

EVALUACIÓN DE LOS PARAMETROS PARA LA CALIDAD DEL AGUA EN EL CULTIVO DE TILAPIA

EVALUATION OF PARAMETERS FOR WATER QUALITY IN TILAPIA CULTIVATION

Nelson de Jesús López Acopa ^{1*}, Rocío del Carmen Antonio Cruz ², Noemí Méndez de los Santos ³, Kristal de María Jesús de la Cruz ⁴, Mario José Romellón Cerino ⁵

¹Ingeniero Químico Petrolero. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Departamento de Ciencias de la Tierra. nelson.la@villahermosa.tecnm.mx, 9931201366, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010.

²Doctora en Ciencias en Ingeniería Química. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Ambiental. rocio.ac@villahermosa.tecnm.mx, 8332185141, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010.

³Doctora en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Departamento de Ciencias de la Tierra. noemi.ms@villahermosa.tecnm.mx, 9932793024, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010.

⁴Doctora en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Ambiental. kristal.jd@villahermosa.tecnm.mx, 9932171091, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010.

⁵Doctor en Ciencias Ambientales. Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, Departamento de Ingeniería Química, Bioquímica y Ambiental. mario.rc@villahermosa.tecnm.mx, 9932119867, Carretera Villahermosa - Frontera Km. 3.5 Ciudad Industrial Villahermosa, Tabasco, México. C.P. 86010.

Resumen -- La presente investigación tiene como objetivo determinar la eficiencia de un filtro elaborado con materiales de fácil acceso y de bajo costo económico, que brinden la oportunidad a pequeños Acuicultores de reducir el impacto ambiental de su actividad en materia del cuidado del agua, mediante la instalación de un sistema de recirculación cerrado, en el cual el agua es filtrada y tratada con la fibra de coco y la concha de ostión, siendo evaluada la eficiencia de remoción de los filtros de contaminantes básicos en el efluente, por medio de la evaluación de parámetros de calidad del agua como el potencial de Hidrógeno (pH), Temperatura (°C), Sólidos Suspendedos Totales (SST) y Oxígeno Disuelto (OD), para determinar si es factible su reingreso al sistema de cultivo de Tilapia.

Hasta el momento los resultados obtenidos nos hacen pensar que la respuesta de los medios filtrantes en el sistema es buena, aunque no se da por sentado nada aún, debido que se continua con la experimentación.

La importancia de esta investigación recae en el cada vez más grande crecimiento de la Acuicultura a nivel Nacional y Mundial donde se requieren grandes volúmenes de agua para su desarrollo y no se les da un tratamiento antes de reincorporarla a los cuerpos de agua, por lo que reducir el consumo de la misma será un logro importante para acercar a la Actividad Acuícola a la sustentabilidad en materia del vital líquido.

Palabras Clave: Acuicultura, Coco, Filtro, Sustentabilidad, Ostión.

Abstract -- *The objective of this research is to determine the efficiency of a filter made with easily accessible and low-cost materials, which provide the opportunity for*

small fish farmers to reduce the environmental impact of their activity in terms of water care, through the installation of a closed recirculation system, in which the water is filtered and treated with coconut fiber and oyster shell, being evaluated the removal efficiency of the filters of basic contaminants in the effluent, through the evaluation of parameters of water quality such as Hydrogen potential (pH), Temperature (°C), Total Suspended Solids (TSS) and Dissolved Oxygen (DO), to determine if its re-entry into the culture system is feasible Tilapia.

So far, the results obtained make us think that the response of the filter media in the system is good, although nothing is taken for granted yet, since experimentation continues.

The importance of this research lies in the increasing growth of Aquaculture at the National and World level where large volumes of water are required for their development and they are not given a treatment before reincorporating it into the bodies of water, so reducing its consumption will be an important achievement to bring the Aquaculture Activity closer to sustainability in terms of the vital liquid.

Key words – *Aquaculture, Coconut, Filter, Sustainability, Oyster.*

INTRODUCCIÓN

Sistemas cerrados de recirculación de agua

Alrededor de todo el mundo la Acuicultura dedicada a la tilapia (*Oreochromis niloticus*), crece de manera exponencial [1], esto debido a la gran capacidad de la

especie, a adaptarse a diferentes condiciones climatológicas y la fácil adaptación de la actividad como tal y como un medio generador de economía en ambientes poco favorecidos económicamente [2].

