

PRÁCTICAS DE CULTIVO SIN SUELO EN SISTEMA ACUAPÓNICO. PUESTA A PUNTO DE UN MÓDULO EN EL CAMPO ESCUELA

Fontanini, L.¹, Kubach, C.², Valentinuzzi, M.C.^{1,3}

¹Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Departamento de Ingeniería y Mecanización Rural. Cátedra de Física. Córdoba. Argentina.

²Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Cátedra de Acuicultura. Córdoba. Argentina.

³IFEG-CONICET. Córdoba. Argentina.

mcvalentinuzzi@agro.unc.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se presentan avances de los resultados de una práctica de un sistema experimental de acuaponía instalado en el Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, analizando un ciclo de cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* var. colada). En un tanque de 1000 litros de capacidad, se mantienen 40 carpas húngaras (*Cyprinus carpio*), mientras que 45 plantines de lechuga se transplantan en tubos de pvc. Las plantas se abastecen con agua proveniente del tanque de las carpas, con un sistema de recirculación de agua. Se evalúa la evolución del cultivo de plantas a lo largo de un ciclo de 40 días mediante el crecimiento y la ganancia en peso y se registra la biometría correspondiente de peces. El contar con los parámetros adecuados para lograr una estabilización del sistema permite trabajar con otros cultivos de hojas que se adapten a sistemas de cultivo sin suelo.

Palabras clave: Sistema experimental, Cultivo sin suelo, Cultivo de hojas.

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACIÓN

La acuaponía es la integración de la acuicultura y la hidroponía (Graber y Junge, 2009); consiste en una técnica que tiene su lugar dentro del contexto más amplio de la agricultura intensiva sostenible, se pueden generar alimentos en lugares donde la agricultura basada en el suelo es difícil o imposible de realizar (Love et al., 2015; Schneider et al., 2005). El principio básico radica en el aprovechamiento de los desechos de los peces para nutrir a las plantas (Lu y Li, 2006).

En acuaponía el componente hidropónico sirve como biofiltro, por lo que no es necesario utilizar otro filtro como en los sistemas de recirculación. Los cultivos en acuaponía controlan la acumulación de nutrientes residuales procedentes de la acuicultura, lo que reduce el consumo de fertilizantes y agua, sin demeritar la calidad y productividad de los cultivos (Roosta y Mohsentan, 2012; Villalobos-Reyes y González-Pérez, 2016). La alimentación de los peces proporciona la mayor parte de los nutrientes requeridos para el crecimiento de la planta. La acuaponía presenta varias ventajas sobre los sistemas convencionales de producción de alimentos: reduce la cantidad de nitrógeno peligroso en las descargas, la cantidad de agua por su reutilización, los costos de operación por acarreo de agua y el uso de químicos como

plaguicidas y fertilizantes (Diver, 2006; Vermeulen y Kamstra, 2012; Villarroel et al., 2011).

Si bien la producción acuapónica requiere de una inversión inicial elevada, no es necesario que ésta se haga de una sola vez, si no que la transformación de producción tradicional a acuapónica puede ser gradual, aprovechando todos los recursos con los que cuenta el productor hortícola, ahorrando en insumos y aumentando la calidad del producto (Palm et al., 2018).

La importancia de la acuaponía radica en que es un sistema amigable con el medio ambiente, donde no se liberan efluentes de acuicultura; en cambio los mismos se transforman en nutrientes para un cultivo y posteriormente en alimento para personas (Baganz et al., 2022). Este tipo de producción es importante actualmente, ya que la demanda de alimento compite con los ambientes naturales por espacio y recursos; esta estrategia productiva hace eficiente la utilización de los mismos, pudiendo alimentar a un gran número de personas con un bajo impacto ambiental (Yep y Zheng, 2019). La instalación del módulo de acuaponía en el Campo Escuela, brinda una instancia de capacitación para los alumnos en sus prácticas a lo largo de su formación.

DESARROLLO

Descripción del módulo de acuaponía

Se utiliza la modalidad NFT (Nutrient Film Technique), manteniendo 40 carpas húngaras (*Cyprinus carpio*) en un tanque de 1000 litros; dicho tanque contiene en su interior una bomba sumergible (330 litros/hora, 2.5 W) conectada por medio de una manguera con el sistema de filtración mecánica el cual consta de un recipiente de 20 litros que contiene un filtro de partículas sólidas de espuma de poliuretano. A continuación, se encuentra el biofiltro bacteriano con una capacidad de 20 litros con un sustrato inerte que oficia de soporte para las bacterias nitrificadoras (*Nitrobacter* y *Nitrosomas*); éstas transforman el amoníaco a nitrito y posteriormente a nitrato, lo que permite una mejor asimilación de nitrógeno por parte de las plantas y menor toxicidad para la cría de peces.

