

COMPORTAMIENTO ESTACIONAL DEL *Arapaima gigas* PAICHE EN AMBIENTES SEMICONTROLADOS

SEASONAL BEHAVIOR OF *Arapaima gigas* IN SEMI-CONTROLLED ENVIRONMENTS

Francisco Ganoza Chozo¹
Jhon Alvarez Veliz¹

Luis Gonzales Molina¹
Jean García Valladares¹

Cruz Prieto Dueñas¹
Félix Airahuacho Bautista²

RESUMEN

GANOZA CHOZO, F., GONZALES MOLINA, L., PRIETO DUEÑAS, C., ALVAREZ VELIZ, J., GARCÍA VALLADARES, J. & AIRAHUACHO BAUTISTA, F. (2023). *Comportamiento estacional del Arapaima gigas paiche en ambientes semicontrolados*. *Inf Inst Mar Perú*, 50(3), 399-409.- El paiche constituye una fuente alimenticia con alto valor en el mercado y se puede cultivar con buenos resultados en ambientes naturales y controlados con diferentes tipos de alimentos. El presente trabajo se realizó con la finalidad de conocer el comportamiento de este recurso en forma estacional en ambientes semicontrolados. Se utilizaron 100 alevines de tres meses de edad trasladados desde la amazonia, los cuales pasaron por un proceso de aclimatación. El cultivo se realizó en ambientes controlados en tanques piscinas dentro de un galpón de invernadero durante los primeros 10 meses y al aire libre en estanques en tierra durante los 18 meses siguientes. Las dietas estuvieron representadas, por alimento balanceado los primeros 2 meses, alimento mixto: 60 % balanceado y 40 % pescado durante 6 meses y 100 % de pescado fresco los meses siguientes. Durante el periodo de cultivo alcanzaron tallas y pesos promedios de 29,47 cm, 216,6 g en invernadero y de 67,7 cm, 2718,4 g en estanques de agua en tierra al aire libre; la temperatura promedio del agua en los tanques del invernadero llegó hasta 26,03 °C y en los estanques al aire libre fue 22,9 °C; el oxígeno se mantuvo saturado con valores promedios de 7 mg/L, el nitrógeno amoniacal total (Nat) estuvo en 0,22 mg/L en promedio; se logró sobrevivencia del 47 %.

PALABRAS CLAVE: *Arapaima gigas*, paiche, cultivo en Huacho

ABSTRACT

GANOZA CHOZO F., GONZALES MOLINA L., PRIETO DUEÑAS C., ALVAREZ VELIZ J., GARCÍA VALLADARES J. & AIRAHUACHO BAUTISTA F. (2023). *Seasonal behavior of Arapaima gigas in semi-controlled environments*. *Inf Inst Mar Perú*, 50(3), 399-409.- *Arapaima gigas*, renowned for its high market value as a food source, can thrive in both natural and controlled environments when provided with various types of feed. This study sought to unravel the seasonal behavior of this species in semi-controlled environments. A total of 100 three-month-old fry, originating from the Amazon, underwent an acclimatization process. Cultivation spanned 28 months, with the initial 10 months occurring within controlled tank pools housed in a greenhouse and the subsequent 18 months in open-air earthen ponds. Feeding regimes comprised balanced feed for the initial 2 months, a mixed diet combining 60% balanced feed with 40% fish for 6 months, followed by a diet exclusively consisting of fresh fish. During the culture period, *A. gigas* exhibited remarkable growth, reaching an average length and weight of 29.47 cm and 216.6 g in the greenhouse, and 67.7 cm and 2718.4 g in the outdoor earthen ponds. Water temperature averaged 26.03°C in the greenhouse tanks and 22.9°C in the outdoor ponds, with consistently saturated oxygen levels at an average of 7 mg/L and an average total ammonia nitrogen (Nat) of 0.22 mg/L. Notably, a survival rate of 47% was achieved.

KEYWORDS: *Arapaima gigas*, cultivation in Huacho

1. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una de los sectores de producción económica importante a nivel mundial, debido al incremento de la demanda de especies hidrobiológicas; los informes más recientes de la FAO sobre la acuicultura, mencionan que la producción acuícola mundial alcanzó un récord histórico de 114,5 millones de toneladas de peso vivo en 2018 (FAO, 2020) y se estima una proyección de crecimiento del 15 %

en la producción acuícola mundial para el 2030 con respecto a la producción del 2018, lo que eventualmente convertirá a la acuicultura en la principal fuente abastecedora de peces para la alimentación humana.

La cuenca amazónica posee el mayor pez de escama de agua dulce del mundo, el *Arapaima gigas*, llamado paiche en Perú y pirarucú en Brasil y Colombia. En su medio natural puede alcanzar hasta 3 m de longitud total con promedio de

1 IMARPE, Laboratorio Costero de Huacho, fganoza@imarpe.gob.pe

2 Escuela Profesional de Ingeniería Zootecnia. Facultad de Ingeniería Agraria. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión – UNJFSC – Huacho - Perú

200 kg de peso. Su ambiente natural son los ecosistemas lenticos de esa cuenca, los cuales, generalmente, poseen abundante vegetación acuática flotante (CAMPOS, 2001). Es una especie con gran potencial para la piscicultura debido a su rusticidad, alto valor en el mercado, excelente sabor de su carne y extraordinario desempeño en ambientes controlados (GARCÍA, 2012).

A pesar de su gran tamaño, se le puede cultivar, con buenos resultados, en diversos ambientes y con diferentes alimentos; su importancia está dada porque constituye una fuente de alimentación y genera ingresos a través de la comercialización de sus productos (IIAP, 2017).