Debido al cada vez más importante crecimiento de la actividad y, sobre todo; por los requerimientos en cuestión de volúmenes de agua que se necesita, es importante prestarle atención; si bien en el planeta se tienen tres cuartas partes de superficie cubierta de agua, solo el 2% es agua dulce y sumando a esto, el 98% de ese mismo porcentaje presenta algún grado de contaminación. Por ello el canalizar y enfocar esfuerzos hacia una actividad que requiere grandes cantidades de agua dulce y acercarla hacia un estado de sustentabilidad en materia de agua es importante. [3], [4].

Si bien, ya existen sistemas de recirculación de agua en el cultivo extensivo de tilapia [5],[6], en los últimos años, se han desarrollado interesantes proyectos de investigación como el desarrollado por Valenzuela y colaboradores en el 2018, en la cual evaluaron un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), en la cual se utilizaron materiales de filtración como arena, además del uso de biobolas en conjunto con plantas macrófitas, obteniendo resultados de hasta un 98%, de ahorro en el uso de agua [7]. Por otra parte, Cruz-Bautista en 2021, implemento de igual manera un sistema de recirculación de agua, para la misma especie; en el cual utilizó como materiales de filtración: Carbón Activado y Cerámicos, logrando obtener resultados favorables en cuestión de aprovechamiento del recurso hídrico [8], si bien los anteriores proyectos han aportado importantes resultados, en cuestión de la reducción del consumo de agua, en sistemas de recirculación, en este proyecto, se busca brindar alternativas con materiales filtrantes de bajo costo económico, y de fácil acceso, que permita a los pequeños y medianos Acuicultores, utilizarlos en sus sistemas de recirculación, contribuyendo con esto, no sólo en los beneficios económicos que pudiesen obtener, sino además en el uso racional del agua, dentro de esta actividad, el presente proyecto busca demostrar y brindar la oportunidad a los pequeños acuicultores de escasos recursos, que es posible implementar dicho sistema utilizando materiales de bajo costo y de fácil acceso como medios de filtración y tratamiento del agua, como la concha de ostión [9], [10], y la fibra de coco [11], que permitan la reducción del consumo de agua de la actividad.

En la Tabla 1 se presentan algunos parámetros de calidad de agua que tienen mayor importancia en el cultivo de la tilapia son: pH, Temperatura (°C), Oxígeno Disuelto (OD) y Sólidos Suspendedos Totales (SST) [12].

Tabla 1. Parámetros de calidad de agua para Tilapia.

Parámetros	Unidades	Rangos
Temperatura	°C	27-30

Oxígeno disuelto	ppm	> 5
Nitratos	ppm	< 10
pH	Unidades de pH	6.5-9

Fuente: [13], [14], [15], [16]

DESARROLLO

Se establecieron tres fases principales dentro del desarrollo del proyecto: en primer lugar, se realizó el diseño y construcción del sistema de recirculación con los implementos correspondientes para el aprovechamiento del recurso hídrico. Seguido a esto, se realizó la aclimatación dentro del sistema de recirculación de la especie tilapia (*Oreochromis niloticus*). Por último, se llevará a cabo el monitoreo de los parámetros de calidad de agua que tienen mayor importancia en el cultivo de la tilapia: Sólidos Suspendedos Totales (SST), pH, Temperatura (°C) y Oxígeno Disuelto (OD) [17].

Estos parámetros están directamente relacionados con procesos fisiológicos y reproductivos de los peces, por lo que debemos asegurarnos de que se encuentren dentro de los valores establecidos para esta especie [18].

