

EFFECTO DEL TRH SOBRE LA CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE NITRATOS DE *Pistia stratiotes* Y *Myriophyllum aquaticum* EN ACUAPONÍA

Marroquín Castro Olga Alexandra (1) Martínez Yáñez Rosario (2)

1 [Ingeniería Agronómica en Sistemas de Producción Agrícola, Universidad de San Carlos de Guatemala] | [olgaalexandraa@gmail.com]

2 [Laboratorio de Acuicultura, Departamento de Veterinaria y Zootecnia, DICIVA, CIS, UG] | [ar.martinez@ugto.mx]

Resumen

La acuaponía es la integración de dos sistemas de producción: la acuicultura y la hidroponía, donde se aprovechan los desechos de los organismos acuáticos posterior a su transformación bacteriana, al convertirlos en la forma química adecuada de nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo, las cuales, funcionan como un biofiltro mejorando la calidad del agua en recirculación. El tiempo de retención hidráulico, se refiere al tiempo en que entra, permanece y sale el agua en las camas hidropónicas. El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del TRH (60, 90, 120, 150, 180 y 210 minutos) sobre la capacidad de retención de nitratos de *Pistia stratiotes* y *Myriophyllum aquaticum*, como parte de los filtros biológicos de sistemas acuapónicos. De acuerdo con nuestros resultados, existe diferencia estadística significativa en la variable TRH, pero no entre las especies de hidrófitas. Las hidrófitas evaluadas tienen capacidad para absorber el nitrato presente en el agua de cultivo de tilapia roja. El tiempo de retención hidráulica afecta de forma directa la capacidad de absorción de nitratos presente en el sistema. *Myriophyllum aquaticum* y *Pistia stratiotes*, pueden ser utilizadas como parte de los filtros biológicos en sistemas acuapónicos para el cultivo de tilapia.

Abstract

Aquaponics is the integration of two production systems: aquaculture and hydroponics, where waste from aquatic organisms is taken advantage after their bacterial transformation, by converting them into the appropriate chemical form of nutrients required by plants for their development, which function as a biofilter improving the quality of the water in recirculation. The hydraulic retention time (HRT), refers to the time in which water enters, stays and leave the hydroponic beds. The objective of the present study was to evaluate the effect of HRT (60, 90, 120, 150, 180 and 210 minutes) on the nitrate retention capability of *Pistia stratiotes* and *Myriophyllum aquaticum* as part of the biological filters of aquaponic systems. According to our results, there is a statistically significant difference in the HRT variable, but not among the hydrophyte species. The evaluated hydrophytes have the capability to absorb the nitrate present in the culture water of red tilapia. The HRT directly affects the nitrate absorption capability present in the system. *Myriophyllum aquaticum* and *Pistia stratiotes* can be used as part of biological filters in aquaponic systems for the cultivation of tilapia.

Palabras clave

Acuaponía; Hidrofitas; Oreochromis; Forrajes; Acuicultura.

INTRODUCCIÓN

Acuaponía

La acuaponía es la integración de dos sistemas de producción: la acuicultura y la hidroponía. Tiene como propósito principal generar alimento de alta calidad para el consumo humano directo y así aprovechar los desechos de los organismos acuáticos posterior a su transformación bacteriana, al convertirlos en la forma química adecuada de nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo [1] [2].

En México uno de los sistemas de producción animal más importantes es la acuicultura, presentando una tasa de crecimiento de 4.5% al año, de esta forma, este sistema contribuye de manera importante al abastecimiento de la población de productos acuícolas encaminados a cubrir las necesidades de consumo humano [3].

