



Policultivo de paco (*Piaractus brachyomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) a diferentes densidades en la fase de engorde utilizando estanques circulares en Alto Saposoa - San Martín

Polyculture of paco (*Piaractus brachyomus*) and gamitana (*Colossoma macropomum*) at different densities in the growing phase using circular ponds in Alto Saposoa - San Martín

Mario Oliva^{1*}, Marleni Medina¹, Williams Uriarte², Royler Alvis²

RESUMEN

Se evaluó el desempeño productivo de paco *Piaractus brachyomus* y gamitana *Colossoma macropomum* criados bajo el sistema de policultivo utilizando estanques circulares y alimentados con una dieta extrusada durante 165 días. Un total de 2000 peces (peso inicial de 5,38 y 5,43 g para paco y gamitana respectivamente) fueron asociados en cinco densidades (T1: 4 peces/m³, T2: 6 peces/m³, T3: 8 peces/m³, T4: 9 peces/m³ y T5: 10 peces/m³), distribuidos al azar dentro de cinco estanques circulares de concreto con compartimientos de 18 m² por tratamiento. La calidad del agua (oxígeno disuelto, pH, temperatura y transparencia) fue monitoreada periódicamente. Los tratamientos produjeron homogéneos e interesantes ganancias de peso, tasa de conversión alimenticia aparente y nivel de sobrevivencia acumulada; en tanto la evaluación de parámetros como peso promedio final, ganancia de peso diario y productividad unitaria, mostraron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) atribuyendo los mejores resultados al tratamiento T3, cuya densidad de policultivo manejada de 8 peces/m³ expresado en mejor desempeño productivo. Esta experiencia de policultivo de paco y gamitana, representa una importante alternativa técnica y económica para mejorar los escenarios productivos de los productores piscícolas del distrito de Alto Saposoa en San Martín.

Palabras clave: policultivo, productividad, densidades, paco, gamitana.

ABSTRACT

The productive performance of paco *Piaractus brachyomus* and gamitana *Colossoma macropomum* reared under the polyculture system using circular ponds and fed an extruded diet for 165 days was evaluated. A total of 2000 fish (initial weight of 5,38 and 5,43 g for paco and gamitana respectively) were associated in five densities (T1: 4 fish/m³, T2: 6 fish/m³, T3: 8 fish/m³, T4: 9 fish/m³ and T5: 10 fish/m³), randomly distributed within five circular concrete ponds with compartments of 18 m² per treatment. The quality of the water (dissolved oxygen, pH, temperature and transparency) was periodically monitored. The treatments produced homogeneous and interesting gains in weight, apparent feed conversion rate and cumulative survival level; while the evaluation of parameters such as final average weight, daily weight gain and unit productivity, showed significant statistical differences ($p > 0,05$) attributing the best results to treatment T3, whose managed polyculture density of 8 fish/m³ expressed in better performance productive. This experience of polyculture of paco and gamitana represents an important technical and economic alternative to improve the productive scenarios of fish producers in the Alto Saposoa district in San Martín.

Keywords: polyculture, productivity, densities, black-finned pacu and pacu

¹Centro de Investigación y Desarrollo Agrosustentable, Chachapoyas, Perú

²Asociación Amazonía Verde, Chachapoyas, Perú

*Autor de correspondencia. E-mail: cidagroperu@gmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La acuicultura es una actividad productiva que viene experimentando un alto crecimiento sostenido, lo cual está relacionada con la creciente demanda de organismos de cultivo por parte de la población mundial, así como al avance de las tecnologías de cultivo orientadas a la obtención de mayores y mejores producciones acuícolas (Anrooy *et al.*, 2007). Según las estadísticas del Ministerio de la Producción, la cosecha de especies amazónicas provenientes de acuicultura se incrementó paulatinamente de 320 a 700 toneladas en los últimos cinco años (FONDEPES, 2007) y se estima que esta tendencia se mantenga en los próximos años.