Descripción del sistema cerrado de recirculación y reacondicionamiento de agua

El sistema de recirculación de agua implementado para el cultivo de tilapia, consta de un contenedor de plástico aproximadamente de 1 m³ de capacidad, en el cual se introdujeron los especímenes de Tilapia (ver Fig. 1 y Fig. 3-A), un recipiente vertical de aproximadamente 0.20 m³ de capacidad, utilizado como sedimentador primario (ver Fig. 3-B), dos recipientes de 0.20 m³ de capacidad, utilizados como filtros, donde se encuentran contenidos los materiales filtrantes de fibra de coco (ver Fig. 3-C) y concha de ostión triturada (ver Fig. 3-D), en los cuales se busca la proliferación de colonias de microorganismos que permitan mejorar la calidad del agua gracias a la actividad microbiana [17] y [19], también se utilizó un recipiente receptor de agua tratada (ver Fig. 3-E) y una bomba periférica de 746 W (ver Fig. 13), y un soporte de 0.75 metros de altura. (ver Fig. 1).



Figura 1. Contenedor de siembra

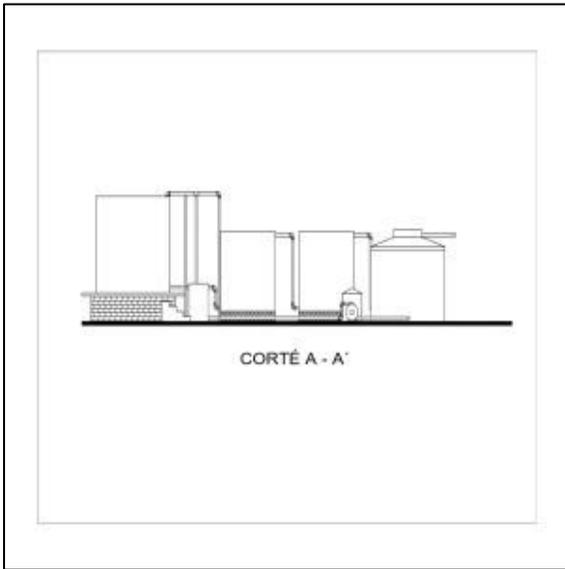


Figura 2. Plano de proyecto en Corte A-A

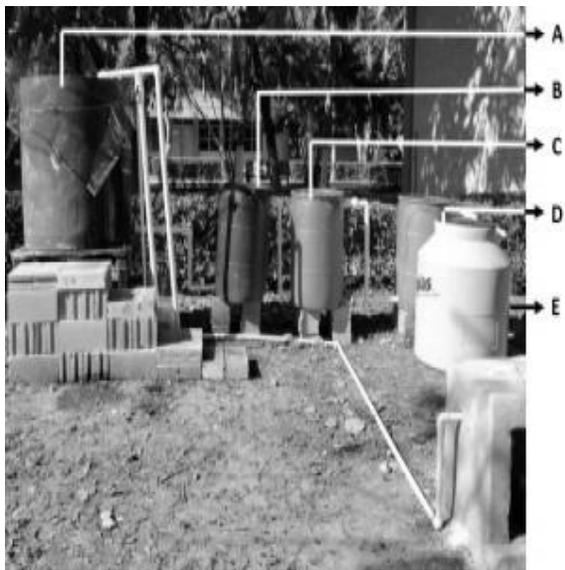


Figura 3. Sistema de recirculación instalado

Obtención del Material Filtrante

Se adquirieron y recolectaron materiales de bajo costo económico (fibra de coco y concha de ostión). El proceso de tratamiento se describe a continuación:

Tratamiento y transformación de la Fibra de Coco. Se adquirió un costal de Fibra de Coco del Fabricante Hyfro de aproximadamente 20 Kg, 100% natural, que se utilizó en el Filtro 1, de nuestro sistema de recirculación, por su alta porosidad y capacidad de drenaje (ver Fig. 4).



Figura 4. Fibra de coco

Tratamiento y transformación de la concha de ostión.

El tratamiento fue de acuerdo con la metodología de López-Margalli en el 2021, con algunas modificaciones. Se usaron conchas de ostión, como material filtrante, que se utilizaría en el Filtro 2 (ver Fig. 3-D), de nuestro sistema de recirculación. Las conchas de ostión fueron recolectadas del corredor turístico gastronómico del Municipio de Paraíso, Tabasco. Posteriormente fueron lavadas y trituradas, con métodos manuales y mecánicos, hasta reducir su tamaño, aproximadamente a un centímetro cuadrado (ver Fig. 5), para su colocación en el Filtro 2 (ver Fig. 3-D y 6).