Sistema de recirculación acuícola

En acuaponía, los efluentes ricos en nutrientes de los estanques de los peces son usados para fertilizar la producción hidropónica [5] [6] [7] [8]. Según Mateus (2009), en este sistema las raíces de las plantas remueven los nutrientes del agua. Estos nutrientes (constituidos principalmente por las heces de los peces y la descomposición de los alimentos) son contaminantes que si no se retiran podrían alcanzar niveles tóxicos para los peces, pero dentro de un sistema acuapónico sirven como fertilizante líquido para el crecimiento de las plantas. A su vez, las camas hidropónicas funcionan como un biofiltro, que mejora la calidad del agua, que será recirculada nuevamente a los estanques de cultivo de los peces [4].

Nelson (2008) menciona que en acuaponía el desecho de los peces funciona como una fuente de alimento para las plantas y éstas a su vez, actúan como un filtro natural del agua en la que viven los peces [9].

- *Diseño del sistema de recirculación acuapónico*

En términos generales un sistema acuapónico consta de los siguientes elementos: estanque de peces (u otros organismos acuáticos), clarificador (filtro de sólidos), biofiltro, cama(s) hidropónica(s), sistemas de bombeo de agua y sistemas de aireación. Estos elementos se conectan de tal forma que el agua que contiene nutrientes pasa del estanque de peces al clarificador, donde se eliminan la mayor parte de partículas en suspensión, tanto grande como pequeña. Después pasa al biofiltro, el cual contiene material con una gran superficie que le permite alojar una importante cantidad de bacterias que convierten el amonio en nitrato, después el líquido pasa a las camas hidropónicas, luego el agua puede ser enviada directamente de regreso al estanque de peces para reiniciar el ciclo [10].

- *Plantas hidrófitas*

Estas plantas acuáticas se les conoce con el término “macrófita acuática” o “hidrófita”, refiriéndose al grupo de plantas que habitan en el agua y en ella llevan a cabo su ciclo de vida, ya sea sumergidas, flotando o emergiendo [12]. Uno de los potenciales más usados en estas plantas, es la utilización como forraje para ganado vacuno, ovino y porcino, además de uso como dieta en peces; cabe mencionar la utilización como fertilizantes y abonos orgánicos entre otros [13].

- *Tiempo de retención hidráulico (TRH)*

El tiempo de retención hidráulico, se refiere al tiempo en que entra, permanece y sale el agua en las camas hidropónicas, es decir, los minutos con el que cuenta la zona radicular de las plantas para absorber los nutrientes que necesita para su desarrollo y crecimiento [11].

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto del TRH sobre la capacidad de retención de nitratos de *Pistia stratiotes* y *Myriophyllum aquaticum*, como parte de los filtros biológicos de sistemas acuapónicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en el Laboratorio de Acuicultura del Departamento de Veterinaria y Zootecnia de la División de Ciencias de la Vida

(DICIVA), Campus Irapuato-Salamanca de la Universidad de Guanajuato (20° 44' 34.42" Norte y 101° 19' 50.7" Oeste; 1,745 metros sobre el nivel del mar). En cuanto a los peces, se usó Tilapia Roja (*O. aureos*), para las plantas acuáticas se utilizó Cola de Zorro (*M. aquaticum*) y Lechuga de Agua (*P. stratiotes*). En este experimento se realizó la evaluación de seis tiempos de retención hidráulico en las dos especies de plantas (60, 90, 120, 150, 180, 210 minutos), el cual es fundamental, ya que de esta forma se determinó el mejor TRH para la mayor captación de nitratos por parte de las plantas acuáticas. Se utilizaron tres sistemas acuapónicos individuales, cada sistema estuvo integrado por un estanque en forma rectangular con un volumen efectivo de flujo (VEf)= 4.5 metros cúbicos (m³); un sedimentado-clarificador de 250 litros, 4 filtros físicos con una capacidad de 100 L c/u, un filtro biológico de 400 L, y a su vez, estos sistemas estuvieron conformados por dieciocho camas hidropónicas, cada una con una capacidad de 0.2 m³ de volumen y 1.2 m² de superficie de siembra.

