







Artículo original / Original article

Uso de polvillo de hoja de coca en la respuesta al estrés en juveniles de paco (*Piaractus brachipomus*) bajo un sistema de recirculación con biofloc

Use of coca leaf dust in the response to stress in juvenile paco (*Piaractus brachipomus*) under a recirculation system with biofloc

Homero Gómez-Matos ^{1*} ; Fanny Lizaraso-Huaman ¹ ; Clifton Mahoma-Yupe ¹ ; Víctor Delgado-Soriano ² 

¹ Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Madre de Dios, Perú

² Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú

Recibido: 03/11/2021

Aceptado: 15/12/2021

Publicado: 25/01/2022

*Autor de correspondencia: hgomez@unamad.edu.pe

Resumen: El desarrollo de la actividad acuícola en la región de Madre de Dios requiere de nuevas tecnologías para optimizar la producción sostenible. EL objetivo del presente estudio fue evaluar los efectos de la adición de polvillo de hoja de coca en respuesta al estrés en juveniles de paco (*Piaractus brachipomus*) bajo un sistema de recirculación con biofloc en la planta piloto acuícola de una universidad amazónica peruana. Para ello, llevamos a cabo una investigación aplicada de diseño experimental; utilizamos 900 juveniles de paco, que fueron distribuidas al azar en tres tratamientos con dos repeticiones, formando seis unidades experimentales (tanques circulares) con 150 peces cada una. Los resultados evidencian que el uso del polvillo de coca en dietas para juveniles de paco en un sistema de recirculación con biofloc no influenció la calidad de agua, parámetros productivos y hematológicos ($p>0.05$), promedios analizados mediante la prueba de Tukey. Se concluye que la concentración de polvillo de hoja de coca en un tiempo de 60 días mejora el crecimiento y el estado fisiológico en juveniles de paco.

Palabras clave: acuicultura; dieta; evaluación hematológica; parámetros físico-químicos

Abstract: The development of aquaculture activity in the Madre de Dios region requires new technologies to optimize sustainable production. The objective of the present study was to evaluate the effects of the addition of coca leaf dust in response to stress in juvenile paco (*Piaractus brachipomus*) under a biofloc recirculation system in the aquaculture pilot plant of a Peruvian Amazonian university. For this, we carry out an applied investigation of experimental design; we used 900 paco juveniles, which were randomly distributed in three treatments with two repetitions, forming six experimental units (circular tanks) with 150 fish each. The results show that the use of coca powder in diets for paco juveniles in a recirculation system with biofloc did not influence water quality, productive and hematological parameters ($p>0.05$), averages analyzed by Tukey's test. It is concluded that the concentration of coca leaf dust in a period of 60 days improves growth and physiological status in juvenile paco.

Keywords: aquaculture; diet; hematological evaluation; physico-chemical parameters

1. Introducción

En las últimas décadas se han diseñado sistemas de producción acuícola, con el fin de optimizar el uso del agua y espacio, incrementando la densidad de cultivo (Ebeling & Timmons, 2012). Mientras la acuicultura se incrementa, surge la necesidad de mejorar y diversificar los tipos de sistemas de producción. Un factor clave que afecta la piscicultura semi intensiva es el estrés. Los peces son sometidos a condiciones de baja calidad de agua, dieta inadecuada y mal manejo, provocando inapetencia y desordenes orgánicos que generan alta tasa de mortandad (Pitaksong et al., 2013).

Los recursos hidrobiológicos procedentes de la acuicultura, en especial el paco, tiene una tolerancia a bajos niveles de oxígeno disuelto en piscigranjas, sin embargo, en sistemas de recirculación tiende a sufrir estrés, producto del mismo manejo que es sometido, logrando adaptarse a un metabolismo semianaerobio, tolerando niveles de hasta 1 mg/L (Martínez Suarez et al., 2015).

