

Efecto de la oxigenación con micronanoburbujas en la calidad de agua y producción de “truchas” *Oncorhynchus mykiss*

*Effect of oxygenation with micronanobubbles on water quality and production of “trout” *Oncorhynchus mykiss**

*Efeito da oxigenação com micronanobolhas na qualidade da água e na produção de "truta" *Oncorhynchus mykiss**

Royer Pizarro Ramos 
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú
 royer.pizarro.02@unsch.edu.pe
 Walter Wilfredo Ochoa Yupanqui 
 Asociación de productores pecuarios Susan y Natalie, Perú
 walter.ochoa@unsch.edu.pe
 Viky Soledad Tineo-Vargas 
 Asociación de productores pecuarios Susan y Natalie, Perú
 soledadtineovargas@gmail.com
 Dina Soledad Tello-Ataucusi 
 Asociación de productores pecuarios Susan y Natalie, Perú
 soledadta_15@hotmail.com
 Lino David Pariona-Garay 
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú
 lino0626@hotmail.com
 Diego Wilfredo Ochoa-Rodríguez 
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú
 ochoa21diego@gmail.com
 Tomás Segundo Castro-Carranza 
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú
 segundo.castro@unsch.edu.pe
 Saturnino Martín Tenorio-Bautista 
 Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú
 saturnino.tenorio@unsch.edu.pe

RESUMEN

La investigación experimental se desarrolló en la localidad de Circamarca, Ayacucho-Perú, para evaluar el efecto de las MNB en la calidad del agua y el crecimiento de *Oncorhynchus mykiss* “trucha arcoíris”. Se determinaron los parámetros productivos: relación talla-peso, factor de conversión alimenticia (FCA), estándar de conversión alimenticia (ECA) y factor de condición (K); con un medidor digital portátil, se evaluaron el oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (oC), pH, conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y sólidos totales disueltos (mg/L). Se cultivaron 2,000 alevinos en dos estanques de concreto (con y sin MNB) con dos repeticiones, las MNB se aplicaron 5 veces por día. El oxígeno disuelto se incrementa, mantiene estable el pH y la conductividad, reduce los sólidos totales disueltos; concluyendo que las MNB promueven mayor crecimiento (relación longitud-peso); el FCA, ECA y K demuestran eficiencia en la alimentación y estado sanitario de los peces, optimizando las crías, constituyendo una tecnología amigable con el ambiente.

Palabras clave: Micro nano burbujas, truchicultura, factor de condición, talla-peso, truchas.

ABSTRACT

The experimental research was developed in the town of Circamarca, Ayacucho-Peru, to evaluate the effect of MNB on water quality and the growth of *Oncorhynchus mykiss* "rainbow trout". The productive parameters were determined: length-weight relationship, feed conversion factor (FCA), feed conversion standard (ECA) and condition factor (K); With a portable digital meter, dissolved oxygen (mg/L), temperature (oC), pH, conductivity ($\mu\text{S}/\text{cm}$) and total dissolved solids (mg/L) were evaluated. 2,000 fingerlings were grown in two concrete ponds (with and without MNB) with two repetitions, the MNB were applied 5 times per day. Dissolved oxygen increases, keeps pH and conductivity stable, reduces total dissolved solids; concluding that MNB promote greater growth (length-weight relationship); The FCA, ECA and K show efficiency in the feeding and health status of the fish, optimizing the breeding, constituting a friendly technology with the environment.

Keywords: Micro nano bubbles, trout farming, condition factor, height-weight, trout.

RESUMO

A pesquisa experimental foi desenvolvida na cidade de Circamarca, Ayacucho-Peru, para avaliar o efeito do MNB sobre a qualidade da água e o crescimento de *Oncorhynchus mykiss* "truta arco-íris". Foram determinados os parâmetros produtivos: relação comprimento-peso, fator de conversão alimentar (FCA), padrão de conversão alimentar (ECA) e fator de condição (K); Com um medidor digital portátil, foram avaliados oxigênio dissolvido (mg/L), temperatura (oC), pH, condutividade ($\mu\text{S}/\text{cm}$) e sólidos totais dissolvidos (mg/L). 2.000 alevinos foram cultivados em dois tanques de concreto (com e sem MNB) com duas repetições, os MNB foram aplicados 5 vezes ao dia. O oxigênio dissolvido aumenta, mantém o pH e a condutividade estáveis, reduz o total de sólidos dissolvidos; concluindo que os MNB promovem maior crescimento (relação comprimento-peso); FCA, ECA e K demonstram eficiência na alimentação e estado sanitário dos peixes, otimizando a reprodução, constituindo uma tecnologia ecologicamente correta.