El agua formaba un movimiento interno el cual era generado por una bomba sumergible (BOYU DJ4P-3000 ECO), que a su vez hizo necesario que se activara un compresor (BOYU ACQ-009) que inyectaba aire de forma continua en cada estanque (60 L por minuto), a través de una manguera de silicón conectada a difusores de piedra, esto para mantener los niveles adecuados de oxígeno que requieren las tilapias para su mantenimiento.

Después de siete días de recirculación del agua se inició la toma de parámetros fisicoquímicos pH, oxígeno disuelto (OD, mg/L), temperatura (°C) y nitratos con un equipo multiparámetros (YSI Mod. Professional Plus), a la entrada y a la salida de las camas hidropónicas. Fueron sembrados 22.2 k en base húmeda de peces por estanque con un CV de 0.28%, 300 peces con peso de 70 ± 20 g. Las tilapias se alimentaron con alimento balanceado comercial específico para la especie (NUTRIPEC, Purina) con una humedad de 12.00 %, proteína 40.00 %, grasa 9.00 %, fibra cruda 3.00 %, cenizas 8.00 %, E.L.N 28.00 %, el cual se

suministró a razón del 3 % del peso vivo (9:00, 13:00 y 17:00 h).

- *Análisis estadístico*

Los datos obtenidos fueron analizados por medio de un ANOVA factorial, donde para el experimento los factores fueron A: Especie de Planta y B: Tiempo de Retención Hidráulica. La comparación de medias se realizó mediante una prueba de Duncan. Previamente, se revisó la normalidad y homocedasticidad de los datos. El programa que se utilizó para el análisis fue el Statgraphics Centurion. Los datos se reportaron como Medias ± Error Estándar y las diferencias estadísticamente significativas cuando P < 0.05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con nuestros resultados, existe diferencia estadística significativa en la variable TRH, pero no entre las especies de hidrófitas. Tampoco se observó interacción entre los factores A y B. El TRH afecta de forma directa la capacidad de las hidrófitas evaluadas para la absorción de nitratos de los efluentes de estanques de cultivo



de tilapia roja en acuaponía.

Figura 1. Sistemas acuapónicos utilizados en el proyecto (Laboratorio de Acuacultura, Universidad de Guanajuato, Jairo Ávalos May, 2017).

En el cuadro 1, se observa que ambas especies absorben similarmente los nitratos.

Tabla 1. Absorción de nitratos para las especies acuáticas evaluadas (mg/L).

Especie planta	Medias	EE
Cola de Zorro	43.07	2.85
Pistia	39.54	2.85

En el Cuadro 2, se pueden observar los tiempos de retención hidráulica, donde se aprecia que 210 min es el TRH con la mayor captación de nitratos por parte de las plantas evaluadas.

Tabla 2. Absorción de nitratos de acuerdo con el TRH evaluada (P=0.0000).

TRH	Absorción de nitrato (mg/L)
60	14.98 ± 4.94 d
90	22.88 ± 4.94 cd
120	35.64 ± 4.94 c
150	53.85 ± 4.90 b
180	51.95 ± 4.94 b
210	68.51 ± 4.90 a

El N inorgánico en general es absorbido por las plantas en forma de NO_3^- aunque en algunas circunstancias pueden asimilar iones de NH_4^+ . Según Mengel y Kirkby (1987), sostuvieron que ambas formas, NO_3^- NH_4^+ , pueden ser absorbidas y metabolizadas por las plantas, aceptando que el NO_3^- es frecuentemente la fuente preferencial para el crecimiento, aunque esto depende de la especie de la planta que se trate y otros factores ambientales [14]. En este contexto, Salisbury y Ross (1994) indicaron que en general, las plantas cultivadas y muchas especies nativas absorben la mayor parte del N en forma de NO_3^- , debido a que el NH_4^+ es oxidado a NO_3^- con mucha rapidez por parte de las bacterias nitrificantes [15].