Los sistemas de recirculación con biofloc involucran etapas sobre la fotosíntesis y formación de bacterias, en donde el sustrato (carbono y nitrógeno) están suspendidos en el agua de cultivo junto con el fitoplancton y bacterias heterotróficas que fijan los compuestos como el nitrógeno liberado por los pacos y ser usados en su crecimiento, eliminando la toxicidad por nitritos en el tanque de cultivo (Azim & Little, 2008). Los sistemas de crianza del paco y gamitana pueden tolerar elevadas densidades de cultivo en comparación de otras especies acuícolas, logrando una opción de producción sostenible (de Oliveira et al., 2012).

Los productos antiestrés ayudan a la tolerancia de la densidad de cultivo y la calidad de agua, como el amonio y nitritos en las primeras semanas de un sistema producción acuícola. Liu et al., (2008), manifiestan que los peces suplementados con dietas de ácido ascórbico tienen un efecto positivo en su proceso productivo, aumentando la tolerancia de los efectos del estrés en la calidad de agua sobre el amonio en el pez. Así, Wise et al. (1988) señalaron una reducción en los niveles de metahemoglobina por exposición a nitritos en el cultivo del pez gato, suplementados con dietas altas concentradas de ácido ascórbico.

Los peces tropicales son una de las especies más relevantes para la acuicultura continental de la selva, y la segunda en importancia comercial después de la gamitana, siendo la producción del año 2003 menor a 100 TM (PRODUCE [Ministerio de la Producción], 2017), variando significativamente hasta el 2017, donde obtuvo 1000 TM. A pesar de los avances en tecnología e innovación a nivel mundial, en el Perú la forma práctica de producción de peces tropicales en cualquier etapa de cultivo son los estanques excavados, y en menor grado, en jaulas y sistema de reúso de agua. Muy pocos cultivos de paco o gamitana se realizan en sistemas de recirculación o en sistemas biofloc (Hernández Mancipe et al., 2019).

Existen pocos estudios del manejo del estrés en peces amazónicos, por ello la urgencia de investigar dietas suplementadas con ácido ascórbico, que permitan minimizar el estrés en condiciones de cultivo semi intensivo.

En consecuencia, la presente investigación tuvo como objetivo evaluar los efectos de la adición de polvillo de hoja de coca en respuesta al estrés en juveniles de paco (*Piaractus brachipomus*) bajo un sistema de recirculación con biofloc en la planta piloto acuícola de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Perú.

2. Materiales y métodos

Tipo de estudio

Realizamos una investigación de tipo aplicada y diseño experimental, en la cual evaluamos los efectos del polvillo de coca en un sistema con biofloc sobre el rendimiento productivo y hematológicos en juveniles de paco. Los parámetros evaluados se resumen en la Tabla 1.

Tabla 1. Parámetros productivos e instrumentos de medición

Tipo de Análisis	Parámetro	Unidad	Instrumento de medición	Marca	Método
Evaluación de parámetros físico- químicos de agua	Temperatura	°C	Oxímetro	YSI	-
	Oxígeno disuelto	mg/L			-
	pH	-	Potenciómetro	SCHOTT	-
	NH ₃	mg/L	Reactivo colorimétrico	HACH	(APHA, 1998)
	NO ₂	mg/L	Reactivo colorimétrico	HACH	HACH 8038 (Nessler)
Evaluación de parámetros productivos	Ganancia en peso	gramos	Balanza digital	-	HACH 8039 (Reducción de Cd)
	Factor de conversión alimenticia	-	-	-	-
	Peso final	gramos	-	-	-
	Sobrevivencia	%	Mortalidad	-	-
	Conteo total de eritrocitos	10 ⁶ µL ⁻¹	Cámara de Neubauer	-	(Oliveira et al., 2008)
	Nivel de Hemoglobina	g/dL	Cámara de Neubauer	-	Glucosa oxidasa y peroxidasa. Valtek diagnostics
Evaluación parámetros Hematológicos	Valor de hematocrito (Hto)	%	Microcentrífuga	-	(Goldenfarb et al., 1971)
	Nivel de glucosa en plasma	mg/dL	Espectrofotómetro 340 nm	Scout	Glucosa oxidasa y peroxidasa. Valtek diagnostics