Entre las especies oriundas del Perú, se encuentra la gamitana (*Colossoma macropomum*) especie más representativa de la acuicultura amazónica en el año 2016, representando 78,71% de la cosecha reportada por las Direcciones Regionales de la Producción. Además, encontramos al paco (*Piaractus brachypomus*) el cual posee un gran potencial productivo y comercial debido a la calidad de su carne, la producción de paco se ha incrementado en los últimos años, de 38 toneladas en el 2006 a 825 toneladas en el 2015 (Chu-Koo y Alcántara, 2007). Ambas especies son de hábitos omnívoros con tendencia a la frugivoría, que han sido priorizadas para fines piscícolas en los países de la cuenca amazónica (Atencio *et al.*, 2005), debido a su baja exigencia nutricional (proteína dietaria entre 18 a 32% con alta asimilación de proteínas y lípidos de origen vegetal), rusticidad, buen crecimiento y rápida adaptación a varios tipos de alimentos y condiciones de cultivo se recomiendan para la práctica de policultivo (Ascón *et al.*, 2003).

El policultivo es un sistema acuícola en donde más de una especie es cultivada simultáneamente en el estanque (Wedler, 1998). El principio se basa en que la producción de peces en estanques puede ser maximizada a través del cultivo de una combinación adecuada de especies de peces con diferentes hábitos alimenticios, lo cual permite una mejor utilización del alimento natural disponible en el estanque (Rebaza *et al.*, 2002). Los policultivos comenzaron hace más de mil

años en China, de donde se han difundido a través del sureste asiático y hacia otras regiones del mundo (Salazar, 2002). El principal inconveniente del policultivo es su complejidad. Se necesita un suministro de alevines de diferentes especies, algunos de los cuales pueden no desovar naturalmente, sino que tienen que ser inducidos a hacerlo mediante la administración de hormonas. Se necesitan viveros mayores: estanques más grandes para la cría de alevines y un sistema de distribución más complicado.

La densidad de población es uno de los principales factores que determina la conductividad de los sistemas de acuicultura y se define como la cantidad o biomasa de peces por unidad de área o volumen y es específico para cada especie (Halwart *et al.*, 2008). La alta densidad de población puede cambiar el comportamiento de los peces, la velocidad de nado, el bienestar de los peces y la productividad; siendo considerado un factor de estrés (Yossa *et al.*, 2009). También puede conducir cambios fisiológicos, alteración de los factores inmunes (aumento susceptibilidad a enfermedades) y modificaciones metabólicas y hematológicas parámetros lógicos y en la agresividad de los peces (Mesa-Granda, 2007). El uso de densidades de población bajas da lugar a problemas jerárquicos, lo que resulta en una heterogeneidad de tamaño de los animales almacenados, que es considerado uno de los problemas centrales de la acuicultura (Campos, 2015). Por lo tanto, es evidente que la determinación de la densidad debe ser la ideal en los peces. La producción es esencial no solo para diseñar un mejor sistema intensivo, sino también para prácticas de cultivo ideales en estanques circulares (López y Anzoategui, 2012).

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y los parámetros técnicos de paco (*Piaractus brachypomus*) y la gamitana (*Colossoma macropomum*), criados bajo el sistema de policultivo en estanques circulares en el distrito de Alto Saposa en el departamento de San Martín.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Centro Piscícola Miskiyaku de propiedad de la Asociación Amazonía Verde, que se encuentra localizado en el Km. 25,5 de la Carretera Saposoa - Pasarraya, distrito de Alto Saposoa, provincia de Huallaga, departamento de San Martín. La ubicación georeferencial responde a WGS84 6° 46' 36.1" SUR; 76° 48' 35,8 OESTE, con temperatura promedio anual de 23,5°C y altitud de 396,50 m.s.n.m. (Figura 1S).

Peces y unidades experimentales

Se utilizó un total de 2000 alevines provenientes de los estanques de alevinaje del centro de reproducción de la empresa Fish y Aquaculture en Moyobamba (1000 pacos y 1000 gamitanas). Los pesos iniciales en promedio de los peces empleados en el estudio fueron de 5,38 y 5,43 gramos para paco y gamitana, respectivamente.