Diversos experimentos ejecutados durante los últimos diez años, tanto en Brasil como en Perú, demostraron que el paiche puede ser cultivado con dietas artificiales con altos niveles de proteína. A partir de estas experiencias se viene conduciendo una serie de cultivos en diversas modalidades, tanto en estanques como en jaulas flotantes, con resultados alentadores. Desde principios del siglo XXI, el paiche ha sido objeto de estudio para su cultivo en ambientes controlados, principalmente para la producción de semillas con el único objetivo de repoblar los ríos de la Amazonía, que en años anteriores han sufrido de sobrepesca (ALCÁNTARA *et al.*, 2006).

La determinación de la densidad óptima para cada fase de crianza, es un factor importante para su producción, necesaria para la obtención de buenas ganancias de peso, tamaño y, por ende, optimizar el crecimiento de los peces, disminuir la mortalidad, al igual que el tiempo de cría y obtener lotes homogéneos, que garanticen mayor generación económica (CARVAJAL-VALLEJOS *et al.*, 2017).

La Universidad Nacional de Tumbes (UNT) el 2014 desarrolló el Proyecto "Cultivo semi intensivo de paiche en la Región de Tumbes" financiado por el Canon Minero; en la Región Loreto adquirieron 500 ejemplares de 8 a 10 cm de longitud y 5 g de peso, los que se adaptaron a las condiciones climáticas de Tumbes, logrando producir más de media tonelada del recurso, con 70 % de sobrevivencia y peso mayor a 12 kg por ejemplar. Uno de los retos que afrontaron, fue la adaptación de la especie

al clima, debido a la diferencia en la constancia de la temperatura, para lo cual construyeron viveros (UNT, 2014).

En el 2018, en el laboratorio costero IMARPE – Huacho, se realizó una investigación sobre cultivo del paiche en ambiente controlado, haciendo uso de un invernadero, para obtener temperaturas mayores a $21 \pm 0,8$ °C y asegurar el cultivo y crecimiento de los especímenes. El trabajo se desarrolló con 40 juveniles, acondicionados en tanques dentro del invernadero, entregando alimento balanceado y homogenizado (pescado + alimento balanceado) por 180 días (GONZALES, 2018).

La presente investigación se desarrolló con la finalidad de evaluar el desarrollo y comportamiento estacional del paiche *Arapaima gigas*, en cautiverio bajo condiciones ambientales semicontrolados en la zona central del Perú, en un periodo de cultivo que comprendió 28 meses, desde marzo 2019 a julio 2021.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Transporte

Los estudios se iniciaron el 9 de marzo 2019. Para el desarrollo de la investigación, se utilizaron 100 ejemplares de alevines de paiche de 3 meses de edad, con peso de $6,71 \pm 1,50$ g y longitud $9,90 \pm 0,56$ cm, del fundo Edith (Iquitos, Loreto, Perú), los cuales llegaron en empaques de 8 bolsas de polietileno de 75 x 51 cm y dentro de éstas, bolsas de plástico grueso transparente con 6 litros de agua con oxígeno, estibadas en 4 cajas térmicas de Tecnopor N° 7a. El transporte se realizó vía aérea de Iquitos a Lima y por vía terrestre, de Lima a las instalaciones del IMARPE – Huacho, empleándose 8 horas en el traslado.

Acondicionamiento de ambiente

Previo a la llegada de los ejemplares, se acondicionó un ambiente como invernadero de 9 m de longitud, 4 m de ancho y 2,4 m de altura, construido de material plástico de policarbonato (PC), de un espesor de calibre 9 con 75 % de iluminación, resistente a los rayos ultravioleta; se instaló un sistema de aireación y 2 tanques de fibra de vidrio con dimensiones de 1 x 2 x 0,50 m y 2 tanques-piscinas de 2 x 4,10 x 0,75 m.

Preparación de ejemplares

La preparación de los ejemplares, se realizó en 2 tanques-piscinas de 6,15 m³, donde fueron aclimatados a la temperatura del agua de 27,0 ± 0,9 °C; se distribuyeron 50 ejemplares en cada tanque con densidad de 10 peces/m². El proceso de aclimatación, consistió en medir la temperatura del agua de los tanques de recepción y de las bolsas con alevines, se colocaron las bolsas con peces en los tanques, para que se nivele por transferencia de calor, este proceso tardó 40 minutos, luego se procedió a agregar agua de los tanques en las bolsas para ir nivelando el pH, este proceso demandó de 10 a 15 minutos y se dejó que los peces salgan de las bolsas (Fig. 1).

En el invernadero permanecieron 10 meses, después fueron trasladados a dos tanques de tierra al aire libre (12 m de largo, 10 m de ancho, 0,80 m de alto, con capacidad de 96 m³) durante 18 meses.

Alimentación

Los primeros 4 meses se entregó alimento balanceado, 4 veces al día (10:00, 12:00, 14:00 y 16:00 horas), después se suministró alimento mixto compuesto por 60 % de alimento balanceado

y 40 % de pescado fresco (anchoveta, pejerrey, lorna, bonito, etc.). El alimento balanceado fue de trucha con 50 % de proteína.

La preparación de la dieta consistió en humedecer el alimento balanceado mezclarlo con alimento fresco de músculo de pescado cortado en pequeños trozos, el resultado fue una masa consistente, que se les suministró durante 6 meses; para después entregar pescado al 100 % (Fig. 2) dos veces al día (10:00 y 14:00 horas). La ración suministrada fue calculada mensualmente considerando el 5 % del peso vivo de los ejemplares.