Unidad de análisis

Utilizamos 900 juveniles de paco, de 70 días de edad con peso promedio de 50 gr/pez a 85 gr/ave, procedentes de Cachuela (Madre de Dios - Perú). Estos fueron distribuidos según: T1) grupo de 150 juveniles de paco. Dieta + 0% polvillo de coca; T2) grupo de 150 juveniles de paco. Dieta + 500 mg/Kg-1 polvillo de coca; T3) grupo de 150 juveniles de paco. Dieta + 1000 mg/Kg-1 polvillo de coca.

Procedimientos

El ensayo biológico inició desde el 01 de noviembre del 2017 hasta 30 de abril del 2018, con una duración de 35 semanas. Construimos y acondicionamos tres estanques circulares de 3 m de diámetro con un sistema de recirculación con biofloc. Empleamos tres tipos de dietas de crecimiento con su requerimiento nutricional para juveniles de paco, bajo dos dosis de polvillo de hoja de coca de 0,500 y 1000 mg Kg-1 de alimento.

Aplicamos tres tratamientos con dos repeticiones a una densidad de siembra de 150 juveniles por tanque con el sistema de recirculación con biofloc, acondicionados completamente al azar, bajo una tasa de alimentación al 8% de su peso, alimentados tres veces al día, donde evaluamos los parámetros hematológicos (conteo de eritrocitos) (de Oliveira et al., 2012), hematocrito (Collier, 1994), así como crecimiento a través de la conversión alimenticia y calidad de agua.

Construcción y validación del sistema biofloc

La instalación de los sistemas de desagüe de los tanques circulares, contaron con refuerzos de tubo de pvc y con cinturones de cable conectados a la base o terraplén con cierto declive al centro de su instalación y su respectivo linaje, las tuberías fueron de 4 pulgadas, y los tanques de 6 m de diámetro.

Una vez contruidos los tanques circulares mezclamos el agua de cultivo del sistema biofloc y el del sistema con recambio con la finalidad de disponer de suficiente biofloc para la fase

experimental. Mantuvimos este tanque durante dos horas con aireación constante para conservar los flóculos en suspensión y lograr una homogenización eficiente (Álvarez Sánchez, 2016).

Procedimos a la maduración del sistema en tanques circulares, posteriormente evaluamos con juveniles de paco bajo una densidad de carga de 300 pacos/tanque, seguidamente adicionamos bacterias nitrificantes marca Nutrafin a los 15 días. Después de obtener una acumulación de nitratos y una disminución en la concentración de amonio y nitritos corroboramos con el equipo de kit limnológico para su buen funcionamiento del biofloc. Asimismo, monitoreamos un recambio de agua del 4% (2.5 m³), utilizando sistemas de aireación continuo con un blower de 0.25 HP.

Al finalizar la última quincena del experimento, recolectamos 5 peces del tanque experimental, los cuales medimos y pesamos para posteriormente sacrificarlos por medio de sobredosis de anestesia. Tomamos una muestra de sangre de 0.5 ml - 1.0 ml por punción en la arteria caudal (línea lateral). Para ello, empleamos jeringas estériles de 3 ml previamente heparinizadas (anticoagulante), una vez extraída la muestra de sangre, colocamos en viales de 1.5 ml. De los viales con sangre, llenamos dos tubos capilares de cristal heparinizados de cada ejemplar y fueron colocados en una microcentrifuga a 10,000 rpm durante 10 min para la cuantificación de hematocrito.

