



UNAP



FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS
MAESTRÍA EN ACUICULTURA

AVANCES EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA Y ASPECTOS
NUTRICIONALES DEL "PAICHE" *Arapaima gigas* (PISCES:
ARAPAIMIDAE) EN CONDICIONES CONTROLADAS

TESIS PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO
EN ACUICULTURA

AUTOR (ES): MANUEL ENRIQUE NAVAS VÁSQUEZ
CARLOS EDINZON REYES RAMÍREZ

ASESOR (ES): Dr. FRED CHU KOO.

Dr. FERNANDO ADÁN ALCÁNTARA BOCANEGRA

IQUITOS – PERÚ

2019



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Con **Resolución Directoral N° 0662-2014-EPG-UNAP**, se designa como Jurado evaluador y dictaminador del proyecto de tesis: "**AVANCES EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA Y ASPECTOS NUTRICIONALES DEL "PAICHE" *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) EN CONDICIONES CONTROLADAS**", a los siguientes profesionales:

Dr. Luis Alfredo Mori Pinedo	Presidente
MSc. Rossana Cubas Guerra	Miembro
MSc. Victor Hugo Motreuil Frias	Miembro

A los veinticuatro días del mes de Octubre del 2014, a horas 06:00 p. m., en el Auditorio de la Escuela de Postgrado de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, se constituyó el Jurado evaluador y dictaminador, para presenciar y evaluar la exposición de la tesis titulada: "**AVANCES EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA Y ASPECTOS NUTRICIONALES DEL "PAICHE" *Arapaima gigas* (Pisces: Arapaimidae) EN CONDICIONES CONTROLADAS**", presentado por los egresados **Manuel Enrique Navas Vásquez** y **Carlos Edinzon Reyes Ramírez**, como requisito para optar el grado académico de **MAESTRO EN ACUICULTURA** que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria 23733 y el Estatuto General de la UNAP.

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron:

aprobadas en forma satisfactoria

El Jurado, después de la deliberación correspondiente en privado, llegó a las siguientes conclusiones:

1. La Sustentación es: *aprobada por unanimidad*
2. Observaciones :

En fe de lo actuado los miembros del Jurado suscriben la presente acta por cuádruplicado.

Seguidamente, el Presidente de Jurado dio por concluida la sustentación, siendo las *08:30* p. m.

Con lo cual, se les declara a los sustentantes... *aptes* para recibir el Grado Académico de **MAESTRO EN ACUICULTURA**

Dr. Luis Alfredo Mori Pinedo
Presidente


Rubos
MSc. Rossana Cubas Guerra
Miembro


Victor Hugo Motreuil Frias
MSc. Victor Hugo Motreuil Frias
Miembro


TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA DEL DÍA 24 DE OCTUBRE DEL AÑO 2014 EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS-PERÚ.

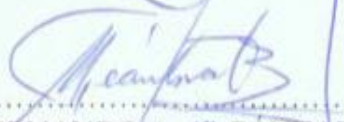
JURADO

.....
Dr. LUIS ALFREDO MORI PINEDO
Presidente


.....
MSc. ROSSANA CUBAS GUERRA
Miembro


.....
MSc. VÍCTOR MONTREUIL FRÍAS
Miembro


.....
Dr. FRED CHU KOO
Asesor


.....
Dr. FERNANDO A. ALCANTARA BOCANEGRA
Asesor

DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuerza que impulsa nuestra existencia y el camino que recorreremos en la vida.

Sin dejar de lado a mis familiares, por todo el apoyo incondicional brindado, por haber dejado cimentados los principios y valores necesarios para una adecuada formación personal y profesional, sin ellos no habría sido posible.

Manuel Enrique Navas Vásquez

Este trabajo está dedicado a todos —sin distinción alguna, en mayor o menor grado— los que hicieron posible que la presente investigación llegara a su final con el éxito esperado. Para ellos mi mayor reconocimiento y gratitud.

Carlos Edinzon Reyes Ramírez

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan su profundo agradecimiento a las siguientes instituciones y personas que colaboraron para llevar a cabo la presente tesis:

A la Fundación *John D. and Catherine T. Mac Arthur*, por su valiosa colaboración económica brindada por medio de las becas de estudio para la ejecución del presente trabajo de investigación.

Al Proyecto *Innovación y Competitividad para el Agro Peruano – INCAGRO*, que a través del subproyecto FDSE “Reproducción inducida del paiche *Arapaima gigas* y manejo de alevinos en condiciones controladas”, ejecutado por el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana – IIAP y el Institute de Recherche pour le Développement - IRD, quienes financiaron la fase experimental de la tesis.

A nuestros distinguidos asesores, profesionales biólogos y reconocidos investigadores en acuicultura de especies amazónicas, Fernando Alcántara Bocanegra y Fred Chu Koo, por el asesoramiento, paciencia, y la amistad y el apoyo brindado para llevar a cabo el presente trabajo.

Al Ing. Salvador Tello Martín, director del Programa de Investigación para el Uso del Agua y sus Recursos (AQUAREC) del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP, por las facilidades brindadas dentro de los ambientes y laboratorios de la estación científica.

Al señor Hugo Marichín Ayambo y a todo el personal técnico y profesional que labora en el Programa AQUAREC, por su desinteresada colaboración en la ejecución del presente trabajo.

A Lourdes Alejandra Sáenz-Manzur Rodríguez y Shellah Reátegui Zumaeta, por el apoyo brindado durante la realización de la fase experimental del presente trabajo.

AVANCES EN LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA Y ASPECTOS NUTRICIONALES DEL PAICHE *Arapaima gigas* (PISCES: ARAPAIMIDAE) EN CONDICIONES CONTROLADAS.

Manuel Enrique Navas Vásquez
Carlos Edinzon Reyes Ramírez

RESUMEN

Se plantearon dos objetivos: 1) establecer métodos de producción de crías de paiche (*Arapaima gigas*) a través de la reproducción inducida, y 2) evaluar el efecto de dos tasas de alimentación y tres frecuencias alimenticias en el incremento en peso y longitud de alevinos de *A. gigas*. Para el primer objetivo, se realizaron dos experiencias de inducción hormonal en peces adultos del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IAP. La primera experiencia se realizó de enero a junio de 2008 utilizando 12 parejas de paiches adultos (5 años) previamente marcados con chips y sexados por el método EIA específico para la vitelogenina. Los peces se distribuyeron en 12 estanques de tierra de 150 m² y sometidos a inducciones hormonal mensuales. Se evaluaron tres dosificaciones de extracto de pituitaria de carpa (EPC) por triplicado: T1 = 2 mg EPC, T2 = 4 mg EPC, y T3 = 8 mg EPC/Kg. de peso del pez, más un tratamiento control (TO = suero fisiológico + 0 mg EPC/Kg. de peso). La segunda experiencia, realizada de agosto a diciembre de 2009, se realizó en cuatro estanques de 1000 m², en cada uno de los cuales, fueron sembrados cinco paiches adultos (1 pez/200 m²), usándose en total 20 peces (6 años) sexados y marcados con chips electromagnéticos. En esta fase, se inoculó mensualmente una dosis de 5 mg EPC/Kg. de peso del pez en machos y de 10 mg EPC/Kg. de peso del pez en las hembras, pero condicionando el sex-ratio de cada estanque en dos tratamientos (T1 = 1.5 ♂: 1 ♀ y T2 = 1 ♂: 1.5 ♀). En ambas experiencias, los paiches fueron alimentados con pescado fresco-congelado, empleando una tasa de alimentación equivalente al 2% de su biomasa corporal. No se obtuvo resultados positivos en la primera experiencia, mientras que, en la segunda experiencia, una hembra del T1 produjo dos (2) eventos reproductivos (en setiembre y octubre de 2009).

Para el logro del segundo objetivo se utilizaron 54 alevinos (12 gramos y 10 centímetros de peso y longitud media respectivamente), que fueron alimentados diariamente con dos tasas de alimentación (5% y 7%) y tres frecuencias alimenticias (2, 4, y 6 veces/día) por un periodo de 60 días. Las tres frecuencias de alimentación empleadas no influyeron de modo diferenciado ($P > 0.05$) sobre los parámetros de crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia evaluados. Sin embargo, los ANOVA realizados indican, que la variable tasa de alimentación sí tuvo efectos significativamente diferentes ($P < 0.05$) al menos en dos parámetros: i) ganancia de peso y ii) ganancia en longitud. Los peces que obtuvieron mayor ganancia de peso fueron aquellos que se encontraban en las combinaciones F4T5 y F2T5, mientras que los peces que con menor ganancia de peso fueron los que se encontraron en F2T7. Se registró un rango de sobrevivencia entre 77.8 a 100%. Los peces del tratamiento F2T5 presentaron los valores más adecuados de crecimiento específico (TCE) y conversión alimenticia (TCA).

Palabras clave: *Arapaima gigas*, EPC, reproducción inducida, alimentación

ADVANCES IN THE INDUCED REPRODUCTION AND NUTRITIONAL ASPECTS OF THE *Arapaima gigas* (PISCES: ARAPAIMIDAE) IN CONTROLLED CONDITIONS.

Manuel Enrique Navas Vásquez
Carlos Edinzon Reyes Ramírez

ABSTRACT

The study had two objectives: 1) establish methods of producing paiche hatchlings (*Arapaima gigas*) through induced reproduction, and 2) evaluate the effect of two different feeding rates and three different feeding frequencies on the increase in weight and length of *A. gigas* fingerlings. For the first objective, hormonal induction treatment of mature fish was carried out twice at the Fernando Alcántara Bocanegra Research Center of the IIAP. The first treatment was realized from January to June 2008, using 12 pairs of adult paiche (5 years old), previously marked with chips and sexed by the specific EIA method for vitellogenin. The fish were distributed in 12 earthen ponds of 150 m² and subjected to hormonal induction monthly. Three doses of carp pituitary extract (CPE) were evaluated in triplicate: T1 = 2 mg CPE, T2 = 4 mg CPE, and T3 = 8 mg CPE / kg body mass, plus a control treatment (TO = physiological saline + 0 mg CPE / kg body mass).

The second treatment was carried out from August to December 2009 in four 1,000 m² ponds with five adult paiche in each (1 fish / 200 m²), for a total of 20 fish (6 years old), sexed and marked with electromagnetic chips. For this treatment, a monthly dose of 5 mg CPE / kg body mass was applied to males and 10 mg CPE / kg body mass weight to females, but conditioning the sex ratio of each pond (T1 = 1.5 ♂: 1 ♀ and T2 = 1 ♂: 1.5 ♀). In both experiences, the paiche were fed fresh-frozen fish, using a feed rate equivalent to 2% of body biomass. No positive results were obtained in the first experience, while in the second experience a female of T1 produced two (2) reproductive events (in September and October 2009).

To achieve the second objective, 54 fingerlings (12 g and 10 cm respective average weight and average length) were used, with two daily feeding rates (5% and 7%) and three food frequencies (2, 4, and 6 times / day) for a period of 60 days. Feeding frequency did not significantly influence ($P > 0.05$) the evaluated parameters of growth, feed conversion and survival. However, the ANOVA conducted indicated that the variable feed rate did have significant effect ($P < 0.05$) on at least two parameters: i) weight gain and ii) gain in length. The fish that obtained the most weight gain were those that were in the F4T5 and F2T5 combinations, while the fish with the lowest weight gain were those found in F2T7. A survival rates were between 77.8 to 100%. The fish of the F2T5 treatment presented the most adequate values of specific growth (SGR) and feed conversion (FCR).

Key words: *Arapaima gigas*, CPE, induced reproduction, feed.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
CAPÍTULO I	1
1.1 INTRODUCCION	1
1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	5
1.2.3 Para el estudio de la reproducción inducida del paiche.....	5
1.2.2 Para el estudio de la tasa y frecuencia alimenticia del paiche.	6
1.3 OBJETIVOS	6
1.3.1 Para el estudio de reproducción inducida del paiche.....	6
1.3.2 Para el estudio de la tasa y frecuencia alimenticia del paiche.	7
CAPÍTULO II.....	8
2.1 MARCO TEÓRICO.....	8
2.1.1 Antecedentes.....	8
2.1.2 Bases teóricas	13
2.1.3 Marco conceptual	26
2.2 DEFINICIONES OPERACIONALES	34
2.3.1 Para el estudio de reproducción inducida del paiche.....	34
CAPITULO III.....	36
PARA EL ESTUDIO DE LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA.....	36
3.1.MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	36
3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	37
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	39
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	40
3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	40
3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS	41
3.7. PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS HUMANOS	41

3.2 PARA EL ESTUDIO DE LA TASA Y FRECUENCIA ALIMENTICIA DEL PAICHE. 42	
3.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	45
3.2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS.....	45
3.2.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
3.2.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	47
3.2.7 PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS HUMANOS.....	47
CAPITULO IV.....	48
RESULTADOS.....	48
4.1. Reproducción inducida de <i>Arapaima gigas</i>	48
4.1.1 Primera Experiencia.....	48
4.1.2. Segunda Experiencia.....	48
4.1.3. Calidad del agua de los estanques.....	52
4.2 Estudio de la tasa y frecuencia alimentaria.....	52
CAPITULO V.....	56
DISCUSIÓN.....	56
CAPITULO VI.....	64
PROPUESTA.....	64
CAPITULO VII.....	65
CONCLUSIONES.....	65
CAPITULO VIII.....	66
RECOMENDACIONES.....	66
CAPITULO IX.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	67

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Identificación de un ejemplar adulto de *Arapaima gigas* utilizado en la presente tesis, empleando un lector de chips electromagnéticos (PIT Tags). _____ 37
- Figura 2.** Fred Chu (IIAP) asesor de la tesis, aplicando una inyección conteniendo extracto de pituitaria de carpa (EPC) a un ejemplar adulto de *Arapaima gigas* durante la primera fase experimental del estudio (2008)._____ 38
- Figura 3.** Fernando Alcántara (UNAP-IIAP) asesor de la tesis, aplicando una inyección conteniendo extracto de pituitaria de carpa (EPC) a un ejemplar adulto de *Arapaima gigas* durante la segunda fase experimental del estudio (2009). _____ 39
- Figura 4.** Lote de alevinos de paiche producido en uno de los estanques del T1 (1.5 ♂:1 ♀) del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IIAP, durante la ejecución de la 2da. Fase Experimental. Setiembre de 2009. _____ 51
- Figura 5.** Captura de alevinos de paiche nacidos de una hembra del Tratamiento 1 (1.5 ♂:1 ♀), en el Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IIAP. Noviembre de 2009. _____ 52

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos (sex-ratio) y dosificación hormonal empleados en la ejecución de la segunda fase de la tesis. _____	38
Cuadro 2. Tratamientos (tasa x frecuencia alimenticia) empleados en la alimentación de alevinos de paiche (<i>Arapaima gigas</i>) durante un periodo experimental de 60 días. _____	43
Cuadro 3. Composición (%) de la dieta peletizada (45% de PB) empleada en el presente trabajo. _____	44
Cuadro 4. Resultados de la administración de cinco inducciones hormonales de extracto de pituitaria de carpa (EPC) en ejemplares adultos de la especie paiche (<i>Arapaima gigas</i>) en el Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IIAP. Segunda E. _____	50
Cuadro 5. Valores promedios y desviación estándar de los principales parámetros físicos y químicos de cuatro estanques de manejo de paiches (<i>Arapaima gigas</i>) reproductores en el CIFAB – IIAP Quistococha (enero-diciembre 2009). _____	52
Cuadro 6. Valores (promedio \pm desviación estándar) del peso final, ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia, sobrevivencia, tasa de crecimiento específico y factor de condición de alevinos de paiche alimentados con dos tasas y tres frecuencias de alimenta _____	54
Cuadro 7. Promedio \pm desviación estándar del oxígeno disuelto (mg/L) y temperatura ($^{\circ}$ C) del agua de nueve tanques de cemento destinados a la crianza de alevinos de <i>Arapaima gigas</i> por 60 días. _____	55
Cuadro 8. Promedio \pm desviación estándar de los principales parámetros químicos del agua de nueve tanques de cemento destinados a la crianza de alevinos de <i>Arapaima gigas</i> por 60 días. _____	55

CAPÍTULO I

1.1 INTRODUCCION

La reproducción en los peces está regulada por factores ambientales externos que activan mecanismos internos. El evento final del ciclo reproductivo, la liberación de los óvulos y el esperma, puede ser controlado colocando al pez en un ambiente apropiado o modificando sus factores de regulación hormonal interna a través de inyecciones de inductores hormonales u otras sustancias (Ayarza, 2009). Los mecanismos internos que regulan el desove son similares en la mayoría de peces. Los factores ambientales externos que controlan la reproducción, sin embargo, varían considerablemente entre especies. Por esta razón, se conoce más acerca de los mecanismos de regulación interna de la reproducción en peces, de que los requerimientos ambientales específicos para el desove de cada especie (Ayarza, 2009). Estudios recientes nos demuestran que la mayor actividad reproductiva del paiche en el eje y carretero Iquitos Nauta, durante los periodos 2007 - 2010, sucede entre los meses de diciembre y abril coincidiendo la época de mayores lluvias y cortos periodos de intensidad lumínica (Nuñez *et al.*, 2011b).

Muchos peces se reproducen en ambientes que son casi imposibles de simular en acuicultura. En ese sentido, la reproducción inducida por hormonas es el único método confiable para inducir al desove de estas especies. Estas técnicas han sido utilizadas desde hace casi 80 años (Streit Jr. *et al.*, 2002) y sorprendentemente, los mismos procedimientos, con ligeras modificaciones han sido usados para un amplio rango de especies, desde los primitivos *esturiones* y *paddlefishes*, hasta *carpas*, *bagres*, *salmones* y *truchas* (Brzuska & Adamek, 1999; Mims *et al.*, 1999; Mims, 2001; Mims *et al.* 2002; Mohler & Fletcher 1999).

El mecanismo interno que regula la reproducción en todos los peces es muy complejo y es denominada como la cadena *cerebro-hipotálamo-*

pituitaria-gónada. Los estímulos ambientales normalmente son recibidos y trasladados por el cerebro y en particular, aquellos estímulos ligados a la reproducción son derivados a una parte del cerebro conocida como *hipotálamo*. El hipotálamo, produce las hormonas *GnRH* (gonadotropin releasing hormone) y también factores que inhiben a las *GnRH*. Por ejemplo, resultados experimentales en varias peces sugieren que la *dopamina* es una sustancia que inhibe la liberación de gonadotropinas, por tanto, son las encargadas de bloquear la cadena haciendo imposible la maduración de los gametos sexuales (Lin *et al.*, 1986; Legendre *et al.*, 1996).