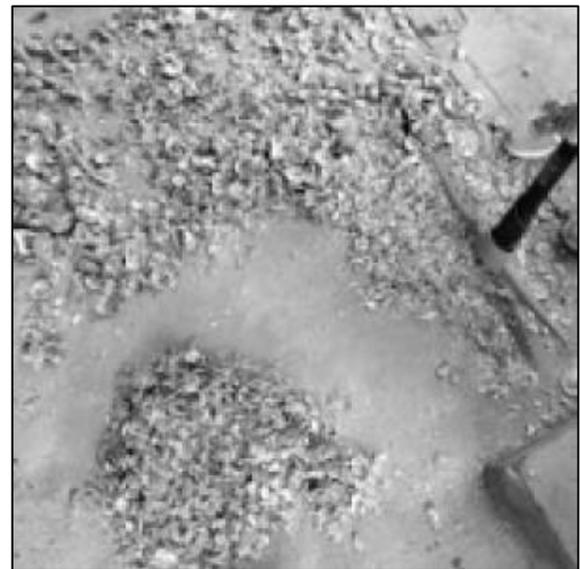


Figura 5. Trituración de conchas de ostión



Figura 6. Incorporación de concha de ostión

Densidad de Cultivo y Edad

En el sistema cerrado de recirculación implementado para la producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), se sembraron siete juveniles de Tilapia (ver Fig. 7), con una longitud aproximada de 8 cm y un peso promedio de 200 g, las cuales fueron adquiridas en la Granja Acuícola “La Sobrevivencia”. El tiempo de la evaluación programado es de 90 días. El agua utilizada para el llenado del tanque de los peces proviene de la red de agua potable, la cual se dejó sedimentar de manera natural durante 3 días, antes de ingresar a los peces, con el propósito de garantizar la evaporación del Cloro. Los peces fueron alimentados con el 2% de su peso promedio, con alimento balanceado comercial de la Marca “El Pedregal” (Silver Cup, USA), con un contenido de 40% de Proteína y 16% de Lípidos. El alimento se suministra diariamente durante un periodo de tiempo en dos intervalos (08:00 y 17:00 horas).



Figura 7. Siembra de Tilapia

Medición de Parámetros de Calidad del Agua

Actualmente durante el desarrollo de la experimentación e implementación del sistema de recirculación se están recopilando datos esenciales para medir la eficiencia del sistema implementado, como son el análisis y la evaluación de parámetros de la calidad del agua como: Cantidad de Sólidos Suspendidos Totales (SST), pH, Temperatura (°C) y Oxígeno Disuelto (OD). Además, de un monitoreo adecuado de la inocuidad del cultivo, llevando un muestreo y control estadístico que permita el análisis profundo del experimento.

De manera aleatoria, se están registraron los parámetros de calidad del agua a la salida del recipiente de cultivo, antes del sedimentador (ver Fig. 8) y a la salida del sistema de recirculación (ver Fig. 9). Los parámetros fisicoquímicos evaluados son Temperatura del agua y Oxígeno Disuelto (OD), con un Analizador de Oxígeno Disuelto, Modelo DO9100, el Potencial de Hidrógeno con un medidor de pH digital de alta precisión, Marca VADUMA. La cantidad de Sólidos Suspendidos Totales (SST), medidos con un Medidor Digital Multifuncional Modelo E-1, Marca VADUMA (TDS&EC Meter). Para comprobar si existen o no diferencias significativas entre los diferentes componentes del sistema cerrado de recirculación, se realizará posteriormente un Análisis de Varianza (ANDEVA) de una sola vía y la prueba *a posteriori* de Tuckey HSD, utilizando el Software Statgraphics Centurión 19.



Figura 8. Toma de muestras 1



Figura 9. Toma de muestras 2



Figura 12. Equipo de Aireación

DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se logró diseñar e instalar un sistema de recirculación de agua como se describió en el apartado de Desarrollo, y demás equipos de apoyo para el desarrollo del proyecto, como; Instalaciones Eléctricas (ver Fig. 10) e Hidráulicas (ver Fig. 11), Equipo de Aireación (ver Fig. 12), Equipo de Bombeo (ver Fig. 13).