Palavras-chave: Micro nano bolhas, criação de trutas, fator de condição, altura peso, truta.

INTRODUCCIÓN

La nanociencia que promueve el empleo de micro-nanoburbujas (MNB) se desarrolló y aplicó en China desde mediados de la década de 1990 para mejorar la calidad del agua e incrementar el rendimiento y supervivencia de peces (Huang, Hou & Liu, 2014) y en diversos campos de la ciencia y tecnología, como el tratamiento de aguas residuales y el desarrollo agrícola; además del procesamiento de desechos orgánicos e inorgánicos (Mahasri et al. 2018), aunque se advierte que en la acuicultura podría tener efectos adversos (Huang, Hou & Liu, 2014).

Por su tamaño de 1 a 100 micrones, aumentan la superficie de contacto aire-agua, incrementando los niveles de oxígeno disuelto (Anzai & Yokohama, 2019; Rahmawati et al. 2020), que beneficia a los peces en cultivo, aprovechando entre el 90 a 100% del oxígeno.

Debido a su flotabilidad neutra, subsisten en el agua durante días, facilitada con la formación de una interfaz líquido-gas con carga eléctrica (Azevedo et al. 2016), haciendo que persista en el agua con altos caudales por periodos de semanas hasta dos meses (Etchepare et al. 2017). Gurung, Dahl & Jansson (2016), advierten la mayor eficiencia del suministro de oxígeno u ozono a los sistemas de acuicultura, dando estabilidad a las MNB, permitiendo su mayor aprovechamiento por los peces (Muñoz y Narváez, 2018).

En el Perú, la truchicultura contribuye en el desarrollo de las poblaciones rurales, demostrando la importancia económica de esta actividad (FONDEPES, 2014), su desarrollo ha incrementado el uso de antibióticos, generando resistencia a los antimicrobianos (Reverter et al. 2020); el uso de MNB adquiere importancia por su capacidad para evitar la multiplicación de bacterias, regulando también la conductividad eléctrica y el pH.

La acuicultura es una actividad productiva, enmarcada como un producto bandera o de agronegocio que brinda oportunidad de desarrollo en las zonas altoandinas, debido a la existencia de nuevos mercados que potencian la oportunidad de negocios (Quispe Quezada, 2021); la desventaja es que estimula la eutrofización (Ebina et al. 2013), la alta densidad de carga favorece la aparición de enfermedades y reduce la materia orgánica presente, los cuales son controlados con MNB sin utilizar productos químicos (Kurita, Chiba & Kijima, 2017).

Un caso bien conocido sobre la reducción de los contaminantes en aguas residuales (Mahasri et al. 2018), es la recuperación de los Humedales de Villa en el distrito de Chorrillos, aumentando el nivel de oxígeno disuelto y reducción de las cianobacterias.

La investigación se realizó para determinar el efecto de la oxigenación con micronanoburbujas en la calidad de agua y producción de “truchas” *Oncorhynchus mykiss*. Ayacucho 2021.

METODOLOGÍA

Lugar de estudio

El experimento fue desarrollado en la localidad de Circamarca, provincia de Víctor Fajardo, Ayacucho, Perú, ubicado en las coordenadas: 13° 43' 37,9" S y 74° 7' 25,3", a una altitud de 3537 msnm.

Diseño experimental

Manejo de los peces

Los alevinos de truchas, fueron seleccionados a partir de un lote de 15,000 alevinos procedentes de la misma piscigranja, disponiéndolos al azar en dos tratamientos (con MNB y sin MNB), considerando 2,000 peces en cada uno, dispuestos en dos estanques diferentes de concreto de 10,0 x 2,5 m.

El tratamiento 1 (con MNB), tuvo 2,000 alevinos, con un peso y longitud promedio de 10,42 cm y 16,21 g respectivamente, alimentados con alimento comercial extruido tres veces al día.

Se aplicó la dosificación de MNB por 5 veces al día (7:00 am, 10:00 am, 1:00 pm, 5:00 pm y 7:00 pm), programados con un timer.

El tratamiento 2 (sin MNB), que constituye el control, también tuvo 2,000 alevinos con un peso de 10,35 cm

y longitud de 14,15 g. Estos recibieron la misma dieta y ración alimenticia. No se les aplicó las MNB.

