

Desempeño productivo de *Arapaima gigas* en estanques de clima templado

Productive performance of *Arapaima gigas* in temperate climate ponds

Francisco Ganoza C.¹, Luis Gonzales M.¹, Cruz Prieto D.¹, Jhon Alvarez V.¹,
Jesús Barreto M.², Felix Airahuacho B.^{3*}

RESUMEN

El estudio monitoreó el desempeño productivo del paiche (*Arapaima gigas*) durante 30 meses en condiciones de clima templado de la Costa Central del Perú. Tras 40 días de aclimatación y con 80% de sobrevivencia, los peces (n: 32, peso: 44 ± 34 g, longitud: 17.6 ± 4.9 cm) fueron transferidos a una piscina en invernadero (8 peces/m³) y alimentados al 5% de su peso corporal con una dieta de 60% de alimento balanceado para truchas y 40% de pescado fresco deshuesado y eviscerado. Después de 15 meses bajo invernadero y con el 62% de sobrevivencia, los peces (n: 20, peso: 4.3 ± 1.0 kg, longitud: 77.3 cm) fueron transferidos hacia un estanque de tierra excavada al aire libre (6.9 peces/m³), y alimentados con pescado fresco al 5% del peso corporal. La temperatura de agua fluctuó entre 23.2 y 26.0 °C en invernadero, y entre 23.0 y 24.6 °C en estanque al medio ambiente, siendo hasta 18% menos de temperatura con respecto a la mínima del agua en su hábitat natural. A los 32 meses de edad, el paiche alcanzó 1.23 m de longitud y 16.89 kg de peso. Las ganancias de peso fluctuaron entre 3.4 y 20.9 g/d en invernadero y 8.4 y 74.6 g/d en

¹ Instituto del Mar del Perú, Carquín, Lima, Perú

² Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera, Facultad de Ingeniería Pesquera, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú

³ Escuela Profesional de Ingeniería Zootécnica, Facultad de Ingeniería Agraria, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú

* E-mail: fairahuacho@unifsc.edu.pe

Recibido: 6 de febrero de 2023

Aceptado para publicación: 28 de agosto de 2023

Publicado: 31 de octubre de 2023

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

estanque al medio ambiente. En las estaciones frías, los peces se caracterizaron por mostrar mayores consumos de alimento, pero menores ganancias de peso, reflejándose en pobres índices de conversión alimenticia. Se registró mortalidad de 38% solo en la etapa de invernadero. Los parámetros productivos del paiche en condiciones de clima templado fueron inferiores a los alcanzado en su hábitat de clima tropical; sin embargo, la ganancia de peso menos variable en invernadero y la conversión alimenticia más eficiente en estaciones cálidas sugieren que su cultivo sería viable en condiciones de invernadero.

Palabras clave: ganancia de peso, estanque, temperatura, paiche

ABSTRACT

The study monitored the productive performance of the paiche (*Arapaima gigas*) for 30 months under temperate climate conditions on the Central Coast of Peru. After 40 days of acclimatization and with 80% survival, the fish (n: 32, weight: 44 ± 34 g, length: 17.6 ± 4.9 cm) were transferred to a greenhouse pool (8 fish/m³) and fed at 5 % of their body weight with a diet of 60% balanced trout food and 40% deboned and gutted fresh fish. After 15 months under a greenhouse and with 62% survival, the fish (n: 20, weight: 4.3 ± 1.0 kg, length: 77.3 cm) were transferred to an open-air excavated earth pond (6.9 fish/m³) and fed fresh fish at 5% of body weight. The water temperature fluctuated between 23.2 and 26.0 °C in the greenhouse, and between 23.0 and 24.6 °C in the environmental pond, being up to 18% lower in temperature with respect to the minimum water temperature in its natural habitat. At 32 months of age, the paiche reached 1.23 m in length and 16.89 kg in weight. Weight gains fluctuated between 3.4 and 20.9 g/d in the greenhouse and 8.4 and 74.6 g/d in the environmental pond. In the cold season, fish were characterized by showing higher feed consumption, but lower weight gains, reflected in poor feed conversion rates. Mortality of 38% was recorded only in the greenhouse stage. The productive parameters of the paiche in temperate climate conditions were lower than those achieved in its tropical climate habitat; however, the less variable weight gain in the greenhouse and the more efficient feed conversion in warm seasons suggest that its cultivation would be viable under greenhouse conditions.