Análisis de datos

Utilizamos un Diseño Completamente Aleatorio (DCA), mediante dos tratamientos, cada tratamiento con dos repeticiones (1 tanque representa una repetición) y cada repetición de 150 juveniles de paco. Analizamos un nivel de significancia del 5% en aquellos ANVA que fueron significativas entre los tratamientos, y realizamos la prueba de comparación múltiple (medias) de Tukey, en el programa estadístico SAS.

3. Resultados y discusión

Los resultados de la experimentación son presentados en la Tabla 2. Este expone la comparación de medias de Tukey entre los tratamientos para los parámetros productivos, físico-químicos del agua y hematológicos en tiempo de producción de juveniles paco.

Tabla 2. Comparación de medias Tukey entre los tratamientos

Parámetros	Quincena 1			Quincena 2			Quincena 3		
	T1	T2	T3	T1	T2	T3	T1	T2	T3
Físico-químicos									
T° agua(°C)	27,70a	28,30a	28,00a	27,8a	28,8b	27,6a	28,9a	29,4b	29,0a
Alcalinidad	88.5a	88.0a	89.5a	86.2a	88.5ab	87.6a	85.4a	87.7ab	82.1c
pH	6,43ab	6,44a	6,59a	6,59a	6,68a	6,54a	6,61a	6,60a	6,55a
Oxígeno disuelto (mg/l)	5,48	5,47	5,1a5	6,24a	6,21a	6,48a	5,40a	5,85b	5,48a
Nitrito (mg/l)	0,83a	1,13b	1,14ab	0,58a	0,55a	0,58a	0,50a	0,41ab	0,25a
Amoniaco (mg/l)	0,40a	0,40a	0,48a	0,37a	0,45ab	0,51b	0,45a	0,40a	0,35ab
Biométrico y Costos									
Peso inicial (g)	49.58a	49.6a	49.8a	80.50a	81.2b5	79.23ab	143.25a	149.48ab	147.31b
Peso final (g)	80.5a	81.25ab	79.23a	143.25a	149.48ab	147.31a	175.2ab	178.4a	79.30ab
Talla inicial (cm)	12.5a	12.9a	13.2a	14.8a	15.0ab	15.1a	16,6ab	17,24a	16,73a
Talla final (cm)	14.8a	15.0a	15.1ab	16,6	17,44a	16,73ab	16,9a	17,31a	17,75ab
F.C.A	1.91ab	1.86a	1.82a	1.88a	1.81ab	1.85a	1.88a	1.81ab	1.85b
Supervivencia (%)	99a	98a	97ab	89a	90ab	90a	89a	90a	90a
Costo alimento (S/. /Kg)	2.91	2,86	2,82	2,88	2,81	2,85	2,98	2,99	2,97
Costo de producción	0,33a	0,30a	0,25ab	0,29a	0,22a	0,20ab	0,29a	0,24ab	0,25b

Hematológicos									
Conteo eritrocitos 10 ⁶ µL ⁻¹	1.91	2.32	3.31	-	-	-	2.68a	2.42a	2.48a
Hemoglobina g/dL	2.56	2.25	3.11	-	-	-	2.38a	2.50a	2.42ab
Valor de hematocrito (Hto)	29.80	29.25	29.50	-	-	-	28.62a	29.56a	29.30a
Nivel de Glucosa en plasma	40.75	67.80	68.5	-	-	-	79.00 a	84.20ab	82.34ab

Nota: ^{a, b} Valores promedios con letras diferentes dentro de una misma fila son estadísticamente ($p < 0.05$) / T-1: Tratamiento 1(0 mg P coca); T-2: Tratamiento 2 (500 mg P coca); T-3: Tratamiento 3(1000 mg P coca); promedios que no tienen número no se realizó la comparación de medias Tukey.

3.1. Calidad de agua

Los niveles de amonio en los tratamientos con biofloc e inoculados con probióticos fueron similares sin diferencias significativas. Sin embargo, en la tercera quincena, se presentó bajo nivel de concentración de amonio en el tratamiento 3, debido probablemente a la maduración adecuada del sistema con la actividad de bacterias nitrificantes de los géneros Nitrosomonas, las cuales oxidan el amonio en nitritos.