Está probado que las *GnRH* estimulan a la glándula pituitaria, localizada debajo del cerebro a producir y liberar *GtH*, también llamadas hormonas gonadotrópicas (gonadotropin hormones). En estudios de ovulación inducida anteriormente realizados en varias especies de peces, usando inyecciones de extractos de pituitaria, se ha observado un aumento de los niveles sanguíneos de *GtH*, el cual sería un pre-requisito para que suceda la ovulación.

Por las bondades que presenta, el paiche se perfila como una especie de gran importancia para la piscicultura peruana, debido a su valor comercial en el mercado internacional, por la excelente calidad de su carne, por su resistencia a la manipulación y por presentar respiración aérea (Fontenele & Vasconcelos, 1982).

El paiche es una especie que se encuentra en el Apéndice II, especies vulnerables, de la Conservación sobre Comercio Internacional de Especies Amenazadas (CITES), por eso el Estado peruano prohíbe la comercialización de crías provenientes de poblaciones naturales, por lo que su promoción, cultivo y comercialización depende íntegramente de la reproducción en cautiverio (piscicultura). En los últimos años el paiche, se está perfilando como una especie promisorio y de gran importancia

para la piscicultura peruana (Rebaza *et al.*, 2005; Chu-Koo & Alcántara, 2009; Chu-Koo *et al.*, 2012).

Sin embargo, a pesar de los notables avances observados en la producción de semilla en años recientes (Chu-Koo & Tello, 2010; Chu-Koo *et al.*, 2012), la provisión de alevinos es todavía un factor limitante para el desarrollo y expansión del cultivo intensivo del paiche, debido a la baja eficacia de las técnicas actuales para la producción de crías de paiche en condiciones controladas en la Amazonía Peruana, como consecuencia de: (1) de la inexistencia de un método de inducción hormonal para la producción de crías de paiche en condiciones controladas y (2) del escaso conocimiento acerca del manejo alimenticio de las crías de paiche en condiciones controladas.

En la actualidad se viene aprovechando algunas características favorables que presenta el paiche para su cultivo una de estas, es que se reproduce todo el año (con un periodo de máxima intensidad entre octubre y diciembre) debido a que la maduración de los óvulos del paiche es de tipo asincrónico, es decir la maduración ocurre en grupos y en consecuencia el desove es del tipo parcelado pudiendo producir desde 500 hasta 4300 crías (Saavedra *et al.*, 2005; Alcantara *et al.*, 2006).

Sin embargo, es necesario avanzar hacia la superación de ciertas limitaciones, como el proceso de producción de semillas, en calidad y cantidad suficiente, para así dar el soporte inicial a los programas de producción intensiva, así como para realizar programas de repoblamiento en ambientes acuáticos sobreexplotados. Por esta razón, la primera parte de la presente tesis tuvo como objetivo: **establecer un método de producción de crías de paiche, a través de la reproducción inducida de esta especie**, evaluando el efecto de la administración de extracto de pituitaria de carpa (EPC) y el sex ratio.

Por otro lado, si bien es cierto, el paiche se alimenta en su medio natural de peces pequeños, debido a su régimen alimenticio; esta particularidad

es aprovechada por muchos productores quienes en la actualidad aún se dedican al cultivo de esta especie en estanques asociándolo con peces forrajes, tal como lo realizaron el IIAP y la ONG Terra Nuova con 20 productores de la carretera Iquitos – Nauta, a quienes se les entregó seis juveniles de paiche para ser criados por un periodo de hasta 12.5 meses logrando obtener un peso corporal de 11.1 kilos (Alcántara *et al.*, 2003) ; sin embargo este tipo de sistema de cultivo, hace que se contribuya a la disminución de otras especies (forrajes). Bajo esta premisa, los costos de las raciones alimenticias y las horas-hombre empleadas en la alimentación, son dos de las principales variables que afectan el costo final de las operaciones en acuicultura (Riche *et al.*, 2004). En ese sentido, una de las estrategias comúnmente utilizadas para maximizar el crecimiento de los organismos en cultivo es justamente, maximizar la alimentación (Ribeiro *et al.*, 2009). Sin embargo, ha quedado demostrado que esta estrategia tiende a incrementar el alimento que se pierde en el estanque (entre 5-30% de lo ofertado), hasta significar el 50% de los desperdicios sólidos producidos. Este tipo de manejo entonces, resulta en la disminución de la eficiencia alimenticia, un deterioro de la calidad del agua y en el aumento de los costos de operación. Por tanto, un buen manejo de la alimentación, que incluya una apropiada frecuencia de alimentación, reducirá la sobrealimentación y maximizará la eficiencia.

Es de suma importancia para quienes se dediquen al cultivo del paiche tener un amplio conocimiento sobre la alimentación adecuada de los alevines, ya que en este estadio los ejemplares de paiche son muy susceptibles y los niveles de mortalidad pueden llegar a ser muy elevadas debido a que las deficiencias nutricionales favorecen el mal funcionamiento del sistema inmunológico, aumentando la probabilidad de incidencias de enfermedades y parásitos. De igual manera la acumulación de material orgánico proveniente de los residuos del alimento y de las heces, también causan alteraciones en el agua y afectan el crecimiento de los peces (Banzatto & Kronka, 1989).

La subalimentación y la sobrealimentación, son factores perjudiciales en acuicultura debido a que causan deterioro de la calidad del agua, mal utilizan el alimento y el incremento de la susceptibilidad a enfermedades (Priestley *et al.*, 2006). En tal sentido, las tasas de crecimiento específico y de conversión alimenticia, pueden relacionarse directamente a la cantidad de ración y a la frecuencia de alimentación empleada. Por tanto, es importante ser capaces de predecir la frecuencia alimenticia más favorable para la especie y para el tamaño del pez que va a ser cultivado (Priestley *et al.*, 2006).

En ese sentido, la segunda parte de la presente tesis tuvo como objetivo: **evaluar el efecto de dos tasas de alimentación y tres frecuencias alimenticias en el incremento en peso y longitud de alevinos de paiche en condiciones controladas.**

1.2 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.2.3 Para el estudio de la reproducción inducida del paiche.

Problema general

- ¿Cuál es el efecto de la administración hormonal de varias dosificaciones de Extracto de Pituitaria de Carpa Común (EPC) y del sex-ratio, en la reproducción inducida de paiches (*Arapaima gigas*) adultos?

Problemas específicos

- ¿Cuál será la dosificación adecuada de extracto de pituitaria de carpa (EPC) como inductor hormonal en la reproducción inducida de paiches (*Arapaima gigas*)?
- ¿Cuál será el sex ratio adecuado que requieren los adultos de paiche (*Arapaima gigas*) el cual favorece a la reproducción inducida en estanques controlados?

1.2.2 Para el estudio de la tasa y frecuencia alimenticia del paiche.

Problema general

- ¿Cuál será el efecto de la tasa de alimentación y la frecuencia alimenticia en el incremento en peso y longitud de alevinos de paiche en condiciones controladas?

Problemas específicos

- ¿Qué cantidad de alimento (Tasa de alimentación) balanceado necesitan los alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones controladas, para lograr un adecuado incremento en peso y longitud?
- ¿Cuántas veces al día (Frecuencia alimenticia) es necesario alimentar a los alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones controladas, para lograr un adecuado incremento en peso y longitud?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Para el estudio de reproducción inducida del paiche.

Objetivo general

- Evaluar el efecto de la administración de pituitaria de carpa (EPC) y la variación del sex ratio en la reproducción inducida del paiche.

Objetivos específicos

- Determinar la dosificación adecuada de extracto de pituitaria de carpa (EPC) como inductor hormonal en la reproducción inducida de paiches (*Arapaima gigas*).
- Determinar el sex ratio adecuado que requieren los adultos de paiche (*Arapaima gigas*) el cual favorece a la reproducción inducida en ambientes controlados.

1.3.2 Para el estudio de la tasa y frecuencia alimenticia del paiche.

Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos tasas de alimentación y tres frecuencias alimenticias en el incremento en peso y longitud de alevinos de paiche en condiciones controladas.

Objetivos específicos

- Determinar la cantidad de alimento (Tasa de alimentación) balanceado necesitan los alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones controladas, para lograr un adecuado incremento en peso y longitud.
- Determinar cuántas veces al día (Frecuencia alimenticia) es necesario alimentar a los alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones controladas, para lograr un adecuado incremento en peso y longitud.

CAPÍTULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 Antecedentes

Crescêncio (2001) realizó la adaptación de alevinos de *A. gigas* al alimento artificial, evaluando dietas con tres tipos de atractantes alimentarios (glutamato monosódico, ensilado de pescado y harina de camarón seco) más una dieta control sin adición de atractantes, concluyendo que el tratamiento más efectivo en la adaptación de los alevinos fue la harina de camarón.

Ituassú (2001) evaluó el requerimiento proteico de paiches juveniles utilizando raciones de 30, 36, 42 y 48% de proteína bruta, concluyendo que la mayor ganancia de peso, conversión alimenticia, tasas de eficiencia proteica, crecimiento específico y peso corporal, fueron conseguidos con la dieta conteniendo 48% de PB.

Webster *et al.* (2001) evaluaron varias frecuencias de alimentación en el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), concluyendo que, con una frecuencia de alimentación adecuada, es posible mejorar la eficiencia alimenticia, la tasa de crecimiento y disminuir los residuos de alimento.

Aldea (2002) realizó un cultivo experimental de paiche en jaulas sumergidas usando alimento artificial con alto contenido proteico (50%), encontrando buen crecimiento en peso, longitud y una aceptable tasa de conversión alimenticia (4.25:1), mientras que, Padilla *et al.* (2003a) concluyen que el paiche a pesar de ser una especie piscívora se adapta en un período de cinco semanas al consumo de una ración peletizada con alto contenido proteico (50% de PB), presentando además una buena conversión alimenticia y elevados niveles de sobrevivencia (97%).

Cavero *et al.* (2002) evaluaron tres densidades de cultivo (15, 20 y 25 peces/m³) en paiches juveniles y no encontraron diferencias significativas en el incremento en peso y longitud.

Gandra (2002), evaluó el efecto de tres frecuencias alimenticias (2, 3 y 4 veces/día) en el crecimiento de juveniles de paiche, no registrando diferencias en el rendimiento productivo de los peces en estudio. El autor sugiere el uso de la frecuencia de 2 veces/día pues permite obtener igual rendimiento con mínimo requerimiento de mano de obra.

Padilla *et al.* (2003b), evaluaron el uso de tres diferentes tasas de alimentación (6, 8 y 10%) en alevinos de paiche y reportaron que la mejor conversión alimenticia se obtuvo con la tasa de alimentación al 6%. Por otro lado, Padilla *et al.* (2005), demostraron que por razones de sobrepoblación o baja oferta alimenticia los alevinos de paiche retrasan su crecimiento, pero posteriormente lo recuperan cuando son alimentados con raciones de pescado *ad libitum* o al menos al 8% de su peso corporal.

Pérez (2002) estudiaron el efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de paiche en ambientes controlados y determinaron que a una densidad de 200 peces/ha se obtiene un mayor incremento en peso (1570 g) con un factor de condición de 1.1, además de una elevada sobrevivencia (97.8%), por lo que sugieren incrementar la densidad de siembra a más de 200 peces/ha y de peces forraje (presa) a más de tres peces/m².

Ruiz (2005) también evaluó la influencia de la densidad de siembra en el crecimiento de paiches juveniles alimentados con una dieta peletizada (50% PB) y criados en jaulas sumergidas, demostrando que a densidades de 3 peces/m³ se obtuvo la mayor productividad (5500 g/m³) y una aceptable tasa de conversión alimenticia (4.59:1).

Crescêncio *et al.* (2005) encontraron que el consumo de alimento en horarios nocturnos durante la noche no producía ventajas significativas en cuanto a la ganancia de peso en *Arapaima gigas*.

Crescêncio *et al.* (2005), indican que una alimentación adecuada proporciona mayor ganancia de peso en el paiche. El consumo de alimentos durante el día y la noche mostraron similar aumento de peso, pero con el suministro de alimento en horas del día se obtuvo una mejor conversión alimenticia. El período de oferta preferente de paiche fue la noche, especialmente en sus primeras horas. Los datos de este estudio indican que la preferencia nocturna del paiche para el consumo de alimentos no siempre es la mejor práctica para alimentar a la especie, si el cultivo tiene fines comerciales. En una piscicultura intensiva, el período de alimentación adecuado para la especie, sobre la base de la capacidad conversión de los alimentos, sería el día.

Saavedra *et al.* (2005), indican que los conocimientos sobre la nutrición y las prácticas de alimentación en el paiche aún son incipientes. Pocos estudios sobre dietas completas y requerimientos nutricionales de la especie han sido realizados y básicamente los ensayos de alimentación se han basado en los requerimientos nutricionales de otros peces con preferencias alimenticias semejantes. Según el autor, esta es una forma práctica de iniciar estos estudios, aunque cada especie posee su propia habilidad para aprovechar los diferentes ingredientes incluidos en las raciones.

Roubach *et al.* (2005) revelan que entre las informaciones básicas para la producción económica del paiche están sus necesidades nutricionales, como la demanda de vitaminas y los aspectos para el manejo de su reproducción en ambientes controlados.

Quintero (2005) indica que la determinación de la densidad óptima para cada fase del cultivo del paiche es un factor importante para la obtención de las tasas de rendimiento y por ende la optimización del proceso

productivo. Regulando este parámetro se logran disminuir al máximo las mortalidades y el tiempo de cría y se obtiene lotes más homogéneos que garanticen una mayor ganancia de dinero. El propio autor menciona que los sistemas de producción del paiche implementados hasta el momento en la región amazónica según el nivel tecnológico aplicado son de tipo extensivo, semi intensivo e intensivo. Es un reto actual desarrollar en el corto plazo explotaciones que produzcan de forma suficiente y constante la semilla requerida, axial como implementar sistemas bioseguros que permitan su explotación en las demás regiones piscícolas del país.

Del Risco & Velásquez (2006) estudiaron la influencia de tres niveles de proteína bruta (35%, 40% y 45%) en el crecimiento de alevinos/juveniles de paiche en dos etapas, una de adaptación y otra de cultivo en jaulas, obteniendo mejores resultados con dietas de 40% y 45%. Sin embargo, para la etapa de juveniles no se evidencia diferencias significativas en lo que se refiere a índices zootécnicos. Lo que sugiere que dietas superiores a 45% de proteína bruta probablemente estén excediendo los requerimientos nutricionales de la especie en ambas etapas y que las dietas inferiores a 40% limitan el desarrollo de la misma.

Chu-Koo *et al.* (2006) estudiaron el efecto de tres diferentes tasas de alimentación (5, 8 y 11%) en el crecimiento de alevinos de paiche cultivados en tanques de concreto, encontrando que la mejor tasa de conversión alimenticia y eficiencia alimentaria fueron obtenidos por los peces alimentados al 5 % de la biomasa.

Yuto (2006) citando a Pereira *et al* (2002) muestra la importancia de la composición de la dieta en la alimentación del paiche, quienes utilizaron una dieta de 40% de proteína y reportaron ganancias de peso mayores a aquellos peces alimentados con raciones conteniendo menos de 40% de proteína. Esto confirma que el paiche es una especie que demanda un nivel de proteína alto en su dieta lo cual es similar para otras especies carnívoras como la trucha y el cat fish.

Chu-Koo & Alcántara (2009) precisan que en la actualidad el IIAP está mejorando las técnicas de cría y de manejo alimenticio de los alevinos (adaptación a dietas balanceadas, tasas, frecuencias y horarios de alimentación, requerimiento proteico de alevinos y juveniles de paiche) lo que permitirá incrementar los niveles de sobrevivencia de las crías de esta especie en los predios de los piscicultores que se dedican al cultivo de este pez.

Chu-Koo & Tello (2010) informa que en el año 2000 el Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) inició, junto con socios estratégicos, un programa de apoyo al cultivo de paiche (*Arapaima gigas*) en la región Loreto, Perú. La finalidad era formar planteles de reproductores que pudieran abastecer a los futuros núcleos de criadores de dicha región.

Núñez *et al.* (2011a) manifiestan que con el sexaje sistemático y la identificación con Pit Tags, se podrá constituir más fácilmente parejas en estanques pequeños o grupos con machos y hembras en números equilibrados o no en estanques más grandes. De esta manera se aumenta el éxito reproductor en cautiverio y finalmente la producción de alevines necesarios para el desarrollo del cultivo de esta importante especie. La disponibilidad de alevines también puede permitir programas de repoblamiento en áreas fácilmente controlables, como lagos o cochas en zonas pobladas, permitiendo un manejo sostenible de los paiches introducidos por los mismos comuneros de la zona.

Núñez *et al.* (2011b) recopilaron los informes de nacimiento y levante de alevinos de los 2007 al 2010 de los productores de paiche de la región de Iquitos, reportando que en los estanques analizados se puede encontrar que el número de eventos reproductivos de paiche, es mayor que en otros, no encontrando ningún factor, excepto el nivel de alimentación, la cual está claramente asociada con el éxito reproductivo de esta especie.

Chu-Koo *et al.* (2012) afirman que la paichicultura peruana está experimentando un importante crecimiento producto del avance tecnológico, una mayor atención de los entes estatales, así como también por la estratégica incursión de inversionistas privados que han dinamizado y expandido la actividad hacia regiones como Ucayali, Lima, Piura y Tumbes. Año tras año, la producción de semilla y carne se encuentra en franco ascenso en Loreto y Ucayali y la aparición de nuevos actores privados y mercados extranjeros (TLC vigentes con EE.UU. UE, Japón, Corea del Sur, etc.) nos permite predecir que esta tendencia creciente se mantendrá estable durante los próximos años.

2.1.2 Bases teóricas

Descripción Taxonómica de la especie en estudio:

Siguiendo el sistema taxonómico adoptado por Berg (1937), el “paiche” se ubica en la siguiente forma.