Diseño experimental

En la disposición del policultivo de paco y gamitana distribuidos proporcionalmente (50% paco y 50% gamitana), se utilizaron cinco densidades de cultivo como tratamientos experimentales (T1 = 4 peces/m², T2 = 6 peces/m², T3 = 8 peces/m², T4 = 9 peces/m² y T5 = 10 peces/m²). Los tratamientos fueron asignados de manera aleatoria y por triplicado en cinco estanques circulares de material concreto de 8,5 metros de diámetro subdivididos en 3 compartimientos de 18 m² cada uno.

Monitoreo de la calidad del agua

Se realizaron monitoreos diarios (8:00 y 16:00 horas) de los parámetros de temperatura del agua, oxígeno disuelto y pH utilizando un medidor multiparámetros marca AZ Instrument Corp. Modelo 86031. La transparencia del agua se midió con un disco Sinchi.

Alimentación de peces

Los peces fueron alimentados con una dieta extrusada comercial con nivel de proteína de 40% fase de inicio, 32% fase de crecimiento y 28% fase de engorde. La tasa de alimentación utilizada en la fase de engorde fue del 4% de la biomasa total de cada unidad experimen-

tal para el cuarto mes y 3% desde el quinto mes hasta el final del cultivo (165 días), con una frecuencia de alimentación de tres veces al día (08:30, 12:30 y 16:30 horas) los siete días de la semana.

Biometrías

Durante las tres fases de cultivo (alevinaje, juvenil y engorde), en forma quincenal se realizaron el control biométrico de peces, para lo cual se utilizó una muestra del 10% de la población de cada unidad experimental, con el fin de evaluar el desarrollo de cuerpo (longitud), aumento de peso y conversión alimenticia, esta labor permitió reajustar las raciones para las dos semanas siguientes. En estas prácticas, todos los peces manipulados fueron sometidos a tratamiento profiláctico durante 2 minutos en una solución al 3% de agua y sal de mesa.

Parámetros técnicos de cultivo

Durante el periodo de evaluación del policultivo de paco y gamitana, los parámetros técnicos de cultivo evaluados fueron:

- *Ganancia de Peso Diario (GPD)* = Ganancia de peso promedio/Duración del experimento
- *Productividad del policultivo (P)* = Peso total de peces al final/volumen de agua
- *Tasa de Conversión Alimenticia Aparente (TCAA)* = Total de alimento suministrado/ Total de biomasa ganada
- *Tasa de sobrevivencia acumulada (S)* = Número de peces vivos al final/Número de peces vivos al inicio*100

Análisis de datos

Los datos fueron analizados utilizando el programa estadístico SPSS versión 23, a través de análisis de varianza simple ($\alpha = 0,05$), cuidando que se cumplan previamente todos los supuestos del ANOVA, finalmente se aplicó la prueba de comparación múltiple Tukey al 5% de significación (Tabla 1S).

III. RESULTADOS

Calidad de agua

Los valores de los parámetros fisicoquímicos del agua (oxígeno disuelto, pH, temperatura y transparencia) en

las unidades de cultivo durante la ejecución del estudio se encontraron dentro de los límites considerados como la zona de confort de los peces. Todos los parámetros evaluados se mantuvieron dentro de los rangos considerados normales para el cultivo de especies amazónicas, tal como se presenta en la Tabla 2S.

Parámetros técnicos de cultivo

Según los análisis de varianza realizados, ningún policultivo influyó decisivamente en el peso promedio inicial, tasa de conversión alimenticia aparente y tasa de sobrevivencia acumulada. En tal sentido, dichas variables no mostraron diferencias significativas al término del estudio ($p < 0,05$, Tabla 3S), en tanto el peso promedio final, ganancia de peso, ganancia de peso diario y la productividad mostraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos.

Peso promedio final

De acuerdo al análisis de varianza sobre el peso promedio final del policultivo existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos mediante la prueba Tukey. En la Tabla 4S se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 alcanzaron los promedios más altos respecto al peso final del policultivo con 485,43; 480,38 y 476,80 g respectivamente, mientras que el promedio más bajo en peso alcanzó el tratamiento T5 con 373,52 g por pez en promedio.