La salida del sistema de filtración y biofiltración hacia el sistema de hidroponía se realiza con una manguera de polietileno de 12 mm de diámetro.

El sistema de hidroponía está compuesto por 5 caños de pvc dispuestos de manera escalonada, a los cuales se les

realizan perforaciones de 50 mm de diámetro cada 250 mm; dentro de dichas perforaciones se colocan vasos de plástico y goma espuma, para albergar a los plantines. En cada caño de pvc, se disponen 9 plantines (**Figura 1**). Se utiliza una bomba de aire para mantener la oxigenación del agua y una bomba de agua para permitir el transporte de agua con nutrientes hacia las plantas.

Como puede verse en la **Figura 1**, los plantines ubicados en los niveles superiores presentan un crecimiento más rápido; esto se debe a que reciben de manera directa los nutrientes del biofiltro.

El transplante de plantines se realizó una vez que el sistema se encontró estabilizado (entre dos y tres semanas luego de introducir la población de peces), habiendo las bacterias colonizado los biofiltros y el sistema de recirculación, transformando el nitrógeno de forma que pueda ser absorbido por las plantas y sin presentar toxicidad para los peces.

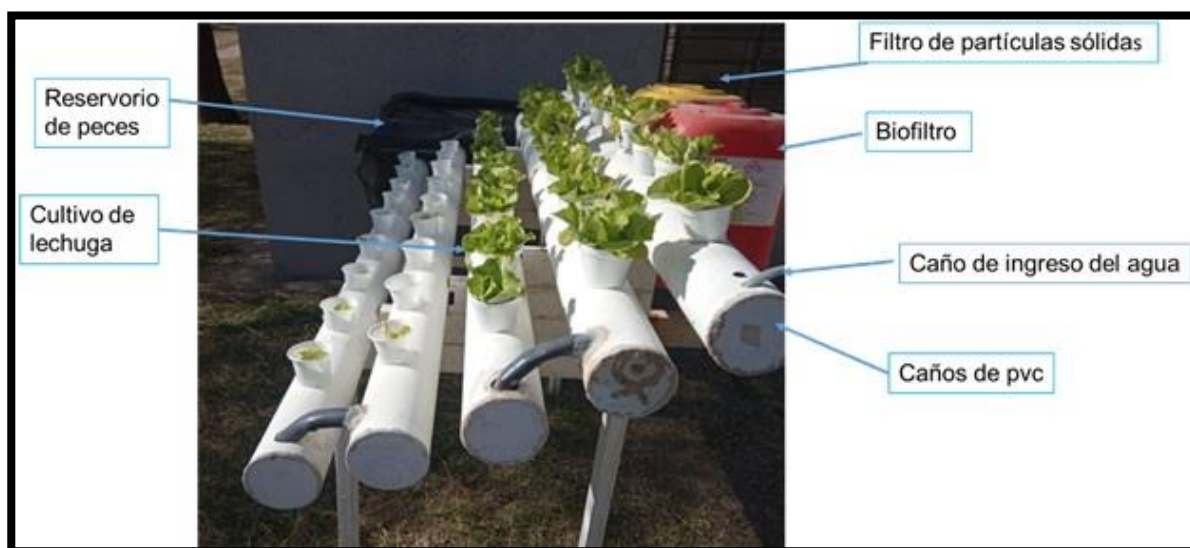


Figura 1. Vista del módulo acuapónico, indicando las partes del mismo.

Determinación de parámetros en el agua del sistema

Previo a la introducción de los peces en el estanque se determinaron los niveles de conductividad eléctrica, valores de PH, temperatura en el agua y oxígeno disuelto (Medidor multiparamétrico AQUACOMBO HM3070 - Oxímetro, Conductímetro, pH y Temperatura- PN: 8483 Fabricante: Trans Instruments).