Clase	: Actinopterygii
Sub orden	: Osteoglossomorpha
Orden	: Clupeiformes (Osteoglossiformes)
Súper familia	: Osteoglossidae (Arapaimidae)
Familia	: Arapaimidae
Género	: Arapaima
Especie	: <i>Arapaima gigas</i> (Cuvier, 1829)
Nombre común	: “paiche” (Perú, Bolivia), “pirarucú” (Brasil y Colombia), “warapaima” (Colombia) y “de-chi” (Guyana).

Conforme a los recientes avances de investigaciones científicas realizadas en los últimos años, se ha podido determinar y obtener valiosa y relevante información, que ha marcado un antes y un después en relación a lo que se conocía sobre el número total de especies existentes y pertenecientes a la familia Arapaimidae. En la cual solo hasta hace 5 años

atrás se describía, la existencia restricta de solo dos especies de agua dulce, *Heterotis niloticus* en África y *Arapaima gigas* en América del Sur. Pero en la actualidad y gracias a los años de trabajo y dedicación de la comunidad científica, que se ha basado directamente en características morfológicas y morfométricas, se confirma y reconoce la existencia de hasta 4 especies más del género *Arapaima* perteneciente a la familia *Arapaimidae*, teniendo a *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), *A. agassizii* (Valenciennes 1847), *A. mapae* (Valenciennes 1847) y *A. leptosoma* (Stewart 2013) y una quinta especie aún por confirmar y validar denominada *A. arapaima* (Valenciennes 1847).

Los trabajos e investigaciones que corroboran que *Arapaima* no es un género monotípico, mediante la inclusión de 3 nuevas especies, fueron publicados por Stewart (2013a, 2013b), quien validó y confirmó las descripciones originales, realizadas por Valenciennes (Cuvier & Valenciennes 1847).

Procedencia

Arapaima gigas, es una especie de pez tropical de agua dulce, oriunda y naturalmente distribuida en la cuenca del Amazonas, en Brasil, Perú, Ecuador y Colombia, así como también en ríos de Guyana, de acuerdo a los registros de (Sánchez 1961; Reis et al. 2003; Pereira-Filho et al. 2003). En la Amazonía peruana, la población con mayor número de ejemplares y por ende la más importante se encuentra dentro de la Reserva Nacional Pacaya – Samiria, pero también se puede encontrar a la especie en las cuencas bajas de los ríos, Marañón, Ucayali, Napo, Pastaza, Putumayo y Yavarí.

Así mismo en la actualidad se confirma mediante registros validados de acuerdo a lo descrito por (Carvajal-Vallejos et al. 2013; Miranda-Chumacero et al. 2012). que el paiche que había sido introducido en el siglo pasado en la región Madre de Dios, ha logrado colonizar con éxito

algunos ríos pertenecientes a la cuenca amazónica boliviana, como son el Orthon, Beni y Yata.

Ecología y Aspectos Biológicos

HABITAD. A pesar de ser el segundo pez escamado más grande de agua dulce del mundo, siendo el pez lagarto norteamericano el primero en la lista, estos no pueden habitar cuerpos de agua lóticos con demasiado caudal y fuertes corrientes. Viviendo en lugares que presentan cuerpos de agua lénticos como; lagos y cochas de afluentes a ríos de la cuenca del Amazonas, llanuras o bosques inundados durante la época de creciente y en partes poco profundas del río, con alta densidad de plantas acuáticas o flotantes y vegetación de orilla.

CARACTERISITICAS MORFOLOGICAS. Es un pez que presenta una forma delgada y alargada parecido al de un torpedo, donde la cabeza es de tamaño pequeño con relación al cuerpo, con una proporción aproximadamente de 10% del peso total, en su cuerpo predomina el color pardo negruzco en la cabeza y el dorso negro, con marcas rojizas en las escamas abdominales de la mitad posterior del cuerpo, la coloración puede variar dependiendo del lugar donde habite, la edad, época del año y el sexo del ejemplar, estando esta última característica ligada directamente a la época reproductiva, ya que se conoce que durante estos periodos los machos pueden presentar una coloración rojiza o naranja más intensa de lo habitual. También presenta una abertura bucal bastante grande que sumada a su terminación hacia arriba, le permite y facilita la captura de otros peces de menor tamaño con mucha facilidad.

El paiche puede llegar a medir hasta 3 metros de longitud total y pesar 250 kg, caracterizándose además por su alta especialización y resistencia a condiciones de calidad de agua adversas, pudiendo resistir bajos niveles de oxígeno disuelto, gracias a que presenta respiración pulmonada o como lo describe (Cho Koo et al. 2017) respiración acuática y aérea, por

lo que se ve obligado a salir hacia la superficie a captar aire atmosférico (boyar), en periodos de 15 hasta 40 minutos, según sea su necesidad y condiciones de hábitat.

HABITOS ALIMENTICIOS. En el medio natural el paiche basa su dieta en diversas especies de peces de menor tamaño, principalmente en diferentes variedades de sardinas, boquichico, lisas, carachamas, yulillas, yahuarachi y mojarra tal como lo refiere (Sánchez 1961; Rebaza et al. 1999; Alcántara et al. 2006). Es decir, es un pez piscívoro, pudiendo ser considerado también como carnívoro, ya que pueden llegar a consumir pequeños mamíferos y aves. Antes de ingerir a su presa y gracias a la presencia de una lengua ósea, la cual conjuntamente con sus pequeños dientes, el paiche puede sujetar firmemente a su presa presionándola hasta matarla para luego tragársela entera.

REPRODUCCION Y COMPORTAMIENTO. *Arapaima gigas* tiene la particularidad de presentar en el caso de las hembras, un solo ovario funcional y en el de los machos un solo testículo funcional, esto debido a que la especie se caracteriza por tener los órganos sexuales posicionados en el lado izquierdo al interior de la cavidad abdominal.

Aunque aún es muy incierto obtener información fehaciente sobre cómo se forman las parejas y qué ocurre hasta antes del apareamiento. Lo que se sabe de esta especie es que en su ambiente natural se reproduce a lo largo de todo el año, teniendo un periodo de mayor intensidad del apareamiento con el inicio de la estación lluviosa, lo que demuestra la importancia que juega el ciclo hidrológico de los ríos (creciente) o también llamado pulso de inundación en su reproducción.

En el Perú, algunas investigaciones realizadas en la Reserva Nacional Pacaya Samiria, lograron determinar que la especie puede llegar a desovar durante todo el año teniendo un pico máximo alcanzado durante los meses de setiembre a diciembre como lo refiere (Guerra 1980). Pero también se registran estudios como el realizado en la Reserva Mamirauá

(Amazonas, en Brasil) donde la especie se reproducen con mayor intensidad en el periodo comprendido entre diciembre a mayo de cada año según (Lima 2000). Probablemente la variación en los periodos donde se da el mayor nivel de intensidad reproductiva entre estas dos áreas naturales protegidas, este sujeto a temas netamente geográficos, ciclos estacionales y diferentes condiciones ambientales.

El paiche que naturalmente es muy agresivo y que está en constante movimiento salvo cuando se encuentran en pleno cuidado de los huevos, puesto a que esta especie realiza el cuidado de su prole o lo que se conoce también como cuidado parental. Posee un comportamiento reproductivo complejo que involucra tanto la formación de parejas muy dominantes que establecen su territorio siendo este defendido enérgicamente tanto de los individuos de su misma especie como de otros peces.

Otra importante característica de la especie es que la pareja en su conjunto o uno de los progenitores realiza la construcción de nidos, siendo estos construidos en las orillas o zonas poco profundas de los ríos, lagos o cochas, donde el suelo sea firme, sin vegetación y con una profundidad no mayor a un metro. Pudiendo los nidos medir aproximadamente entre 15 a 20 cm de fondo y hasta 60 cm de diámetro.

Una vez realizado el desove y fecundación la pareja se encarga del cuidado de los huevos, hasta que se complete el desarrollo del embrión; luego de este periodo la protección de las larvas y alevinos es asumida íntegramente por el macho, por un tiempo de 90 días o tres meses aproximadamente y se da en lugares inundados como lo menciona (Arantes & Castello 2013). Durante sus primeros días de nacidos, los pequeños individuos evidencian un singular comportamiento, donde instintivamente permanecen agrupados y nadan sobre la cabeza del padre (Rebaza et al. 1999).

Así mismo en la Amazonia Peruana las hembras una vez que llegan a tener una talla de 185 cm de longitud total, alcanzan la primera madurez sexual (Guerra 1980), en tanto que, en Brasil, los ejemplares de paiche parecen ser capaces de reproducirse a tamaños mucho menores, a 168 cm de longitud total aproximada (Lima 2000).

Inicios y antecedentes de la paichicultura

Haciendo una breve remembranza sobre la importancia del paiche y los antecedentes hasta antes de su cultivo en medios controlados, nos podemos remontar a mediados del siglo XIX, en donde el paiche seco-salado representaba la principal y más abundante fuente de proteína de la Amazonía. Posteriormente en inicios del siglo XX se pudo evidenciar una brusca y marcada reducción de diferentes recursos hidrobiológicos como el manatí y las tortugas acuáticas, que también eran importantes fuentes de alimentación para el poblador amazónico, lo que trajo como consecuencia que la pesca del paiche se convirtiera en una importante actividad pesquera (Alcántara et al. 2006).

Ya a mediados de la década de 1980, el paiche se posicionó como el rey absoluto pasando a ser la más importante fuente de alimento de la Amazonia, siendo este considerado gracias a la calidad y sabor de su carne una exquisitez hasta cierto punto algo reservada a aquellos que lograban pagar los altos precios por el que eran comercializados en los mercados.

Con el pasar del tiempo y debido a la cada vez creciente demanda de la carne de paiche su situación se ha venido agravando, a tal punto de que la especie fue incluida en el Apéndice II de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres – CITES.

Pero a pesar de la pesca indiscriminada y destrucción de su hábitat por parte del hombre, este gigante amazónico por fortuna, es una especie

altamente adaptativa que ha demostrado tener gran potencial para la piscicultura. Tal como lo refieren.

(Udewald 2005; Mueller 2006; Chu-Koo & Alcántara 2009; Chu-Koo et al. 2012; Schaefer et al. 2012). Que, debido a su rusticidad, alto valor en el mercado, excelente sabor de carne y extraordinario desempeño en ambientes controlados. Sumándole además que se reproduce naturalmente en condiciones de cultivo, llegando a producir en promedio, cerca de 1500 crías por desove. Que pueden alcanzar pesos de entre 8 y 12 kg/año; tiene un rendimiento en filete de casi 52%, buen sabor, color y textura, con condiciones óptimas para la preparación de productos con valor agregado, lo que además se evidencia por una demanda incipiente, pero en aumento en el mercado externo. Estados Unidos, Alemania, Suiza, España, Holanda y Emiratos Árabes Unidos han mostrado cierto interés en la carne de paiche.

Cultivo del paiche en medios controlados

Como lo describe (Cho Koo et al. 2017), La principal limitante para el desarrollo de la paichicultura era la escasa disponibilidad de semilla. En ese sentido, el IIAP puso en marcha un importante programa de apoyo al cultivo de paiche en estanques de productores del eje carretero Iquitos - Nauta (ECIN), brindando asistencia técnica y transfiriendo paiches juveniles entre los años 2000 y 2007, a fin de ampliar la base y capacidad productiva de esta especie. El programa se llevó a cabo gracias al apoyo logístico y financiero de la ONG italiana Terra Nuova (1999 - 2001) y la Southern Illinois University Carbondale (2001 - 2003), respectivamente.

REPRODUCCION DEL PAICHE EN CAUTIVERIO. Si bien es cierto el paiche es capaz de reproducirse en condiciones semi-naturales, es decir, en estanques de tierra, los factores medio ambientales y de manejo, orientados a mejorar y facilitar la ocurrencia de eventos reproductivos, no estaban, hasta hace poco, claramente determinados. El no tener claro o simplemente ignorar la existencia de estos factores clave para el éxito de

la reproducción en cautiverio, resultaba en altas variaciones en la oferta y en un costo prohibitivo o sobrevalorado de los alevinos y juveniles para el proceso de engorde. Por todo ello, la reproducción como en todos los peces que son parte del sistema de piscicultura, es un proceso de vital importancia para el éxito del cultivo de paiche. Sumado a esto se han realizado hasta lo que se conoce actualmente, algunos métodos experimentales para mejorar la reproducción de la especie en cautiverio, tal como es la inducción hormonal, un método probado y exitoso en la reproducción de otras especies como gamitana y paco. Usando para ello diferentes productos como Extracto de Pituitaria de Carpa, Conceptal y demás hormonas, pero al parecer aún no han dado resultados que puedan garantizar y acreditar sosteniblemente el uso de las mismas.

INFRAESTRUCTURA PARA EL CULTIVO. Actualmente en el cultivo del paiche se emplean diferentes tipos de infraestructura según los requerimientos de cada periodo del cultivo. Tal como lo describe (Núñez et al. 2011a). donde las unidades de cultivo más usadas son los estanques de tierra, para las etapas de engorde y reproducción y en menor grado, para alevinaje y pre-cría, considerando también como alternativa para el engorde las jaulas lotantes en represas, lagos y lagunas como hace referencia (Alcántara et al. 2006). Aunque frecuentemente menos empleados debido a que representan un mayor gasto económico, están los sistemas de recirculación para la etapa de alevinaje y engorde. Donde se usa una infraestructura más elaborada como tanques de cemento, revestidos con mayólicas, cajones de madera revestidos o cubiertos en su interior con plástico, tinas de plástico, acuarios de vidrio, piscinas montables de plástico, geomembrana o de fibra de vidrio.

REPRODUCTORES. Para el plantel o lote de reproductores se suelen emplear estanques de 300 a 1500 m², de entre 1.2 y 1.5 m de profundidad, teniendo en consideración que el sistema de vaciado o desagüe que se instale debe permitir la eliminación de las aguas de los estratos más profundos, es decir tiene que haber una buena renovación de

agua que permita mantener los parámetros de la calidad del agua en óptimas condiciones.

Se recomiendan estas dimensiones en los estanques debido a que estos ayudan a tener un mejor manejo y estabulación de reproductores, también permite separar parejas en áreas que van desde los 300 a 500 m², facilitando la captura de alevinos. Y como para todos los estanques de cultivo de peces se sugiere la construcción de estos en suelos arcillosos, con una fuente de agua cercana que facilite el recambio por gravedad u bombeo de agua de acuerdo a la zona geográfica.

ALEVINOS. Se puede realizar en diferentes sistemas de cultivo para el manejo del proceso de levante de los alevinos tales como: artesas de madera revestidas con plástico, acuarios de vidrio, piscinas armables, piscinas inflables, tinas y bandejas plásticas, tanques circulares o cuadrangulares de fibra de vidrio, tanques de concretos revestidos (o no) con mayólicas de entre 50 a 2000 litros de capacidad. Proporcionando las mejores condiciones a los peces que permitan realizar una adaptación rápida al consumo de alimento balanceado y un alto porcentaje de sobrevivencia (Velásquez et al. 2007; Cavero et al. 2003; Souza et al. 2015). Para mejorar sustancialmente el manejo del cultivo se debe tener, en lo posible, un buen sistema de ingreso y salida de agua para un rápido recambio durante esta fundamental etapa de manejo.

ETAPA DE ENGORDE. Generalmente, en para el engorde se usan estanques de tierra de diferentes dimensiones, con capacidad entre 1000 a 5000 m², estos deben permitir el acceso de vehículos para facilitar la alimentación y la cosecha de los peces. Pero también se pueden usar jaulas lotantes brindando este sistema una atractiva opción para intensificar el cultivo debido a la diversidad y mayor disponibilidad de cuerpos de agua donde podrían ser instaladas y su larga durabilidad, abriendo nuevos espacios de cultivo que hasta antes no habían sido considerados. Tal como lo refiere (Alcántara et al. 2006; Rebaza et al.

2006). Donde la experiencia obtenida con el uso de jaulas lotantes de 240 m³ en la Laguna Imiría fue muy positiva, facilitando el monitoreo y la manipulación de los peces.

ALIMENTACION EN SISTEMAS DE CULTIVO. En las piscigrangas o granjas acuícolas de la Amazonía peruana, se usan diferentes tipos de alimentos, para el caso de reproductores son alimentados en su mayoría con pescado fresco, fresco-congelado, enteros o cortados en trozos, que son adquiridos en los diferentes mercados locales y terminales de desembarque pesquero. La tasa de alimentación que se use puede variar entre 1 a 3% de la biomasa de paiche presente en cada estanque y la frecuencia de alimentación puede ser diaria o inter diaria. Favoreciendo este método a una buena nutrición de los ejemplares adultos. También se pueden usar “peces forraje”, que son un conjunto de peces de pequeño y mediano porte de diferentes variedades como, por ejemplo, sardinas, palometas, bujurquis, boquichicos y demás, que son adquiridos de acopiadores y sembrados en los estanques de manejo de reproductores donde sirven de presa. Este tipo de alimentación son más eficientes y recomendables a ser usados como un complemento alimenticio para los reproductores. como Los peces forraje sirven, bien como complemento alimenticio. Pero ambos sistemas pueden presentar una limitante directamente relacionada a que en algunas épocas del año existe una marcada escases de peces en los centros de acopio, además los peces usados como forraje, representan una competencia directa por el alimento, pueden ser una amenaza para los huevos y alevinos, también suelen ser portadores y transmisores de diferentes enfermedades parasitarias, bacterianas y virídicas.

Por lo que en la actualidad un gran número de paichicultores de las regiones Loreto y Ucayali emplea alimentos balanceados, como lo menciona (Rodrigues et al. 2015). En donde se utilizan dietas comerciales extrusadas (35 a 40% de PB) en la alimentación de sus peces. En estos casos, los diámetros de los pellets varían entre 20 a 30

mm y la tasa de alimentación empleada no supera el 1% de la biomasa de paiches existente al día. La ventaja del uso de dietas comerciales radica en el mayor tiempo de almacenamiento, permite un mejor control de la ingesta de alimento y no acarrea riesgos de transmisión de enfermedades. Las desventajas más visibles son el precio y que aún no se ha estudiado a detalle las exigencias nutricionales de los paiches adultos, por lo que no se puede asumir que las dietas extrusadas comerciales cubren satisfactoriamente las necesidades proteicas, energéticas, de aminoácidos y ácidos grasos esenciales, minerales y vitaminas.