Key words: weight gain, pond, temperature, paiche

INTRODUCCIÓN

El paiche (*Arapaima gigas*) es el mayor pez con escamas de agua dulce, proveedor de carne de excelente calidad nutricional y generador de ingresos para el poblador amazónico peruano (Serrano *et al.*, 2013). En su hábitat, esta especie se destaca por sus excelentes características biológicas y zootécnicas, como respiración aérea, creci-

miento rápido, carne magra blanca intramuscular sin hueso y tolerancia a la aglomeración y manipulación (Luz *et al.*, 2019; Reis Dias *et al.*, 2019). En cautiverio, el paiche se adapta fácilmente a la alimentación artificial con piezas enteras o cortadas de peces (Campos, 2001) y con alimento balanceado (Mattos *et al.*, 2016); pudiendo alcanzar tamaños de 157 cm de longitud y pesos entre 7 a 10 kg después de 8 a 12 meses de cultivo (de Oliveira *et al.*, 2012).

El paiche es una especie tropical acostumbrada a hábitats de temperaturas elevadas constantes (Schliwa y Ladich, 2021) en un rango de 25 a 29 °C (Baensch y Riehl, 1985). En las regiones tropicales, mientras los peces viven en hábitats con temperaturas elevadas constantes durante todo el año, en las latitudes templadas lidian con los cambios estacionales (Schliwa y Ladich, 2021), manteniendo su temperatura corporal en función directa con la temperatura ambiental y controlándola principalmente mediante la termorregulación del comportamiento (Hill *et al.*, 2012). Temperaturas fuera del rango termoneutral afectan los procesos metabólicos y fisiológicos de los peces (Schliwa y Ladich, 2021). Esto se observa durante la aclimatación al frío, donde diversas enzimas que controlan las vías metabólicas de producción de ATP son sintetizadas; sin embargo, estos cambios demandan tiempo de allí que la respuesta de aclimatación no se presenta de manera inmediata después de una caída en la temperatura (Hill *et al.*, 2012).

La disminución de la población del paiche en su hábitat natural ha motivado que autoridades locales y regionales peruanas promuevan su cultivo (Serrano *et al.*, 2013). En clima tropical y cautiverio, el paiche se muestra como una de las principales especies cultivadas debido a los buenos rendimientos productivos obtenidos (Hoshino *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2017); sin embargo, no se tiene reportes o experiencias de su desenvolvimiento en condiciones de clima templado. El presente estudio monitoreó el desenvolvimiento del paiche en condiciones de clima templado de la costa central peruana, desde los 4 hasta los 18 meses de edad en piscina al interior de un invernadero, y desde los 19 hasta los 33 meses de edad en estanque de tierra excavada al aire libre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de Estudio

El estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio Costero del Instituto del Mar del Perú (IMARPE), ubicado en el distrito de Carquín (11°05'23.13 S 77°37'24.23 O), a unos 50 metros frente al litoral de la Bahía del mismo nombre, provincia de Huaura, Región Lima, Perú.

Traslado de Alevines

Cuarenta alevines (peso = 7.0 ± 1.5 g; longitud = 9.90 ± 0.56 cm), de 25 días de edad, acondicionados en cuatro bolsas de polietileno (75 x 51 cm) con 6 L de agua del propio estanque, y colocadas dentro de dos cajas térmicas de Tecnopor N° 7A, fueron trasladados desde el fundo Edhit (Iquitos, Loreto, Perú) hacia el Laboratorio Costero. El transporte, realizado el día 15 de agosto de 2017, fue por vía aérea de Iquitos a Lima, y por vía terrestre hasta el laboratorio, con una duración aproximada de 8 h.

Aclimatación

A su llegada al sitio de cultivo, las bolsas fueron colocadas en tanques con agua de filtración natural durante 40 minutos con la finalidad de nivelar la temperatura por transferencia de calor. Seguidamente, se agregó agua dentro de las bolsas, y se dejó que los alevines se liberen por sí solos (Figura 1A,B). En la etapa de aclimatación (30 días), los peces ($n = 40$, peso = 38 ± 23 g, longitud = 9.5 ± 4.62 cm) fueron instalados en un tanque de fibra de vidrio (Figura 1C) de 1.75 m largo, 0.95 m ancho y 0.85 m altura (con una columna de agua de 0.70 m). La densidad de los peces durante la aclimatación fue de 34 alevines/m³. La mortalidad en este periodo fue de 20%.