Ganancia de peso

El análisis de varianza respecto a la ganancia de peso del policultivo indicó que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos mediante la prueba Tukey. En la Tabla 5S se observa que los tratamientos T1, T2 y T3 alcanzaron los promedios más altos en relación a la ganancia de peso del policultivo con 480,01; 474,98 y 471,39 g respectivamente, mientras que el promedio más bajo en ganancia de peso correspondió al tratamiento T5 con 359,78 g por pez en promedio.

Ganancia de peso diario

En relación a la ganancia de peso diario del policultivo, el análisis de varianza mostró que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos a través de la prueba Tukey. Tal como se observa en la

Tabla 6S, los tratamientos T1, T2 y T3 alcanzaron los promedios más altos en relación a la ganancia de peso diario del policultivo con 2,91; 2,88 y 2,86 g respectivamente, mientras que el promedio más bajo en ganancia de peso diario correspondió al tratamiento T5 con 2,18 g en promedio.

Productividad del policultivo

Según el análisis de varianza sobre la productividad del policultivo indicó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en estudio mediante la prueba Tukey. La Tabla 7S muestra que los tratamientos con mayores promedios en productividad correspondieron a T3, T5 y T4 con 3,81; 3,65 y 3,56 kg/m³ respectivamente, en tanto el tratamiento T1 alcanzó el valor más bajo en productividad con 1,94 kg/m³ en promedio.

IV. DISCUSIÓN

En general los parámetros de calidad del agua para la crianza de paco y gamitana, se mantuvieron dentro del rango aceptables para el normal desarrollo de los peces, para el caso de oxígeno disuelto en el agua se mantuvo en promedio por encima de 7,59 mg/L, cuya concentración considerada como adecuada; mientras que el nivel pH del agua se encontró en un nivel superior a 6,50, para manejo de paco y gamitana en estanques se recomienda un pH entre 6 y 7,5 (IIAP, 2001). En tanto, la temperatura del agua alcanzó en promedio los 22,71°C, el cual oscila entre 20 y 31°C tal como manifiestan IIAP (2001) y IRD (2005). En cuanto a la evaluación de la transparencia o claridad del agua se alcanzó en promedio los 39,50 cm, cuya cifra se encuentra dentro del rango recomendado (entre 30 y 40 cm) por el IIAP (2001).

Los policultivos de paco y gamitana evaluados, produjeron importantes niveles de crecimiento basado en peso promedio final, los tratamientos de mejor respuesta en peso final fueron T1 (4 peces/m²) con 485,43 g, T2 (6 peces/m²) con 480,38 g y T3 (8 peces/m²) con 476,80 g, a partir de estos tratamientos recomendando seleccionar al tratamiento T3 (8 peces/m²) alcanzando un peso final promedio de 476,80 g debido a la mayor

densidad de peces en la etapa de engorde, en efecto estos resultados obtenidos son superiores a los reportados por (Padilla, 2000), al estudiar el efecto de tres densidades de policultivo en la fase de engorde utilizando alevinos de paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) alcanzando un peso promedio mayor de 418,12 g en periodo de 160 días de cultivo.

En cuanto al incremento o ganancia de peso diario de peces en sistema de policultivo los mayores incrementos correspondieron a los tratamientos T1 (4 peces/m²) con 2,91 g; T2 (6 peces/m²) con 2,88 g y T3 (8 peces/m³) con 2,86 g diario, no existiendo diferencia significativa entre dichos tratamientos. En ese sentido, Aride *et al.* (2006) sostiene que el comportamiento de la variable ganancia de peso, refiere que la densidad de peces afecta el crecimiento de los peces en proporción inversa, es decir, que si se incrementa la densidad se reduce la tasa de crecimiento específico, entonces, los peces tardarán más tiempo en alcanzar el peso comercial, en la investigación realizada se considera que la densidad del cultivo ha afectado de manera significativa en el crecimiento en peso.