ASPECTOS SANITARIOS. En total desconocimiento o contrariedad a lo que se piensa, los paiches de edad adultos son atacados como la mayoría de peces por una serie de agentes patógenos externos como internos (ectoparásitos y endoparásitos), así como también pueden ser susceptibles a hongos y bacterias, por lo que el tema sanitario es de vital importancia en para su manejo. La presencia de patógenos está íntima y directamente ligada a una baja o disminución del sistema inmunitario del pez, una mala dieta alimentación y nutrición, así como al estrés que sufre producto de condiciones ambientales adversas; siendo fundamental el poder proveer a los reproductores de dietas balanceadas de alta calidad e inocuidad, evitando el uso del llamado alimento de forraje que puede transportan como ya se mencionó enfermedades del medio natural y brindando condiciones y ambientes adecuados de crianza en lo referente a calidad de agua.

Rebaza et al. (2003). Trabajó con 20 ejemplares de 4 y 7 años de edad alimentados diariamente con tilapia, sardina, boquichico, y lisa, utilizando una tasa de alimentación del 8 a 10% de su biomasa, logrando su reproducción.

Sandoval (2007). Recomienda que la alimentación de reproductores en pequeños lotes puede realizarse utilizando pez-forraje o subproductos de faenamiento, a diferencia de las explotaciones comerciales de mediana

escala de reproductores, donde deberá usarse raciones balanceadas. Las dietas para reproductores deberán contemplar el suministro de nutrientes en cantidades suficientes para garantizar la cobertura de las necesidades de mantenimiento y reproducción.

Franco Rojas, (2005). Señala que, por las características de las gónadas, el “paiche” presenta un desove fraccionado (solo madura un pequeño grupo de óvulos).

Rebaza, (1999). Manifiesta que la eclosión sucede después de unos cinco días después de la puesta, dependiendo de la temperatura del agua.

Alcántara et al., (2006). Afirma que tanto la hembra como el macho proporcionan protección a su prole desde el momento de la puesta. El macho es directamente responsable de la protección del cardumen de larvas y pequeños alevinos, mientras que la hembra permanece cuidando el territorio, nadando en círculos.

Freire Ladeira, et al., (2010) y Ono & Kehdi, (2013). Mencionan que cuando el lugar está definido, el macho escava con su boca para construir un nido circular de aproximadamente 40 cm. de diámetro con una profundidad de 20 cm. Las hembras depositan óvulos de color verde dentro del nido, los cuales son inmediatamente fecundados por el macho con la expulsión del semen.

Núñez et al, (2011b). Para la conformación de un lote de reproductores de paiche es importante constituir parejas conociendo el sexo de cada ejemplar. Hoy, el sexaje puede realizarse de forma fácil en el mismo fundo mediante la utilización de un kit comercial.

Lima et al. (2015). Recomiendan realizar una periódica evaluación de los peces durante la crianza, identificando posibles señales de infestación como: presencia de ectoparásitos, heridas, nado errático, úlceras, quistes, inapetencia, cambios en la coloración, áreas inflamadas, cambios en el

comportamiento, etc. en zonas como la cabeza, parte interna de los opérculos, branquias, ojos, zona dorsal y ventral del cuerpo, aletas y región urogenital.

Chu-Koo & Tello, (2010). Al 2007, 135 piscicultores de 33 comunidades de Loreto, recibieron del IIAP, poco más de un millar de paiches juveniles. Al 2010 el aporte a la producción de semilla fue altamente significativo. Así, el 48.2% de la producción total de alevinos de paiche (periodo 2007 -2009) en el ECIN provino de beneficiarios de dicho programa.

En tal sentido y sumado a la opinión de (Cho Koo et al. 2017) que refiere la importancia de un buen sistema de alimentación que prevenga, perdidas y daños al cultivo y sobre todo la importancia de que representa un adecuado manejo del paiche para el equilibrio y conservación de los ecosistemas amazónicos. Podemos afirmar que gracias a las diferentes iniciativas, tanto de investigación como en la que se enmarca el presente trabajo científico, el desarrollo de tecnologías y estrategias han ayudado a mejorar y consolidar el cultivo del paiche dándole un manejo mucho más técnico y especializada, que no solo ha dado lugar a rentabilizar e incrementar los rendimientos de productividad de su cría con fines comerciales, sino que también ha permitido realizara acciones de repoblamiento en cuerpos de agua natural de áreas naturales protegidas, ayudando de esta manera a la conservación tanto de la especie como de su hábitat, sumado a los grandes avances que se están consiguiendo en investigaciones a nivel genético y molecular. Todo esto con el único fin de que este preciado y tan valorado recurso no solo ya a nivel amazónico, sino que global, a través de un adecuado manejo y aprovechamiento pueda perdurar en el tiempo y seguir mejorar la calidad nutricional y de vida del hombre.

2.1.3 Marco conceptual

Acuicultura: Es el cultivo o cría de diferentes organismos acuáticos, como peces, moluscos, crustáceos y plantas. Pudiéndose llevarse a cabo en tres tipos de ambientes, los cuales son en aguas o ambientes marinos, continentales (cuerpos de agua dulce) y salobres. El proceso de cultivo involucra la intervención humana para incrementar los niveles de producción; a través del suministro constante o periódico de alimento, protección contra depredadores y brindarles buenas condiciones sanitarias y de calidad de agua.

Adaptación: Propiamente es un proceso de cambio fisiológico, de comportamiento y hasta morfológico que atraviesa un espécimen (o conjunto de ejemplares) de una determinada especie, en un nuevo entorno, donde las condiciones del medio son diferentes a los de su ambiente o hábitat natural.

Alevines o alevinos: Esta terminología o palabra, es comúnmente usada en piscicultura o acuicultura, para referirse a las crías de los peces, en donde cabe señalar que, durante este estadio el individuo ya puede alimentarse y está totalmente formado.

Alimento Extrusado: Es un balanceado o alimento formulado a base de diferentes insumos como, torta de soya, maíz, harina de pescado, vitaminas y demás, que pasa por un proceso de cocción que comúnmente utiliza altas temperaturas y presión durante un corto periodo de tiempo, sumado a esto; esté alimento tiene como principal característica la propiedad de flotabilidad en la superficie del agua, durante un tiempo que es variable, en relación a la especie a la que este destinado el alimento y la marca comercial que se utilice.

Alimento Peletizado: Este tipo de alimento también es un balanceado formulado a base de diferentes insumos, que también utiliza para su elaboración procesos de vapor y presión, pero que no tiene la

particularidad de flotar, sino que es un alimento de fondo (es decir que se hunde rápidamente).

Amazonia: Es una vasta y extensa región geográfica de selva tropical de la cuenca del río Amazonas, que se encuentra en la parte central y septentrional de América del Sur.

Análisis de variancia: Es una técnica de la estadística que sirve para analizar la variación total de los resultados experimentales de un diseño en particular, descomponiéndolo en fuentes de variación independientes atribuibles a cada uno de los efectos en que constituye el diseño experimental. Esta técnica tiene como objetivo identificar la importancia de los diferentes factores o tratamientos en estudio y determinar cómo interactúan entre sí.

Arapaima gigas: Es el nombre científico del paiche descrito por (Cuvier, 1829). El objetivo del nombre científico es el de poseer un único nombre que deba ser utilizado en todo el mundo, en cualquier lengua, para referirse a un único taxón. De esta forma, se evitan las ambigüedades y las circunscripciones poco claras de los nombres vulgares.

Biomasa: Es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema. Para la piscicultura básicamente es el peso total de peces (preferencia en kilogramos) cultivados por estanque (o total de estanques). Y el conocer la biomasa es de vital importancia para la determinación de las tasas y raciones alimenticias a suministrar.

Ciclo hidrológico de los ríos amazónicos: Si bien es cierto que se conoce al ciclo hidrológico como el proceso de evaporación/condensación del agua, este concepto va más allá, en un evento conocido en la Amazonía también como la época de creciente y vaciante de los ríos, en donde los ríos al llegar la época de lluvias incrementan su caudal (creciente) inundando los bosques amazónicos, siendo este evento de vital importancia para el estímulo e inicio del ciclo

reproductivo de muchas especies de flora y fauna. Una vez finalizada esta época se da la vaciante, en donde los ríos descienden su caudal dando inicio al proceso de remineralización y fertilización de los suelos amazónicos y que también es el punto de partida para la reproducción de otras especies de animales y plantas.

Conversión alimenticia: Es la relación que existe entre el alimento suministrado a un grupo de determinados animales y la ganancia de peso que estos van teniendo durante el desarrollo del cultivo, hasta finalizar el mismo con la cosecha o aprovechamiento.

Cuerpos de agua lénticos: Son cuerpos de aguas naturales cerrados que no poseen fuertes corrientes permaneciendo en un mismo lugar tales como, lagos, cochas o lagunas.

Cuerpos de agua lóxicos: En estos cuerpos de agua natural predomina una corriente o flujo de agua constante y dinámica en una determinada dirección, tales como los ríos y quebradas.

Cultivo en cautiverio: Es el proceso mediante el cual se mantiene a un ejemplar o conjunto de ejemplares de una o más especies, fuera de su ambiente natural, bajo condiciones controladas. Esto se realiza con diferentes finalidades, ya sean comerciales, investigaciones científicas, seguridad alimentaria, conservación y recuperación de especies amenazadas.

Cultivo intensivo: Es un método de cultivo ya sea de animales o plantas en el cual se busca obtener los mayores niveles de productividad y rendimiento, para lo cual se utilizan sistemas mejorados y especializados tanto en infraestructura, alimentación, nutrición, monitoreo y sanidad.

Densidad de siembra: En el caso de piscicultura es el número de peces adecuados a ser sembrados por m² en un estanque, pudiendo este variar en directa relación a la especie a cultivarse, fuente de agua y disponibilidad de la misma. También la densidad de siembra puede variar

si se utilizan sistemas de aireación, filtración y recirculación de agua y estanques de otros materiales como geomembranas.

Desove: Es el proceso de la puesta de huevos, que se puede dar en el caso de los peces ya sea de forma natural o inducida en medios controlados, según sea la especie.

Dieta alimenticia: Es la formulación y suministración de una alimentación equilibrada que cumpla con todos los requerimientos nutricionales de, grasas, proteína, carbohidratos, minerales y demás de una especie, en base a sus hábitos alimenticios.

Dosificaciones: Es la concentración correcta de determinados productos como hormonas, antibióticos, antiinflamatorios, vitaminas y otros medicamentos, a ser suministrado a un determinado animal ya sea de forma oral, intramuscular o cutánea, buscando que la dosis aplicada sea adecuada en relación al peso, edad y especie del animal.

Eclosión de huevos: En términos de biología, este proceso se inicia una vez terminado el desarrollo del embrión, donde la apertura de un capullo o a la rotura de la envoltura de un huevo o una crisálida (en el caso de insectos) es el instante en el cual las crías logran salir de su capullo o huevo.

Ecología: Es la relación que existe entre los seres vivos de una zona determinada y el medio en el que viven. Es decir, en el caso particular como el del paiche, su ecología engloba la relación que este tiene con su entorno y con otras especies de flora y fauna y el papel biológico que este desempeña en el ecosistema.

Ecosistemas amazónicos: Principalmente ecosistema es el conjunto de seres vivos y el medio natural en el que viven. Y los ecosistemas amazónicos son el conjunto de animales que conviven en directa relación con los bosques inundables, bosques tropicales, ríos, lagunas y demás ecosistemas amazónicos.

Especie: Entidad biológica caracterizada por poseer una carga genética capaz de ser intercambiada entre sus componentes a través de la reproducción natural.

Eventos reproductivos: En Piscicultura y acuicultura se llama evento reproductivo al proceso en el cual se da el desove, fecundación de los huevos y el posterior nacimiento de las crías una vez finalizado el desarrollo del embrión. Pudiendo este darse de forma natural o inducida.

Extracto de pituitaria de carpa: Conocido también como un extracto crudo, es un estimulante hormonal obtenido a partir de la pituitaria de la carpa (un pez escamado de origen asiático). Y que es usada para realizar la reproducción inducida en peces.

Frecuencia alimenticia: Es el número de veces que se suministrara alimento a un determinado cultivo o ejemplar durante el día, teniendo en cuenta sus requerimientos nutricionales, hábitos alimenticios y su tasa de alimentación. La frecuencia varía de acuerdo a la especie cultivada.

Gonadotropinas: Las gonadotropinas son hormonas secretadas por las células gonadotropas de la hipófisis (glándula pituitaria) de los vertebrados, que intervienen en la función de las gónadas (testículos y ovarios) y regulan diferentes etapas de la reproducción.

Hábitat: es el lugar o área donde reside una especie animal o vegetal. Es el espacio que reúne las condiciones adecuadas para que una especie pueda vivir y reproducirse.

Inducción Hormonal: En piscicultura es el proceso por el cual se inyecta intramuscularmente determinadas dosificaciones de hormonas estimulantes, todo con el fin de lograr la reproducción de peces en medios controlados en cortos o medianos plazos.

Medio ambiente: El medio ambiente es el entorno centrado en la biodiversidad de especies, donde se incluyen elementos naturales y

artificiales que se relacionan entre sí; y que pueden verse modificados a partir del comportamiento humano.

Monotípico: Es un adjetivo que designa a un grupo taxonómico con un solo tipo nomenclatural (que existe solo uno) o como lo mencionan la zoología, monotípico se refiere a un taxón que contiene solo un taxón inmediatamente subordinado.

Nutrición de los peces: Es una vez suministrado el alimento la ingesta y aprovechamiento del mismo en relación con las necesidades dietéticas del pez. Una buena nutrición, es un elemento fundamental un buen desarrollo del cultivo en su conjunto.

Ovulación: Es el proceso de la liberación del ovulo para su posterior fecundación, en el caso de los peces se habla de la liberación de los huevos dentro de la cavidad abdominal, ya sea de forma natural o inducida.

Prueba ANOVA: Un análisis de varianza (ANOVA) prueba la hipótesis de que las medias de dos o más poblaciones son iguales. Los ANOVA evalúan la importancia de uno o más factores al comparar las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores. La hipótesis nula establece que todas las medias de la población (medias de los niveles de los factores) son iguales mientras que la hipótesis alternativa establece que al menos una es diferente.

Paichicultura: Es el cultivo o cría del paiche con fines de aprovechamiento de su carne y que se da tanto en piscigrangas con estanques de tierra, jaulas flotantes y demás sistemas de cultivo en medios controlados o semi naturales.

Parámetros de calidad de agua: Son los valores con el cual se determina la buena o mala calidad del agua, teniendo principalmente a parámetros físico y químicos como, la temperatura, PH (acidez y

alcalinidad), transparencia, dureza, oxígeno disuelto, nitritos, nitratos, etc.

Pez – Forraje o forraje: En la piscicultura se conoce como forraje a los peces que son introducidos vivos en el medio de cultivo de peces con hábitos alimenticios piscívoros o carnívoros. Y por supuesto los peces ofrecidos como forraje deben presentar las mismas o similares características a los peces que consumirían en el medio natural.

Piscicultura: Es el restringido cultivo de peces con fines comerciales, alimentarios, turísticos o de investigación bajo condiciones controladas, pudiendo realizarse ya sea en cuerpos de agua salada o dulce, en estanques de tierra, jaulas flotantes, estanques de geomembrana y demás. Teniendo además sistemas de cultivo extensivos, semi intensivos e intensivos.

Proteínas: Son nutrientes esenciales, es decir, el organismo los necesita para vivir, desarrollarse y funcionar adecuadamente. No se pueden producir por sí solas y por eso hay que aportárselas a través de las dietas suministradas.

Reproducción inducida en peces: Es el proceso por el cual se busca la reproducción de los peces en ambientes controlados o semi naturales, mediante el uso de hormonas estimulantes o con la generación de condiciones óptimas como, de buenos requerimientos alimenticios, temperatura del agua optima y niveles de oxígeno disuelto correctos. Así mismo en algunos casos se realiza la modificación del medio para asemejarlo a un entorno natural, se utilizan nidos artificiales y demás estrategias.

Rusticidad: El concepto de rusticidad en un animal o especie se define como, el conjunto de características heredables que le permiten superar las variaciones aleatorias y adversas del medio ambiente, sin disminuir demasiado su capacidad productiva.

Sexado: Es la diferenciación de sexos que se realiza en una determinada especie, con diferentes finalidades, ya sean para su cultivo, investigaciones científicas o reproducción.

Sex-ratio: Proporciones sexuales entre el número de hembras y machos presentes en las poblaciones naturales o en cautiverio.

Tasas de alimentación: Se expresa en porcentajes en base a la biomasa total de un determinado cultivo, pudiendo utilizarse diferentes tasas alimenticias de acuerdo al requerimiento de la especie cultivada, teniendo en cuenta la etapa en la que se encuentre, siendo las más usuales, etapa de levante (donde se usan tasas de 20% a 10% de la biomasa total), crecimiento (pueden ser de 8% a 5%), engorde (4% a 3%) o de reproductores (2% a 1%), siendo las tasas variables.

Taxonomía: Se trata de la ciencia de la clasificación que se aplica en la biología para la ordenación sistemática y jerarquizada de los grupos de animales y de vegetales. creando familias, ramas y conjuntos de razas.

Vitelogenina: Es una proteína precursora de la formación del huevo, en las hembras de peces tropicales es común hallarla antes de la época de reproducción.

2.2 DEFINICIONES OPERACIONALES

Variab Independientes	Variable Dependiente	Indicadores	Índices
<ul style="list-style-type: none"> • Dosis hormonales • Sex ratio 	Reproducción de adultos de paiche	<ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de puestas • Numero de huevos • Frecuencia de semilla 	<ul style="list-style-type: none"> • Número de nidos • Número de desoves • Número de nacimientos • Número de crías
<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de alimentación • Frecuencia alimenticia 	Crecimiento en peso y longitud de alevinos de paiche	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de crecimiento específicos (TCE) • Conversión alimenticia aparente (CAA) • Tasa de sobrevivencia (S) 	<ul style="list-style-type: none"> • Cm • Kg • % de sobrevivientes

2.3 HIPÓTESIS

2.3.1 Para el estudio de reproducción inducida del paiche.

General

- La administración de pituitaria de carpa (EPC) y la variación del sex ratio influyen en forma positiva en la reproducción inducida del paiche.