Figura 1. Fases del manejo de paiches (*Arapaima gigas*) en condiciones de clima templado de la zona de Lima, Perú. 1A,B: Aclimatación de los juveniles; 1C: Juveniles de 2 meses de edad en tanque de fibra de vidrio en la etapa final de aclimatación; 1D: *A. gigas* de 8 meses en piscina bajo invernadero; 1E: *A. gigas* de 18 meses en estanque al aire libre; 1F: Ejemplar *A. gigas* de 20 meses de edad

Instalaciones y Densidad de Cultivo

El cultivo fue realizado en dos etapas de 15 meses cada una. En la primera etapa (octubre de 2017 a diciembre de 2018), los peces ($n = 32$, peso = 44 ± 34 g, longitud = 17.6 ± 4.9 cm) fueron instalados en una piscina de polietileno (Figura 1D) de 4.10 m largo, 2.0 m ancho y 0.75 m de alto (con una columna de agua de 0.50 m). La densidad de los peces durante esta etapa fue de 8 peces/m³. La piscina estuvo ubicada dentro de un invernadero de material plástico de policarbonato PC calibre 9, de 9 m de largo, 4 m de ancho y 2.4 m de altura.

En la segunda etapa (enero de 2019 a marzo de 2020), los peces ($n = 20$, peso = 4.3 ± 1.0 kg, longitud = 77.3 ± 4.5 cm) fueron sembrados en un estanque de tierra excavada al aire libre (Figura 1E) de 19 m de largo, 10 m de ancho y 0.80 m de profundidad (con una columna de agua aprox. de 0.65 m). La densidad aproximada de los peces durante

esta etapa fue 1 pez/6.9 m³. El agua del estanque de tierra era de filtración y constante recambio natural.

Alimentación

Los peces fueron alimentados con alimento balanceado los primeros 40 días a su recepción, pero a partir de los últimos 15 días, se fue proporcionando progresivamente pescado fresco deshuesado y eviscerado hasta un 40% de la dieta diaria. Los peces utilizados por su disponibilidad fueron anchoveta (*Engraulis ringens*), pejerrey (*Odontesthes bonariensis*), lorna (*Sciaena deliciosa*) y bonito (*Sarda sarda*). En esta etapa, la frecuencia de alimentación fue de cuatro veces al día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 h).

En la primera etapa de cultivo, los peces fueron alimentados al 5% del peso corporal, con 60% de alimento comercial para trucha (42% proteína) y 40% de pescado fresco. La frecuencia de alimentación fue cuatro

veces al día en las horas antes indicadas. En la segunda etapa, la frecuencia de alimentación fue de dos veces por día (10:00 y 14:00 h) y solo con pescado fresco en cantidades correspondientes al 5% del peso corporal, el cual fue ajustado mensualmente.

Control del Agua

La temperatura del agua fue registrada tres veces al día (08:00, 12:00, 17:00) utilizando termómetro de mercurio de escala -20 a 100 °C. El oxígeno disuelto, amonio ionizado y pH fueron medidos empleando un equipo de análisis de agua (LaMatte 3633-05) dos veces por semana (lunes y viernes).

Parámetros Productivos

El peso y la longitud de los peces fueron registrados mensualmente (Figura 1F), a partir de un muestreo aleatorio del 30% de la población, de forma individual. Durante los primeros 15 meses de edad, se utilizó una balanza Soehnle (Page compact 300) de 5 kg de capacidad máxima y 1 g de precisión. Para los meses posteriores, se utilizó una balanza Ohaus (T31P) de 30 kg de capacidad máxima y 5 g de precisión. La longitud fue medida utilizando una cinta métrica.

Para simplificar la presentación de los datos, los registros de peso y tamaño corporal, así como el consumo de alimento, fueron establecidos por estaciones del año; verano (enero a marzo), otoño (abril a junio), invierno (julio a septiembre), primavera: (octubre a diciembre). Para mostrar la variación de los parámetros de control de agua de cultivo, se utilizó la definición de estación fría y estación caliente para las estaciones de otoño - invierno y primavera - verano, respectivamente.

A partir de la diferencia entre el peso final menos el peso inicial por cada estación se determinó la ganancia de peso, que fue dividida por los días de cada estación para estimar la ganancia de peso diaria. La eficiencia de la conversión alimenticia fue esti-

mada entre el consumo de alimento y la ganancia de peso, de cada estación.

Las figuras y estadística descriptiva fueron realizados utilizando el software estadístico R (R Core Team, 2020).

RESULTADOS

El Cuadro 1 muestra los registros de temperatura, oxígeno y amonio del agua de cultivo empleada en la piscina en invernadero y en estanque de tierra al aire libre. El agua de la piscina en invernadero fue renovada diariamente a un 80% manteniéndose el pH estable entre 7.1 y 7.3.