Tasa de conversión alimenticia (TCA)

Esta expresión numérica representa la cantidad de alimento consumido en base seca, que se requiere para producir un kilo de biomasa (HANLEY, 1991)

$$TCA = \frac{\text{alimento consumido (g)}}{\text{Biomasa final (g)} - \text{Biomasa inicial (g)}}$$

Tasa de crecimiento específico (TCE, %xdía)

La tasa de crecimiento específico (TCE) expresa la velocidad del crecimiento del pez de acuerdo a lo propuesto por HANLEY (1991)

$$TCE = \frac{\text{Ln peso final} - \text{Ln peso inicial}}{\text{dias de cultivo}} * 100$$



Figura 1.- Aclimatación de y siembra de *Arapaima gigas* paiche en tanques rectangulares para el cultivo



Figura 2.- Alimento para trucha y alimento mixto (anchoveta deshuesada + alimento para trucha)

Registro de parámetros de calidad de agua

Temperatura

Para medir la temperatura, se utilizó un termómetro de mercurio con escala de -20 a 100 °C. Los datos se registraron a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas, durante todo el periodo de cultivo.

Oxígeno

Los niveles de oxígeno disuelto en el agua, fueron medidos mediante un multiparámetro YSI 550 cuya unidad de medida es mg/L, también se empleó el método titulométrico de Winkler, modificado por CARRIT y CARPENTER (1966). Los valores de oxígeno, se tomaron todos los días durante seis meses seguidos; posteriormente solo fueron tres veces a la semana (lunes, miércoles y viernes).

pH, nitrito, nitrato, amonio y alcalinidad

Los parámetros químicos, se realizaron a través de colorimetría dos veces a la semana (lunes y viernes) y se empleó un kit de análisis de agua La Matte 3633-05 (Fig. 3).

Muestras biométricos

Se efectuó el registro mensual de peso y longitud del 10% de la población. Para los ejemplares dentro del invernadero se utilizó un ictiómetro y una balanza digital de 5 kg de capacidad y 10 g de sensibilidad; para los ejemplares mayores se utilizó una cinta métrica de 200 cm y una balanza de 50 kg (Fig. 4). Los datos fueron evaluados y analizados con programas estadísticos Excel y "R". Con los registros de peso promedio se calculó la biomasa y cantidad de alimento a suministrar mediante la siguiente formula:



Figura 3.- Toma de Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃), Amonio (NH₃) y Oxígeno Disuelto (O₂)



Figura 4.- Muestreo biométrico (peso y longitud) de juveniles de *Arapaima gigas paiche*

$$B \text{ (kg)} = N * W \text{ (kg)}$$

Dónde:

N = número de peces

W = peso promedio

B = Biomasa

3. RESULTADOS

Frecuencia de longitud y peso en el invernadero

El 2019 se mantuvo a los ejemplares durante 10 meses en el invernadero; en peso la mayor frecuencia (32 %) de la población varió de 28 a 140 g y 20 % fue de 364 a 476 g; con relación a la talla, la mayor frecuencia (32 %) estuvo en el rango de 29 a 36 cm mientras que, el 20% varió de 36 a 43 cm (Fig. 5).

Frecuencia de longitud y peso en estanques de tierra

Los siguientes 18 meses, los ejemplares lo pasaron en los estanques de tierra al aire libre, donde en peso la mayor frecuencia (52 %) presentó el

rango de 1400 a 2300 g y el 20 % estuvo entre 500 y 1400 g; la mayor frecuencia de la longitud (69 %) presentó el rango de 40 a 60 cm y el 9 % entre 70 y 75 cm (Fig. 6).

Relación de longitud y peso

El desarrollo del paiche, tuvo un crecimiento isométrico, durante otoño, invierno y primavera 2019, se observó buena relación entre ambos parámetros, presentando un rango de longitud entre 15,8 cm y 39,4 cm con promedio de $29,47 \pm 8,50$ cm y los pesos estuvieron entre 29,3 g y 434,1 g con promedio 216,63 g. En las estaciones del 2020 se registraron longitudes entre 42,12 cm y 58,45 cm con promedio de $52,1 \pm 5,9$ cm y los pesos se registraron entre 507,9 g y 1746 g, con promedio 1274,6 g y, en las estaciones del 2021 se incrementaron de 58,9 cm a 73,55 cm, con promedio de $67,7 \pm 5,5$ cm y los pesos se registraron de 1804,3 g a 3539 g, con promedio 2718,4 g. El desarrollo de peso y longitud se ajusta a las óptimas condiciones dadas en el cultivo, observándose la tendencia continua en su crecimiento (Fig. 7).

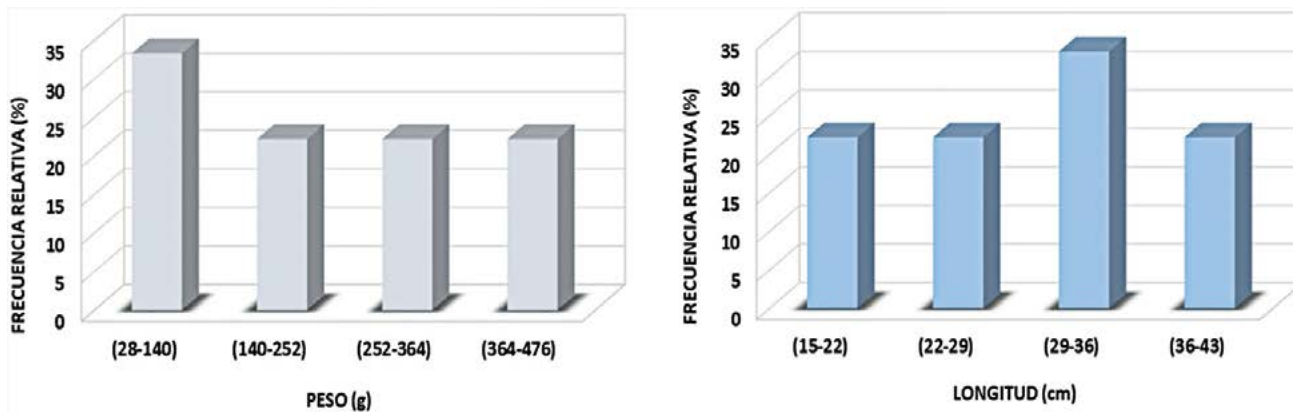


Figura 5.- Frecuencia de peso y longitud de *Arapaima gigas* en el invernadero, diciembre 2019

