto de hipófisis de carpa. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 22(2), 143-155.
- Marimuthu, K. (2019). A short review on induced spawning and seed production of African Catfish *Clarias gariepinus* in Malaysia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 348(1), 012134. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/348/1/012134>
- Mesa Granda, M. N., & Botero Aguirre, M. (2016). La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético | *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(1), 07-22.
- Navas Vásquez, M. E., & Reyes Ramírez, C. E. (2019). Avances en la reproducción inducida y aspectos nutricionales del «Paiche» *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) en condiciones controladas. *Universidad Nacional de la Amazonía Peruana*.
- Okomoda, V. T., Tihamiyu, L. O., & Kwaghger, D. (2017). Spawning performance of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) induced with ethanol-preserved and fresh catfish pituitary extract. *Zygote*, 25(3), 376-382. <https://doi.org/10.1017/S0967199417000247>

- Pires, L. B., Corrêa Filho, R. A. C., Sanches, E. A., Romagosa, E., Silva, T. G. da, Rech, S., Streit, 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. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2018.07.006>
- Ribeiro Martins, C., Fernandez Osório Pouey, J. L., Soares Lopes, P. R., & Dos Santos Vaz, B. (2008). Utilização de hipófise de Voga (*Cyphocharax voga*) na indução a reprodução do Jundiá (*Rhamdia quelen*). *Revista Brasileira de Agrociência*, 14(4), 102-106.
- Rodriguez Chu, L. A., Ruiz Tafur, K. M., Satalaya Arellano, H., Alván Aguilar, M. A., Chirinos Ramírez, C. S., Fernández Méndez, C., Ismiño Orbe, R. A., & Murrieta Morey, G. A. (2020). “Manual de extracción, procesamiento y uso de la Hipófisis de Paiche en la reproducción inducida de peces amazónicos” (1.<sup>a</sup> ed.). Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
- Rodríguez Chu, L. A., Tobar Tello, M., Rosero Solarte, L., Satalaya Arellano, H., Murrieta Morey, G. A., Alvan-Aguilar, M. A., & Chu-Koo, F. W. (2022). Reproducción inducida de gamitana (*Colossoma macropomum*) usando extractos de pituitaria de carpa común y de paiche. *Folia Amazónica*, 30(2), 179-188. <https://doi.org/10.24841/fa.v30i2.590>
- Sevignani, D., Buzzacaro, E., & Fortuna, N. B. (2020). Monitoring the time-grade required for extrusion of oocytes reproductive from *Colossoma macropomum*. *Scientific Electronic Archives*, 13(6), 57-63. <https://doi.org/10.36560/1362020946>
- Souza, F. N., de Fatima Ferreira Martins, E., Corrêa Filho, R. A. C., Abreu, J. S. de, Pires, L. B., Streit, 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. <https://doi.org/10.1016/J.ANIREPROSCI.2018.05.005>
- Streit Júnior, D. P., Moraes, G. V. de, Pereira Ribeiro, R., Shigueiro Sakaguti, E., Povh, J. A., & Márquez Moreira, H. L. (2005). Efeito de três diferentes fontes de extrato de pituitárias na indução gonadal em machos e fêmeas de pacu (<em>*Piaractus mesopotamicus*</em>). *Acta Scientiarum. Animal Sciences*, 27(4). <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(2).  
<https://doi.org/10.4067/S0301-732X2008000200002>
- Vásquez Martínez, R. A., Rodríguez Castillo, V., & García, B. A. (2009). Inducción a la ovulación del *Piaractus brachypomus*, pacú, fuera de época de maduración. Reporte de Investigación. Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología (MESCyT). 18p.
- Verdi-Olivares, L., Alcántara-Bocanegra, F., Rodríguez-Chu, L., Chu-Koo, F., Ramírez-Arrarte, P., & Tello-Martín, S. (2014). Validación del protocolo de reproducción de *Colossoma macropomum*, *Piaractus brachypomus* y *Prochilodus nigricans* en condiciones controladas. *Ciencia Amazónica (Iquitos)*, 4(1), 54-59.  
<https://doi.org/10.22386/CA.V4I1.68>
- Vidal Cama, J. L. (2022). Evaluación de la gonadotropina coriónica humana (GCH) sobre las tasas de fertilidad y eclosión de reproductores de paco (*Piaractus brachypomus*) alimentados con dietas que contienen hidrolizado proteico de pescado. Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios.
- Zaki, E., Haytham, & Abd, E.-G. (2020). Effects of Ovaprim, Pituitary Gland Extract and Human Chorionic Gonadotropin on Testosterone, 11-Ketotestosterone, and 17 $\beta$ -Estradiol hormones of catfish (*Clarias gariepinus*). *Egyptian Journal for Aquaculture*, 0(0), 1-16. <https://doi.org/10.21608/eja.2020.52848.1043>
- Zumaeta López, E. (2021). Reproducción inducida de *Piaractus brachypomus* Cuvier, 1818 (Paco) con la hormona Conceptase en el Fundo Aspajo Carretera Curimana, distrito de Neshuya, Región Ucayali. Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
**ALTO AMAZONAS**