En la etapa de piscina en invernadero, la temperatura media del agua en la estación fría fue de 23.2 ± 1.1 °C, mientras que en la estación caliente fue de 26.0 ± 1.2 °C. Por otro lado, en el estanque al aire libre la temperatura media del agua fue 23.0 ± 0.4 °C para la estación fría, y de 24.6 ± 0.9 °C para la estación caliente.

La concentración media de oxígeno disuelto en condiciones de invernadero se mostró disminuida durante la estación caliente (5.5 ± 0.1 mg/L), coincidiendo con la mayor población de peces, mientras que la concentración se mostró mayor en la estación fría 6.9 ± 0.1 mg/L. En condiciones de estanque de tierra, la concentración media de oxígeno se mostró estable (6.6 y 6.7 mg/L para la estación fría y caliente, respectivamente).

En las dos últimas estaciones bajo condiciones de invernadero, la concentración media de amonio en el agua de cultivo tendió a incrementarse (0.6 y 0.7 mg/L para el invierno y primavera del 2018, respectivamente). Al transferirse al estanque al aire libre, la concentración media de amonio disminuyó, observándose concentraciones estables de 0.1 mg/L durante las tres últimas estaciones de la evaluación.

Cuadro 1. Parámetros de control del agua de cultivo del paiche (*Arapaima gigas*) en piscina en invernadero y estanque al aire libre

Etapa de cultivo	Estación	Indicadores		
		Temperatura, °C	Oxígeno, mg/l	Amonio, mg/l
Piscina en invernadero (Oct 2017 – Dic 2018)	Primavera	26.4 ± 0.5	4.5 ± 0.1	0.3 ± 0.1
	Verano	26.6 ± 1.8	4.4 ± 0.1	0.3 ± 0.0
	Otoño	24.1 ± 1.1	6.3 ± 0.1	0.4 ± 0.2
	Invierno	22.2 ± 1.1	7.4 ± 0.1	0.6 ± 0.1
	Primavera	25.0 ± 1.5	7.4 ± 0.1	0.7 ± 0.1
Estación fría ¹		23.2 ± 1.1	6.9 ± 0.1	0.5 ± 0.1
Estación caliente ²		26.0 ± 1.2	5.5 ± 0.1	0.4 ± 0.1
Estanque al aire libre (Ene 2019 - Mar 2020)	Verano	25.6 ± 1.4	7.0 ± 0.1	0.5 ± 0.0
	Otoño	23.7 ± 0.3	6.6 ± 0.1	0.2 ± 0.0
	Invierno	22.4 ± 0.5	6.5 ± 0.0	0.1 ± 0.0
	Primavera	23.6 ± 0.6	6.5 ± 0.0	0.1 ± 0.0
	Verano	24.7 ± 0.8	6.6 ± 0.1	0.1 ± 0.0
Estación fría ¹		23.0 ± 0.4	6.6 ± 0.1	0.2 ± 0.0
Estación caliente ²		24.6 ± 0.9	6.7 ± 0.1	0.2 ± 0.0

¹ otoño-invierno; ² primavera-verano (en ambos casos para el estanque al aire libre)

Los valores están expresados como medias ± desviación estándar

Cuadro 2. Parámetros productivos del paiche según la estación del año desde el tercer hasta los 32 meses de edad en condiciones de clima templado.

Etapa de cultivo	Estación ¹	Edad (meses) ²	Longitud (m)	Peso corporal (kg) ⁴	Ganancia de peso (g/d)	Consumo de alimento (g/d)	Conversión alimenticia (g/g)	Mortalidad (%) ⁵
Piscina en invernadero (Oct 2017 - Dic 2018)	Primavera	5	0.38	0.36 ± 0.25	3.4	18.4	5.4	6
	Verano	8	0.48	1.31 ± 0.48	10.6	31.7	3.0	0
	Otoño	11	0.57	1.79 ± 0.57	5.3	49.6	9.4	9
	Invierno	14	0.65	2.38 ± 0.79	6.4	66.2	10.3	34
	Primavera	17	0.77	4.30 ± 1.00	20.9	120.2	5.8	38
Estanque al aire libre (Ene 2019 - Mar 2020)	Verano	20	0.86	5.92 ± 1.42	18.0	194.4	10.8	0
	Otoño	23	1.04	12.71 ± 1.84	74.6	166.4	2.2	0
	Invierno	26	1.12	13.48 ± 1.16	8.4	102.1	12.2	0
	Primavera	29	1.16	15.71 ± 1.91	24.2	76.0	3.1	0
	Verano	32	1.23	16.89 ± 1.76	13.0	101.6	7.8	0
Estación fría					23.7	61.5	5.9	
Estación caliente					15.1	56.9	4.0	