Biometría del cultivo de lechuga

Se realizó la biometría del cultivo de lechuga, evaluando en cuatro fechas el crecimiento de los plantines durante un período de 40 días (entre octubre y diciembre de 2021) y la ganancia en peso al finalizar el ciclo de cultivo.

a) Determinación de longitud

La medición de longitud se realizó tomando como longitud total desde el extremo distal de la raíz estirada hasta la altura máxima de la hoja mayor. La parte aérea se midió desde el cuello de raíz hasta el extremo de la hoja mayor y la parte radicular desde este mismo punto al extremo de las raíces.

b) Determinación de la ganancia en peso

Debido a las características del cultivo acuapónico, donde las raíces desarrollan un importante volumen para poder capturar los nutrientes disueltos en el agua, con propagación de algas entre éstas compitiendo por los nutrientes y a la vez con presencia de estructuras inorgánicas de sujeción cargadas con agua, no resulta posible realizar determinaciones intermedias del peso a

lo largo del ciclo productivo; por esta razón, se trabaja considerando los pesos iniciales y finales.

La metodología para poder obtener un peso aproximado de la planta de lechuga consiste en dotar a cada una de las plantas exactamente con la misma estructura de soporte. Se extrae del medio de cultivo la planta, dejándola escurrir durante dos minutos; este tiempo debe ser suficiente para que libere la mayor cantidad de líquido posible pero sin exceder el plazo donde la planta comienza a estresarse. Posteriormente, se exprime levemente la masa radical con papel absorbente, se pesa y rápidamente se restituye la planta a medio de cultivo.

Biometría del cultivo de peces

El crecimiento de los peces es el incremento en peso y talla a lo largo de un tiempo determinado. Está relacionado con factores como la alimentación, la digestión, parámetros ambientales y metabolismo.

Se realizó la biometría de los peces para medir la evolución de estos en cuanto a su peso y largo, coincidiendo con el inicio y la finalización del ciclo de cultivo. Para ello se colocaron los peces en un recipiente con benzocaína para relajarlos; se midió la longitud y posteriormente se llevaron a una balanza de precisión (0.1 mg; ESCALI-P115C, USA) para obtener el peso en gramos. Luego de realizada cada biometría, los peces fueron devueltos al tanque.

Los peces se alimentaron diariamente, tres veces al día, entre las 8:00 y 13:00 h a una tasa calculada sobre 7% del peso corporal por pez. La ración de alimento (**Tabla 1**) fue administrada de acuerdo a la biomasa presentada al momento del muestreo.

Tabla 1. Composición del alimento.

Componentes	Porcentaje
Proteína	46
Grasa	2
Ceniza	12
Humedad	13
Fibra	4

RESULTADOS

Determinación de parámetros en el agua

Para el sistema de cría de peces, resulta adecuada una solución alcalina, pero a su vez, un pH alto puede afectar al crecimiento de las plantas (Savidov, 2004); por lo tanto, es necesario establecer un compromiso entre ambos requerimientos, siendo aceptables valores de pH entre 5.8 y 7. El valor promedio de pH obtenido es 7.

Los valores de temperatura del agua se tomaron entre las 08:00 hs y las 18:00 hs, encontrándose la misma entre 15° y 27°, siendo la recomendada entre 13° y 26° (Savidov, 2004).

La conductividad eléctrica es una medida de la concentración de sales disueltas. Los valores medidos se encontraron entre 1.6 y 1.9 mS/cm, estando los valores recomendados entre 1.5 y 3 mS/cm (Palm et al., 2018). Los valores determinados de oxígeno disuelto se encuentran entre 5 y 7 mg/litro, siendo el valor recomendado mayor a 4 mg/litro (Palm et al., 2018).

Biometría del cultivo de lechuga

a) Determinación de longitud

La evolución de la longitud de la parte aérea a lo largo de 40 días se representa en la **Figura 2**, en tanto que la evolución de la longitud radicular se representa en la **Figura 3**. La enumeración de los grupos (G1, G2, G3, G4, G5) corresponde a la ubicación del caño de cultivo, siendo el Grupo 1 (G1) correspondiente al caño superior.

En los cultivos de hoja, las raíces se encargan de absorber agua y nutrientes que al pasar a las hojas dan lugar a la producción de fotoasimilados. De esta manera, la longitud de la parte aérea representa la distribución de los fotoasimilados que se producen en la planta.

El proceso de trasplante genera estrés en las plantas de lechuga, impactando en su crecimiento. Por ese motivo, se observa en la **Figura 2** que la longitud presenta en todos los grupos un valor inferior en la segunda fecha, evolucionando posteriormente su crecimiento de manera favorable.