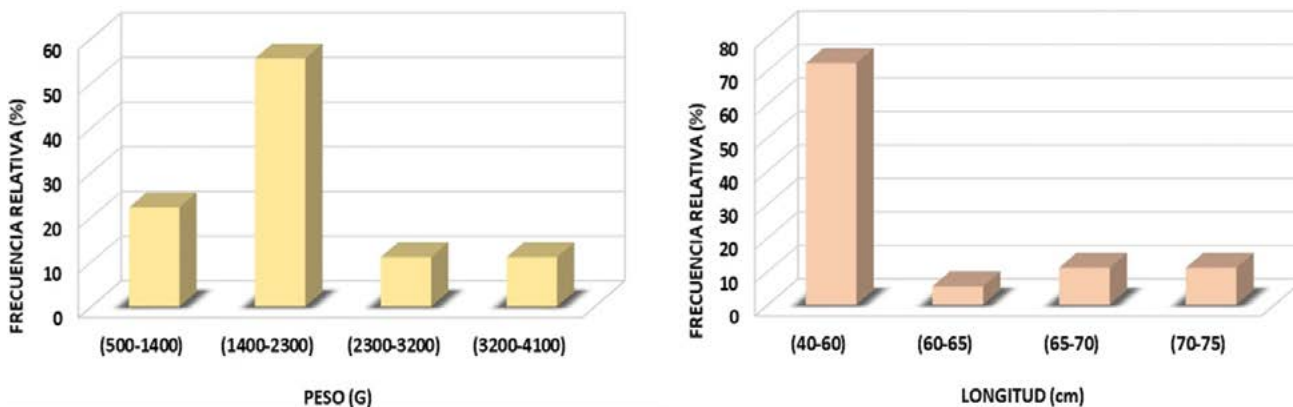


Figura 6.- Frecuencia de longitud y peso de *Arapaima gigas* en estanques de tierra, 2020 - 2021

Relación entre peso, longitud y temperatura

La temperatura, tuvo relación directa en el desarrollo y comportamiento de los ejemplares. En las estaciones del 2019, constantemente se registraron valores promedio de 26,7 °C y se observó que los ejemplares crecieron, en talla y peso, en forma continua, el peso promedio fue 216,6 g y longitud promedio de 29,47 cm. En el 2020, la temperatura tuvo un ligero descenso y alcanzó a 23,7 °C, pese a esta disminución, el peso se incrementó a 1274,6 g y la talla a 52,1 cm. En el 2021, la temperatura descendió a 22,9 °C, sin embargo, el peso alcanzó a 2718,4 g y la longitud a 67,7 cm. A pesar de la disminución de la temperatura, consideramos que los especímenes tuvieron buena asimilación del alimento (Figs. 8 y 9).

Relación entre longitud y nitrógeno amoniacal total (Nat)

El crecimiento de *Arapaima gigas*, fue uniforme durante todo el periodo de cultivo, en las estaciones del 2019, alcanzó una longitud promedio de 29,47 cm y el Nat estuvo en promedio de 0,2 mg/L y tuvieron un incremento continuo de su longitud; en las estaciones del 2020, llegó a un crecimiento de 52,1 cm y el Nat se mantuvo en 0,2 mg/L; y en las estaciones del 2021 registraron de 67,7 cm y el Nat continuó en 0,2 mg/L, se observó una relación directa entre ambos parámetros en el comportamiento y desarrollo del paiche, tuvieron buena adaptación y asimilación de alimentos (Fig. 10).

Densidad

La densidad de cultivo al inicio del estudio, fue de 10 peces/m², distribuidos en dos tanques-piscinas de 6,15 m³, con 50 peces en cada uno, la densidad disminuyó, de acuerdo a su crecimiento, a 4 peces/m² los que fueron evaluados durante 10 meses en ambientes controlados dentro del invernadero.

Los 18 meses siguientes, los ejemplares fueron cultivados en dos estanques en tierra de 96 m³, acondicionados al aire libre, donde su densidad bajó a 1 pez/m² (Fig. 11).

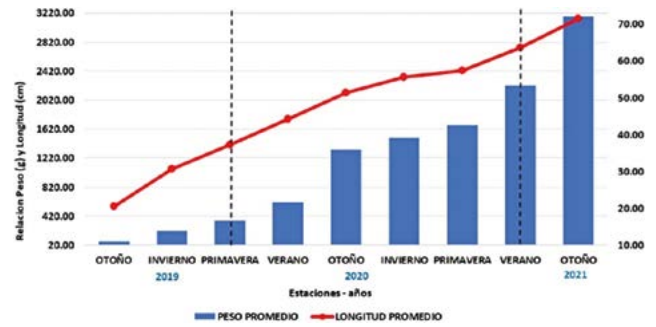


Figura 7.- Relación longitud y peso de *Arapaima gigas* en todo el periodo de cultivo Huacho