¹ Primavera (Octubre-Diciembre), Verano (Enero-Marzo), Otoño (Abril-Junio), Invierno (Julio-Septiembre)

² Edad al final de cada estación

³ Longitud inicial: 17.6 ± 4.9 cm

⁴ Peso inicial: 44 ± 34 g (media ± desviación estándar)

⁵ Mortalidad acumulada (32 peces iniciales)

Crecimiento del paiche en clima templado

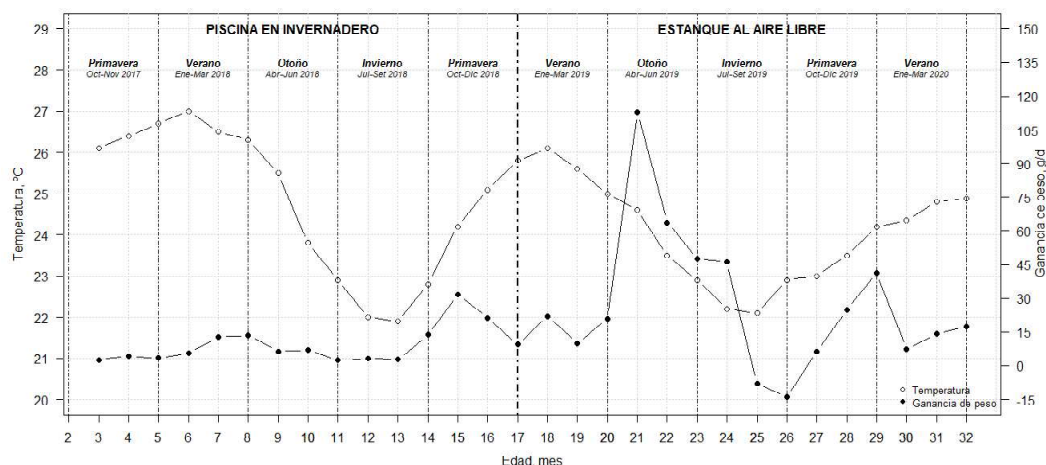


Figura 2. Variación de la temperatura del agua y ganancia de peso diario del paiche (*Arapaima gigas*) en condiciones de clima templado

Parámetros productivos de mortalidad, longitud, peso corporal, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia se presentan en el Cuadro 2. Las mediciones corresponden al registro final de cada estación.

El paiche alcanzó una longitud promedio de 0.57, 1.04 y 1.23 m a los 11, 23 y 32 meses de edad, respectivamente. Asimismo, el peso corporal alcanzado a los 11, 23 y 32 meses fue de 1.79, 12.71 y 17 kg, respectivamente. En la piscina en invernadero se observó mayor ganancia de peso diario en la estación de verano y primavera de 2018, en tanto que en el estanque al aire libre la ganancia de peso fue baja durante la primera estación (verano 2019) para el mayor consumo de alimento registrado, reflejándose en una conversión alimenticia ineficiente; sin embargo, en la estación siguiente (otoño) se observaron tendencias de mejor ganancia de peso y conversión alimenticia. En las estaciones frías, con excepción del otoño 2019, los peces se caracterizaron por mostrar mayores consumos de alimento, pero menores ganancias de peso, reflejándose en pobres índices de conversión alimenticia.

La mortalidad fue de 38% durante el cultivo bajo invernadero, siendo la más alta durante el invierno de 2018. No se registró mortalidad durante la etapa de estanque al aire libre.

La Figura 2 muestra la fluctuación mensual de la ganancia de peso diario y la temperatura del agua. Durante la etapa de piscina en invernadero se observan tendencias numéricas de mayores ganancias de peso en las estaciones de verano y primavera de 2018, coincidiendo con la alta temperatura del verano 2018 y del aumento de la temperatura durante la primavera 2018. Durante el verano de 2019, en estanque al aire libre, se observa ganancia de peso similar a la estación de primavera precedente, pero la conversión alimenticia fue ineficiente (Cuadro 2). Sin embargo, el primer mes de otoño de 2019 se observó el mayor incremento de ganancia de peso, en tanto que en el invierno de 2019 el paiche mostró pérdida de peso en los meses de agosto y septiembre (-7.7 y -14 g por día, respectivamente).