Los resultados de rendimiento o productividad del policultivo al término del ensayo (165 días), que resulta de la multiplicación del peso promedio ganado por pez por el número de individuos total en el área de policultivo, que en este caso es de 18 m² de espejo de agua por cada tratamiento, estos resultados de las tres repeticiones se sometieron al análisis estadístico, dando lugar a obtener como mejores tratamientos a T3 con rendimiento de 3,81 kg/m³, T5 con rendimiento de 3,65 kg/m³ y T4 con rendimiento de 3,56 kg/m³ sin existir diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; estos resultados alcanzados son superiores, a lo obtenido por Soldevilla (2014) mediante sistema de policultivo de paco y gamitana en estanques semi intensivos alcanzando una productividad unitaria de 2,64 kg/m³ en mejor de los casos.

Deza *et al.* (2002), al trabajar con las especies de *Piaractus brachypomus* y *Colossoma macropomum* empleó diferentes densidades utilizando estanques

semi naturales, encontró niveles de factores de conversión alimenticia, parecidos lo reportado en el presente trabajo (1.20), así la densidad de 1 pez/m², obtuvo una conversión alimenticia de 1,12 con 3 peces/2m² con una conversión de 1,23 y 5 peces/2m², obtuvo una conversión alimenticia de 1,33. Según lo reportado por Poleo *et al.* (2011) señala que un buen factor de conversión alimenticia se considera en un rango entre 1,0 y 2,0 en policultivo de paco y gamitana utilizando tanques tipo australianos.

El presente estudio abre nuevas posibilidades para la práctica de la piscicultura familiar y/o asociativa en la zona de Alto Saposo, puesto que el uso de estas especies nativas se convierte en una alternativa técnica y económica viable frente a la introducción de las variedades modificadas de tilapia africana, una especie exótica conocido por su alta capacidad de colonizar nuevos ambientes y desplazar a las especies nativas. Es necesario remarcar que el presente estudio es la primera experiencia de manejo de policultivo de paco y gamitana utilizando estanques circulares desarrollado en el distrito de Alto Saposo en la parte sur de la región San Martín.

V. CONCLUSIONES

La evaluación de policultivo de paco y gamitana a diferentes densidades en la fase de engorde iniciaron con peso inicial homogéneo, importante y similar tasa de conversión alimenticia aparente entre tratamientos estudiados y bajo porcentaje de mortalidad acumulada de peces. En referencia a las variables sobre peso promedio final, ganancia de peso diario y productividad unitaria se observó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos de estudio.

Se ha comparado los efectos de las cinco densidades del policultivo (4 peces/m², 6 peces/m², 8 peces/m², 9 peces/m² y 10 peces/m²) en los parámetros técnicos de cultivo en la fase de engorde de paco (*Piaractus brachypomus*) y gamitana (*Colossoma macropomum*) en estanques circulares de concreto en Alto Saposo; siendo la densidad más óptima la densidad de 8 peces/m².

El presente estudio es la primera experiencia de policultivo de paco y gamitana en el ámbito del distrito de Alto Saposoa, cuyos resultados abren la posibilidad del uso de este tipo de policultivo nativo como una alternativa viable a la introducción de variedades modificadas de tilapia africana en selva alta. Por el nivel de crecimiento y el tipo de requerimiento alimenticio, el mayor potencial de uso de estas especies estarían enfocadas a la práctica de la piscicultura familiar o asociativa en comunidades rurales de la Amazonía Peruana.

VI. CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Todos los autores participaron en la conceptualización, metodología, investigación, redacción del manuscrito inicial, revisión bibliográfica, y en la revisión y aprobación del manuscrito final.