Los valores promedios totales de temperatura en el agua a lo largo de todo el experimento fueron entre 26,8 °C - 29,0 °C, encontrándose dentro del rango recomendado por Marcillo & Andivar (2000), como óptimo para el crecimiento del paco (28 °C - 32 °C). Por otro lado, los valores promedios totales de pH para la prueba Tukey fue en el tratamiento 3 de 6,68, tal como lo mencionan Popma & Lovshin (1996), que el valor óptimo de pH para las tilapias se encuentra entre (6,5 - 8,5) siendo óptimo 7,5.

La mínima concentración promedio total de oxígeno disuelto registrado fue el tratamiento 3 de 5,40, encontrándose dentro de lo óptimo. Castillo (1994) corrobora que para el caso de tilapia roja el oxígeno debe mantenerse por encima de los 3 mg/l como rango ideal.

De acuerdo a los resultados obtenidos, afirmamos que los pacos se encontraron en un ambiente ligeramente estable por su nivel de pH y alcalinidad. Valenzuela Vargas et al. (2017) lograron en su investigación con biofloc, oxígeno disuelto entre 7.54 ± 0.21 a 7.73 ± 0.31 mgO₂/L, pH entre 7.23 ± 0.34 a 7.58 ± 0.35 , nitritos entre 0.36 ± 0.03 a 0.39 ± 0.042 mg/L manteniendo una temperatura promedio de 24 °C durante un periodo de 180 días.

Por otro lado, Gallego Alarcón (2010) obtuvo niveles de alcalinidad de 54.46 ± 0.57 mg/L, oxígeno disuelto de 4.86 ± 0.07 mgO₂/L, pH de 6.95 ± 0.07 , nitritos de 0.250 ± 0.006 mg/L manteniendo una temperatura promedio de 16.76 ± 0.13 °C en un cultivo de trucha Arco Iris durante 150 días. Mariluz Fernández (2015) sostuvo que la Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) y de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en sistema cerrado de recirculación de agua mantuvo los peces con un pH 8.4 ± 0.13 ; demanda química de oxígeno 34.3 ± 47.4 mg/L; temperatura 18.9 ± 1.2 °C; oxígeno disuelto 6.4 ± 0.5 mg/L y nitrógeno amoniacal total 0.32 ± 0.22 mg/L en un periodo de 120 días.

3.2. Parámetros productivos

Los parámetros productivos fueron en Longitud Total (LT) al final del estudio, donde el tratamiento 2 (500 mg polvillo de coca) logró una LT: 17.31 cm, seguido del tratamiento 3 (17.75). Además, los valores mínimos y máximos se registran bajo efectos del tratamiento 1, estos resultados fueron inferiores al reportado por Gutiérrez Mendoza (2012), donde sostiene que el híbrido pacotana con inclusión de probióticos comerciales (amino plus) con una longitud estándar inicial de 10 cm y peso de 70 g, al cabo de 90 días la mayor longitud fue de 30,29 cm con un peso de 557,50 g.

En ganancia de peso quincenal (g/quincena) alcanzó el tratamiento 1: 30.92 g, seguido del tratamiento 3: 29.43 g; la menor GPD se registró en el tratamiento 3, en el que fue añadido 500 mg polvillo de hoja de coca, y esto se debe a la poca maduración del biofloc.

Los menores ICA (Conversión alimenticia) fue obtenido por los tratamientos 1: 1.91 y el más bajo el tratamiento 2: 1.81, de inclusión de polvillo de hoja de coca respectivamente, estos valores son mayores a los reportados por Gutiérrez Mendoza (2012), que trabajó con híbrido pacotana durante 90 días, mostrando niveles de ICA de 1.05 a 1.24. Mercado Fuentes (2008) trabajaron con juveniles paco durante 100 días, que alcanzaron niveles de ICA de 1.10 a 1.44. Además, Tafur-Gonzales et al. (2009), en bujurqui-tucunaré, paco y gamitana criados bajo el sistema de policultivo, al finalizar el estudio obtuvieron un ICA en paco de 1.09 y gamitana de 1.18; por último, Deza-Taboada et al. (2002) evaluaron el efecto de 3 densidades resultando la densidad de 5 000 peces ha⁻¹, con ICA de 1.09.