Específicas

- La dosificación mayor de extracto de pituitaria de carpa (EPC) proporciona un efecto positivo como inductor hormonal en la reproducción inducida de paiches (*Arapaima gigas*).

- El manejo del sex ratio (mayor número de hembras) favorece a la reproducción inducida de paiches en ambientes controlados.

2.3.1 Para el estudio de la tasa y frecuencia alimenticia del paiche.

General

- Existe un efecto positivo de la tasa de alimentación y las frecuencias alimenticias manejadas en el presente trabajo sobre el incremento en peso y longitud de alevinos de paiche en condiciones controladas.

Específicas

- Las mayores tasas de alimentación necesitan los alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones controladas, para lograr un adecuado incremento en peso y longitud.
- Determinar cuántas veces al día (Frecuencia alimenticia) es necesario alimentar a los alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones controladas, para lograr un adecuado incremento en peso y longitud.

CAPITULO III

3. METODOLOGÍA PARA EL ESTUDIO DE LA REPRODUCCIÓN INDUCIDA

3.1.MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra (CIFAB) que está situado en el km. 4.5 de la Carretera Iquitos- Nauta, jurisdicción del distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, región Loreto. El CIFAB es la sede del Programa de Investigación para el Uso del Agua y sus Recursos (AQUAREC), órgano de línea del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP). De acuerdo a sus coordenadas geográficas, el CIFAB está ubicado a 3° 48.9' 9" Sur y 73° 19'18.2" Oeste, con una altitud aproximada de 128 m.s.n.m.

Este importante centro alberga las principales instalaciones de investigación del IIAP, entre las cuales se cuentan a los laboratorios de: i) Bromatología, Limnología y Hematología, ii) Genética y Biología Molecular, iii) Entomología, iv) Fitoquímica y Sustancias Bioactivas, v) Ictiología y Taxonomía, vi) Histología y Esclerocronología y vii) Reproducción Artificial de Peces Amazónicos. Asimismo, allí se pueden encontrar los siguientes módulos de trabajo: i) Producción de Alimento Vivo, ii) Peces Ornamentales y iii) Cría de Moluscos Acuáticos. En cuanto a infraestructura piscícola propiamente dicha, el CIFAB cuenta con 49 estanques de distintas dimensiones que sirven para mantenimiento de reproductores, alevinaje, engorde y la conducción de experimentos.

El presente trabajo de investigación fue de carácter experimental, el mismo que nos permitió determinar cuál es el efecto de la administración hormonal de varias dosificaciones de Extracto de Pituitaria de Carpa Común (EPC) y del sex-ratio, en la reproducción inducida de paiches (*Arapaima gigas*) adultos.

3.2. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El estudio fue dividido en dos fases o experiencias independientes:

Primera experiencia:

Se realizó entre los meses de enero a junio del año 2008. Se formaron 12 parejas de paiches adultos (aproximadamente 5 años de edad y 57.2 kilos de peso promedio) previamente sexados por el método EIA específico para la vitelogenina desarrollado por la alianza IIAP-IRD (Dugué *et al.*, 2008; Chu-Koo & Alcántara, 2009; Chu-Koo *et al.*, 2009) e identificados con chips electromagnéticos (Figura 1).



Figura 1. Identificación de un ejemplar adulto de *Arapaima gigas* utilizado en la presente tesis, empleando un lector de chips electromagnéticos (PIT Tags).

Las parejas fueron distribuidas en 12 corrales de 150 m² cada uno y posteriormente fueron sometidas a tres dosificaciones de extracto de pituitaria de carpa (EPC) asignadas al azar y por triplicado (T1 = 2 mg, T2 = 4 mg y T3 = 8 mg EPC/Kg. de peso del pez). Adicionalmente se empleó un tratamiento testigo o control (TO = suero fisiológico). Las inyecciones hormonales tuvieron una frecuencia mensual, entre los meses de enero a junio (Figura 2).



Figura 2. Fred Chu (IIAP) asesor de la tesis, aplicando una inyección conteniendo extracto de pituitaria de carpa (EPC) a un ejemplar adulto de *Arapaima gigas* durante la primera fase experimental del estudio (2008).

Segunda experiencia:

Al no obtenerse resultados positivos en la primera experiencia, se desarrolló una segunda etapa, donde se modificó la dosificación hormonal, así como la densidad de siembra y el sex-ratio (Tabla 1).

Cuadro1. Tratamientos (sex-ratio) y dosificación hormonal empleados en la ejecución de la segunda fase de la tesis.

Tratamiento	Sex ratio	Dosificación de EPC
T1	1.5:1 (3 ♂ y 2 ♀)	5 mg/Kg. de peso en ♂ y 10 mg/Kg. de peso en ♀
T0	1.5:1 (3 ♂ y 2 ♀)	Control (suero fisiológico)
T2	1:1.5 (2 ♂ y 3 ♀)	5 mg/Kg. de peso en ♂ y 10 mg/Kg. de peso en ♀
T0	1:1.5 (2 ♂ y 3 ♀)	Control (suero fisiológico)

Fuente: Ficha de campo.

En esta fase, se administró (Figura 3) una dosis de 5 mg EPC/Kg. de peso del pez, en ejemplares machos, y de 10 mg EPC/Kg. de peso de las hembras adultas; condicionando el sex-ratio en cada unidad experimental en dos tratamientos (T1 = 1.5 ♂: 1 ♀, y T2 = 1 ♂: 1.5 ♀).



Figura 3. Fernando Alcántara (UNAP-IIAP) asesor de la tesis, aplicando una inyección conteniendo extracto de pituitaria de carpa (EPC) a un ejemplar adulto de *Arapaima gigas* durante la segunda fase experimental del estudio (2009).

Se utilizaron 20 paiches adultos (10 machos y 10 hembras marcados con chips electromagnéticos) de 6 años de edad (peso y longitud promedio de 59.2 Kg. y 1.8 m, respectivamente), que fueron previamente sexados, chipeados y luego colocados en estanques de 1000 m² de espejo de agua. La densidad de siembra fue de 1 pez/200 m² (5 individuos por unidad experimental) y el período de estudio duró cinco meses (agosto a diciembre del año 2009).

En ambas experiencias, los paiches adultos fueron alimentados con pescado fresco-congelado, comprado en el Mercado Belén (Iquitos), empleando una tasa de alimentación equivalente al 2% de la biomasa existente en cada estanque.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

La población comprende todos los paiches criados en cautiverio existentes en el eje carretero Iquitos – Nauta, comprendiendo que estos, son criados con la finalidad de obtención de alevinos por medio de la reproducción semi natural (poca eficiente) en los estanques de cultivo. La muestra para este estudio fue de 12 parejas de paiches adultos (aproximadamente 5 años de edad y 57.2 kilos de peso promedio) en su primera fase. Posteriormente al no tener resultados alentadores se

procedió a realizar una segunda fase al experimento en donde se modificó la dosis de inducción y la densidad de siembra, empleándose para esta nueva fase un total de 10 parejas de paiches adultos de 6 años de edad (peso y longitud promedio de 59.2 Kg y 1.8 m, respectivamente).

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La técnica que se empleó para la recolección de los datos consistió en la observación directa del comportamiento de cada individuo y de cada pareja de paiche adulto, los mismos que se realizaban con una frecuencia diaria con evaluaciones cada dos horas (07:00 am hasta las 06:00 pm). Estas observaciones se realizaron después de cada inducción hormonal realizada a las parejas.

3.5. PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de los datos se realizó mediante la observación directa después de cada inducción hormonal realizada a las parejas de paiches; este procedimiento tuvo una frecuencia diaria en donde se anotaban en fichas de registro en campo los siguientes datos:

3.5.1. Monitoreo del comportamiento post-inducción.

Se observó el comportamiento de los individuos de paiche (post-inducción) con el fin de determinar algún comportamiento inusual: peleas, agresividad, territorialidad y formación de nidos, etc. como síntomas o señales de posible apareamiento.

3.5.2. Registro de nacimientos y levante de crías.

Una vez producido el nacimiento de crías en los estanques, se informó a la Dirección Regional de la Producción de Loreto para que realice la verificación oficial del nacimiento y el posterior levante (conteo y pesaje) de las crías a los 45 días post-nacimiento.

3.5.3. Monitoreo de la frecuencia de desoves.

Se realizó un registro de la frecuencia de desoves de todas las hembras durante el periodo de estimulación hormonal, sumándole un adicional de hasta dos meses después de la última inducción a fin de evaluar los resultados.

3.6. TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Se realizó un análisis estadístico descriptivo (media y desviación estándar) y Anova para evaluar diferencias entre cada tratamiento con las variables de tasa de fertilización y eclosión.

Los datos fueron procesados en el programa estadístico JMP IN versión 4.0.4. a través del Análisis de Varianza con la finalidad de poder para evaluar diferencias entre cada tratamiento de las dosis hormonales. En caso de existir significancia en esta prueba se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados fueron mostrados como el promedio \pm la desviación estándar en cada tratamiento según Sokhal & Rolf (1995). Todos los valores o resultados expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arco seno previo a su análisis en ANOVA siguiendo las recomendaciones de Lochmann *et al.* (2009).

3.7. PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS HUMANOS

Los derechos de las personas que conformaron el equipo de trabajo de investigación fueron respetados, ya que sus participaciones fueron voluntarias sin ningún perjuicio de carácter físico, psicológico, social o económico para su persona. El documento de recolección de datos fue una elaboración propia y fue utilizado en el presente trabajo de investigación para realizar la tabulación de datos de campo, para luego ser procesado y analizados según el diseño estadístico planteado.

3.2 PARA EL ESTUDIO DE LA TASA Y FRECUENCIA ALIMENTICIA DEL PAICHE.

3.2.1 MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Al igual que los ensayos de reproducción inducida, el presente estudio también fue realizado dentro de las instalaciones del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra – CIFAB, del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - IIAP.

El presente trabajo de investigación fue de carácter experimental, el mismo que nos permitió conocer el efecto individual, así como de la interacción de dos tasas de alimentación y tres frecuencias alimenticias en el incremento en peso y longitud de alevinos de paiche (*Arapaima gigas*).

3.2.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Período experimental

La fase experimental del presente estudio tuvo una duración de 60 días, empleándose un total de 54 alevinos de paiche (peso y longitud inicial promedio de 12 g y 10 cm) de la misma cohorte, que fueron previamente adaptados al consumo de una dieta balanceada peletizada siguiendo el protocolo de Velásquez *et al.* (2007).

Tratamientos experimentales

En la Cuadro 2 se muestra en detalle la codificación y el significado de los tratamientos evaluados en el estudio.

Cuadro 2. Tratamientos (tasa x frecuencia alimenticia) empleados en la alimentación de alevinos de paiche (*Arapaima gigas*) durante un periodo experimental de 60 días.

Tratamiento	Tasa de Alimentación	Frecuencia Alimenticia
F2T5	5%	2 veces/día (8 a.m. y 6 p.m.)
F2T7	7%	2 veces/día (8 a.m. y 6 p.m.)
F4T5	5%	4 veces/día (8 a.m., 11.20 a.m., 2.40 p.m. y 6 p.m.)
F4T7	7%	4 veces/día (8 a.m., 11.20 a.m., 2.40 p.m. y 6 p.m.)
F6T5	5%	6 veces/día (8 a.m., 10 a.m., 12 m., 2 p.m., 4 p.m. y 6 p.m.)
F6T7	7%	6 veces/día (8 a.m., 10 a.m., 12 m., 2 p.m., 4 p.m. y 6 p.m.)

Fuente: Ficha de campo.

Diseño Experimental

Los 54 peces fueron distribuidos aleatoriamente en 18 unidades experimentales (tanques de cemento de 0.75 x 0.7 x 0.9 m. revestidos con mayólicas), a razón de 3 peces por tanque. El volumen aproximado de agua usado en cada unidad fue de 150 litros. Los tratamientos y sus respectivas réplicas fueron aleatoriamente distribuidos entre los 18 tanques siguiendo un diseño completamente factorial de 2 x 3 x 3 (dos tasas de alimentación y tres frecuencias alimenticias con tres repeticiones) de acuerdo con diseños similares reportados por Schuchardt *et al.* (2008) y Rasmussen *et al.* (2007).

Alimento y alimentación

La composición de la dieta peletizada utilizada en el presente estudio se detalla en la Tabla 3. Cabe indicar que esta dieta contenía un tenor proteico de aproximadamente 45%.

Cuadro 3. Composición (%) de la dieta peletizada (45% de PB) empleada en el presente trabajo.

Insumos	Cantidad (%)
Harina de pescado	43.0
Harina de soya	39.0
Polvillo de arroz	12.0
Harina de trigo	4.0
Vitaminas y minerales	1.0
Aceite vegetal	1.0

Fuente: IIAP – Iquitos.

Luego del periodo de adaptación al alimento balanceado, la cual se realizó por medio de un “destete progresivo” tal como lo reporta Person-Leruyet *et al.* (1993). Posteriormente los peces fueron alimentados empleando las tasas y frecuencias alimenticias previamente establecidas en los tratamientos y designadas al azar.

Calidad del agua

La dureza, amonio, alcalinidad y CO₂, que fueron evaluados en forma quincenal, empleando el kit de calidad de agua AQ-2 fabricado por la empresa LAMOTTE (Washington, USA).

La temperatura, pH y oxígeno fueron registrados en forma diaria con la ayuda de un multiparámetro YSI MODEL MPS 556. Los datos se anotaron en fichas de campo. Diariamente, se realizó el recambio del 70% del agua de cada tanque (aprox. 150 L) para mantener la calidad del agua dentro de los parámetros permisibles para el cultivo de peces y evitar la aparición de patógenos.

3.2.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población comprende todos los paiches criados en cautiverio existentes en el eje carretero Iquitos – Nauta, comprendiendo que estos, fueron obtenidos por medio de la reproducción semi natural en los estanques de cultivo. La muestra estuvo fue de 54 alevinos de 13 centímetros de longitud promedio total y 12 gramos de peso promedio; estos peces fueron distribuidos en 18 tanques de concretos; colocándose tres individuos por cada unidad experimental.

3.2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

La técnica que se empleó para la recolección de los datos consistió en muestreos biométricos registrando la variación del aumento del peso y el crecimiento de la longitud de los alevinos; estas evaluaciones se realizaron en forma quincenal para obtener mayor cantidad de datos y finalmente tanto los pesos, como las longitudes fueron registrados en fichas de campo de elaboración propia, para poder procesar los datos de los índices zootécnicos de crecimiento y poder determinar la influencia de la tasa y frecuencia alimenticia sobre el crecimiento de los peces.

3.2.5 PROCEDIMIENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para evaluar el crecimiento de los peces y calcular las raciones alimenticias a ser administradas durante los siguientes 14 días, se realizaron muestreos con una frecuencia quincenal, registrando el peso (g) y la longitud total (cm) de todos los peces de cada tanque, empleando una balanza digital marca Ohaus (Alemania), con precisión de 0.01 g y un ictiómetro graduado en milímetros de 20 cm de largo. Los datos fueron registrados en fichas de campo.

Índices zootécnicos evaluados

a. Tasa de crecimiento específico (TCE)

Expresa el crecimiento en longitud o en peso del pez diariamente influenciado por el espacio, alimento, y temperatura. La fórmula utilizada para obtener esta tasa es la siguiente:

$$TCE = \{(\ln W_f - \ln W_i) / (T_f - T_i)\} * 100$$

Dónde:

Ln: logaritmo natural

Wf: peso al tiempo final

Wi: peso al tiempo inicial

Ti: tiempo inicial del cultivo

Tf: tiempo final del cultivo

b. Conversión alimenticia aparente (CAA)

Determina el grado de asimilación efectiva de los alimentos. Es la relación entre la cantidad de alimento ofrecido y el peso húmedo ganado, cuya fórmula es la siguiente:

$$CAA = \text{cantidad de alimento ofrecido} / \text{biomasa ganada}$$

c. Supervivencia (S)

Expresa la relación entre el número de individuos que sobrevivieron al final del experimento y el número de individuos que fueron sembrados al inicio del experimento. La fórmula es:

$$S = (\text{número de peces cosechados} / \text{número de peces sembrados}) * 100$$

3.2.6 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Los datos fueron procesados en el programa estadístico JMP IN versión 4.0.4. a través del Análisis de Varianza de Doble Vía (Two-way ANOVA) con la finalidad de poder analizar tanto el efecto individual, como también el efecto de la interacción entre ambas variables (tasa y frecuencia de alimentación) sobre los parámetros de crecimiento de los peces. En caso de existir significancia en esta prueba se aplicó la prueba de comparación múltiple de promedios de Tukey ($\alpha = 0.05$).

Los resultados fueron mostrados como el promedio \pm la desviación estándar en cada tratamiento según Sokhal & Rolf (1995). Todos los valores o resultados expresados en porcentajes fueron transformados por el método del arco seno previo a su análisis en ANOVA siguiendo las recomendaciones de Lochmann *et al.* (2009).

3.2.7 PROTECCIÓN DE LOS DERECHOS HUMANOS

Los derechos de las personas que conformaron el equipo de trabajo de investigación fueron respetados, ya que sus participaciones fueron voluntarias sin ningún perjuicio de carácter físico, psicológico, social o económico para su persona. El documento de recolección de datos fue una elaboración propia y fue utilizado en el presente trabajo de investigación para realizar la tabulación de datos de campo, para luego ser procesado y analizados según el diseño estadístico planteado.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. REPRODUCCIÓN INDUCIDA DE *Arapaima gigas*.

4.1.1 Primera Experiencia

Luego de administrar las seis inducciones hormonales de periodicidad mensual (enero-junio) que se realizaron a las 12 parejas de paiches adultos en el año 2008, no se obtuvo desove alguno en ninguna de las parejas evaluadas.

4.1.2. Segunda Experiencia

En esta fase se realizaron cinco (5) inducciones hormonales, también de periodicidad mensual (agosto a diciembre) en el año 2009. Todas las inducciones hormonales y de las soluciones control, fueron realizadas el último día de cada mes.

