

Capacidad de absorción de nitratos de plantas acuáticas cultivadas en acuaponía

Valeria Monstserrat Merlín Cosmes (1), Rosario Martínez Yáñez (2)

1 Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca | valeriacomes@yahoo.com

2 Departamento de Agronomía, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato | ar.martinez@ugto.mx

Resumen

La acuaponía se considera una alternativa tecnológica dirigida al desarrollo sostenible, donde es posible obtener en un mismo ciclo de producción biomasa animal y vegetal (peces y forrajes). En este sistema de recirculación acuícola los desechos producidos por algún organismo acuático son convertidos por medio de acción bacteriana en nutrientes necesarios para el crecimiento de vegetales, además, el sistema acuapónico tiene la ventaja de consumir menor cantidad de agua que los sistemas de recirculación acuícola convencionales, sistemas de cultivo hidropónico y cultivos de plantas a cielo abierto. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la producción de dos plantas acuáticas, Cola de Zorro (*Myriophyllum aquaticum*) y Trébol Acuático (*Limnobium laevigatum*) con potencial para uso forrajero, integrado al cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), como alternativa para la alimentación animal, así como, su capacidad de absorción de nitratos. Debido a que esta investigación sigue en proceso, se presentan datos preliminares de absorción de nitratos. De acuerdo a los valores registrados hasta el día de hoy, *Myriophyllum aquaticum* ha presentado mayor absorción de nitratos que *Limnobium laevigatum*, sin embargo, se observan valores de concentración de este compuesto menores a lo reportado en la literatura como tóxicos para el consumo animal.

Abstract

Aquaponics is considered an alternative technology directed to sustainable development, as it allows in one cycle plant and animal biomass production (fish and fodder). In this recirculating aquaculture system waste produced by an aquatic organism is converted by bacterial action in nutrients required for plant growth also the aquaponics system has the advantage of consuming less water than conventional RAS, hydroponic systems and traditional plant crops. The aim of this study was to evaluate the production of two water plants, Foxtail (*Myriophyllum aquaticum*) and Water Clover (*Limnobium laevigatum*) with potential for fodder use, integrated with tilapia cultivation (*Oreochromis niloticus*), as an alternative for animal feed and its ability to absorb nitrates. Because this investigation is still in progress, preliminary data is presented related to nitrate absorption. According to data registered until today, *Myriophyllum aquaticum* presented higher nitrates absorption than *Limnobium laevigatum*, however, observed concentration values of this compound is lower as reported in literature as toxic for animal consumption.

Palabras Clave

Plantas acuáticas, forrajes, acuaponía, producción sustentable, tilapia.

INTRODUCCIÓN

Sistema acuapónico

La acuaponía es un sistema de recirculación donde se producen al mismo tiempo plantas de forma hidropónica integrada a la acuicultura [1]. En términos generales, la acuaponía es un sistema de producción en el cual los desechos de algún organismo acuático (por lo general peces), son transformados a través de la acción bacteriana en nitratos, éstos sirven como fuente de alimento para las plantas. El principio se basa en que los nutrimentos necesarios para el desarrollo y crecimiento de las células vegetales, son muy similares a los desechos producidos por los organismos acuáticos que son liberados en el agua resultado del metabolismo de proteínas. Posteriormente, las plantas funcionan como filtros biológicos y toman del agua lo que necesitan, y así, al absorber estos compuestos, limpian el líquido que regresa a los peces, permitiendo a éstos últimos desarrollarse en un medio óptimo para su crecimiento y desarrollo [2]. El principio biológico para el adecuado funcionamiento del sistema acuapónico se basa en el ciclo del nitrógeno y cuenta con tres constituyentes biológicos importantes: los peces, las bacterias nitrificantes y las plantas, los cuales se encuentran en una estrecha relación. Existen dos grupos bacterianos importantes para que los sistemas funcionen de forma correcta, los géneros *Nitrosomonas* y *Nitrobacter*. La descomposición de los restos de alimento y la excreción de los peces liberan amoníaco al agua, el cual se ioniza en amonio [3], y este es convertido en nitrito por las *Nitrosomonas* y posteriormente este nitrito es transformado en nitrato por las *Nitrobacter* [4]. Para que las plantas tengan un crecimiento y desarrollo adecuados deben incorporar a sus células nitrógeno en forma de nitratos para la síntesis de aminoácidos [5]. En la alimentación animal, cuando la concentración de nitratos supera las 5,000 ppm en los forrajes, se manifiestan signos como abortos al final de la gestación o el nacimiento de animales débiles [6], se retarda el crecimiento de los individuos, se reduce la producción de leche, e interfiere con la utilización de la vitamina A [7].