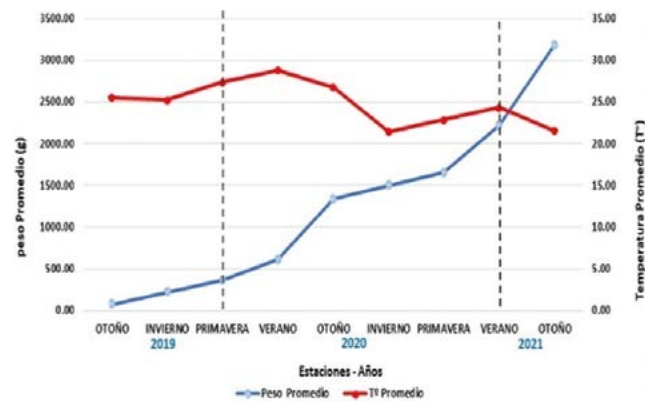


Figura 8.- Relación entre peso y temperatura de I

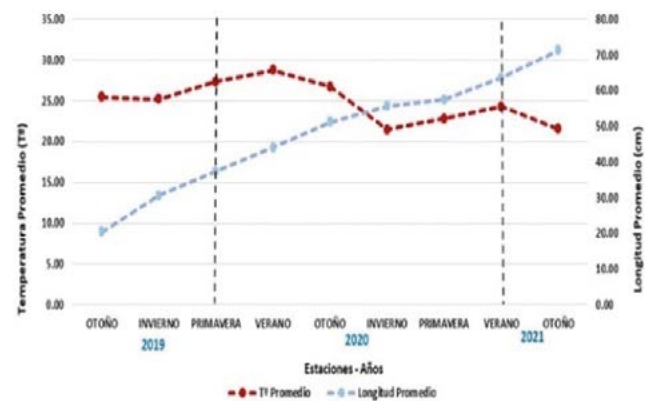


Figura 9.- Relación entre longitud y temperatura de *Arapaima gigas*

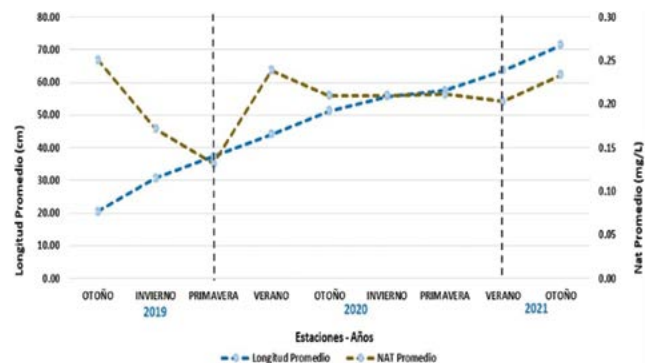


Figura 10.- Relación entre longitud y nitrógeno amoniacal total durante el cultivo de *Arapaima gigas*



Figura 11.- Densidades de cultivo de *Arapaima gigas* paiche en tanques piscinas en invernadero y en estanques naturales al aire libre

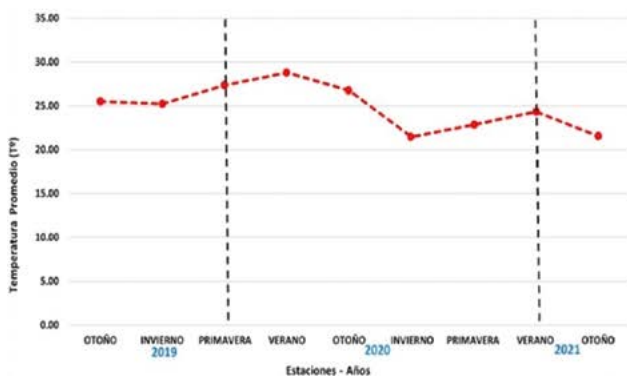


Figura 12.- Temperatura por estaciones del cultivo de *Arapaima gigas*, 2019 - 2021

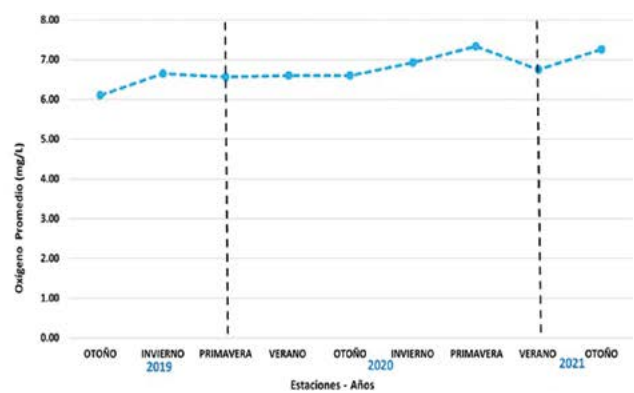


Figura 13.- Oxígeno disuelto por estaciones del cultivo de *Arapaima gigas*, 2019 - 2021

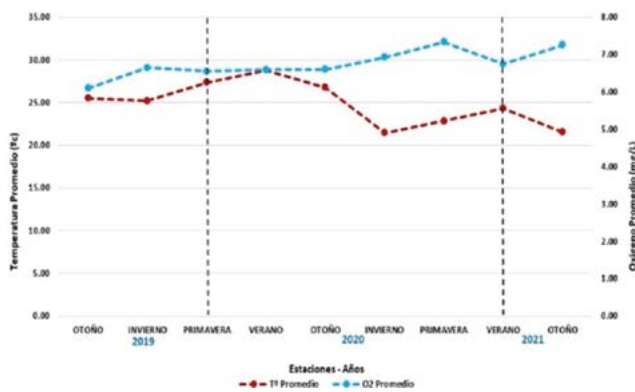


Figura 14.- Relación entre temperatura y oxígeno durante todo el periodo de cultivo de *Arapaima gigas*, 2019 - 2021

Calidad del agua

Temperatura: la temperatura dentro del invernadero, el 2019 estuvo constante desde el otoño hasta mediados del invierno, se registraron entre 25,1 y 29 °C con promedio de $26,7 \pm 1,6$ °C; en el 2020 se registró incremento desde la primavera hasta fines de verano, con valores entre 20,2 y 28,8 °C con promedio en $23,7 \pm 1,2$ °C. En 2021 los ejemplares se trasladaron a los estanques de

tierra por falta de espacio y fueron afectados por la disminución de la temperatura que estuvo en rangos de 20,8 a 24,8 °C con promedio de $22,9 \pm 1,2$ °C (Fig. 12).