El tiempo de retención hidráulico es un factor importante en la absorción de nitratos en las plantas ya que el mismo es clave para que las plantas en dicho tiempo puedan obtener los nutrientes necesarios disponibles en el agua y de esta manera muestren mejor desarrollo el cual estará reflejado en la calidad de la misma (11).

CONCLUSIONES

1. Las hidrófitas evaluadas tienen capacidad para absorber el nitrato presente en el agua de cultivo de tilapia roja.
2. El tiempo de retención hidráulica afecta de forma directa la capacidad de absorción de nitratos presente en el sistema.
3. *Myriophyllum aquaticum* y *Pistia stratiotes*, pueden ser utilizadas como parte de los filtros biológicos en sistemas acuapónicos para el cultivo de tilapia.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios y a la Universidad de Guanajuato por brindarme la oportunidad de realizar el verano de investigación en tan distinguida casa de estudios. Asimismo, este trabajo estuvo asesorado por la Dra. Rosario Martínez con quien estoy muy agradecida por haberme aceptado a colaborar en esta investigación. Al Ing. Agr. Jairo Ávalos May y al M.Sc. Juan Francisco Fierro Sañudo por su apoyo constante en mi estancia, a mi alma máter la Universidad de San Carlos de Guatemala y a mi familia.

REFERENCIAS

- [1] Malcolm, J. (2005). Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponic system. Joel Malcolm (Ed.) Western Australia.
- [2] Parker, R. (2002). Aquaculture Science. (2nd Ed.) Delmar. Albany, NY. USA.
- [3] DOF. Diario Oficial de la Federación., (2011). Carta Nacional Acuícola. p 39-40.

- [4] Mateus, J. (2009). Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. En: RED hidroponía. Boletín No. 44; p7-10.
- [5] Van Gorder, S. (2003). Scale aquaculture aquaponics: the new and the nostalgic. *Aquaponics Journal*, 7 (3): 14-17.
- [6] Martins, C.I.M., Eding, E.H., Schneider, O., Rasmussen, R., Olesen, B., Plesner, L., Ver-reth, J.A.J. (2005) Recirculation aquaculture systems in Europe. (1st ed.). Oostende, Belgium.
- [7] Diver, S. (2005) Aquaponics — Integration of ATTRA Hydroponics with Aquaculture. En: ATTRA.; p1-28.
- [8] Kotsen, B.; Appelbaum, (2010) S. An investigation of aquaponics using brackish water resources in the Negev Desert. En: *Journal of Applied Aquaculture*. Vol. 22; p297-320.
- [9] Nelson, L.R (2008). *Aquaponics food production. Raising fish and profit.* (1st. Ed.). Virgin Islands. Nelson and Pade, Inc., 218p. ISBN 978-0-977969616.
- [10] Pec Hernández J.F., Martínez Yáñez, R. (2016). Producción de plantas acuáticas con potencial forrajero cultivadas en acuaponía. Vol. 2 no. 1, Verano de la Investigación Científica, 2016.
- [11] Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan, W.B., and Hassan, A., (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plants rations in recirculation aquaponics system. En: *Bioresource Technology*.; 110(5):1511-1517
- [12] Bonilla-Barbosa, J.R. (2007). Flora acuática vascular, en I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana. unam–Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, México, pp. 113-128.
- [13] Bonilla, B.J.R., y Santamaría, A.B., (2014). Plantas acuáticas exóticas y trasladadas invasoras, en R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad*, México, pp. 223-247. Recuperado de <http://esdocs.com/doc/87612/universidad-aut%C3%B3noma-del-estado-de-morelos-voces-y-trazos>
- [14] Mengel, K. and E. A. Kirfby. (1987). *Principies of Plant Nutrition.* (4 ed). International Potash Institute. Bern, Switzerland. 687 p.
- [15] Salisbury, F. B. and C.W. Ross. (1994). *Fisiología Vegetal.* Grupo Editorial Iberoamérica. México, D.F.