Sin embargo, otros autores mencionan que el límite crítico es de 2,000 a 3,000 ppm [8]. Uno de los parámetros clave a considerar en el manejo de sistemas de acuaponía es el Tiempo de Retención Hidráulico (TRH), que es como su nombre lo indica, el tiempo que el agua es retenida dentro del sistema con el objetivo de llevar a cabo la sedimentación de partículas de gran tamaño o para remover nutrientes, como los nitratos, por medio del cultivo vegetal.

Características de *Oreochromis niloticus*

La especie acuática más utilizada en proyectos de acuaponía es la tilapia, ya que es tolerante a las fluctuaciones de los parámetros del agua como son el pH, temperatura y conductividad eléctrica [9]. Vive en ambientes acuáticos dulceacuícolas y salobres como ríos, arroyos, lagos y lagunas costeras [10]. Es conocida por su fácil reproducción y rápido crecimiento, adaptándose a altas densidades, acepta una gran variedad de alimentos tanto naturales como artificiales, es resistente a enfermedades, tiene una tasa alta de crecimiento y puede sobrevivir en condiciones de bajas concentraciones de oxígeno y diferentes salinidades.

Plantas acuáticas con potencial para uso forrajero

El uso de plantas hidrófitas como insumo para la alimentación de animales acuáticos y de granja se ha venido incrementando debido a su alta tasa de crecimiento, su buena palatabilidad, interesante contenido en proteínas, bajo nivel de fibras y presencia de cenizas en concentraciones aceptables [11]. Las plantas que son utilizadas para forraje deben de tener ciertas características, como son: tener gran capacidad de adaptación y persistencia, eficiente crecimiento y perdurabilidad, altas producciones de biomasa de buena calidad y un alto grado de aceptación por los animales [12]. Muchas especies vegetales acuáticas que son consideradas plagas, cumplen con estas características por su alta tasa de crecimiento, palatabilidad, buen nivel de proteínas, bajo contenido en fibras y presencia de cenizas, lo que las ha convertido en excelentes suplementos

nutricionales para animales e inclusive hasta para consumo del ser humano [13].

Limnobium laevigatum es una planta acuática que se desarrolla en ambientes lénticos, es capaz de soportar altos grados de eutrofización y de contaminación con materia orgánica. Si las condiciones son favorables (baja radiación solar), puede llegar a florecer [14].

Myriophyllum aquaticum es una especie vegetal acuática de rápido crecimiento que en condiciones favorables es capaz de crear grandes masas, hasta el extremo de que en muchos lugares esté catalogada como planta invasiva por obstaculizar el flujo normal del agua, y llegan incluso a alterar seriamente los ecosistemas de lagos y ríos [15].

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Unidad Experimental de Acuicultura, ubicada en la División de Ciencias de la Vida (DICIVA), Campus Irapuato-Salamanca, de la Universidad de Guanajuato. El TRH es un parámetro importante a considerar en el cultivo de plantas en acuaponía, por lo cual, se montó un experimento para determinar la capacidad de absorción de nitratos, de acuerdo a éste parámetro y a la especie vegetal. Fue utilizado un sistema acuapónico, el cual constituía de un estanque circular (5 m³), un filtro físico (dos sedimentadores de 250 L c/u y tres camas de separación de sólidos de 400 L c/u), un filtro biológico (dos contenedores de 400 L c/u) y 15 camas hidropónicas (CH) de fibra de vidrio (de 59 cm de ancho x 150 cm de largo x 5 cm de altura para contener 45 L c/u), (Figura 1), con el objetivo de contar con cinco tratamientos (TRH) y con tres camas de experimentación cada uno (Figura 2). En una CH se colocaron especímenes de *Limnobium laevigatum*, en otra *Myriophyllum aquaticum* y la tercera como control (sin plantas). Se manejaron cinco tiempos de retención hidráulica (40, 50, 60, 70 y 80 minutos). Se realizó la obtención de las plantas acuáticas a utilizar en el experimento, tomando materia fresca que se dejó escurrir en una red por 20 minutos para quitar el exceso de agua, después de esto se pesaron 350 gramos de cada especie vegetal por tratamiento (Figura. 3) y así proceder a la siembra de éstas en las camas de experimentación. Para determinar la hora donde se registraron los niveles

más altos de nitratos, se llevó a cabo un experimento preliminar. Se realizó la medición de los niveles de nitratos cada 30 minutos de 9:00 a 17:00 h en el filtro biológico durante tres días consecutivos, siendo las 13:00 h, la hora del día con los niveles más altos. Ya establecida la hora, se procedió a medir dos veces por semana los niveles de nitratos en el filtro biológico con un equipo dual Professional Plus YSI 12D100050, y de acuerdo a los tiempos de retención de cada tratamiento se midieron los niveles de nitratos en las salidas de cada cama, ésto con el fin de establecer que especie vegetal tenía la mayor capacidad de captar nitratos. Para ello, en el TRH de mayor absorción se tomaron muestras de plantas de *L. laevigatum* y *M. aquaticum*, las cuales, se secaron en un horno a 60°C hasta lograr peso constante. Dichas muestras fueron enviadas a un laboratorio especializado en nutrición animal donde fue determinada la concentración de nitratos del tejido vegetal en base seca. Se realizó una prueba de T de Student (muestras pareadas) para determinar diferencia entre los forrajes.