En la segunda fase, se obtuvieron dos (2) desoves en una hembra del T1 (1.5 ♂:1 ♀). En la Tabla 4, se muestra la distribución de los peces en los cuatro estanques de 1000 m², así como el tratamiento asignado: sex ratio y dosificación de hormona. Otros datos que pueden ser encontrados son el peso y longitud inicial y final, el comportamiento y la frecuencia de desove de los paiches que se emplearon en el presente trabajo. Al final de la fase experimental los peces tuvieron un peso y longitud promedio \pm desviación estándar de 68.42 ± 10.73 kilos y 1.89 ± 0.09 m respectivamente; no encontrándose diferencias significativas ($P > 0.05$) en ningún tratamiento.

Cabe resaltar que un ejemplar del T1 (1.5 ♂:1 ♀), identificado con el número de chip 23906 y estabulado en el estanque donde los peces fueron sometidos a inducción hormonal, murió durante el experimento posiblemente como consecuencia de enfrentamientos con los animales

que formaron la única pareja en dicho estanque y que eventualmente produjeron los dos únicos desoves registrados en la presente tesis. Por lo tanto, en dicho estanque, se manifestaron ejemplares con los comportamientos típicos de apareamiento, es decir, i) delimitación de una zona del estanque, ii) peleas entre ejemplares, iii) establecimiento del nido y iv) protección del nido. Todo esto conllevó a que eventualmente, una hembra identificada con el chip número: 29242 del T1, produjera dos eventos reproductivos (nacimientos) en un lapso de apenas dos meses. A dicha hembra se le había inyectado la dosis de 10 mg EPC/Kg. de peso vivo y además estuvo condicionada a una proporción de sex ratio de 1.5 machos: 1 hembra.

Cuadro 4. Resultados de la administración de cinco inducciones hormonales de extracto de pituitaria de carpa (EPC) en ejemplares adultos de la especie paiche (*Arapaima gigas*) en el Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IIAP. Segunda E

Sex Ratio Asignado	Dosis de EPC (mg/Kg. pez)	Tratamiento Asignado	N° de Chip	N° de Estanque	Sexo del Pez	Peso Inicial (kg)	Longitud Inicial (m)	Peso Final (kg)	Longitud Final (m)	Comportamiento Inusual	Frecuencia de Desove
1.5 ♂:1 ♀	5	T1	23861	1	♂	65.0	1.87	79	1.97	No	0
	10	T1	25886	1	♀	54.0	1.79	64	1.87	No	0
	5	T1	28195	1	♂	68.0	1.94	80	2.03	No	0
	5	T1	23906*	1	♂	58.0	1.85	*	*	No	0
	10	T1	29242	1	♀	59.0	1.79	70	1.91	Sí	2
	0	T0	23922	2	♀	55.0	1.77	54	1.79	No	0
	0	T0	23531	2	♂	68.0	1.94	64	1.85	No	0
	0	T0	29515	2	♀	57.0	1.82	51	1.76	No	0
	0	T0	21647	2	♂	51.0	1.71	78	1.89	No	0
	0	T0	30539	2	♂	53.0	1.85	80	1.89	No	0
1 ♂: 1.5 ♀	10	T2	25632	3	♀	59.0	1.83	70	1.96	No	0
	5	T2	21973	3	♂	59.0	1.82	73	1.95	No	0
	10	T2	26531	3	♀	65.0	1.90	70	2.00	No	0
	5	T2	22733	3	♂	64.0	1.91	81	2.08	No	0
	10	T2	21025	3	♀	55.0	1.76	56	1.91	No	0
	0	T0	23681	4	♀	56.0	1.80	60	1.85	No	0
	0	T0	24411	4	♀	57.0	1.80	57	1.74	No	0
	0	T0	31063	4	♂	66.0	1.90	81	1.90	No	0
	0	T0	22123	4	♀	53.0	1.74	53	1.76	No	0
	0	T0	24775	4	♂	56.0	1.78	79	1.83	No	0

Fuente: Ficha de campo. * Individuo murió durante el experimento.

El primer nacimiento se produjo a inicios del mes de setiembre de 2009. Sin embargo, las crías se perdieron probablemente por depredación natural ocurrida dentro del ambiente de crianza, días antes de efectuar el avistamiento oficial con la autoridad competente. Sin embargo, se logró tener el registro fotográfico del lote de alevinos (Figura 4).



Figura 4. Lote de alevinos de paiche producido en uno de los estanques del T1 (1.5 ♂:1 ♀) del Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IIAP, durante la ejecución de la 2da. Fase Experimental. Setiembre de 2009.

El segundo nacimiento fue registrado a fines de octubre y fue comunicado a la Dirección Regional de la Producción de Loreto. El día 4 de noviembre de 2009, personal de la DISECOVI registró el segundo nacimiento (Acta de Verificación de Reproducción de Paiche N° 026-2009-GRL-DIREPRO/DA) ocurrido en el experimento y posteriormente, el día 20 de noviembre de 2009 se realizó el levante de 311 alevinos (Figura 5), con una longitud promedio de 5.88 cm (Acta N° 024-2009-GRL-DIREPRO/DA), que fueron trasladados hacia artesas de madera revestidas con plástico, y a tanques de cemento revestidos con mayólicas para la ejecución del estudio de alimentación de la presente tesis.



Figura 5. Captura de alevinos de paiche nacidos de una hembra del Tratamiento 1 (1.5 ♂:1 ♀), en el Centro de Investigaciones Fernando Alcántara Bocanegra del IIAP. Noviembre de 2009.

4.1.3. Calidad del agua de los estanques

En la Tabla 5 se muestran los valores promedios de los parámetros físicos y químicos de cada estanque de manejo de reproductores. Se puede apreciar que estos valores no mostraron variación significativa ($P>0.05$), entre estanques durante la fase experimental del estudio.

Cuadro 5. Valores promedios y desviación estándar de los principales parámetros físicos y químicos de cuatro estanques de manejo de paiches (*Arapaima gigas*) reproductores en el CIFAB – IIAP Quistococha (enero-diciembre 2009).

Estanque	Temperatura (°C)	O ₂ Disuelto (mg/L)	Amonio (ppm)	Alcalinidad (ppm)	CO ₂ (ppm)	Dureza (ppm)
1	25.2 ± 2.0	4.45 ± 0.05	0.63 ± 0.38	25.7 ± 4.0	17.0 ± 2.0	26.7 ± 5.8
2	25.7 ± 2.0	3.88 ± 0.75	0.62 ± 0.30	23.9 ± 4.1	16.8 ± 2.1	24.6 ± 2.3
3	25.4 ± 1.5	3.89 ± 0.07	0.62 ± 0.23	24.6 ± 3.7	16.8 ± 2.2	25.8 ± 3.6
4	25.5 ± 2.0	3.99 ± 0.04	0.64 ± 0.25	24.9 ± 3.6	16.5 ± 2.1	24.2 ± 2.5

Fuente: Ficha de Campo.

4.2 ESTUDIO DE LA TASA Y FRECUENCIA ALIMENTARIA

Según los análisis estadísticos ejecutados, las tres frecuencias de alimentación empleadas no influyeron de modo diferenciado ($P>0.05$) sobre los parámetros de crecimiento, conversión alimenticia y sobrevivencia evaluados. Sin embargo, los ANOVA realizados indican, que la variable tasa de alimentación sí tuvo efectos significativamente diferentes ($P<0.05$) al menos en dos parámetros: i) ganancia de peso y ii) ganancia en longitud (Tabla 6).

Al evaluar los posibles efectos de la interacción de ambas variables (tasa x frecuencia), pudimos apreciar, que cuando se combinaron las frecuencias de alimentación 2 y 4 veces por día con la tasa de alimentación del 5%, se produjeron los mejores resultados. Inversamente, las frecuencias de 6, 4 y 2 veces al día combinados a la tasa de alimentación del 7%, casi siempre produjeron pobres resultados en todos los parámetros evaluados. Sin embargo, la interacción entre ambas variables solo fue significativa positiva para la ganancia de longitud ($P=0.03$). Los peces que obtuvieron mayor ganancia de peso fueron aquellos que se encontraban en las combinaciones F4T5 y F2T5, mientras que los peces que con menor ganancia de peso fueron los que se encontraron en F2T7. Se registró un rango de sobrevivencia entre 77.8 a 100%. Los peces del tratamiento F2T5 presentaron los valores más adecuados de crecimiento específico (TCE) y conversión alimenticia aparente (CAA).

Cuadro 6. Valores (promedio \pm desviación estándar) del peso final, ganancia de peso, tasa de conversión alimenticia, sobrevivencia, tasa de crecimiento específico y factor de condición de alevinos de paiche alimentados con dos tasas y tres frecuencias de alimenta

Frecuencia (F)	Tasa (T)	Peso Inicial (g)	Longitud Inicial (cm)	Peso Final (g)	Longitud Final (cm)	Peso Ganado (g)	Longitud Ganada (cm)	S (%)	TCE	CAA
2	5	12.1 \pm 1.6	12.3 \pm 0.6	31.2 \pm 3.0	16.1 \pm 0.3	19.1 \pm 4.3	3.9 \pm 0.5	77.8 \pm 22.2	1.59 \pm 0.25	1.83 \pm 0.32
	7	14.2 \pm 2.9	12.5 \pm 0.9	19.2 \pm 2.8	13.8 \pm 0.6	5.0 \pm 1.9	1.2 \pm 0.3	100	0.54 \pm 0.25	11.67 \pm 3.63
4	5	14.7 \pm 2.9	12.8 \pm 0.9	32.8 \pm 0.4	16.9 \pm 0.4	18.1 \pm 6.1	4.1 \pm 0.5	88.9 \pm 11.1	1.40 \pm 0.30	2.73 \pm 0.95
	7	12.5 \pm 2.4	12.3 \pm 0.9	21.8 \pm 8.2	14.4 \pm 1.6	9.3 \pm 6.1	2.1 \pm 0.8	100	0.77 \pm 0.33	8.77 \pm 3.76
6	5	13.5 \pm 1.7	12.7 \pm 0.6	22.0 \pm 6.3	14.3 \pm 1.3	8.5 \pm 4.9	1.6 \pm 0.8	88.9 \pm 11.1	0.71 \pm 0.29	8.17 \pm 3.06
	7	12.0 \pm 2.0	12.1 \pm 0.6	22.5 \pm 1.3	14.7 \pm 0.1	10.5 \pm 2.4	2.6 \pm 0.7	88.9 \pm 11.1	1.08 \pm 0.23	4.67 \pm 1.05
Two-way ANOVA										
Frecuencia				p = 0.56	p = 0.46	p = 0.53	p = 0.33	p = 0.87	p = 0.75	p = 0.92
Tasa				p = 0.07	p = 0.07	p = 0.04	p = 0.04	p = 0.28	p = 0.08	p = 0.07
Interacción (Frecuencia x Tasa)				p = 0.34	p = 0.21	p = 0.12	p = 0.03	p = 0.66	p = 0.06	p = 0.06

Fuente: Ficha de Campo.

TCE: Tasa de Crecimiento Específico.

TCA: Tasa de Conversión Alimenticia.

En los Cuadros 7 y 8, se muestran los valores promedios y las respectivas desviaciones estándar de los parámetros físicos y químicos de cada tanque. Se puede apreciar que los valores no mostraron variación significativa ($P>0.05$), durante la fase experimental del trabajo encontrándose dentro de los rangos óptimos para el cultivo de esta especie.

Cuadro 7. Promedio \pm desviación estándar del oxígeno disuelto (mg/L) y temperatura ($^{\circ}$ C) del agua de nueve tanques de cemento destinados a la crianza de alevinos de *Arapaima gigas* por 60 días.

Tanque	Temperatura del Agua ($^{\circ}$ C)	Oxígeno Disuelto (mg/L)
1	25.2 \pm 2	4.45 \pm 0.05
2	25.4 \pm 2.04	4.25 \pm 0.06
3	25.5 \pm 1.9	4.07 \pm 0.06
4	25.5 \pm 2	3.99 \pm 0.04
5	25.5 \pm 2.06	3.85 \pm 0.05
6	25.4 \pm 1.5	3.89 \pm 0.07
7	25.6 \pm 2.03	3.95 \pm 0.85
8	25.7 \pm 1.99	3.88 \pm 0.75
9	25.2 \pm 2.04	3.85 \pm 0.06

Fuente: Ficha de Campo.

Cuadro 8. Promedio \pm desviación estándar de los principales parámetros químicos del agua de nueve tanques de cemento destinados a la crianza de alevinos de *Arapaima gigas* por 60 días.

Tanque	Amonio (ppm)	Alcalinidad (ppm)	CO ₂ (mg/L)	Dureza (ppm)
1	0.63 \pm 0.38	25.67 \pm 4.04	17 \pm 2	26.67 \pm 5.77
2	0.62 \pm 0.3	24.9 \pm 4	16.9 \pm 1.5	25.7 \pm 4.1
3	0.65 \pm 0.3	25.1 \pm 3.5	17.1 \pm 1.6	23.9 \pm 3.5
4	0.64 \pm 0.25	24.9 \pm 3.6	16.5 \pm 2.1	24.2 \pm 2.5
5	0.65 \pm 0.23	24.8 \pm 4.01	15.9 \pm 2	26.7 \pm 4
6	0.62 \pm 0.23	24.6 \pm 3.7	16.8 \pm 2.2	25.8 \pm 3.6
7	0.61 \pm 0.26	25.1 \pm 3.9	17.3 \pm 1.5	23.8 \pm 2.6
8	0.62 \pm 0.3	23.9 \pm 4.1	16.8 \pm 2.1	24.6 \pm 2.3
9	0.64 \pm 0.25	24.02 \pm 4	17.2 \pm 2.1	25.5 \pm 2.7

Fuente: Ficha de Campo.

CAPITULO V

DISCUSIÓN

En la primera experiencia de reproducción inducida llevada a cabo entre los meses de enero a junio de 2008 no se observó nacimiento de crías en las nueve (9) parejas sometidas a inducción hormonal (2, 4 y 8 mg EPC/Kg. pez) como tampoco en aquellas tres (3) parejas del tratamiento control (suero fisiológico). Siendo que las inducciones hormonales se realizaron: i) en ejemplares adultos, ii) debidamente sexados y emparejados, iii) que fueron bien alimentados antes y durante la fase experimental y sobre todo, iv) en tres meses de alta frecuencia reproductiva de la especie (enero, febrero y marzo); solo podemos sospechar que dos factores podrían haber influido en el fracaso de esta primera experiencia, siendo estos: 1) la densidad de cultivo en que fueron manejados los peces y 2) la especificidad del inductor hormonal utilizado, factor éste último que será discutido con detenimiento más adelante.

Referente al primer factor, podemos explicar que, en nuestro caso, decidimos manejar a nuestros reproductores en cuadrantes de 150 m² (75 m² por pez), bajo la premisa errónea de que así podríamos observar con mayor facilidad el comportamiento post-inducción de los peces (sobre todo la ubicación de los nidos). Sin embargo, a la luz de los resultados obtenidos, creemos que la reducción del espacio vital de los individuos fue un factor decisivo para la ausencia de desoves, desde que el poco espacio: a) limitó el desplazamiento natural de los peces, b) evitó la formación de las parejas y c) dificultó severamente la selección de las áreas para la construcción de los nidos.

Parte de las lecciones aprendidas como resultado de la ejecución y fracaso de la primera experiencia de reproducción inducida fue intentar manejar a los peces en espacios mucho menores a los recomendados por otros autores que trabajaron en el manejo de progenitores de esta especie.

Por ejemplo, Guerra *et al.* (2002) habían establecido que la densidad de cultivo para paiches reproductores debería estar entre los 250 y 300 m² por cada animal, áreas que son hasta cuatro veces más amplias de lo empleado en el presente estudio. En Colombia, Franco (2003) menciona que la densidad óptima para el manejo de paiches adultos es de 400 m²/pez, que significa más de 5 veces el área empleada en este estudio. Por su parte, Quintero (2005) afirma que, determinar la densidad óptima para cada fase del cultivo de paiche es un factor importante para la optimización del proceso productivo de este emblemático pez amazónico. Estas tres citas nos bastan para llegar al convencimiento de que erramos en el planeamiento de la densidad de cultivo, un importante aspecto de nuestro protocolo experimental, el mismo que fue corregido para la segunda experiencia.

En la segunda experiencia de reproducción inducida realizada entre los meses de agosto a diciembre de 2009, se mejoró ostensiblemente el aspecto de la densidad de cultivo, ampliando el espacio vital a un mínimo de 200 m²/paiche. En esta segunda experiencia, una de las cinco hembras inducidas con dosificaciones mensuales de 10 mg EPC/Kg. de peso, produjo dos lotes de crías con un sorprendente periodo internacimientos de poco más de un mes (setiembre - octubre), entre uno y otro evento reproductivo. Aunque éste fenómeno no es muy común, se tienen reportes verbales de criadores de paiche del Perú y del Brasil que afirman haber obtenido de una misma pareja de adultos de esta especie, entre dos a siete eventos reproductivos en un mismo año, en condiciones de cautiverio.

Si bien el éxito reproductivo registrado en el estudio fue bajo (apenas 1/5 de las hembras inducidas desovaron en un periodo de cinco meses), lo importante a resaltar aquí, es que el presente trabajo reporta por primera vez en la Amazonía continental la ocurrencia de dos nacimientos de crías de *A. gigas* a partir de una hembra inducida con extractos hormonales, un

logro que marca un hito de avance en el manejo reproductivo de esta especie.

Varios investigadores que trabajan en la temática de reproducción de peces amazónicos piensan hasta hoy, que la reproducción inducida de *A. gigas* es un hito casi imposible de ser logrado. Entre los profesionales que manifiestan cierto escepticismo, se encuentran reconocidos expertos como el colombiano Miguel Ángel Landines y otros más jóvenes como Hugo Franco y Eric Argumedo (*op.cit.* en Ayarza, 2009), también de dicha nacionalidad. Los principales argumentos esgrimidos por estos investigadores están enfocados en las características reproductivas de la especie. En tal sentido, mencionan que cuando se inducen especies con ovarios asincrónicos los resultados no son buenos como cuando se realizan con peces sincrónicos, como los carácidos por ejemplo. Otro tipo de argumentación considera la inviabilidad económica de las técnicas debido al gran tamaño del pez que obliga al uso de grandes cantidades de hormonas.