Se observa en la **Figura 3** una disminución de la longitud radicular debido a un proceso de rejuvenecimiento radicular para favorecer la absorción de nutrientes.

b) Determinación de la ganancia en peso

Los valores determinados de ganancia en peso a lo largo del ciclo de cultivo analizado se muestran en la **Figura 4**. La enumeración de los grupos corresponde a la ubicación del caño de cultivo, siendo el Grupo 1 (G1) correspondiente al caño superior.

Al momento del trasplante el peso fresco promedio de los plantines es de 24,5 g y al finalizar el ciclo de cultivo, se calcula el peso fresco promedio de 68,5 g al momento de cosecha. Y se informa una ganancia en peso promedio por planta de 49,0 g.

Tabla 2. Parámetros del cultivo de peces.

Parámetro	Valor obtenido
Longitud inicial (cm)	14,9
Longitud final (cm)	18,1
Peso inicial (g)	78,3
Peso final (g)	122,2
Supervivencia (%)	90

Cultivo de peces

En la **Tabla 2** se muestran los valores promedios obtenidos para los parámetros del cultivo de peces. El alimento empleado de marca comercial posee un bajo valor nutricional para el crecimiento de una población de

peces en este sistema. Por lo tanto, se propone una futura investigación con una nueva dieta comparando con tratamiento testigo.

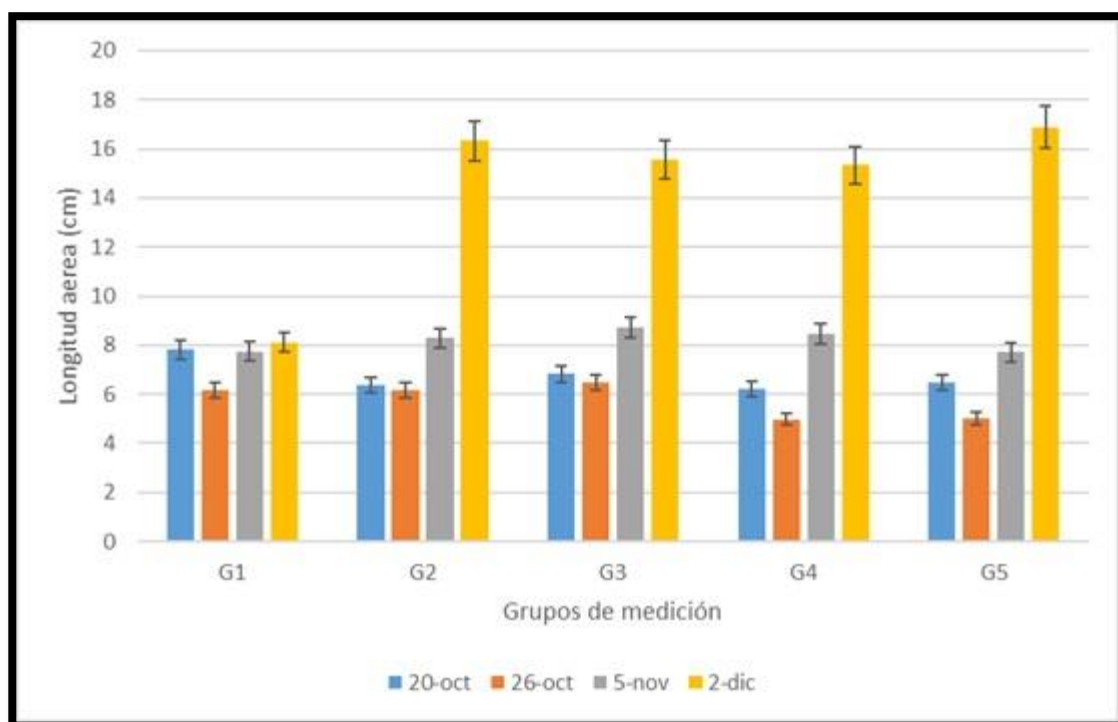


Figura 2. Longitud de parte aérea en las cuatro fechas de medición.