El comportamiento productivo se determinó empleando muestreos con reposición, cada 15 días por 5 meses (febrero a junio de 2021), seleccionando aleatoriamente un 10% de la masa íctica.

En cada muestreo se comprobó el peso (g), longitud (cm), biomasa (kg) y se recalculó la dieta.

La longitud total se determinó con un ictiómetro y el peso con una balanza digital con precisión 0,01 g.

La mortalidad se registró diariamente y se recolectó en el fondo y superficie de cada estanque.

En el mismo periodo, se determinaron los valores de calidad fisicoquímica del agua, oxígeno disuelto (mg/L), temperatura (°C), pH, conductividad (µS/cm) y sólidos totales disueltos (mg/L) con un medidor digital portátil.

Variables estudiadas

Los parámetros biométricos y productivos de las truchas se valoraron en función de:

Relación talla-peso: se estableció en base en la fórmula:

$$P = a * L^b$$

Donde P= peso del pez (g); a= intercepto; b= pendiente; L= longitud del pez (cm). Factor de conversión alimenticia (FCA), se comprobó siguiendo la metodología reportada por Zafra et al. (2019) y FONDEPES (2014).

$$FCA = \text{cantidad de alimento} / \Delta \text{Biomasa}$$

Eficiencia de conversión alimenticia, es la inversa del FCA multiplicada por 100

$$ECA = 1 / FCA * 100$$

Factor de condición de Fulton (K), se determinó según Santoyo et al. (2019).

$$K = \text{peso del pez (g)} * 100 / (\text{longitud del pez en cm})^3$$

Toma y registro de datos

Para evaluar el comportamiento productivo, se empleó el DCA, los datos se analizaron mediante una ANVA; La correlación de peso corporal y longitud de las truchas se estableció con una prueba de regresión, empleando el Excel y el SPSS v.23

Artículo de revisión

Volumen 3, Número 1, enero - junio, 2022
Recibido: 02-01-2022, Aceptado: 15-03-2022



<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v3i1.84>



RESULTADOS

Tabla 1

Parámetros fisicoquímicos en pozas con MNB y sin MNB.

Parámetros	Con MNB	Sin MNB	Rango óptimo
Oxígeno (mg/L)	6,1	5,7	6,0 a 8,5
pH	7,6	7,8	6,6 a 7,9
Temperatura (°C)	10,5	10,6	0 a 14
Conductividad (µS/cm)	572,6	573,6	543 a 853
Sólidos totales disueltos mg/L	285,6	278,1	< 500

Tabla 2

Longitud y peso de truchas cultivadas en pozas con MNB y sin MNB

Meses	Con MNB		Sin MNB	
	Longitud	Peso (g)	Longitud	Peso
F	10,42	16,21	10,35	14,15
M	13,98	32,81	13,38	29,67
A	16,40	53,72	15,24	50,58
M	18,92	118,70	17,18	101,89
J	21,68	207,95	20,02	189,32