Figura 10. Instalaciones Eléctricas



Figura 11. Instalación de Equipo de Recirculación



Figura 13. Equipo de Bombeo

Durante la primera semana de adaptación de los especímenes se sufrió la pérdida del 42.86% del cultivo, quedando una población de 4 especímenes, los cuales a la cuarta semana se han adaptado totalmente al sistema, se está trabajando para llegar a un término de 500 g en peso comercial [3], puesto que se busca medir la eficiencia del sistema en las etapas más críticas del cultivo de Tilapia. En cuanto a la medición de los parámetros de la calidad del agua que se siguen monitoreando, se han adquirido los equipos e instrumentos descritos con anterioridad, los cuales nos generaron una base de datos, que posteriormente serán comparados con los límites máximos permisibles de cada parámetro para mantener en condiciones óptimas la calidad del agua y el Cultivo de la especie (*Oreochromis niloticus*), en este sistema de recirculación.

Hasta el momento se han tomado 17 muestras en 2 puntos de muestreo, los resultados promedios totales obtenidos de la toma en la salida del recipiente de cultivo, antes del sedimentador (Toma de muestra 1) indican; un pH de 9.11, concentración de SST de 640.35 ppm, Temperatura de 31.81 °C y OD de 14.41 ppm; mientras que a la salida del sistema de recirculación (Toma de muestra 2), los resultados promedios totales obtenidos son; pH de 8.05, concentración de SST de 1360.88 ppm, Temperatura de 31.94 °C y OD de 6.53 ppm, al comparar los resultados observamos una disminución del pH y OD, mientras que la temperatura se mantiene estable, en cambio para el

resultado de SST se observa un incremento, debido a estas observaciones se comenzó a monitorear las concentraciones de Nitratos (NO_3) en los puntos de muestreo antes mencionados obteniendo resultados que indican la disminución de los mismos.

De acuerdo con los resultados de pH (ver Tabla 2), se puede decir que los peces están en un ambiente ligeramente alcalino por su nivel de pH, y dentro de los rangos establecidos por [3] y [17], para la Tilapia, que incluso pueden tolerar valores hasta pH de 11, lo cual es muy favorable, ya que, en ambientes ácidos, debajo de 5, los peces pueden sufrir daños en el aparato respiratorio y en su piel, pigmentación e incluso la muerte [20] y [21]. En la Figura 14 se presentan los resultados del pH, y observamos que el agua sigue siendo alcalina, y al pasar por los filtros, disminuye ligeramente sus niveles lo que podría deberse a la composición del material filtrante. La temperatura promedio del agua de los peces es de $31.81 \pm 0.13^\circ\text{C}$, manteniéndose dentro del rango óptimo establecido para Tilapia [18] y [22], lo cual es favorable, ya que a temperaturas menores a 15°C , los peces presentan inanición [18] y [23], o menores de 12°C incluso se presenta mortalidad.

En la Tabla 4 se presentan los resultados de Oxígeno Disuelto (OD), y se observó que el agua al pasar por los filtros disminuye sus concentraciones, lo que podría deberse al efecto de la temperatura sobre el consumo de O_2 , fenómeno reportado para *Oreochromis sp.*, en el cual se observó una relación directamente proporcional entre la temperatura del agua y el consumo de O_2 , es decir, a mayor temperatura del agua se presentó mayor consumo de O_2 [7]. Sin embargo, al observar la figura 16 aún sigue teniendo concentraciones de Oxígeno Disuelto dentro de los rangos establecidos [7] y [18], lo cual es favorable ya que se reporta que la capacidad de la Tilapia de poder sobrevivir en ambientes donde hay baja concentración de Oxígeno Disuelto ($< 3 \text{ mg/l}$), gracias a su capacidad de usar un metabolismo semi anaerobio [24], para evitar el estrés de los peces es recomendable que la concentración se encuentre entre 5-6 mg/L [25].

Tabla 2. Valores promedio diarios de pH.