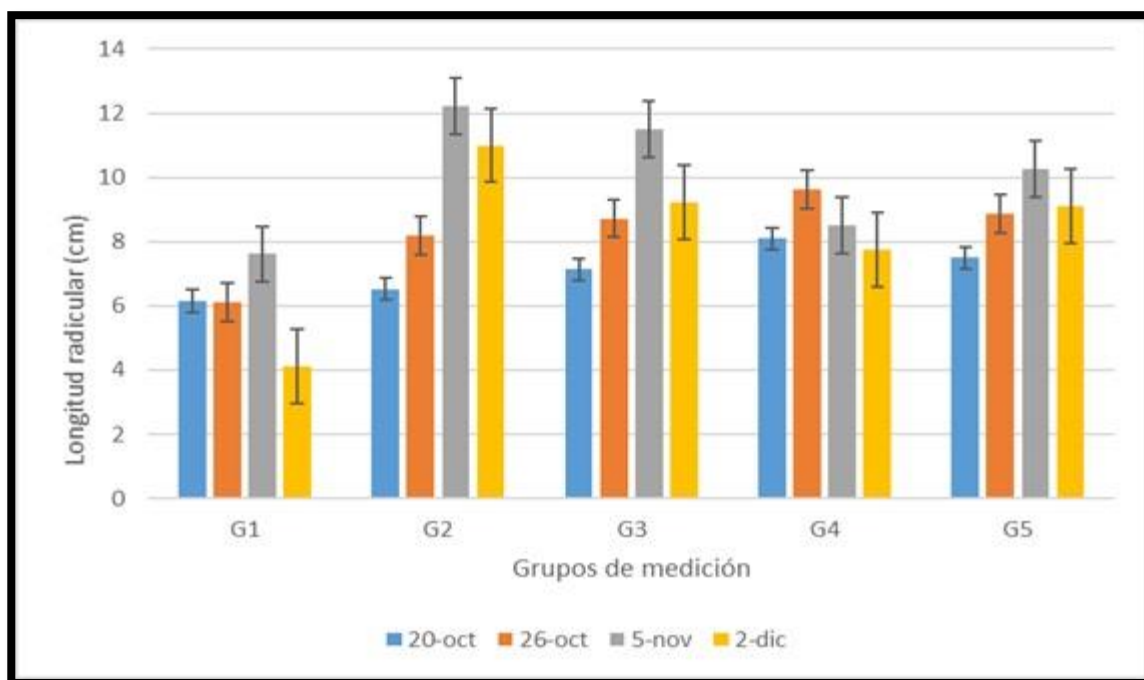


Figura 3. Longitud radicular para las cuatro fechas de medición.