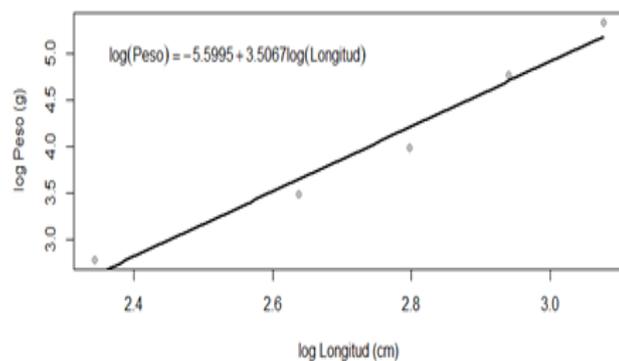


Figura 1. Curva de crecimiento de truchas con MNB

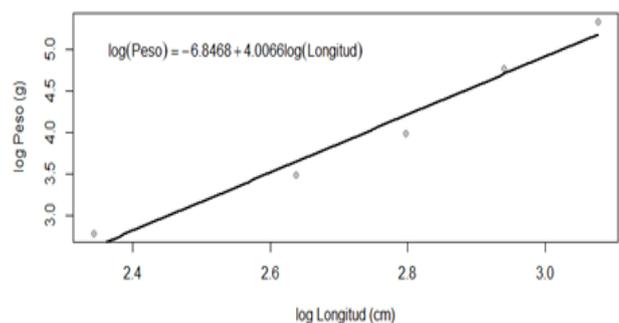


Figura 2. Curva de crecimiento de truchas sin MNB

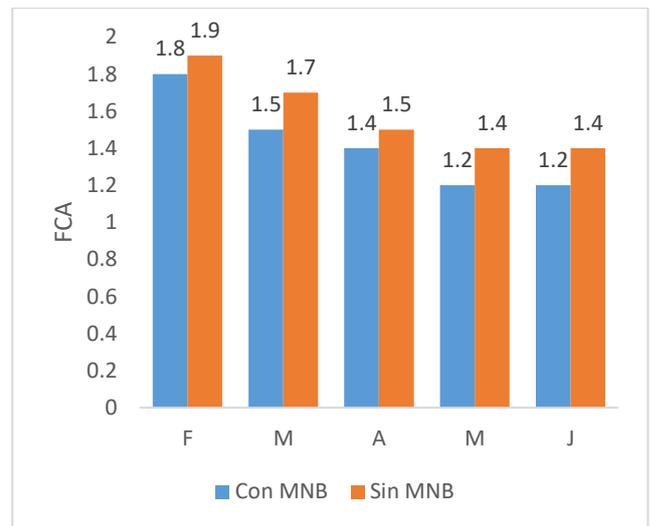


Figura 3. FCA de truchas con MNB y sin MNB

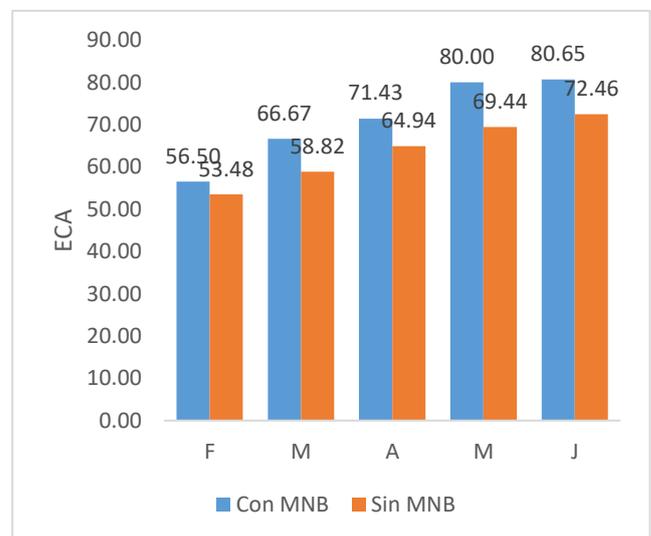


Figura 4. ECA de truchas con MNB y sin MNB

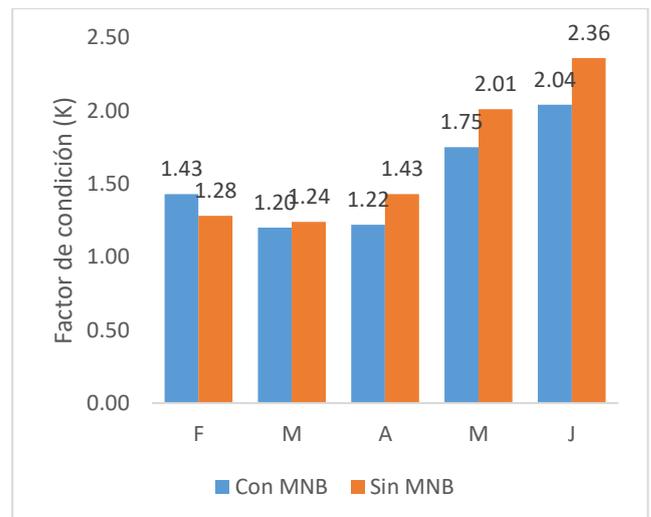


Figura 5. Factor de condición de truchas con MNB y sin MNB.

DISCUSIÓN

En la actualidad, el capulí en García Moreno se lo La tabla 1, muestra los parámetros fisicoquímicos del agua en pozas con MNB y sin MNB, se consideran valores apropiados para la crianza de truchas arcoíris, y son análogos a los obtenidos por otros investigadores (Perdomo et al. 2013), destacándose que las pozas con MNB tienen mayores niveles de oxígeno, coincidiendo con (Rahmawati et al. 2020); pH cercano a la neutralidad, menor conductividad y sólidos totales en comparación a las que no tuvieron MNB, vislumbrando los efectos positivos de esta tecnología.