Día	pH inicial	pH final
1	8.58	7.47
2	8.65	8.18
3	8.83	8.14
4	9.47	8.24
5	9.27	7.99
6	9.16	7.81
7	9.57	8.26
8	9.52	8.34

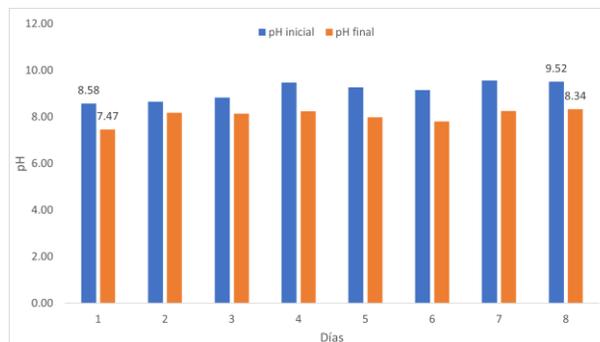


Figura 14. Gráfica de promedios diarios de pH

Tabla 3. Valores promedio diario de Sólidos Disueltos Totales (TDS).

Día	ppm inicial	ppm final
1	525.00	1161.00
2	630.50	1074.50
3	638.33	1145.67
4	606.50	1412.00
5	726.00	1671.00
6	664.50	1436.00
7	624.50	1559.50
8	708.50	1535.00

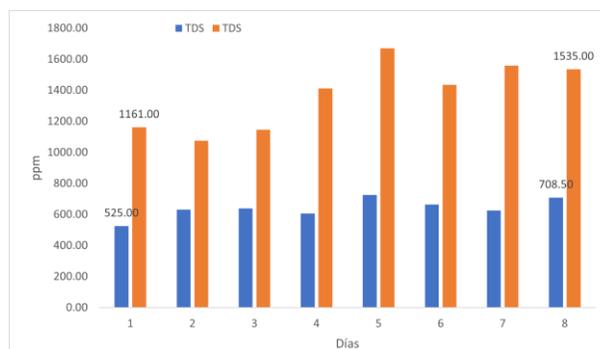


Figura 15. Gráfica de promedios diarios de SST

Tabla 4. Valores promedio diarios Oxígeno Disuelto (OD (ppm)).

Día	ODinicial	ODfinal
1	27.65	19.05
2	5.50	6.80
3	19.03	7.23
4	16.20	6.05
5	9.95	2.45
6	13.08	7.80
7	12.05	1.15
8	9.50	1.35

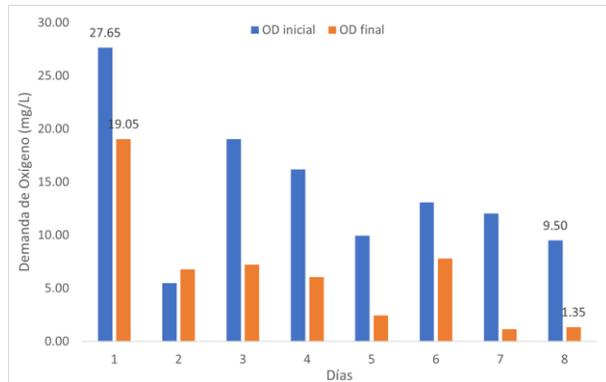


Figura 16. Gráfica de promedios diarios de OD

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento en el desarrollo del sistema de recirculación implementado en la producción de Tilapia (*Oreochromis niloticus*), demuestra que esta tecnología es una alternativa viable para la producción de Tilapia, con los parámetros comerciales deseados y con el ahorro de agua durante el mismo. El diseño del sistema de recirculación utilizado (sedimentador, filtro de fibra de coco y filtro con concha de ostión) es adecuado para producir 4 de Tilapias y se busca llegar a una talla comercial (500 g) lo que significa un ahorro de agua hasta el 75%, comparado con los sistemas usados tradicionalmente.