En contraposición a estas opiniones, existen otro grupo de investigadores como Jesús Núñez del IRD (*comunicación personal*) y los brasileños Alexandre Honczaryk y Renato Honji (*op.cit.* en Ayarza, 2009), que piensan que es posible lograr la reproducción inducida de peces asincrónicos usando hormonas naturales y/o sintéticas pero considerando la realización de estudios previos referidos al monitoreo de hormonas esteroidales relacionándolas con el grado de desarrollo gonadal, así como con los ciclos reproductivos de la especie, ya que aun siendo asincrónico, el paiche tiene temporadas o estaciones de mayor frecuencia reproductiva durante el año, siendo este último algo ya conocido y reportado en el paiche por Chu-Koo & Tello (2010) y Núñez *et al.* (2011b).

Respecto a la pérdida total de las crías del primer nacimiento (setiembre 2009) y al bajo número de crías (311 alevinos) obtenidas en el segundo nacimiento (octubre-noviembre 2009), podemos atribuirlo a una excesiva depredación por acción de varios organismos, como peces carnívoros

(*Hoplías malabaricus*, *Crenicichla* sp., etc.), aves piscívoras como también al canibalismo intra-específico practicado por los propios padres y los otros paiches adultos presentes dentro de los estanques, a pesar del cuidado parental.

Un estudio reciente, publicado por Chu-Koo & Tello (2010) analizó los datos de la producción de crías de *A. gigas* en Loreto (Perú) y descubrió que, dependiendo del tiempo transcurrido entre el nacimiento y el levante, el número de crías puede reducirse paulatinamente llegando a registrarse hasta solo 62 alevinos (dato registrado en el Fundo del Sr. Pompeyo Cambero, en 2009) o en su defecto, hasta perder la totalidad del lote de crías producidas.

El periodo del año en el que sucedieron ambos eventos reproductivos (setiembre y octubre) corroboran lo manifestado por Chu-Koo & Tello (2010), quienes determinaron con datos colectados en campo que el periodo de mayor actividad reproductiva de esta especie en el eje carretero Iquitos – Nauta (Loreto, Perú), ocurre entre los meses de octubre a marzo. Aunque no se obtuvo un alto porcentaje de éxito en los ensayos de reproducción inducida, consideramos que los dos desoves registrados son indicadores positivos de que es posible manejar la reproducción de esta especie con inductores hormonales. Nuestros resultados abren nuevos horizontes para el futuro del manejo de los reproductores en acuicultura. Habría que evaluar, claro está, el costo/beneficio de la aplicación de otras que están disponibles en el mercado a fin de determinar la viabilidad económica de futuros ensayos que pueden ser llevados a cabo.

Otras hormonas que podrían evaluarse en el paiche podrían ser preferencialmente las agonistas de la hormona liberadora de la gonadotropina (gonadotropin-releasing hormone) ya que ellas han sido usadas con singular éxito en otras especies de peces asincrónicos como greater amberjack (*Seriola dumerili*), white bass (*Morone chrysops*), barramundi (*Lates calcarifer*), y striped trumpeter (*Latris lineata*). Sin

embargo, al existir dos o más formas de esta hormona en un mismo pez, se hace necesario determinar cuáles de ellas son producidas naturalmente en el cerebro del paiche para poder producir la hormona sintética que sería usada en la inducción hormonal de esta especie.

El uso de pituitaria fresca de paiche también se vislumbra como una de las salidas más viables en el caso de esta especie. El bajo porcentaje de éxito obtenido con el extracto de pituitaria de carpa (EPC) nos indica que tal vez exista una fuerte especificidad hormonal en esta especie, por tanto, el aprovechamiento de las hipófisis de paiches adultos y en avanzado estado de maduración, como los de aquellos animales sacrificados anualmente en la cocha El Dorado de la Reserva Nacional Pacaya Samiria (en promedio de 90 ejemplares por año, entre 2007 y 2009) podría ser de gran utilidad en los ensayos y estudios de inducción hormonal en el paiche, al conservarlos en acetona y luego procesarlos hasta obtener un polvo que se podría denominar como Extracto de Hipófisis de Paiche (EHP).

Creemos que nuestro estudio es apenas un paso adelante en la búsqueda de una solución que garantice de una vez por todas, el abastecimiento de semilla para la acuicultura comercial del paiche y contribuya decisivamente a la conservación de los stocks naturales de esta especie en toda la Amazonía continental. No hay que olvidar que especies de peces con los mismos problemas de conservación del paiche e incluso de tallas muy similares, como los esturiones (*Acipenser* spp., *Huso* spp.) y paddlefishes (*Polyodon* spp.) por ejemplo, han respondido a protocolos de inducción hormonal y están siendo reproducidos en acuicultura en países como Francia, República Checa e Irán (Mims *et al.* 1999, 2002, Mims 2001). Por la enorme importancia económica, social y ambiental que representa la especie para la región y el país, esperamos que los avances logrados no se queden estancados. Dicho esto, damos por concluido la discusión del primer estudio (reproducción inducida).

Pocos estudios han sido realizados en el manejo alimenticio de *A. gigas*, si comparamos con la información existente en otras especies de peces cultivadas en el planeta (salmón, trucha, tilapia, etc.). Algunos trabajos sobre el uso de dietas completas y requerimientos nutricionales de esta especie han sido realizados y básicamente los ensayos de alimentación se han basado en los requerimientos nutricionales de otros peces con preferencias alimenticias semejantes, tal como manifiesta Saavedra *et al.* (2005) y Roubach *et al.* (2005). Según estos autores, ésta es una forma práctica de iniciar estos estudios, aunque no se debe olvidar que cada especie posee su propia habilidad para aprovechar los diferentes ingredientes incluidos en las raciones.

En lo que respecta a la adaptación del paiche a dietas balanceadas, Padilla *et al.* (2003a) mencionan que el paiche a pesar de ser una especie piscívora se adapta en un período de cinco semanas al consumo de raciones peletizadas con alto contenido proteico (50% de PB), presentando además una buena conversión alimenticia y elevados niveles de sobrevivencia (97%), situación similar a la encontrada en el presente estudio, en el cual los alevinos de paiche fueron adaptados a la dieta artificial peletizada en cuatro (4) semanas empleando harina de pescado como attractante. Tal vez se pudo haberse reducido el tiempo de adaptación si hubiéramos aplicado los resultados de Crescêncio (2001), quien realizó la adaptación de alevinos de paiche en un periodo más corto (tres semanas) utilizando harina de camarón como attractante.

En el presente trabajo notamos que individualmente ninguna de las tres frecuencias alimenticias empleadas (2, 4 y 6 veces/día) tuvieron un efecto significativo en el desempeño productivo y la conversión alimenticia de los peces, lo que quiere decir, que independientemente de la frecuencia empleada, el desempeño productivo será similar, una evidencia factual sorpresiva pero que también fue encontrada por Gandra (2002), quien analizó el efecto de tres frecuencias alimenticias (2, 3 y 4 veces/día) en el crecimiento de juveniles de *A. gigas* no registrando diferencias en el

rendimiento productivo de los peces en su estudio. Por tanto, los resultados de este estudio muestran que la frecuencia de alimentación no tiene una decisiva influencia en el crecimiento de los peces, lo que a la postre resultaría en una sugerencia de utilizar la frecuencia alimenticia de 2 veces/día pues permite obtener igual rendimiento con un mínimo requerimiento en cuanto a mano de obra.

La división del alimento en varias raciones (alta frecuencia de alimentación) puede en muchos casos optimizar la distribución del alimento durante varias horas del día, pudiendo alimentar a los peces incluso por las noches, tal como sucedió en el presente estudio (6 veces al día). Empero, los resultados de esta práctica no favorecieron este tipo de manejo en el paiche, corroborando de alguna manera lo reportado por Crescêncio *et al.* (2005), quienes encontraron que el consumo de alimento en horarios nocturnos o durante la noche no producía ventajas significativas en cuanto a la ganancia de peso en *A. gigas*.

En términos prácticos, según los resultados del análisis de varianza ejecutados con los datos del experimento, daría entonces lo mismo alimentar 2, 4 o 6 veces al día puesto que finalmente se obtendrá casi la misma respuesta productiva en los alevinos de esta especie; sin embargo, la literatura aporta ejemplos de trabajos donde el uso de diferentes frecuencias alimenticias si tienen influencia en el crecimiento. Por ejemplo, Webster *et al.* (2001) evaluaron varias frecuencias de alimentación en el bagre de canal (*Ictalurus punctatus*), concluyendo que con una frecuencia de alimentación adecuada, es posible mejorar la eficiencia alimenticia, la tasa de crecimiento y disminuir los residuos de alimento. De igual modo, Ruohonen *et al.* (1998), experimentaron tres frecuencias de alimentación (1, 2 y 4 veces/día) en la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) y revelan que para maximizar el desempeño productivo de esta especie, sería ideal alimentarla 4 veces/día.

Uno de los principales riesgos al suministrar alimento en varias raciones diarias es que a medida que se incrementa el número de raciones por día,

se reduce la cantidad de alimento ofertada en cada alimentación lo que puede generar la disparidad de tamaños entre ejemplares de una misma cohorte. Otro problema asociado de esta práctica es que, al acortarse el tiempo entre raciones, no se permite la completa digestión de la ración anterior, que finalmente redundará en una menor asimilación de las dietas.

En cuanto a la tasa de alimentación, se comprobó estadísticamente, que los peces del presente trabajo obtuvieron un mejor rendimiento aparente al ser alimentados con la tasa del 5% de la biomasa presente en cada tanque, dato similar a lo reportado por Padilla *et al.* (2003b), quienes al evaluar tres diferentes tasas de alimentación (6, 8 y 10%) en alevinos de *A. gigas* encontraron que la mejor conversión alimenticia se obtuvo con 6%. De modo similar, investigadores del IIAP trabajando en Pucallpa (Ucayali, Perú), evaluaron el efecto de la tasa de alimentación sobre el crecimiento de alevinos de paiche alimentados con dietas peletizadas, tal como lo reporta Chu-Koo *et al.* (2006) quienes evaluaron tres tasas de alimentación (5, 8 y 11 %), logrando obtener el mejor índice de conversión alimenticia y eficiencia alimentaria alimentando al 5 % de la biomasa. Finalmente, Yuto (2006) también reportó que los juveniles de paiche pueden ser alimentados con tasas de alimentación entre 2.5 y 5% con resultados satisfactorios, empleando peces forraje.

Los resultados del presente estudio revelan de por sí cuán importante es el conocer en piscicultura, el período y las tasas de alimentación más adecuadas para la especie en cultivo, sobre la base de la capacidad de consumo, conversión del alimento y la ganancia de peso. Sin embargo, hay que recalcar que los conocimientos sobre aspectos de nutrición y prácticas de alimentación en *A. gigas* son aún incipientes. No obstante el camino es alentador pues cada año tras año se expande su cultivo con fines comerciales (Chu-Koo & Alcántara, 2009), se incrementa la producción de semilla (Chu-Koo & Tello, 2010; Chu-Koo *et al.* 2012) y la producción y comercialización de su carne en el país (Chu-Koo *et al.*, 2012).

CAPITULO VI

PROPUESTA

En la actualidad existen diversas experiencias sobre el cultivo del paiche y toda la información obtenida sobre esta especie es considerada como un pilar del desarrollo de la piscicultura amazónica, debido a sus características zootécnicas: i) calidad y rendimiento de la carne, ii) rápido crecimiento que permite, con una fase de pre cría, conseguir ejemplares de entre 8 a 12 kilogramos por año, iii) rusticidad y adaptabilidad al manipuleo y a bajas concentraciones de oxígeno disuelto en el agua, iv) filete sin presencia de espinas, v) piel y escamas que pueden ser utilizadas para la producción de cueros y artesanías, entre otros.

Hoy se reportan valiosas experiencias que demuestran la viabilidad de la paichicultura, pues luego de un periodo de adaptación se reproduce naturalmente en estanques de tierra y en la actualidad son alimentados con dietas balanceadas, peces, frescos o forraje de fácil crianza, permitiendo al paichicultor producir alevinos (aun así, se obtienen levantes con bajos porcentajes de sobrevivencia) y carne de esta especie. No obstante, siguen existiendo cuellos de botella para desarrollar la paichicultura en Loreto: i) el alto precio del alimento balanceado ofertado básicamente por empresas comercializadores en Lima, ii) la falta de infraestructura y logística para el procesamiento post-cosecha (cadena de frío), iii) la falta de conectividad terrestre de Iquitos con el resto del país y el reducido tamaño del mercado nacional para los productores hidrobiológicos amazónicos debido a la falta de difusión/promoción del consumo de peces amazónicos por parte del estado.

En tal sentido la presente información tiene el propósito de servir de base para posteriores trabajos experimentales en reproducción y levante de alevinos para de esta manera poder abastecer al mercado actual el cual demanda un gran número de semilla de esta especie tanto a nivel local, regional, nacional e internacional.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

- En el presente estudio sólo un ejemplar hembra (chip número 29242) a la cual se le administró 10 mg EPC/Kg. de peso, correspondiente al Tratamiento 1 (sex-ratio de 1.5♂: 1♀) produjo dos eventos reproductivos, con una producción total de 311 crías de *A. gigas* levantadas.
- Los nacimientos ocurrieron entre los meses de setiembre y octubre, coincidiendo con el periodo de reproducción del paiche en el medio natural y en el eje carretero Iquitos-Nauta.
- El desempeño productivo de los peces no fue afectado significativamente por las frecuencias alimenticias empleadas.
- Los alevinos de paiche presentaron un mejor desempeño productivo cuando la oferta del alimento diario alcanzó el 5% de la biomasa existente en cada tanque.
- La calidad del agua en los dos estudios (reproducción y alimentación) se encontraron dentro de los rangos permisibles para el cultivo de peces amazónicos.

CAPITULO VIII

RECOMENDACIONES

- Evaluar el uso de otros productos o extractos hormonales disponibles en el mercado o el uso del extracto de pituitaria de paiche por su mayor especificidad.
- Realizar trabajos sobre reproducción inducida de la especie fuera de su época reproductiva natural es decir fuera de los meses comprendidos entre octubre y febrero para poder evaluar el real efecto de las hormonas.
- Realizar un completo estudio de los aspectos ambientales que influyen en la reproducción del paiche en cautiverio para así poder minimizar el margen de error en los ensayos de inducción hormonal.
- Realizar estudios para determinar los niveles óptimos de proteína/energía adecuadas en diferentes fases de producción.

CAPITULO IX

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCÁNTARA F., S. TELLO, C. CHAVEZ, y L. RODRIGUEZ. 2003. Cultivo de paiche, *Arapaima gigas*, en estanques de productores de la carretera Iquitos Nauta. Informe técnico del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos 4p.
- ALCÁNTARA F., W.H. WUST, S. TELLO, M. REBAZA y D. DEL CASTILLO. 2006. Paiche el gigante del Amazonas. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Ediciones Wust. Iquitos 69p.
- ALDEA G.M. 2002. Cultivo de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) con dietas artificiales en jaulas flotantes. Tesis para optar el título de Biólogo. UNAP. Iquitos Perú. 54p.
- ARANTES C, CASTELLO L. 2013. Implicações da biologia, ecologia e contagens para o manejo do pirarucu. En: Biologia, conservação e manejo participativo de pirarucus na Pan-Amazônia. Amaral FES. (Org.). Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá. 33-42 p.
- AYARZA J. 2009. Estudio sobre determinación de posibles protocolos de reproducción del paiche en ambientes controlados. Informe de Consultoría. Consorcio ASECAL, S.L. y Mercurio Consultores, S.L. Agencia Peruana de Cooperación Internacional y Comunidad Europea. Lima, Perú. 48p.
- BANZATTO D.A. y S. DO N. KRONKA. 1989. Experimentação agrícola. Departamento de Ciências Exatas. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP. Jaboticabal. SP. 247p.
- BRZUSKA E. y J. ADAMEK. 1999. Artificial spawning of the European catfish, *Silurus glanis*: stimulation of ovulation using LH-RHa, Ovaprim and Carp Pituitary Extract. Aquaculture Research, 30(1):59-64.

- CARVAJAL-VALLEJOS FM, VAN DAMME P, CÓRDOVA L, COCA C. 2013. La introducción de *Arapaima gigas* (Paiche) en la Amazonía Boliviana. En: Los peces y delines de la Amazonía Boliviana. Hábitats, potencialidades y amenazas. Van Damme P, Carvajal-Vallejos FM & Molina CJ. (Eds). 367-395 p.
- CAVERO B. A., M. PEREIRA-FILHO, R. ROUBACH, D. ITUASSU, A. GANDRA y R. CRESCÊNCIO. 2002. Densidade de estocagem x homogeneidade do lote, naciação de juvenis de pirarucu, em tanques-rede de pequeno volume no período de pré-engorda. (XII Simpósio Brasileiro de Acuicultura en Guyana 2002).11p.
- CAVERO BAS, ITUASSU DR, PEREIRA-FILHO M, ROUBACH R, BORDINHON AM, FONSECA FAL, ONO EA. 2003. Uso de alimento vivo como dieta inicial no treinamento alimentar de juvenis de pirarucu. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 38: 1011-1015.
- CUVIER G, VALENCIENNES A. 1847. Histoire naturelle des Poissons. Tome dix-neuvie'me. Suite du libre dixneuvie' me. Brochets ou Lucioi'des. Livre vingtie'me. De quelques familles de Malacopte'rygiens, interme'diaires entre les Brochets et les Clupes. Bertrand, Paris. v. 19: i-xix + 1-544 + 6 pp., pls. 554-590 [not 520-556].
- CHU-KOO F., C. REBAZA-ALFARO y M. REBAZA-ALFARO. 2006. Optimal feeding rate for paiche *Arapaima gigas* fingerlings using a pelleted diet. *America Aquaculture* 2006. Accesado el 20 de diciembre de 2012. <https://www.was.org/Meetings/AbstractData.asp?AbstractId=9723>.
- CHU-KOO F. y F. ALCÁNTARA. 2009. Perspectivas de una crianza sostenible. Paiche doméstico en la Amazonia. Pesca Responsable. Revista Internacional de la Sociedad Nacional de Pesquería. Año XIII, N° 57, marzo – abril 2009.
- CHU-KOO F, ALCÁNTARA BF. 2009. Cultivo de paiche doméstico. Perspectivas económicas. *Pesca Responsable*, 57 (marzoabril) 32-33.