Los sólidos en suspensión aumentan la turbidez y disminuyen también la concentración de oxígeno (Santoyo et al. 2019), aspectos que se reducen con la aplicación de las MNB y que tendrían efecto benéfico en la acuicultura teniendo en cuenta que los peces son organismos sensibles a la calidad del agua (Leyton et al. 2015), sinérgicamente reducen los parámetros fisicoquímicos como DBO, nitratos y nitritos, sólidos disueltos, oxígeno disuelto, conductividad y pH. Este resultado es muy importante si tenemos en consideración que la crianza de truchas incrementa la acidez, más aún si se eleva la densidad de cultivo de truchas, afectando la calidad del agua por la descomposición de los materiales (Vásquez, Talavera & Inga, 2016); el metabolismo de los peces disminuye la concentración de oxígeno incrementando los niveles de amoníaco causando estrés a los peces por lo que su crecimiento disminuye y se vuelven susceptibles a la muerte (Mahasri et al. 2018).

La calidad fisicoquímica del agua es alterada por los residuos, principalmente de alimento no consumido, heces y orina, que pueden causar ahogo parcial y favorecer la multiplicación de patógenos (Luna, Campos & Medina, 2016); aumentan las concentraciones de ciertas bacterias patógenas que pueden provocar brotes de enfermedades bacterianas en los peces, las MNB son útiles para reducir las bacterias patógenas en los sistemas de acuicultura y puede ser útil para reducir el riesgo de brotes de enfermedades bacterianas en los peces de piscifactoría (Jhunkeaw et al. 2021), asegurando que las perspectivas futuras de MNB sean inmensas y aún más por explorar.

Diversos estudios confirman nuestros hallazgos, en el incremento de los niveles de oxígeno (Díaz, 2019; Vilca & Candia, 2019), también reducen la materia orgánica, coliformes totales y fecales, por ello su

mayor aplicación en el tratamiento de las aguas residuales para reducir los niveles de contaminación; sin embargo, se destaca su utilidad en acuicultura intensiva por su efecto en la mejora de la calidad del agua (Cruz & Valverde, 2016), ya que permite suministrar mayores cantidades de oxígeno al agua brindando la posibilidad de aumentar las densidades de siembra gracias a su acción como activador biológico. (SENA, 2018).

La tabla 2, muestra la longitud y peso de truchas cultivadas en pozas con MNB y sin MNB, se logra mayor crecimiento y peso en las pozas con MNB, posiblemente debido al efecto positivo de esta tecnología, como lo confirman diversos investigadores (Rahmawati et al. 2020; Mahasri et al. 2018), sustentando sus hallazgos en el incremento de la concentración de oxígeno que permite aumentar el crecimiento (Kim et al. 2019; Yumiyama et al. 2019) y peso (Ebina et al. 2013), optimización de la conversión del alimento y las tasas de crecimiento (SENA, 2018).

Con las MNB mejora la calidad del agua, lo que permite mejorar el comportamiento productivo (Perdomo et al. 2013); convirtiendo a esta tecnología en una alternativa para el desarrollo de la acuicultura (Amaru & Yujra, 2021), logrando mejorar el consumo del agua, aprovechamiento de los nutrientes, consecuentemente se alcanza mayor longitud y peso en los peces, haciendo más rentable la producción (Marinho et al. 2020).

Relación Talla peso

La talla y el peso alcanzado por los peces durante el periodo experimental, se organizaron para elaborar las curvas correspondientes a cada grupo al 95% de confianza (figura 1 y 2). La ecuación de regresión con MNB fue $y = -5,5995 + 3,5067(x)$ ($R^2 = 0,9574$), la pendiente 3,50 demuestra un crecimiento alométrico positivo, mientras que sin MNB fue $y = -6,8468 + 4,0066(x)$ ($R^2 = 0,9756$) la pendiente es 4,0065, presentando también este tipo de crecimiento. El parámetro b es la base de la interpretación del modelo y representa la forma de crecimiento para cada población: isométrico ($2,5 > b < 3,5$), alométrico positivo ($b > 3$), alométrico negativo ($b < 3$) (Santoyo et al. 2019; Delgadillo et al. 2012). Se observa que las truchas tuvieron un crecimiento alométrico positivo, aunque se puede inferir que con MNB tiene tendencia al isométrico; mostrando que hubo un crecimiento diferenciado, especialmente más en tamaño que en

peso; independientemente de la alimentación (Perdomo et al. 2013); comportamiento que se obtiene posiblemente debido a que los ejemplares en estudio no tuvieron ningún tipo de restricción alimenticia.