El crecimiento de la Acuicultura en el mundo es importante año con año, debido a que en la actualidad el acceso al agua dulce es cada vez más escaso en todo el planeta, por lo que es importante poner atención en la acuicultura, debido a los altos volúmenes de agua que requiere. Por lo tanto, esta investigación ofrece una alternativa que ayude a la sustentabilidad en materia del agua, y es un logro importante hacia esa dirección, por lo que hasta el momento los resultados obtenidos nos hacen pensarlo. Sin embargo, se continua trabajando en el monitoreo de los parámetros, además de agregar 2 puntos más de muestreo en el sistema, que nos ayudarán a determinar aún más la eficiencia de cada material filtrante, así mismo no descartamos la posibilidad de encontrar otro tipo de material de fácil acceso y bajo costo que den resultados de mayor eficiencia y que ayuden a la actividad a reducir su impacto ambiental en materia de agua, lo que sería valioso, y mucho más si los mismos se pudiesen replicar y adaptar no sólo a nivel local, sino a diferentes escalas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de la Tesis de Maestría del primer autor, desarrollada en el Programa de Maestría en Ingeniería, del Instituto Tecnológico de Villahermosa. Los autores agradecen a las autoridades del Tecnológico Nacional de México Campus Villahermosa, por el apoyo

otorgado para desarrollar el presente Proyecto en sus instalaciones.

Así mismo, agradecemos a cada uno de los Miembros del Consejo de la Maestría en Ingeniería, por su apoyo, asesoría y revisión para el desarrollo del Proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] FAO. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. La sostenibilidad en acción. Roma. <https://doi.org/10.4060/ca9229es>.
- [2] Basualdo-Ramírez, L. J., Jiménez-Guzmán, F., Jiménez-Saavedra, A. C., Macal Niño, F. J., Quintero-Marmol, E. A. M., Montaña-Aguilar, D. M. A., & Gutiérrez U. E. (2012). Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. México.
- [3] SAGARPA. (2010). Manual de Producción de Tilapia con especificaciones de Calidad e Inocuidad
- [4] García-Pulido, Daury, Gallego-Alarcón, Iván, Díaz-Delgado, Carlos, Fall, Cheikh, & Burrola-Aguilar, Cristina. (2011). Evaluación de un sistema de recirculación y acondicionamiento de agua en triticultura. Tecnología y ciencias del agua, 2(2), 83-96. Recuperado en 22 de junio de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222011000200006&lng=es&tlng=es.
- [5] Timmons, M. E. (2007). Recirculating aquaculture. Cayuga Aqua Ventures. Libro. Obtenido de <https://doi.org/10.1002/9781118250105.ch11>
- [6] Summerfelt, ST, Bebak-Williams, J. y Tsukuda, SCOTT. (2001). Sistemas controlados: reutilización y recirculación de agua. Gestión de criaderos de peces, 40, 285-295.
- [7] Valenzuela, R., Martínez, P., Arévalo, J. J. (2018). Evaluación preliminar de un sistema de recirculación de aguas para un prototipo implementado en la producción de tilapia roja (*Oreochromis sp.*).
- [8] Cruz-Bautista, M.F. (2021). Desarrollo de un prototipo de cultivo acuícola basado en el aprovechamiento del recurso hídrico con sistema de monitoreo de parámetros fisicoquímicos para la etapa de engorde de tilapia roja (*Oreochromis sp*) en la Sabana de Bogotá. Universidad el Bosque, Facultad de Ingeniería.
- [9] López-Margalli, S. K. (2021). Reactor Experimental de Lecho Empacado para Evaluar la Concha de Ostión de desecho. Tecnológico Nacional de México campus Villahermosa, Departamento de División de Estudios de Posgrado e Investigación.
- [10] Yao-Xing Liu, Tong Ou Yang, Dong-Xing Yuan, Xiao-Yun Wu. (2010). Study of municipal wastewater treatment with oyster shell as biological aerated filter medium. Desalination, 254, 149-153.
- [11] Rondón Perdomo, A. Y., Castillo Campos, L. A., & Miranda, J. (2020). Uso de la cáscara de coco (*Cocos nucifera*) como medio filtrante en el tratamiento del agua

del campo El Salto, Venezuela. Ingeniería y Desarrollo, 38(1), 125-147.

[12] Colt, J. (2006). Water quality requirements for reuse systems. *Aquacultural Engineering*, 34, 143-156. Artículo. Obtenido de doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.08.011>

[13] El-Sayed, Abdel-Fattah M. (2006). *Tilapia culture*. Cabi Publishing Oxfordshire U.K. 277 p.