3.3. Parámetros hematológicos

Analizamos los datos de los parámetros hematológicos tomados en la última quincena del sistema de biofloc, correspondiente a un escenario donde los peces se encontraron en el sistema de recirculación y no sufrieron alteración en su ambiente, así mismo durante seis semanas que recibieron dietas suplementadas con polvillo de coca.

De acuerdo a los dos ensayos no encontramos diferencias significativas entre los tratamientos en el conteo de eritrocitos y hemoglobina ($p > 0.05$). Durante el periodo de adaptación al sistema de biofloc, el tratamiento 3, mostró mayor número de eritrocitos a diferencia del grupo control. Lim et al. (2000) reportaron un incremento significativo en el número de eritrocitos para juveniles de *Ictalurus punctatus*, alimentados con 3 000 mg de vitamina C Kg⁻¹. Asimismo, Aride et al. (2007) señalaron que en juveniles de *Colossoma macropomum*, alimentados con suplemento de 100 mg vitamina C Kg⁻¹, mostraron un incremento en el número de eritrocitos.

Registramos 82.34 mg/l de glucosa para el tratamiento 3, nivel superior a lo reportado por Tavares-Dias et al. (2007), quienes determinaron 64,0 mg/l de glucosa en juveniles de paiche, procedentes de sistemas de cultivo semi-intensivos. Drumond et al. (2010), evaluaron 63,8 mg/l en alevinos de paiche y valores inferiores en juveniles de paiche 68,6% procedentes de cultivos semi-intensivo, alimentados una vez al día con pequeños peces vivos o muertos (frijol pasteles y tilapia).

A partir de la determinación de los valores de hematocrito, el recuento de eritrocitos y la medición de la hemoglobina total, analizamos los índices hematimétricos utilizando las formulaciones establecidas por Winthrobe (1993). En la investigación obtuvimos conteo de eritrocitos 2.68 106 μL^{-1} en el tratamiento 3. El número de eritrocitos encontrado fue similar al observado por Ghirdelli et al. (2007), y diferente a de Azevedo et al. (2018), quienes encontraron valores bajos al trabajar con especímenes mantenidos en piscicultura intercaladas con cerdos.

4. Conclusiones

El sistema de biofloc y su maduración bajo un sistema de recirculación respecto al nivel del nitrógeno amoniacal total se mantuvo en valores menores a 0.50 mg/L, debido al aumento de la producción de fitoplancton y algunas bacterias benéficas que regulaban este nutriente en el agua.

Concentraciones de polvillo de hoja de coca (tratamiento 3) en un tiempo de 60 días mejora el crecimiento y el estado fisiológico en juveniles de paco, generando una tolerancia al estrés oxidativo y una inmunoestimulación, a partir de los parámetros hematológicos (número de eritrocitos, Hb).

Los resultados logrados sobre el uso de polvillo de hoja de coca en las dietas de los juveniles de paco nos llevan a aceptar la hipótesis sobre la mejora en los indicadores productivos y hematológicos en paco, bajo un sistema de crianza de biofloc.

Financiamiento

Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios mediante Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 078-2017-UNAMAD-VRI.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no incurren en conflicto de intereses.

Contribución de autores

G-M, H.: conceptualización, análisis formal, investigación, escritura (preparación del borrador final), redacción (revisión y edición).