La figura 3, muestra el FCA, que representa el alimento empleado (kg) para producir 1,0 kg de carne de trucha; se destaca que en todos los casos con MNB se tiene mejores resultados, siendo menor la cantidad de alimento empleado para obtener biomasa, alcanzando 1,2 con MNB en la etapa de engorde, frente a 1,4 sin MNB.

Los valores de FCA de 1,2, se consideran aceptables en crianzas de zonas altoandinas (Yapuchura, 2018); siendo similares en alevinos, juveniles y engorde, en las primeras etapas el FCA fue relativamente elevado, disminuyendo paulatinamente en las diferentes etapas de cultivo, debido probablemente a la adaptación a las pozas, nivel de oxígeno y temperatura (FONDEPES, 2014); considerando que los alimentos constituyen el mayor costo de producción, al consumir menos alimentos se reducen los gastos y mejora la rentabilidad.

El crecimiento de los peces depende de factores ambientales como las características del agua, la temperatura, tipo de alimento, disponibilidad y ración de alimentos, produciendo diferencias en el FCA; al respecto FONDEPES (2014), recomienda tener mucho cuidado con el racionamiento alimenticio teniendo en cuenta que debe ser cercano a 1 (FONDEPES, 2014).

ECA

La figura 4, muestra el ECA en truchas con y sin MNB; cuando supera el 50% se consideran más efectivas, demostrando el efecto positivo de esta tecnología (Zafra et al. 2019). En la investigación los mejores indicadores se obtuvieron con MNB, llegando hasta 80,65, vislumbrando su importancia como alternativa para el desarrollo de acuicultura en la región (Amaru & Yujra, 2021), contribuyendo a la reducción del consumo del agua y el mejor aprovechamiento de los nutrientes; disminución de costos de alimentación; menor cantidad de efluentes; mayor productividad, ganancia y control de los animales bajo situaciones de cultivo (Marinho et al. 2020), incluso mejorando el aspecto sanitario (Vásquez, Talavera & Inga, 2016); demostrando que se trata de una tecnología amigable con el ecosistema. (Muñoz & Narváez, 2018).

Factor de condición

El factor de condición (K), permite estimar el nivel de bienestar de los peces, se basa en la disponibilidad de alimento, estacionalidad y factores fisiológicos de la especie, sumados a los factores ambientales que influyen en su desarrollo (Camara, Caramaschi & Petry, 2011; Leyton et al. 2015), los peces son muy susceptibles a las variaciones ambientales, por lo que este indicador aporta información fundamental sobre su crecimiento, estado nutricional y reproductivo, especialmente debido a los estudios de impactos antropogénicos (Santoyo et al. 2019).

Al parecer hay mejor K en los peces con MNB; sin embargo, al realizar el análisis estadístico encontramos $F=0,2389$ y $p=0,6381$ demostrando que no hay diferencia estadística significativa, requiriendo de mayores datos para confirmar los resultados.

Los valores mayores a 1 nos demuestran que los peces están robustos, lo preocupante sería si tuviesen menor a 1 que indicaría delgadez. Los valores mayores a 1,5, son indicadores de que se ha sobrealimentado a los peces. El otorgamiento de mayor cantidad de alimento podría deberse a que las tablas de alimentación proporcionadas por las empresas generalmente sobreestiman la cantidad de alimento (Yapuchura et al. 2018), necesitando de más estudios a fin de determinar el real estado de bienestar.