Fig. 1. Camas hidropónicas.

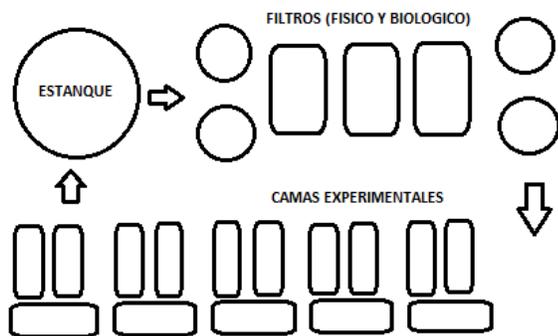


Fig. 2. Diseño del modelo de recirculación acuapónico.



Fig. 3. A la derecha *Myriophyllum aquaticum*, a la izquierda *Limnobium laevigatum*.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Es importante mencionar, que los resultados aquí presentados son preliminares y forman parte de una investigación que se encuentra en proceso. De acuerdo a los datos obtenidos hasta el momento, se observó que *Myriophyllum aquaticum* tiene mayor capacidad de absorción de nitratos que *Limnobium laevigatum* en todos los TRH evaluados (Figura 4). Sin embargo, el tratamiento control registró una mayor eliminación de este compuesto.

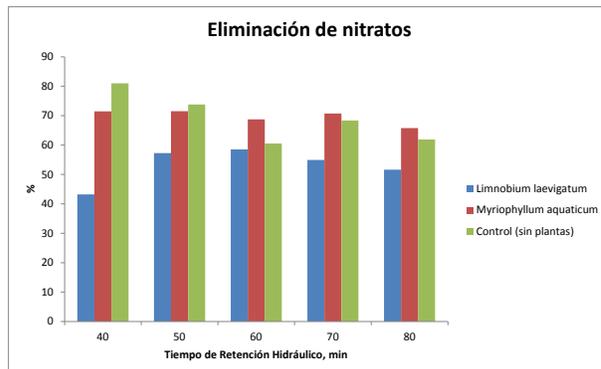


Figura 4. Porcentaje de eliminación de nitratos de acuerdo a la especie vegetal y al TRH.

En los sistemas de recirculación acuícola convencionales, los nitratos se pierden en la atmósfera a través de torres de gasificación (Timmons y Ebeling, 2010) [16]. Es relevante el papel que juegan las plantas en acuaponía, ya que éstas al formar parte de los filtros biológicos, absorben compuestos nitrogenados que son utilizados para la producción de biomasa (Espinosa et al., 2014) [17], de esta manera, se aprovechan los nutrientes disueltos en el agua que provienen del estanque de los peces, haciendo este sistema una alternativa sustentable en la producción de alimentos, tanto para consumo humano (peces) como animal (forraje). En cuanto al contenido de nitratos en las plantas, se determinaron 813.67 ± 84.1 y 453.67 ± 107.0 para *Limnobium laevigatum* y *Myriophyllum aquaticum*, respectivamente. La prueba de T, no mostró diferencias estadísticas significativas entre ambas especies. De acuerdo con Ehlig y Hagemann (1982), los valores máximos de nitratos en plantas para consumo deben de 2,000 ppm, por lo cual, las especies aquí evaluadas no representan un riesgo para la salud de los animales al ser utilizadas como forraje. Consideramos importante realizar estudios de producción de las plantas aquí evaluadas, así como, la caracterización nutrimental de las mismas y el balance de biomasa animal y vegetal. Los valores de parámetros fisicoquímicos de calidad de agua durante el experimento fueron los adecuados para el crecimiento y desarrollo óptimo de *Oreochromis niloticus*, como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Comparación de los parámetros fisicoquímicos.