L-H, F., M-Y, C., D-S, V.: metodología, investigación, curación de datos.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Sánchez, C. E. (2016). *Uso del ácido ascórbico en la respuesta al estrés y crecimiento del paiche (Arapaima gigas) en su adaptación al biofloc* [Tesis de maestría]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/2771>
- Aride, P. H. R., Roubach, R., & Val, A. L. (2007). Tolerance response of tambaqui *Colossoma macropomum* (Cuvier) to water pH. *Aquaculture Research*, 38(6), 588-594. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01693.x>
- Azim, M. E., & Little, D. C. (2008). The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: Water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 283(1-4), 29-35. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2008.06.036>
- Castillo, L. F. (1994). *La historia genética e hibridación de la tilapia roja*. Cali: Ideal, 330 p.
- Collier, H. B. (1994). Standardization of Blood Haemoglobin Determinations. *Canadian Medical Association Journal*, 50, 550-552.
- de Azevedo, T. M. P., Laterça Martins, M., Yamashita, M. M., & Francisco, C. J. (2018). Haematology of *Oreochromis niloticus*: Comparison between fish maintained in a fish farm associated with pigs and in free fishing in the Valley of Tijucas River, Santa Catarina, Brazil. *Boletim do Instituto de Pesca*, 32(1), 41-49. <https://www.pesca.sp.gov.br/boletim/index.php/bip/article/view/714>
- de Oliveira, E. G., Pinheiro, A. B., de Oliveira, V. Q., da Silva, A. R. M., de Moraes, M. G., Rocha, Í. R. C. B., de Sousa, R. R., & Costa, F. H. F. (2012). Effects of stocking density on the performance of juvenile pirarucu (*Arapaima gigas*) in cages. *Aquaculture*, 370-371, 96-101. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.09.027>
- Deza-Taboada, S. A., Quiroz, S., Rebaza-Alfaro, M., & Rebaza-Alfaro, C. (2002). Efecto de la densidad de siembra en el crecimiento de *Piaractus brachypomus* (Cuvier, 1818) "paco" en estanques seminaturales de Pucallpa. *Folia Amazónica*, 13(1-2), 49-64. <https://revistas.iiap.gob.pe/index.php/fofiaamazonica/article/view/137>
- Drumond, G. V. F., Caixeiro, A. P. de A., Tavares-Dias, M., Marcon, J. L., & Affonso, E. G. (2010). Características bioquímicas e hematológicas do pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Arapaimidae) de cultivo semi-intensivo na Amazônia. *Acta Amazonica*, 40(3), 591-595. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300020>
- Ebeling, J. M., & Timmons, M. B. (2012). Recirculating Aquaculture Systems. En *Aquaculture Production Systems* (pp. 245-277). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch11>