DISCUSIÓN

La temperatura, la concentración de oxígeno disuelto y de amoníaco en el agua, entre otros, son parámetros críticos recomendados a monitorear en una producción acuícola en cautiverio (Weseluk *et al.*, 2019). La temperatura del agua es un factor crítico que contribuye al comportamiento y la supervivencia de los peces (Reyes *et al.*, 2011) y el estrecho rango de tolerancia térmica que tendrían los peces amazónicos (Chrétien y Chapman, 2016) representaría un desafío significativo para su sobrevivencia. La temperatura del agua de la cuenca del Amazonas oscila entre 28 y 31 °C (Núñez *et al.*, 2011), mientras que la temperatura del agua bajo invernadero en el presente estudio fluctuó entre 23.2 °C en la estación fría y 26 °C en estación caliente, lo que indica que los peces del estudio se desarrollaron en temperaturas entre 17 y 7% inferiores a la temperatura mínima del agua que oscila en su hábitat natural, respectivamente. La temperatura del agua en estanque al aire libre fluctuó entre 23 y 24.6 °C, lo que indica que los peces en estas condiciones se desarrollaron en temperaturas entre 18 y 12% inferiores a la temperatura mínima del agua que oscila en su hábitat natural.

Niveles adecuados de oxígeno aseguran la tasa metabólica aeróbica; sin embargo, el paiche respira aire y su vejiga de gas respiratorio es posiblemente la más sorprendente de todas las adaptaciones para vivir en las aguas hipóxicas de la cuenca del Amazonas (Scadeng *et al.*, 2020). En el presente estudio, el promedio general del oxígeno disuelto en el agua fue de 6.2 mg/L, que se encuentra dentro del rango adecuado (Junk *et al.*, 2015). Por otro lado, el amoníaco es un compuesto tóxico para los organismos acuáticos (Wang *et al.*, 2017), y su concentración se incrementa por la excreción de los animales acuáticos, especialmente en sistemas de producción intensiva, así como por la degradación de alimentos no consumidos (Park *et al.*, 2007). Núñez *et al.* (2011) repor-

tan concentraciones promedio de 1.06 mg/mL de amonio en el agua de varios criaderos de paiche en la región de Iquitos, Perú, mientras que en el presente estudio fue de 0.34 mg/L.

El paiche se encuentra entre las principales especies nativas cultivadas debido a sus características zootécnicas de alto valor como crecimiento rápido, tolerancia a la alta densidad de almacenamiento y rusticidad al manejo y alto rendimiento de carne (Hoshino *et al.*, 2017; Lima *et al.*, 2017). Según SEBRAE (2011), el potencial del paiche radica en su crecimiento, en el que puede alcanzar un peso de 10 kg en el primer año de vida en condiciones tropicales. Pereira-Filho *et al.* (2003) en un cultivo de paiche con 133 g de peso inicial en estanque excavado, obtuvieron pesos de 7.20 kg después de 12 meses de evaluación. En el presente estudio, el paiche alcanzó un peso de 16.89 kg en promedio a los 32 meses de edad bajo condiciones de clima templado. La ganancia de peso entre 23 y 26 g/día registrado en las estaciones frías y calientes, son cercanos a los reportados por otros autores, aunque alcanzados en un mayor tiempo de evaluación. Así, Oliveira *et al.* (2013) encontraron ganancias de peso de 24.7 g/d durante 210 días con peces de 1.55 kg de peso inicial, mientras que Pereira-Filho *et al.* (2003) en cultivo de paiche con 133 g de peso inicial en estanque excavado obtuvieron un promedio de 19 g/d después de 12 meses de evaluación.

La alimentación representa la mayor parte de los costos en la producción animal, por tanto, el índice de conversión alimenticia es un criterio clave para evaluar el desempeño y la rentabilidad de un sistema pecuario (Gidenne *et al.*, 2017). La conversión alimenticia del estudio fue menos eficiente en la estación fría, lo que sugiere mayor utilización de energía con fines de mantenimiento de temperatura corporal. Pereira-Filho *et al.* (2003) obtuvo una conversión alimenticia de 1.5 en paiche criados en estanque excavado durante 12 meses, en tanto que Oliveira *et al.* (2013) reportaron una conversión alimenticia de 4.32 en peces de peso inicial de 1550

g durante 7 meses con tasa de alimentación de 2% respecto a su peso corporal. Por otro lado, la ineficiente conversión alimenticia observada durante la primera estación de verano en la etapa de estanque se debió al mayor consumo de alimento con baja ganancia de peso corporal, posiblemente debido al proceso de aclimatación al estanque de tierra, caracterizado por estar al aire libre y con menor densidad por volumen de agua. Asimismo, la pérdida de peso en los meses de invierno en estanque al aire libre sugiere la necesidad del uso de invernadero.