Parámetros	Rango del experimento	Rango Óptimo	Referencia
Oxígeno Disuelto	4.99-7.02	>3 mg/L 3-5 ppm 5-9 mg/L 5 mg/l	(DOF, 2011) (Fragoso y Auró, 2006) (Saavedra-Martínez, 2006) (SDA, 2012).
pH	7.74-7.85	6.5-8.5 6.5-7.5 6-9 7-8	(DOF, 2011) (Fragoso y Auró, 2006) (Saavedra-Martínez, 2006) (SDA, 2012)
Nitratos (mg/L)	46.68-87.52	<5 1.5-2.0 0-400	(Saavedra-Martínez, 2006) (Timmons, 2010)
Temperatura °C	24.90-25.6	25-32 20-30 25-32 22-30	(DOF, 2011) (Fragoso y Auró, 2006) (Saavedra-Martínez, 2006) (SDA, 2012)

CONCLUSIONES

El TRH es un parámetro clave en la producción acuapónica, el cual, afecta la eliminación de productos de desecho y por lo tanto la efectividad de los filtros biológicos. *Myriophyllum aquaticum* absorbe un porcentaje importante de nitratos, sin embargo, éste es utilizado para la producción de biomasa a través de la síntesis de proteínas. La concentración de nitratos en ambas especies evaluadas no representan riesgo para el consumo animal, haciéndolas una alternativa forrajera interesante.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guanajuato por haberme hecho partícipe en el Verano de la Investigación Científica 2015.

A la Universidad Autónoma Benito Juárez de Oaxaca, en especial a la Escuela de Medicina Veterinaria y Zootecnia por brindarme el apoyo académico.

A la Dra. Rosario Martínez Yáñez por haberme orientado en la realización de este trabajo, así como la paciencia que demostró durante los incidentes del experimento.

Al Dr. Pedro J. Albertos Alpuche por su apoyo y orientación en lo referente a la ingeniería del sistema, así como en el idioma inglés.

A mi madre, Verónica Cosmes por apoyarme en todo el proceso y ser siempre incondicional.

REFERENCIAS

- [1] Rakocy, J.E. y Hargreaves, J.A. (1993). Integration of vegetable hydroponics with fish culture: a review. In: Wang, J.K. (ed.), Techniques for Modern Aquaculture, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, USA. Pp: 112-136.
- [2] Parker, R. (2002). Aquaculture science. 2ª. Edición. Delmar. Albany, NY. USA.
- [3] Guillaume, J., Kaushik, S., Bergot, P. y Métailler, R. (2002). Nutrición y alimentación de peces y crustáceos. Ed. Grupo Mundi-Prensa, Barcelona, España. Pp: 122.
- [4] Racocy, J. (2005). Questions and Answers. Aquaponics Journal. 37: 8-10.
- [5] Roldán, P.G. y Ramírez, R.J. (2008). Fundamentos de limnología tropical. 2ª edición. Ed. Universidad de Antioquia. Pp: 242.
- [6] Strickland, G., Selk G., Zhang, H. y Step, D.L. (1996) Nitrate toxicity in livestock; Oklahoma Cooperative Extension. Fact Sheet F-2903. 8 p.
- [7] Horrocks, D. R. y Valentine, J. F. (1999). Harvested Forages. Academic Press. San Diego, California, United States of America. 426 p.
- [8] Ehlig, C.F. y Hagemann, R.W. (1982). Nitrogen management for irrigated annual ryegrass in Southwestern United States. Agron. J. 74: 820-823.
- [9] Iturbide Dormon, K. 2008. "Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación". Tesis M. Sc. Ciudad de Guatemala, GT, Universidad de San Carlos de Guatemala. 74 p.
- [10] Fragoso, C. M. y Auró, O. A. (2006). Capítulo 9, Zootecnia Acuicola. En: Introducción a la Zootecnia. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Editor: Trujillo-Ortega, M.E. Editorial: FMVZ, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Pp: 333-345.
- [11] Aponte, H., Segura, C. y Francia, J. C. (2013). Análisis químico proximal de *Limnobium laevigatum* y su potencial para su uso como forraje. Lima, Perú.
- [12] Olivera, Y., Machado, R. y Del Pozo, P.P. (2012). Características botánicas y agronómicas de especies forrajeras importantes del género Brachiaria. Pastos Forrajes Cuba; 19 (1):1-23.
- [13] Reid, J. y Stanley, W. (2003). Exploring duckweed (*Lemna gibba*) as a protein supplement for ruminants using the boer goat (*Capra hircus*) as a model. North Carolina State University, Raleigh.
- [14] San Martín, C. y C. Boeettcher (2004). Importancia ecológica de la heterofilia en *Limnobium laevigatum*. VII Jornada de Investigación Científica, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile. Resúmenes: 194.
- [15] Kissman, K. G. (1997). Plantas infestantes e nocivas. 2. Ed. Sao Paulo: Basf Brasileira. 825 p.
- [16] Timmons, M.B. y Ebeling, J.M. (2010). Recirculating Aquaculture. Segunda edición, Cayuga aqua ventures, N. Y. USA.
- [17] Espinosa, M.E., Angel, S.C., Mendoza, C.J., Albertos, A.P.J., Álvarez-González, C. y Martínez-Yáñez, R. (2014). Herbaceous plants as part of biological filter for aquaponics system. Aquaculture Research, 1-11.