CONCLUSIONES

La oxigenación con MNB tiene efecto positivo en la calidad del agua de cultivo de trucha “arcoíris”, incrementa los niveles de oxígeno disuelto, reduce los sólidos totales disueltos; mantiene estable el pH y la conductividad, permitiendo el mejor crecimiento de los peces, demostrando un crecimiento alométrico positivo, las truchas tienen crecimiento uniforme en talla, aunque no en peso; también se evidencia el mejor uso de alimento, demostrado con FCA menores a los obtenidos sin MNB, aspecto que tiene incidencia en el costo de producción; el ECA y el factor de condición de Fulton (K) muestran eficiencia; aunque estadísticamente no son significativos, por lo que se requiere mayores estudios especialmente en zonas altoandinas como Ayacucho, estos resultados son esenciales para futuros proyectos acuícolas empleando MNB por su impacto positivo con el medio ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Amaru, G. & Yujra, E. (2021). Growth evaluation of pejerrey *Odontesthes bonariensis* (Pisces, Atherinopsidae) grown in floating cages on Lake Titicaca. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(2), 69-76. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2021.228>
- [2] Anzai, S., Yokohama, K. (2019). Ultrafine bubble generation device for aquaculture or wastewater treatment. United States. Patent No. US 2019 / 0262783 A1.
- [3] Azevedo, A. Etchepare, R. Calgaroto, S. & Rubio, J. (2016). Aqueous dispersions of nanobubbles: Generation, properties and features. *Minerals Engineering*. Volumen 94. P. 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2016.05.001>
- [4] Camara, E., Caramaschi, E., & Petry, A. (2011). Fator de condição: bases conceituais, aplicações e perspectivas de uso em pesquisas ecológicas com peixes. *Oecologia Australis*, 15(2), 249-274. Recuperado de: <https://revistas.ufrj.br/index.php/oa/article/view/8127>
- [5] Cruz R. & Valverde J. (2016). Reducción de Coliformes presentes en aguas residuales domésticas mediante micro-nanoburbujas de aire-ozono en el distrito de Carhuaz, Ancash-Perú. 2016. Tesis licenciatura. Universidad César Vallejo. Trujillo, Perú. Recuperado de: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/892>
- [6] Delgadillo, A, Martínez, C, Berruecos, J, Ulloa, R, López, R, & Vásquez, C. (2012). Caracterización de la curva de crecimiento en dos especies de pez blanco *Chirostoma estor*, *C. promelas* y sus híbridos. *Veterinaria México*, 43(2), 113-121. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-50922012000200003&lng=es&tlng=es.
- [7] Díaz, L. (2019). Determinación de la eficiencia de remoción de contaminantes efluentes de tratamiento de aguas residuales Covicorti mediante nanoburbujas de aire-oxígeno. Tesis licenciatura. Universidad Nacional de Trujillo. Trujillo, Perú. Recuperado de: http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNI TRU/14536/DiazIglesias_L.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- [8] Ebina K, Shi K, Hirao M, Hashimoto J, Kawato Y, Kaneshiro S, et al. (2013) Oxygen and Air Nanobubble Water Solution Promote the Growth of Plants, Fishes, and Mice. *PLoS ONE* 8(6): e65339. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065339>
- [9] Etchepare, R., Oliveira, H. Nickning, M Azevedo, A. & Rubio, J. (2017). *Minerals Engineering*. Volumen 112. P. 19-26. <https://doi.org/10.1016/j.mineng.2017.06.020>
- [10] FONDEPES. (2014). Manual de crianza de trucha en ambientes convencionales. Lima.
- [11] Gurung, A, Dahl, O. & Jansson, K. (2016). The fundamental phenomena of nanobubbles and their behavior in wastewater treatment technologies. *Geosystem Engineering*. 19(3), pp. 133-142. <https://doi.org/10.1080/12269328.2016.1153987>
- [12] Huang, S., Hou, Y., Liu, L. (2014). Nanotechnology in agriculture, livestock, and aquaculture in China. A review. *Agron. Sustain. Dev.* (2015) 35:369–400. <https://doi.org/10.1007/s13593-014-0274-x>
- [13] Jhunkeaw, C. Khongcharoen, N. Rungrueng, N. Sangpo, P. Panphut, W. Thapinta, A. Senapin, S. St-Hilaire, S. & Thanh, Ha. (2021) Ozone nanobubble treatment in freshwater effectively reduced pathogenic fish bacteria and is safe for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, Volume 534, 2021, 736286. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.736286>
- [14] Kim, S., Kim, H., Han, M. & Kim T. (2019). Generation of sub-micron (nano) bubbles and characterization of their fundamental properties. *Environ. Eng. Res.* 2019; 24(3): 382-388. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.210>
- [15] Kurita, Y., Chiba, I. & Kijima, A. (2017). Physical eradication of small planktonic crustaceans from aquaculture tanks with cavitation treatment. *Aquacult Int* 25, 2127–2133. <https://doi.org/10.1007/s10499-017-0179-1>
- [16] Leyton, F., Muñoz, E, Gordillo, M., Sánchez, G., Muñoz, L. & Soto, A. (2015). Estimación del factor de condición de Fulton (K) y la relación longitud-peso en tres especies ícticas presentes en un sector sometido a factores de estrés ambiental en la cuenca alta del río Cauca. *Rev. Asoc. Col. Cienc.(Col.)*, 27:24-31. Recuperado de: <https://revistaaccb.org/r/index.php/accb/article/view/99>