Oxígeno disuelto: el oxígeno durante las estaciones del 2019, estuvo en un rango entre 5,2 y 6,7 mg/L, con promedio en $6,5 \pm 0,089$ mg/L; en el 2020 entre 6,6 a 7,4 mg/L con promedio de $7 \pm 0,14$ mg/L y, en el 2021 se mantuvo en rangos de 6,6 a 7,4 mg/L con promedio de $7 \pm 0,13$ mg/L (Fig. 13).

Relación entre temperatura y oxígeno

La relación entre ambos parámetros fue directa, cuando incrementó la temperatura disminuyó el oxígeno y viceversa, se registró temperatura promedio en las estaciones de 2019 de 26,7 °C, y los promedios de oxígeno fueron de 6,44 mg/L; en las estaciones del 2020 descendió a 23,7 °C y el oxígeno incrementó a 7 mg/L, mostrando buena saturación de oxígeno para el desarrollo de los ejemplares; y en el 2021 presentó promedios de 22,9 °C y el oxígeno registró 7 mg/L (Fig. 14).

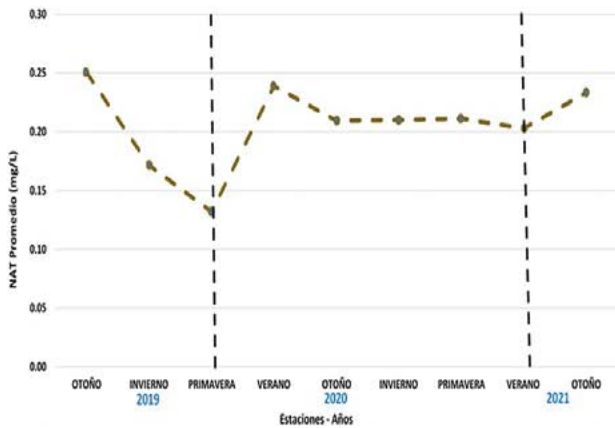


Figura 15.- Nat por estaciones del año, cultivo de *Arapaima gigas*, 2019-2021

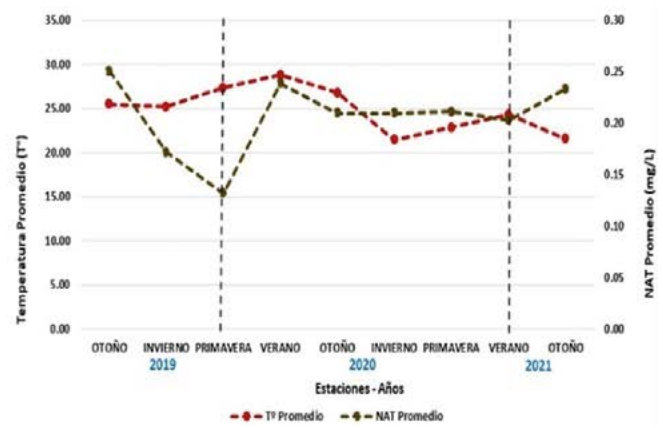


Figura 16.- Relación entre temperatura y Nat, cultivo de *Arapaima gigas*, 2019 - 2021

Nitrógeno amoniacal total (Nat)

El Nat se ha mantenido ≤ 2 mg/L. Sus valores disminuyeron desde otoño hasta primavera del 2019 variando de 0,1 a 0,3 mg/L con promedio de $0,2 \pm 0,54$ mg/L; en las estaciones del 2020 el rango fue de 0,2 a 0,3 mg/L con promedio de $0,2 \pm 0,12$ mg/L; durante las estaciones del 2021 presentaron rangos de 0,1 a 0,3 mg/L con promedio de 0,2 mg/L (Fig. 15).

Relación entre temperatura y Nat

La temperatura promedio de las estaciones del 2019 fue 26,7 °C; del 2020 fue de 23,7 °C; en el 2021 fue de 22,9 °C. El Nat promedio fue de $0,2 \pm 0,01$ mg/L en todo el periodo de cultivo, a excepción de la primavera del 2019 donde fue menor a 0,15 mg/L (Fig. 16).

Régimen alimenticio

Tasa de conversión alimenticia (TCA)

Los ejemplares, fueron alimentados con una dieta mixta formulada en el laboratorio de IMARPE, la ración promedio que se empleó fue de 0,20 kg/día, que se calculó de acuerdo al 5 % del peso vivo de la especie. La tasa de conversión alimenticia durante los primeros 10 meses estuvo a 2,5:1 es decir consumía dos kilogramos y medio de alimento para obtener 1 kilo de carne, consumiendo un promedio de 0,16 kg/día; en los estanques al aire libre durante 18 meses de cultivo se incrementó, con promedio de 0,24 kg/día.

Tasa de crecimiento específico (TCE, % x día)

El primer mes de cultivo su promedio fue 1,11 %, que fue uno de los más bajos durante todo el periodo, por encontrarse los ejemplares juveniles adecuándose al ambiente, los 10 meses siguientes registraron porcentajes altos principalmente en primavera y verano, cuando alcanzaron mayor rendimiento en peso y talla dentro del invernadero. Al trasladarlos al estanque de tierra la TCE alcanzó en promedio 4,64 %; en las estaciones de otoño e invierno, registró disminución debido al descenso drástico de la temperatura del agua de cultivo que estuvo por debajo de los valores que soporta esta especie, registrando TCE - 1,1 % producto del poco consumo de alimento, aletargamiento, estrés e incluso mortandad, que afectó su crecimiento al finalizar los 18 meses en estanques de tierra (Tabla 1).