Proyecto: Evaluación del extracto de pituitaria de paiche (EPP) en la reproducción inducida del paco *Piaractus brachypomus*.

**FICHA N° 02: CÁLCULO DE RACIONES ALIMENTICIAS PARA PECES REPRODUCTORES**

2. **FECHA:**

<b>Especie</b>	<b>Cuadrante</b>	<b>N° Peces</b>	<b>Peso Promedio (kg)</b>	<b>Biomasa Total (kg)</b>	<b>Tasa de Aliment.</b>	<b>Ración Diaria (kg)</b>	<b>1ra Comida (07:30 h)</b>	<b>2da Comida (16:30 h)</b>





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE  
**ALTO AMAZONAS**

Proyecto: Identificación de la dosis de aplicación de EPP más efectiva en el desove de hembras de *Piaractus brachyomus*  
Tesis: Evaluación del extracto de pituitaria de paiche (EPP) en la reproducción inducida del paco *Piaractus brachyomus*

### FICHA N° 04: INDUCCIÓN, INCUBACIÓN Y DESOVE

Durante los días \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022, en la sala de Reproducción de Peces Amazónicos del Fundo El Gavilán, ubicado en el Km \_\_\_\_\_ de la Carretera Yurimaguas - Munichis; se reunieron las siguientes personas: \_\_\_\_\_ (Investigador UNAAA), \_\_\_\_\_ (Investigador UNAAA), \_\_\_\_\_ (Investigador UNAAA) y \_\_\_\_\_ (Tesista UNAAA); con la finalidad de dejar constancia el evento de reproducción inducida con fines de INVESTIGACIÓN, realizado con la especie \_\_\_\_\_; que se detalla a continuación:

### 3. INDUCCIÓN

Especie	Cuadrante de procedencia	Fecha de Inducción ( / / )										
		N° Tanque	Chip	Sexo	Peso (kg)	Long. (cm)	Inductor Hormonal	Dosis hormona/kg	Total de hormona./ind.	Dosis hormonal		Total de hormona utilizada
										Dosis inicial pm	Dosis final am	
		<b>Responsables:</b>										

### 4. DESOVE hormonal

% de dosis

Fecha de Desove ( / / )					
N° Tanque	Chip	Hora	Peso (g)	N° promedio de óvulos/1 g de desove	N° total de ovocitos desovados
<b>TOTAL</b>					

Hormona	Hembra		Macho	
	Dosis inicial	Dosis final	Dosis inicial	Dosis final
EPC	10%	90%	50%	50%
Conceptal	20%	80%	100%	



## 7. CONTROL DE LA CALIDAD DE AGUA DURANTE LA INCUBACIÓN

Código Incubadora	Hora	pH		T (°C)		O <sub>2</sub> (mg/L)		Conductividad (microS/cm)		Flujo (L/min)
		Rango	Prom.	Rango	Prom.	Rango	Prom.	Rango	Prom.	

### Observaciones:

En señal de conformidad los responsables firman la presente acta:

\_\_\_\_\_  
Investigador del Proyecto

\_\_\_\_\_  
Investigador del Proyecto

\_\_\_\_\_  
Investigador del Proyecto

\_\_\_\_\_  
Tesisista del Proyecto

NOMBRE DEL TRABAJO

**TAPULLIMA\_MARREROS\_LIZ JANETH \_r  
esumen-recomendacion.pdf**

AUTOR

**LIZ JANETH TAPULLIMA MARREROS**

RECUENTO DE PALABRAS

**9958 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**50464 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**40 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 19, 2024 10:10 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 19, 2024 10:10 AM GMT-5****● 15% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 13% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 7% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)