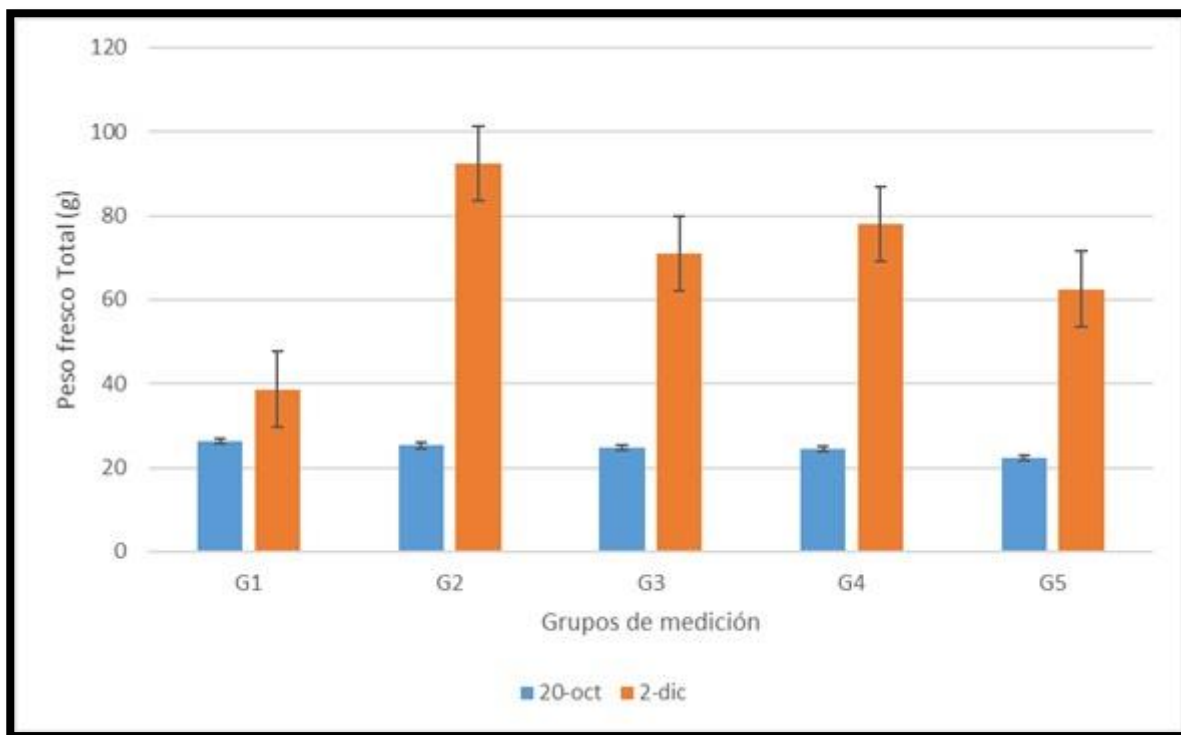


Figura 4. Peso fresco total al iniciar y al finalizar el cultivo.

CONCLUSIONES

Los sistemas acuapónicos representan una alternativa viable para integrar los sistemas de acuicultura e hidroponía. Desde el punto de vista ecológico, es una forma eficaz de reducir el impacto ambiental aprovechando los nutrientes generados por la acuicultura y la reutilización del agua, resultando favorable en terrenos no cultivables (desiertos, suelos salinos). Este sistema produce los beneficios de la hidroponía y de la acuicultura y por ello resulta de importancia su aplicación en las regiones áridas, en las cuales el agua es un recurso escaso o limitado y donde resulta crucial lograr formas innovadoras de producción.

Para la ejecución del sistema acuapónico, se ponen en práctica conceptos que los alumnos de las carreras de Ingeniería Agronómica e Ingeniería Zootecnista de la Facultad de Ciencias Agropecuarias incorporan a largo de su formación; por este motivo, la instalación del módulo de acuaponía en el Campo Escuela representa una importante herramienta para realizar prácticas de iniciación profesional.

BIBLIOGRAFÍA

Baganz, G. F., Junge, R., Portella, M. C., Goddek, S., Keesman, K. J., Baganz, D., Kloas, W. 2022. The aquaponic principle—It is all about coupling. *Reviews in Aquaculture* 14(1): 252-264.

Diver S. 2006. Appropriate technology transfer for rural areas. Fayetteville AR North Carolina, USA 1-28 pp.

Graber A., Junge R. (2009) Aquaponic systems: nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 246: 147-156.

Love D.C., Uhl M.S., Genello L. 2015. Energy and water use of a small-scale raft aquaponics system in Baltimore, Maryland, United States. *Aquac Eng* 68:19–27.

Lu J., Li X. 2006. Review of Rice-Fish-Farming Systems in China—One of the Globally Important Ingenious Agricultural Heritage Systems (GIAHS). *Aquaculture* 260(1):106–113.

Palm H.W. Knaus, U., Appelbaum, S. 2018. Towards commercial aquaponics: a review of systems, designs, scales and nomenclature. *Aquaculture International* 26(3) 813-842.

Roosta R. H., Mohsenian Y. 2012. Effects of foliar spray of different Fe sources on pepper (*Capsicum annum* L.) plants in aquaponic system. *Scientia Horticulturae* 146:182-191.

Savidov N. 2004. Evaluation and development of aquaponics production and product market capabilities in Alberta. *Brooks AB Crop Diversification Centre South, Canada* 67 pág.

Schneider O., Sereti, V., Eding, E.H., Verreth, J.A.J. 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 32: 379-401.

Schneider, O.; Sereti, V.; Eding, E. H. and Verreth, J. A. J. 2005. Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems. *Aquac. Engin.* 32:379-401.

Vermeulen T., Kamstra A. 2012. In: International Symposium on Soilless Cultivation 1004: 71–77.

Villalobos-Reyes S., González-Pérez E. 2016. Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sistema de acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 17(5): 983-992.

Villarroel M., Alvariño J.M.R., Duran J.M. 2011. Aquaponics: integrating fish feeding rates and ion waste production for strawberry aquaponics. *Spanish Journal of Agricultural Research* 9(2):537–545.

Yep, B., Zheng, Y. 2019. Aquaponic trends and challenges– A review. *Journal of Cleaner Production* 228: 1586-1599.