Un invernadero es una estructura cerrada que proporciona un entorno viable y controlado de temperatura, independiente de las condiciones climáticas externas (Kumar *et al.*, 2022). En acuicultura, su uso busca minimizar los efectos adversos del invierno sobre el rendimiento de los peces (Jana *et al.*, 2019). En el presente estudio, sin embargo, la alta mortalidad en la etapa de invernadero sugiere que el entorno ambiental generado no fue suficiente para mantener una temperatura viable para el paiche. Oliveira *et al.* (2013) y Rodrigues *et al.* (2019) reportan mortalidad de 7.5 y 5%, respectivamente del paiche en clima tropical.

No existen reportes del cultivo de paiche en condiciones de clima templado. La respuesta productiva fue bastante inferior a la reportada en su medio ambiente tropical. La ganancia de peso menos variable en invernadero y la conversión alimenticia más eficiente en estaciones cálidas, sugieren que su cultivo sería viable en condiciones de invernadero.

Agradecimientos

Al Instituto del Mar del Perú (IMARPE), así como al personal de la institución que hicieron posible el presente estudio.

LITERATURA CITADA

1. **Baensch HA, Riehl R. 1985.** Aquarien atlas. Band 2. Germany: Mergus. 1152 p.
2. **Campos L. 2001.** Historia biológica del paiche o pirarucu *Arapaima gigas* (Cuvier) y bases para su cultivo en la Amazonía Iquitos, Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. 27 p.
3. **Chrétien E, Chapman LJ. 2016.** Tropical fish in a warming world: thermal tolerance of Nile perch *Lates niloticus* (L) in Lake Nabugabo, Uganda. *Conserv Physiol* 4: cow062. doi: 10.1093/conphys/cow062
4. **de Oliveira EG, Pinheiro AB, de Oliveira VQ, da Silva ARM, de Moraes MG, Rocha ÍRCB, Rocha R, Costa FHF. 2012.** Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. *Aquaculture* 370-371: 96-101. doi: 10.1016/j.aquaculture.2012.09.027
5. **Gidenne T, Garreau H, Drouilhet L, Aubert C, Maertens L. 2017.** Improving feed efficiency in rabbit production, a review on nutritional, technico-economical, genetic and environmental aspects. *Anim Feed Sci Tech* 225: 109-122. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.-01.016
6. **Hill RW, Wyse GA, Anderson M. 2012.** Fisiología animal. 2ª ed. Brazil: Ed Médica Panamericana. 1038 p.
7. **Hoshino MDFG, Marinho RGB, Pereira DF, Yoshioka ETO, Tavares-Dias M, Ozório ROA, Rodriguez AFR, Ribeiro RA, Faria FSEDV. 2017.** Hematological and biochemical responses of pirarucu (*Arapaima gigas*, Arapaimidae) fed with diets containing a glucomannan product derived from yeast and algae. *Acta Amazon* 47: 87-94. doi: 10.1590/1809-4392201700781
8. **Jana BB, Nandy S, Lahiri S, Bag SK, Ghosh P, Bhakta JN, Ghosh D, Biswas JK, Bhattacharjee A, Jana S. 2019.** Does solar heated structure mimicking