- CHU-KOO F., R. DUGUÉ, M. ALVAN, A. CASANOVA, F. ALCÁNTARA, C. CHAVEZ, F. DUPONCHELLE, J.-F. RENNO, S. TELLO y J. NUÑEZ. 2009. Gender determination in the Paiche or Pirarucú (*Arapaima gigas*) using plasma vitellogenin, 17 β -estradiol and 11-ketotestosterone level. *Fish Physiol Biochem.*35: 125-136.
- CHU-KOO F. y S. TELLO. 2010. Producción de semilla de paiche (*Arapaima gigas*) en Loreto, Perú. *Infopesca Internacional*, 41(enero-marzo): 30-35p.
- CHU-KOO F., N. SÁNCHEZ, C. PEREA, D. PANDURO, M. ALVÁN-AGUILAR, F. ALCÁNTARA, C. REBAZA, S. TELLO, R. FERRER y J. NUÑEZ. 2012. Estado actual del cultivo de paiche o pirarucu en el Perú. *Infopesca Internacional*, 52: 21-25p.
- CHU KOO, F., FERNÁNDEZ MENDEZ, C., REBAZA ALFARO, C., DARIAS, M., GARCIA DAVILA, C., GARCIA VÁSQUEZ, A., TELLO MARTIN, S., CAMPOS BACA, L., ALVAN AGUILAR, M., AYARZA RENGIFO, J., ARÉVALO LLERENA, L., FRANÇOIS RENNO, J., ARBILDO, H. 2017. El cultivo del paiche. Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas. Iquitos : INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA – IIAP, MINISTERIO DEL AMBIENTE/ GOBIERNO DEL PERÚ, Diseño editorial: Rodolfo Loyola Mejía, Mantaraya S.R.L.
- CRESCÊNCIO R. 2001. Treinamento alimentar de alevinos de pirarucu, *Arapaima gigas* (CUVIER,1829), utilizando atrativos alimentares. Dissertação apresentado Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênioINPA/UA, requisitos para obtenção do título de Mestre em CIÊNCIAS BIOLÓGICAS, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Manaus. 35p.
- CRESCÊNCIO R., D. ITUASSÚ, R. ROUBACH, M. PEREIRA FILHO, B. A. CAVERO y A. L. GANDRA. 2005. Influência do período de

alimentação no consumo e ganho de peso do pirarucu. Universidade do Amazonas – UA Instituto de Pesquisas da Amazônia-INPA. 30p.

DEL RISCO M. y J. VELÁSQUEZ. 2006. Influencia del alimento extruido con tres niveles de proteína en el crecimiento de alevinos/juveniles de paiche *Arapaima gigas*. Tesis para optar el título de Biólogo. UNAP. Iquitos. Perú. 53p.

DUGUE R., F.CHU-KOO, F. ALCÁNTARA, F. DUPONCHELLE y J. NÚÑEZ. 2008. Purification and assay of *Arapaima gigas* vitellogenin: potential use for sex determination. *Cybiurn International Journal of Ichthyology*, 31:111.

FONTENELE O. y E.A. VASCONCELOS. 1982. O pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1817), nos açudes do Nordeste: Resultados de sua aclimatação e prováveis causas de depleção de seus estoques. *Bol. Tec. DNOCS. Fortaleza*, 40(19: 43 – 66p.)

FRANCO L. 2003. Ecología y seguimiento-manejo de postlarvas, alevinos y juveniles de *Arapaima gigas* (CUVIER, 1817) (PISCES: ARAPAMIDAE) en condiciones de cautiverio. Tesis de Grado. Programa de Biología. Universidad de la Amazonía Florencia-Caquetá.

FRANCO ROJAS, H; PH.D. PELAEZ RODRÍGUEZ, M., 2005 Contribución al conocimiento de la reproducción del pirarucú *Arapaima gigas* (cuvier, 1817) (pisces: arapamidae) en cautiverio. Trabajo presentado como requisito parcial para optar el título de Biólogo con Énfasis en Biorrecursos. Caquetá – Colombia.

FREIRE, L.A; MONTEIRO, E; VALDECY, M; SILVA DE ALMEIDA, S. , 2010. Manual boas práticas Reprodução e cultivo do Pirarucu em cativeiro. Brasil, pag. 10.

GANDRA A. 2002. Estudo da frequência alimentar do pirarucu, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829). Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UA, para

obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Manaus. 36p.

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.

GUERRA H., F. ALCÁNTARA, P. PADILLA, M. REBAZA, S. TELLO, R. ISMIÑO, C. REBAZA, S. DEZA, G. ASCON, J. IBERICO, V. MONTREUIL y L. LIMACHI. 2002, Manual de Producción y manejo de alevinos de paiche. Instituto de investigaciones de la amazonía peruana. Iquitos. 101p.

ITUASSÚ D. 2001. Exigência protéica de juvenis de pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier,1829). Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Tropical e Recursos Naturais do convênio INPA/UA, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas, área de concentração em Biologia de Água Doce e Pesca Interior. Manaus, 30p.

LEGENDRE M., O. LINHART y R. BILLARD.1996. Spawning and management of gametes, fertilized eggs and embryos in Siluroidei. Aquatic Living Resources 9:59-80.

LIMA DQH. 2000. Natural history and conservation of} pirarucu, *Arapaima gigas*, at the Amazonia Várzea: Red giants in muddy Waters. Thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy, University of St Andrews. 222p.

LIMA AF, SOUSA EV, MACIEL PO, ALVES AL, RODRIGUES APO, TORATI LS, MATAVELI M, BEZERRA TA. 2015. Manejo de plantel de reprodutores de pirarucú. EMBRAPA. Brasilia DF, 108p.

LIN H.R., G. VAN DER KRAAK, J.-Y LIANG, C. PENG, G.-Y LI, L.-Z LU, X.-J ZHOU, M.-L CHANG y R.E. PETER. 1986. The effect of LHRH analogue and drugs which block the effects of dopamine on gonadotropin secretion and ovulation in fish cultured in China. In: Aquaculture of Cyprinids (ed. by R.E.M., J. Billard), INRA Paris, France. Pp. 139-150.

- LOCHMANN R., R. CHEN, F. CHU-KOO, W. N. CAMARGO, C.C. KOHLER y C. KASPER. 2009. Effects of carbohydrate-rich alternative feedstuffs on growth, survival, body composition, hematology, and nonspecific immune response of Black Pacu, *Colossoma macropomum*, and Red Pacu, *Piaractus brachypomus*. Journal of the World Aquaculture Society, 40(1):33-44p.
- MIMS S.D. 2001. Aquaculture of Paddlefish in the United States. Aquat. Living. Resour. 14:391-398.
- MIMS S.D., A. LAZUR. W.L. SHELTON, B. GOMELSKY y F. CHAPMAN. 2002. Species Profile. Production of Sturgeon. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Fact Sheet, Publication No. 7200.
- MIMS S.D., W.L. SHELTON, F.S. WYNN y R.J. ONDERS. 1999. Production of Paddlefish. Southern Regional Aquaculture Center. SRAC Fact Sheet, Publication No. 437. 6p.
- MIRANDA-CHUMACERO G, TERRAZAS A, WALLACE R. 2012. Importancia económica de la ictiofauna para comunidades indígenas Takanas del río Beni. En: *Los peces y delines de la Amazonía Boliviana. Hábitats, potencialidades y amenazas*. Van Damme, P., Carvajal-Vallejos, F M., Molina Carpio, J. (Eds). 235-245 p.
- MOHLER J.W. y J.W. FLETCHER. 1999. Induced spermiation in wild Atlantic sturgeons held captive up to six years. North American Journal of Aquaculture 61:70-73.
- MUELLER O. 2006. *Arapaima gigas* Market Study. Current status of *Arapaima* global trade and perspectives on the Swiss, French and UK markets. Editado por UNCTAD / BioTrade Facilitation Programme.
- NÚÑEZ J., R. DUGUÉ, M. ALVÁN – AGUILAR, F. DUPONCHELLE, J-F.RENO, C. CHAVEZ y F. CHU-KOO. 2011a. Avances en el Sexaje del Paiche o Pirarucu. Comunicaciones del II Work Shop sobre Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y Piscicultura. 138-143p.

- NÚÑEZ J., F. CHU-KOO, L. ARÉVALO, O. SHULTZ, M. BERLAND, F. DUPONCHELLE, y J-F RENNO. 2011b. Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas*, in the region of Iquitos, Perú. *Aquaculture Research*, 42: 815-822p.
- ONO, E; KEHDI, J., 2013. Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro – Brasil.
- PADILLA P., R. ISMIÑO, F. ALCÁNTARA y S. TELLO. 2003a. Producción y manejo de alevinos de paiche en ambientes controlados. En Seminario Taller Internacional de manejo de Paiche o Pirarucú. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Iquitos Perú. 125-141p.
- PADILLA P., R. ISMIÑO, F. ALCÁNTARA y S. TELLO. 2003b. Efecto de la tasa de alimentación en el crecimiento del paiche *Arapaima gigas*. Informe técnico del Instituto de investigaciones de la Amazona Peruana. Iquitos 4p.
- PADILLA P., A. GARCIA, M. SANDOVAL 2005. Crecimiento compensatorio de alevinos de paiche *Arapaima gigas*, en ambientes controlados. *Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y piscicultura. Coloquio Internacional*. 173-177p.
- PERSON-LERUYET J., J. C. ALEXANDRE, L. THÉBAUD y C. MUGNIER. 1993. Marine Fish Larvae Feeding: Formulated diets or live prey. *J. World Aquatic. Soc.*, 42: 211-224p.
- PEREIRA FILHO M., B. A CAVERO, R. ROUBACH, D. R ITUASSÚ, A. L GANDRA y R. CRESCÊNCIO. 2002. Engorda do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro excavado. XII Simposium Brasileiro. *Acuicultura em Goiania*. 10p.
- PEREIRA-FILHO M, LIMA A, MOREIRA A, CAVERO SBA, RABELLO D, AKIFUMI AM, LEÃO DFFA, MOREIRA DSJA, ROUBACH R, CRESCÊNCIO R. 2003. *Arapaima gigas*: Notas sobre seu cultivo no

- INPA. En: Seminario Taller Internacional de Manejo de paiche o pirarucu. Alcántara F & Montreuil V. (Eds.) 93-109p.
- PÉREZ T. O. 2002. Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento del paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) en ambientes controlados. Tesis para optar el Título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP). Iquitos-Perú. 61p.
- PRIESTLEY S.M., A.E. STEVENSON, y L.G. ALEXANDER,. 2006. The Influence of feeding frequency on growth and body condition of the common Goldfish (*Carassius auratus*). Journal of Nutrition, 136:1979-1981.
- QUINTERO L. 2005. Sistemas de cultivo. Biología y cultivo del Pirarucú *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) (Pisces: Arapaimidae). Bases para un aprovechamiento sostenible. 59-79p.
- RASMUSSEN R. S., H. L. FLEMMING y S. JENSEN. 2007. Fin condition and growth among rainbow trout reared at different sizes, densities and feeding frequencies in high-temperature re-circulated water. Aquaculture International, 15:97–107p.
- REBAZA AM, ALCÁNTARA BF, VALDIVIESO M.1999. Manual de piscicultura del paiche (*Arapaima gigas* Cuvier). Tratado de Cooperación Amazónica. Secretaria pro tempore. 71 p.
- REBAZA AM, REBAZA AC, DEZA TS. 2003. Observaciones de la reproducción de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier) em ambientes controlados en el IIAP Ucayali. En: Seminario taller internacional de manejo de paiche o pirarucu. Alcántara F & Montreuil V. (Eds.) 111-123p.
- REBAZA M., C. REBAZA y S. DEZA. 2005. Avances en el cultivo de paiche *Arapaima gigas* en jaulas flotantes en el lago Imiría, Perú. Biología de las poblaciones de peces de la Amazonía y piscicultura. Coloquio internacional. 160-177p.

- REBAZA-ALFARO C, REBAZA-ALFARO M., CHU-KOO FW. 2006. Optimal feeding rate for Paiche *Arapaima gigas* ingerlings using a pelleted diet. Book of Abstracts. America Aquaculture 2006. Las Vegas, EE.UU. <https://www.was.org/Meetings/AbstractData.asp?AbstractId=9723>.
- REIS R, KULLANDER S, FERRARIS C. 2003. Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Museu de Ciências e Tecnologia-Pontifícia Universidad Católica do Rio Grande do Sul. 727p.
- RIBEIRO O., F. GUERRA, L. RODRÍGUEZ, R. ISMIÑO, J. NÚÑEZ y F. CHU-KOO. 2009. Crecimiento y utilización de alimento en alevinos de arahuana (*Osteoglossum bicirrhosum*), alimentados con tres frecuencias alimenticias. Folia Amazónica, 18(1-2):75-80p.
- RICHE M., M. OETKER, D.I. HALEY, T SMITH y D.L. GARLING, (2004). Effect Of Feeding Frequency On Consumption, Growth, And Efficiency In Juvenile Tilapia (*Oreochromis Niloticus*). The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh, 56(4), 247-255.
- RODRIGUES APO, VITTI MG, VERDOLIN DSVR. 2015. Alimentação e nutrição do pirarucu (*Arapaima gigas*). Palmas, Tocantins. Embrapa Pesca e Aquicultura, 24p.
- ROUBACH R., M. PEREIRA-FILHO, E. AKIFUMI, E. GUSMÃO, D. RABELLO, B. SAGRATZKI, A. BOURDINHON, F. FONSECA, J. CAMPOS, E. DA SILVA, J. ALVES DE ANDRADE, G. DE MENEZES, R. SOARES y E. BRASIL. 2005. Producao intensiva de pirarucu, *Arapaima gigas*, na Amazônia central: gargalos e perspectivas para a aquicultura. Biología de las poblaciones de peces de la Amazonia y piscicultura. Colóquio internacional. 178-183p.
- RUIZ A.C. 2005. Influencia de la densidad de siembra en el crecimiento del paiche, *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829), en jaulas flotantes. Tesis para optar el título de Biólogo. UNAP. Iquitos. Perú. 54 p.

- RUOHONEN K. J. VIELMA, D.J. GROVE.1998. Effects of feeding frequency on growth and food utilisation of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed low fat herring or dry pellets. *Aquaculture*, 165:111-121.
- SAAVEDRA ROJAS E.A., L.G. QUINTERO PINTO, N. LOPEZ HERNANDEZ y L.E. PEZZATO. 2005. Nutrición y alimentación del pirarucu *Arapaima gigas* (Schinz,1882). En *Biología y cultivo del pirarucu Arapaima gigas* Schinz, 1822. Pisces: Arapaimidae. Bases para un aprovechamiento sostenible. Aspectos Reproductivos (ed. by A.I. Sanabria, I.C. Beltran & P.V. Daza), INCODER/UNC, Bogota. Colombia. Pp. 41–58.
- SÁNCHEZ J. 1961. El paiche, gigante aspectos de su historia natural, ecología y aprovechamiento. Ministerio de Agricultura. 48 p.
- SANDOVAL, C.M., 2007. Aspectos de Manejo, Reproducción y Alimentación del Paiche (*Arapaima gigas*) en la amazonia peruana. Informe Técnico, BIODAMAZ. Perú-Finlandia.
- SCHAEFER F, KLOAS W, WURTZ S. 2012. *Arapaima*: Candidate for intensive freshwater culture. *Global Aquaculture Advocate* (noviembre-diciembre):50-51.
- SCHUCHARDT D., J. M. VERGARA, H. FERNANDEZ-PALACIOS, C. T. KALINOWSKI, C. M. HERNANDEZ-CRUZ, M. S. IZQUIERDO y L. ROBAINA. 2008. Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition* 2008 14; 1-9p.
- SOKAL R. y F. J. ROLF. 1995. *Biometry. The Principal and Practice of Statistics in Biological Research*, 3rd Ed. W.H. Freeman & Co., New York. 419p.
- SOUZA RFC, JUNIOR GJR, FONSECA AF, LUZ RK, TAKATA R. 2015. Períodos de condicionamento alimentar de juvenis de pirarucu na transição da alimentação de ração úmida para seca. *Pesquisa Agropecuaria Brasiliense*, 59(7): 622-625.

- STEWART DJ. 2013a. A new species of *Arapaima* (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae) from the Solimoes River, Amazonas State, Brazil. *Copeia*, (3):470-476.
- STEWART DJ. 2013b. Re-description of *Arapaima agassizii* (Valenciennes), a rare fish from Brazil (Osteoglossomorpha: Osteoglossidae). *Copeia*, (1):38-51.
- STREIT Jr. D.P., G.V. DE MORAES, R.P. RIBEIRO, R.M. CARDOZO y H.M.L. MOREIRA. 2002. As tendências da utilização do extrato de hipófise na reprodução de peixes – revisão. *UNIPAR*, 5(2): 231-238.
- UDEWALD R. 2005. Potencial de peces amazónicos en el mercado alemán: paiche, gamitana y dorado. Editado por PNPB-PROMPEX, Perú.
- YUTO J. 2006. Influencia de la alimentación con peces forraje en el crecimiento y en la caracterización proteica de juveniles de paiche *Arapaima gigas* (Cuvier, 1829) (Pisces: Arapaimidae) criados en cautiverio. Tesis para optar el título de Biólogo. UNAP. Iquitos, Perú. 83p.
- VELASQUEZ J., M. DEL RISCO, F. CHU-KOO, F. ALCANTARA, C. CHÁVEZ, P. PADILLA, H. MARICHÍN y S. TELLO. 2007. Protocolo de adaptación de alevinos de paiche *Arapaima gigas* al consumo de alimento artificial en cautiverio. *Folia Amazónica*, 16(1-2):7-10p.
- WEBSTER C.D., K.R. THOMPSON, A.M. MORGAN, E.J. GRISBY y S. DASGUPTA. 2001. Feeding frequency affects growth, not fillet composition, of juvenile Sunshine bass *Morone chrysops* x *M. saxatilis* grown in cages. *Journal of the World Aquaculture Society*, 32(1):79-88.