VII. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anrooy, V., P. Secretan, R. Roberts y M. Upare. 2007. *Análisis del estado actual de seguros en la acuicultura mundial*. Roma (Italia): FAO.
- Aride, P. H. R., R. Roubach, S. R. Nozawa, y A. L. Val. 2006. Tambaqui growth and survival when exposed to different photoperiods. *Acta Amazonica* 36 (3): 381-384
- Ascón, G., H. Guerra y L. Iberico. 2003. *Policultivo de gamitana, Colossoma macropomum más boquichico, Prochilodus nigricans durante 24 meses, en tres fases consecutivas de cultivo*. Iquitos (Perú): IIAP.
- Atencio, J., E. Dorado y J. Escobar. 2005. *Evaluación del policultivo semi-intensivo de bocachico (Prochilodus reticulatus), cachama negra (Colossoma macropomum) y tilapia roja (Oreochromis sp.)*. Tesis de Grado. Universidad de Córdoba. Córdoba (Argentina).
- Campos, B. 2015. *El cultivo de la gamitana en Latinoamérica*. Iquitos (Perú): IIAP.
- Chu-Koo, F. W. y F. Alcántara. 2007. “De la selva su acuicultura. Sobre los avances en acuicultura en la Amazonía peruana y las oportunidades de inversión”. *Perú Económico* 30 (1): 1-11.
- Deza, S., S. Quiroz, M. Rebaza y C. Rebaza. 2002. “Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* “paco” en estanques seminaturales de Pucallpa”. *Folia Amazonica* 13 (1-2): 49-64.
- FONDEPES (Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero). 2007. *Policultivo de peces tropicales en la Amazonía*. Lima (Perú): FONDEPES.
- Halwart, M., D. Soto y R. Arthur. 2008. *Acuicultura en jaulas estudios regionales y panorama mundial*. Roma (Italia): FAO.
- IRD (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana - Instituto de Investigación para el Desarrollo). 2005. *Biología de las poblaciones de peces de la amazonia y piscicultura*. Iquitos (Perú): IIAP.
- IIAP (Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana). 2001. *Cultivos de Peces Nativos una opción de Desarrollo Sostenido en el Área de Influencia del Parque Nacional Río Abiseo*. Tarapoto (Perú): IIAP.
- López, P. y D. Anzoategui. 2012. “Crecimiento del híbrido Cachamoto (*Colossoma Macropomum x Piaractus Brachypomus*) en un sistema de recirculación de agua”. *Zootecnia Trop.* 30 (4): 335-342.
- Mesa-Granda, M. y M. Botero-Aguirre. 2007. “La cachama blanca (*Piaractus brachypomus*), una especie potencial para el mejoramiento genético”. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 20 (1): 79-86.
- Padilla, P. 2000. “Efecto del contenido proteico y energético de dietas en el crecimiento de alevinos de gamitana (*Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus*)”. *Folia Amazonica* 10 (1-2): 81-90. DOI: 10.24841/fa.v10i1-2.232
- Poleo, T. G. Arambarrio, M. Mendoza y A. Romero.

2011. *Cultivo de cachama blanca en altas densidades y en dos sistemas cerrados*. Tesis de Grado. Universidad Centro Occidental. Caracas (Venezuela).
- Rebaza, C., E. Villafana, M. Rebaza y S. Deza. 2002. "Influencia de tres densidades de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* "paco" en segunda fase de engorde en estanques seminaturales" *Folia Amazónica* 13 (1-2): 121-134. DOI:10.24841/fa.v13i1-2.142.
- Salazar, G. 2002. *El cultivo de organismos acuáticos en pequeña escala en Colombia*. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura. Bogotá (Colombia): Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura (INPA).
- Soldevilla, L. 2014. *Mono y policultivo intensivo de *Colossoma macropomum* y *Piaractus brachypomus**. Ciudad de México (México).
- Wedler, E. 1998. "Contribuciones al conocimiento sobre el cultivo de la cachama (*Colossoma sp.*)". *Bol. Red. Acuicultura* 1 (2): 14-15.
- Yossa, M. I., G. Hernández-Arévalo, y W. Vásquez-Torres. 2009. "Efecto del "coporo", *Prochilodus mariae* (Characiformes: Prochilontidae), sobre la calidad del agua en sistema de policultivo". *Actual Biol* 31: 199.