- greenhouse effective to impede winter growth reduction of some tropical fishes? *Aquaculture* 499: 51-60. doi: 10.1016/j.aquaculture.2018.09.017
9. **Junk WJ, Wittmann F, Schöngart J, Piedade MTF. 2015.** A classification of the major habitats of Amazonian black-water river floodplains and a comparison with their white-water counterparts. *Wetl Ecol Manage* 23: 677-693. doi: 10.1007/s11273-015-9412-8
 10. **Kumar M, Hailot D, Gibout S. 2022.** Survey and evaluation of solar technologies for agricultural greenhouse application. *Sol Energy* 232: 18-34. doi: 10.1016/j.solener.2021.12.033
 11. **Lima AF, Rodrigues AP, Lima LKF, Maciel PO, Rezende FP, Freitas LEL, Tavares-Dias M, Bezerra TA. 2017.** Alevinagem, recria e engorda do pira-rucu. Brasília DF, Brasil: EMBRAPA. 157 p.
 12. **Luz JR, Ramos APS, Melo JFB, Braga LGT. 2019.** Use of sodium butyrate in the feeding of *Arapaima gigas* (Schinz, 1822) juvenile. *Aquaculture* 510: 248-255. doi: 10.1016/j.aquaculture.-2019.05.065
 13. **Mattos BO, Nascimento-Filho ECT, Anjos-Santos A dos, Sánchez-Vázquez FJ, Fortes-Silva R. 2016.** Daily self-feeding activity rhythms and dietary self-selection of pirarucu (*Arapaima gigas*). *Aquaculture* 465: 152-157. doi: 10.1016/j.aquaculture.2016.09.005
 14. **Núñez J, Chu-Koo F, Berland M, Arévalo L, Ribeyro O, Duponchelle F, Renno JF. 2011.** Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Perú. *Aquac Res* 42: 815-822. doi: 10.1111/j.1365-2109.2011.02886.x
 15. **Oliveira VQ, Matos ARB, Bezerra TA, Mesquita PEC, Oliveira VQ, Moraes AM, Oliveira EG, et al. 2013.** Preliminary studies on the optimum feeding rate for pirarucu *Arapaima gigas* juveniles reared in floating cages. *Int J Aquaculture* 3: 147-151.
 16. **Park IS, Lee J, Hur JW, Song CY. 2007.** Acute toxicity and sublethal effects of nitrite on selected hematological parameters and tissues in dark-banded rockfish, *Sebastes inermis*. *J World Aquacult Soc* 38: 188-198. doi: 10.1111/j.1749-7345.2007.00088.x
 17. **Pereira-Filho M, Cavero BAS, Roubach R, Ituassú DR, Gandra AL, Crescêncio R. 2003.** Cultivo do pirarucu (*Arapaima gigas*) em viveiro escavado. *Acta Amazon* 33: 715-718. doi: 10.1590/S0044-59672003000400017
 18. **R Core Team. 2020.** R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
 19. **Reis MK, Oba ET, Ruiz, AF, Ribeiro RA, Escócio Viana FS, Almeida RO, Tavares-Dias M. 2019.** Growth, physiological and immune responses of *Arapaima gigas* (Arapaimidae) to *Aeromonas hydrophila* challenge and handling stress following feeding with immunostimulant supplemented diets. - *Fish Shellfish Immun* 84: 843-847. doi: 10.1016/j.fsi.2018.10.045
 20. **Reyes I, Díaz F, Denisse Re AD, Pérez J. 2011.** Behavioral thermoregulation, temperature tolerance and oxygen consumption in the Mexican bulls eye puffer fish, *Sphoeroides annulatus* Jenyns (1842), acclimated to different temperatures. *J Therm Biol* 36: 200-205. doi: 10.1016/j.jtherbio.2011.03.003
 21. **Rodrigues APO, Lima AF, Andrade CL, Medeiros RMS. 2019.** Feeding frequency affects feed intake and growth in juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*). *Acta Amazon* 49: 11-16. doi: 10.1590/1809-4392201802442
 22. **Scadeng M, McKenzie C, He W, Bartsch H, Dubowitz DJ, Stec D, St Leger J. 2020.** Morphology of the Amazonian teleost genus *Arapaima* using advanced 3D imaging. *Front Physiol* 11: 260. doi: 10.3389/fphys.-2020.00260

23. **Schliwa M, Ladich, F. 2021.** Temperature (but not acclimation) affects hearing in fishes adapted to different temperature regimes. *Comp Biochem Phys A* 261: 111053. doi: 10.1016/j.cbpa.2021.111053
24. **[SEBRAE] Servicio Brasileño de Apoyo a las Micro y Pequeñas Empresas. 2011.** Manual de boas práticas de produção do pirarucu em cativeiro. Porto Velho, Brasil: SEBRAE. 44 p.
25. **Serrano ME, Leguía PG, Quispe HM, Casas VG 2013.** Valores hematológicos del paiche *Arapaima gigas* de la Amazonía peruana. *Rev Inv Vet Perú* 24: 248-251. doi: 10.15381/rivep.v24i2.2518
26. **Wang HJ, Xiao XC, Wang HZ, Li Y, Yu Q, Liang XM, Feng WS, Shao JC, Rybicki M, Jungmann D, Jeppesen E. 2017.** Effects of high ammonia concentrations on three cyprinid fish: Acute and whole-ecosystem chronic tests. *Sci Total Environ* 598: 900-909. doi: 10.1016/j.scitotenv.2017.04.070
27. **Weseluk J, Vergara F, Berestovoy V. 2019.** Evaluación de la calidad del agua del embalse Mbói Caé. *RECyT* 32: 82-86. doi: 10.36995/j.recyt.2019.32.013