[14] Nandlal, S. and Pickering, T. (2004). *Tilapia fish farming in Pacific Island countries*. Volume 1. Tilapia hatchery operation. Noumea, New Caledonia: Secretariat of the Pacific Community. 32 pp.

[15] Wicki, G.A. (1997). Estudio de desarrollo y producción de tilapia (*Oreochromis niloticus*). Secretaría de Agricultura, Pesca y Alimentación. Subsecretaría de Pesca, Buenos Aires Argentina. 11 p.

[16] Nicovita, (2007). Manual de crianza de tilapia. Nicovita ALICORP.

<http://www.nicovita.com.pe/paginas/esp/tilapia.htm>

[18] Saavedra Martínez, M. A. (2006). Manejo del cultivo de tilapia. Managua, Nicaragua. Libro. Obtenido de <http://www.crc.uri.edu/download/MANEJO-DEL-CULTIVO-DE-TILAPIA-CIDEA.pdf>

[19] Monroy Dosta, M., De Lara Andrade, R., Castro Mejía, J., Castro Mejía, G., & Coelho Emerenciano, M.G. (2013). Composición y abundancia de comunidades microbianas asociadas al biofloc en un cultivo de tilapia. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 48(3), 511-520.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572013000300009>

[20] Nicovita. (2017). Industria acuicola. Obtenido Manual de crianza de tilapia:

<http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf>

[21] Brito Suárez, F. G. & Rodríguez L. C. (2009). Efecto de la reutilización del agua en la crianza y producción de tilapia roja: Universidad del Azuay. Tesis. Obtenido de <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/584>

[22] Carvajal Echeverri, J. P. (2014). Comparación de parámetros zootécnicos y de calidad de agua de tres sistemas de precría de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) en el Municipio de Puerto Triunfo. Caldas- Antioquia: Corporación Universitaria Lasallista. Tesis. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10567/1511>

[23] Valbuena-Villarreal R.D & Cruz-Casallas P.E. (2006). Efecto del peso corporal y temperatura del agua sobre el consumo de oxígeno de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *ORINOQUIA*, 57-63. Artículo. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/896/89610107.pdf>

[24] Martínez Suarez, J. L., Pérez Delgado, A., Sánchez Armas, S. E., & Díaz Orejan, E. T. (2015). Propuesta de un medidor de oxígeno disuelto en cultivos de Tilapia. Puebla- México: Universidad Tecnológica de Tehuacán. Artículo. Obtenido de <http://studylib.es/doc/7799815/propuesta-de-un-medidor-de-oxigeno-disuelto-en-cultivos-d>.

[25] Sumeth Wongkiew, Zhen Hu, Kartik Chandran, Jae Woo Lee & Samir Kumar Khanal (2017). Nitrogen transformations in aquaponic systems: A review. *Aquacultural Engineering*, 76, 9-19. Artículo. Obtenido de doi: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2017.01.004>

ROLES DE CONTRIBUCIÓN

Rol	Autor (es)
Conceptualización	Nelson de Jesús López Acopa
Curación de datos	Rocío del Carmen Antonio Cruz
Metodología	Nelson de Jesús López Acopa
Administración del proyecto	Nelson de Jesús López Acopa <<igual>> Rocío del Carmen Antonio Cruz <<igual>>
Recursos	Rocío del Carmen Antonio Cruz
Software	Rocío del Carmen Antonio Cruz
Supervisión	Noemi Méndez de los Santos <<igual>> Mario José Romellón Cerino <<igual>>
Validación	Noemi Méndez de los Santos <<igual>> Mario José Romellón Cerino <<igual>>
Visualización	Rocío del Carmen Antonio Cruz
Escritura – Borrador original	Nelson de Jesús López Acopa <<igual>> Rocío del Carmen Antonio Cruz <<igual>> Kristal de María Jesús de la Cruz <<igual>>
Escritura – Revisión y edición	Nelson de Jesús López Acopa <<igual>> Rocío del Carmen Antonio Cruz <<igual>> Kristal de María Jesús de la Cruz <<igual>>



Esta obra está bajo una licencia internacional Creative Commons Atribución 4.0.