Tabla 1.- Tasa de crecimiento específico del cultivo de *Arapaima gigas*, 2019 - 2021

| Año | Tasa de crecimiento específico (%) |
|----------------|------------------------------------|
| Diciembre 2019 | 1,11 |
| | 2,99 |
| 2020 | 3,12 |
| | 3,99 |
| | 4,37 |
| 2021 | 4,64 |
| | 1,92 |
| | -1,11 |

Mortalidad

Durante todo el periodo de cultivo de paiche la mortalidad fue de 53 %, distribuido en 27% en el área de cultivo acondicionado como invernadero durante 10 meses y 26% en dos estanques en tierra al aire libre durante 18 meses de cultivo, las mortalidades fueron atribuidas generalmente a las bajas temperaturas en el invierno.

Los primeros meses de cultivo, se registró mortalidad de 27 ejemplares en el invernadero; debido a la dureza del agua, en la amazonia, en su hábitat natural, la dureza presenta un rango de 80 a 250 ppm disuelto en el agua, en la costa central (Huacho) donde se ha realizado el cultivo, el agua es obtenida de la capa freática que tiene normalmente mayor concentración de minerales (400 a 1050 ppm), esta adaptación de los ejemplares trajo como consecuencia la mortalidad.

En enero del 2020, los ejemplares se trasladaron a dos estanques de tierra al aire libre, debido a que necesitaban mayor espacio conforme iban desarrollando, las condiciones de esos estanques y los parámetros físico eran idóneas hasta que a mediados de abril la temperatura empezó a disminuir, registrando parámetros inferiores a lo requerido por la especie; en marzo 2021, la temperatura descendió drásticamente en horas de la noche, en la mañana se encontró de 19 a 23 °C, a ello se sumó la temporada de la pesca industrial que absorbe toda el agua de la capa freática, que generó menor intercambio y entrada de agua dulce a los estanques en los que se encontraban los paiches, provocando estrés, inapetencia, dando como consecuencia la muerte de 26 ejemplares.

Se procedió a habilitar un espacio, una piscina de 2 por 4 metros en el invernadero, el cual se cubrió con plástico para preservar la temperatura, se puso termostatos para mitigar el descenso de temperatura, y se trasladaron a los ejemplares. Pese a los esfuerzos, con el pasar de los días se fue registrando mortalidad, provocada por la pérdida de apetito, estrés, ulceraciones por el desprendimiento de escamas por los roces, densidad de haber pasado de un área grande a la cuarta parte de la misma; sin embargo, consideramos que la principal causa fue la disminución de la temperatura.

4. DISCUSIÓN

GONZALES (2018) menciona en su trabajo que, en 10 meses de cultivo, determinó que la temperatura del invernadero varió de 29,86 °C a 32,62°C, con promedio de 28,85 °C, el crecimiento para los ejemplares que consumieron alimento homogenizado (pescado – balanceado) fue de 54,5 cm, para los que consumieron sólo alimento balanceado alcanzaron longitud media de 40,5 cm. El oxígeno en enero tuvo la medición más baja (4,42 mg/L) observándose que no afectó en su comportamiento debido a que estas especies respiran aire atmosférico. En este trabajo de comportamiento estacional del paiche, con alimento homogenizado dentro del invernadero durante 10 meses, la temperatura varió de 25,50 a 28,79 °C con promedio de 26,03 ± 1,16 °C, y el crecimiento de los ejemplares fue de 42,12 cm, corroborando que la temperatura sí tiene influencia en su crecimiento y alimentación; así mismo el oxígeno estuvo en promedio 6,44 ± 0,29 mg/L.

La temperatura del agua de la cuenca del Amazonas para el cultivo de paiche oscila entre 28 y 31 °C estacionalmente (NÚÑEZ, *et al.* 2011), mientras que, en el presente estudio, la temperatura promedio del agua fue de 26,03 °C en invernadero durante las estaciones del 2019 y de 24,9 °C, en las estaciones del 2020. En estanques de tierra al aire libre, la temperatura del agua fue menor a la de su hábitat natural, y no se tuvo un buen fin, aunque los ejemplares crecieran. Todo lo cual corrobora que la temperatura tiene influencia para el cultivo de la especie.

El amoníaco es un compuesto toxico para los organismos acuáticos (WANG *et al.*, 2017), y su concentración es incrementada por la excreción de los animales, especialmente en sistemas de producción intensiva y por la degradación de alimentos. NÚÑEZ *et al.* (2011) reportan concentraciones promedio de 1,06 mg/ml de amonio en el agua registrados en diferentes criaderos de paiche. En el presente estudio en ambientes controlados, la concentración promedio de amonio el 2019 fue 0,22 ± 0,01 mg/L y el 2020 fue de 0,18 ± 0,06 mg/L.

5. CONCLUSIONES

Se determinó que los ejemplares, tuvieron un crecimiento continuo con temperaturas altas en el verano, mientras que, en invierno, al ser menores las temperaturas, el crecimiento fue más lento al afectarse su metabolismo, generarse estrés e inapetencia que en algunos casos fue letal. La temperatura promedio del agua de los tanques en el invernadero fueron de $26,3 \pm 1,6$ °C, donde se adecuaron en este ambiente similar a su hábitat de la amazonia y, en los estanques de agua en tierra al aire libre fue de $24,9 \pm 3,4$ °C, adaptándose por un periodo relativamente corto, al clima templado de la costa central del país.

El oxígeno dentro del invernadero estuvo en $6,44 \pm 0,29$ mg/L durante el 2019, y en las estaciones del 2020 en los estanques de tierra al aire libre alcanzó el promedio de $6,87 \pm 0,35$ mg/L, se observó saturación que favoreció al cultivo de los ejemplares.