- Gallego Alarcón, I. (2010). *Evaluación y modelación de un tren de tratamiento de agua residual acuícola con recirculación y del cultivo de trucha arco iris alimentado por cosecha pluvial* [Tesis doctoral]. Centro Interamericano de Recursos del Agua, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma del Estado de México].
- Ghiraldelli, L., Martins, M. L., Yamashita, M. M., & Jerônimo, G. T. (2007). Hematología de *Oreochromis niloticus* (Cichlidae) e *Cyprinus carpio* (Cyprinidae) mantidos em diferentes condições de manejo e alimentação no Estado de Santa Catarina, Brasil. *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 28(4). <https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v28i4.162>
- Gutiérrez Mendoza, Y. (2012). *Efecto de la inclusión de probiótico comercial (Amino plus) en el alimento extruido sobre el crecimiento del híbrido pacotana durante la fase juvenil* [Tesis de grado] [Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/62>
- Hernández Mancipe, L. E., Londoño Velez, J. I., Hernández García, K. A., & Torres Hernández, L. C. (2019). Los sistemas biofloc: una estrategia eficiente en la producción acuícola. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 14(1), 70-99. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.14.1.6>
- Lim, C., Klesius, P. H., Li, M. H., & Robinson, E. H. (2000). Interaction between dietary levels of iron and vitamin C on growth, hematology, immune response and resistance of channel catfish (*Ictalurus punctatus*) to *Edwardsiella ictaluri* challenge. *Aquaculture*, 185(3-4), 313-327. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00352-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00352-X)
- Liu, H., Xie, S., Zhu, X., Lei, W., Han, D., & Yang, Y. (2008). Effects of dietary ascorbic acid supplementation on the growth performance, immune and stress response in juvenile *Leiocassis longirostris* Gnther exposed to ammonia. *Aquaculture Research*, 39(1), 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2008.02036.x>
- Marcillo, G. E., & Andivar, Z. J. (2000). *Tecnología de producción de alevinos monosexo de tilapia*. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/6342>
- Mariluz Fernández, A. A. (2015). *Evaluación de los parámetros productivos y de calidad de agua en el cultivo de tilapia oreochromis niloticus en sistemas de recirculación cerrada en laboratorio* [Tesis de grado] [Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Callao]. <http://hdl.handle.net/20.500.12952/1000>
- Martínez Suarez, J. L., Pérez Delgado, A., Sánchez Armas, S. E., & Diaz Orejan, T. E. (2015). *Propuesta de un medidor de oxígeno disuelto en cultivos de Tilapia*. Universidad Tecnológica de Tehuacan.
- Mercado Fuentes, J. A. (2008). *Efecto de dietas practicas a partir del uso de castaña, pijuayo y mucuna en la alimentación de pacos juveniles* [Tesis de grado]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/52>
- Pitaksong, T., Kupittayanant, P., & Boonanuntanasarn, S. (2013). The effects of vitamins C and E on the growth, tissue accumulation and prophylactic response to thermal and acidic stress of hybrid catfish. *Aquaculture Nutrition*, 19(2), 148-162. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2095.2012.00950.x>
- Popma, T. J., & Lovshin, L. L. (1996). *Worldwide Prospects for Commercial Production of Tilapia*. Research and Development Series N°41.
- PRODUCE [Ministerio de la Producción]. (2017). *Anuario Estadístico Pesquero Y Acuícola 2016*. Lima, Perú.
- Tafur-Gonzales, J., Alcantara-Bocanegra, F., Del Águila-Pizarro, M., Cubas-Guerra, R., Mori-Pinedo, L., & Chu-Koo, F. W. (2009). Ipaco *Piaractus brachypomus* y gamitana *Colossoma*

- macropomum criados en policultivo con el bujurqui-tucunaré, *Chaetobranchus semifasciatus* (Cichlidae). *Folia Amazónica*, 18(1-2), 97-104.
<http://revistas.iiap.org.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/336>
- Tavares-Dias, M., Barcellos, J. F. M., Marcon, J. L., Menezes, G. C., Ono, E. A., & Affonso, E. G. (2007). Hematological and biochemical parameters for the pirarucu *Arapaima gigas* Schinz, 1822 (Osteoglossiformes, Arapaimatidae) in net cage culture. *Electronic Journal of Ichthyology*, 2, 61-68. <https://www.tau.ac.il/~ichthyol/2007/Tavares-Dias.pdf>
- Valenzuela Vargas, R., Martínez, P., & Arévalo, J. J. (2017). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Ingeniería y Región*, 18, 25-33. <https://doi.org/10.25054/22161325.1737>
- Winthrope, M. M. (1993). Variations in the Size and Hemoglobin Content of Erythrocytes in the Blood of Various Vertebrates. *Folia Haematologie*, 51, 32-49.
- Wise, D. J., Tomasso, J. R., & Brandt, T. M. (1988). Ascorbic Acid Inhibition of Nitrite-Induced Methemoglobinemia in Channel Catfish. *The Progressive Fish-Culturist*, 50(2), 77-80. [https://doi.org/10.1577/1548-8640\(1988\)050<0077:AAIONI>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8640(1988)050<0077:AAIONI>2.3.CO;2)