Artículo de revisión

Volumen 3, Número 1, enero - junio, 2022
Recibido: 02-01-2022, Aceptado: 15-03-2022



<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v3i1.84>



- [17] Luna, MA, Campos, F., & Medina, O. (2016). Evaluación de las aguas residuales del lavado de estanques multipropósito con cultivo de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*. 17(2):191-202. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a04.pdf>
- [18] Mahasri, G. et al. (2018). Development of an aquaculture system using nanobubble technology for the optimization of dissolved oxygen in culture media for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 137 012046. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/137/1/012046>
- [19] Marinho, T., Faria, Ch., Guevara, L., Nunes, E., Sagratzki, B. & Rocha, P. (2020). Tecnología biofloc: datos, estudios y experiencias para el desarrollo de la acuicultura latinoamericana. *Braz. J. of Develop., Curitiba*, v. 6, n. 2, p. 7847-7862. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-187>
- [20] Muñoz, A. & Narváez, G. (2018). Estudio de factibilidad del cultivo híper-intensivo de camarón mediante sistema de biofloc en la provincia de El Oro. Tesis licenciatura. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. Ecuador. Recuperado de: <http://201.159.223.180/bitstream/3317/11562/1/T-UCSG-PRE-ECO-GES-505.pdf>
- [21] Perdomo, D., Castellanos, K., González, M. & Perea, F. (2013). Efecto de la estrategia alimenticia en el desempeño productivo de la trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*). *Revista Científica*, XXIII(4),341-349. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95926991006>
- [22] Quispe Quezada, U. R. (2021). Agronegocios y sus potencialidades productivas rumbo al bicentenario. *PURIQ*, 3(3), 585-597. <https://doi.org/10.37073/puriq.3.3.201>
- [23] Rahmawati, A., Saputra, R. Hidayatullah, A., Dwiarto, A. Junaedi, H. Cahyadi, D. Saputra, H. Prabowo, W. Kartamiharja, U. Shafira, H. Noviyanto, A. & Rochman, N. (2020). Enhancement of *Penaeus vannamei* shrimp growth using nanobubble in indoor raceway pond. *Aquaculture and Fisheries*. Volume 6(3). P. 277-282. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2020.03.005>
- [24] Reverter, M., Sarter, S., Caruso, D. & et al. (2020). Aquaculture at the crossroads of global warming and antimicrobial resistance. *Nature Communications* 11, 1870. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15735-6>
- [25] Santoyo, F., Mariscal, J., Gómez, C., & Gutiérrez, H. (2019). Relaciones talla-peso y factor de condición de la tilapia *Oreochromis niloticus* en cinco cuerpos de agua del estado de Jalisco, México. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 8(16), 82 - 105. <https://doi.org/10.23913/ciba.v8i16.92>
- [26] Servicio Nacional de aprendizaje (SENA). (2018). Memorias primera feria INTERNACIONAL Temnova. Cundinamarca. Colombia. Recuperado de: https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7206/Feria_Internacional_Temnova_1.pdf?sequence=1#page=59
- [27] Vásquez, W., Talavera, M., & Inga, M. (2016). Evaluación del impacto en la calidad de agua debido a la producción semi intensiva de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en jaulas flotantes en la laguna Arapa - Puno. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(1), 15-28. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2016000100003&lng=es&tlng=es
- [28] Vilca, J., & Candia, B. (2019). Estudio de la eficiencia de las Nanoburbujas aplicado en el proceso de recuperación de grasas y SST en planta harinera de pescado TASA. Tesis licenciatura. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. 2019. Recuperado de: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/11303/IQvialjc%26camibe.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [29] Yapuchura, C., Mamani, S., Pari, D. & Flores, E. (2018). Curvas de crecimiento y eficiencia en la alimentación de truchas arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en el costo de producción. *Comunicación*, 9(1), 68-77. Recuperado de: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2219-71682018000100007&lng=es&tlng=es
- [30] Zafra, A., Díaz, M., Dávila, F., Fernández, R., Vela, K. & Guzmán, H. (2019). Conversión y eficiencia alimenticia de *Oreochromis aureus* var. *suprema* (Cichlidae) con diferente alimento balanceado en sistema cerrado, Trujillo, La Libertad, Perú. *Arnaldoa*, 26(2), 815-826. <https://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.262.26219>