El Nitrógeno amoniacal total (Nat) estuvo por debajo 2 mg/L, lo que permite concluir que el sistema trabajó en buenas condiciones durante todo el proceso de cultivo, este parámetro influye directamente en el desarrollo, en el invernadero los valores promedios fueron de $0,18 \pm 0,06$ mg/L y en las estaciones del 2020 en estanques

de agua en tierra al aire libre alcanzaron a $0,22 \pm 0,01$ mg/L.

En los tanques piscina del invernadero, se determinó el buen crecimiento, variando de 15,8 a 39,4 cm, con promedio de $29,5 \pm 2,8$ cm; mientras que, en los estanques de agua en tierra al aire libre variaron de 42,1 a 73,5 cm, con promedio de $57,3 \pm 4,2$ cm.

Los ejemplares, tuvieron una buena asimilación del alimento, el peso en el invernadero estuvo entre 29,3 y 434 g con promedio en 216,6 g, mientras que en los estanques de agua en tierra al aire libre fue de 507,9 a 3539 g, con promedio en 1753,6 g.

La densidad fue de 50 ejemplares en cada uno de los tanques-piscina ($6,13 \text{ m}^3$) en el invernadero, que significó 10 peces/ m^2 , disminuyendo de acuerdo al crecimiento a 4 peces/ m^2 en 10 meses. En los dos estanques en tierra (96 m^3) acondicionados al aire libre, su densidad bajó a 1 pez/ m^2 , durante 18 meses.

La mortalidad total en todo el periodo de cultivo fue de 53 %, distribuido en 27 % en los tanques dentro del invernadero y durante 10 meses; 26% en tanques de tierra al aire libre durante 18 meses. Las mortalidades fueron atribuidas a las bajas temperaturas durante el invierno.

6. REFERENCIAS

- ALCÁNTARA BOCANEGRA, F., WUST, W. H., TELLO MARTÍN, S. & DEL CASTILLO TORRES, D. (2006). Paiche el gigante del Amazonas. The giant of the Amazon. Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, 69 pp. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/117>
- CAMPOS BACA, 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 Amazonia Peruana, Programa de Biodiversidad. <https://hdl.handle.net/20.500.12921/184>
- CARVAJAL-VALLEJOS, F. M., SALAS, R., NAVIA, J., CAROLSFELD, J., MORENO AULO, F. & VAN DAMME, P. A. (Eds.). (2017). Bases técnicas para el manejo y aprovechamiento del paiche (*Arapaima gigas*) en la cuenca amazónica boliviana. INIAF-IDRC-Editorial INIA, Bolivia, 508 p.
- CARRIT, D. & CARPENTER J. (1966). Comparison and evaluation of currently employed modifications of the Winkler method for determining dissolved oxygen in seawater; A NASCO report. *Journal of Marine Research*, 24(3), 286- 318. https://elischolar.library.yale.edu/journal_of_marine_research/1077
- FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- GARCÍA, M. L. (2012). El Paiche gigante de las amazonas. Pesca Responsable. 33-35.
- GONZALES, L. (2018). Cultivo experimental del paiche (*Arapaima gigas*) en ambiente controlado del Laboratorio costero IMARPE Huacho. [Tesis para optar el grado académico de maestro en Ecología y Gestión Ambiental], Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/3307>
- HANLEY F. (1991). Effects of feeding supplementary diets containing varying levels of lipid on growth, food conversion, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture*, 93, 323-334. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(91\)90224-U](https://doi.org/10.1016/0044-8486(91)90224-U)
- INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA (IIAP). (2017). El cultivo del paiche. Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas. Ministerio del Ambiente/ Gobierno del Perú. Gobierno

- Regional de Loreto. https://repositorio.iiap.gob.pe/bitstream/20.500.12921/267/1/Chu_Libro_2017.pdf
- CHU KOO, F., FERNÁNDEZ MENDEZ, CH., REBAZA ALFARO, C., DARIAS, M. J., GARCÍA DÁVILA, C., GARCÍA VÁQUEZ, A., TELLO MARTIN, S., CAMPOS BACA, L., ALVAN AGUILAR, M., AYARZA RENGIFO, J., ARÉVALO LLERENA, L., RENNO, J. F. & ARBILDO, H. (2017). El cultivo del paiche. Biología, procesos productivos, tecnologías y estadísticas. INSTITUTO DE INVESTIGACIONES DE LA AMAZONÍA PERUANA – IIAP, MINISTERIO DEL AMBIENTE/ GOBIERNO DEL PERÚ [Chu Libro 2017.pdf \(iiap.gob.pe\)](#)
- NÚÑEZ, J., CHU-KOO, F., BERLAND, M., ARÉVALO, L., RIBEYRO, O., DUPONCHELLE, F. & RENNO, J.F. (2011). Reproductive success and fry production of the paiche or pirarucu, *Arapaima gigas* (Schinz), in the region of Iquitos, Perú. *Aquaculture Research*, 42: 815-822. DOI:[10.1111/J.1365-2109.2011.02886.X](https://doi.org/10.1111/J.1365-2109.2011.02886.X)
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUMBES. (2014). Cultivo de Paiche en la Universidad Nacional de Tumbes. [Cultivo de Paiche en la Universidad Nacional de Tumbes \(untumbes.edu.pe\)](#)
- WANG, H. J., XIAO, X. C., WANG, H. Z., LI, Y., YU, Q., LIANG, X. M., FENG, W. S., SHAO, J. C., RYBICKI, M., JUNGSMANN, D. & JEPPESEN, E. (2017). Effects of high ammonia concentrations on three cyprinid fish: Acute and whole-ecosystem chronic tests. *Science of the Total Environment*, 598: 900-909.