



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

PRODUCCIÓN DE TILAPIA Y ACELGA BAJO EL SISTEMA DE ACUAPONIA COMO TÉCNICA SUSTENTABLE

*Biól. Griselda de la Paz Rodríguez, Dr. Javier Marcial de Jesús Ruíz Velazco
Arce, Dra. Cecilia Rocío Juárez Rosete y Dr. Óscar Irám Zavala Leal.

*E-mail: parog_bio2009@hotmail.com Universidad Autónoma de Nayarit.

RESUMEN

La acuaponia es la integración de la producción de plantas en recirculación con la producción de peces. En el presente estudio, se comparó un sistema de cultivo integrado tilapia-acyelga (acuaponia) con un sistema hidropónico en invernadero. El experimento se desarrolló en la Universidad Autónoma de Nayarit, durante 2012-2013. El modulo experimental consistió en seis sistemas de recirculación, en un arreglo de dos tratamientos con tres repeticiones. Se registraron las variables fisicoquímicas de la calidad del agua en los tanques de cultivo de peces y en las camas de cultivo de acelgas y se monitoreó la temperatura ambiente (TA) y humedad relativa (HR). Respecto a la producción de tilapia se midió: longitud, peso y supervivencia, y en el cultivo de acelga: longitud, ancho, número y biomasa de las hojas. Los resultados indicaron que las variables físico-químicas en peces y plantas estuvieron dentro del intervalo óptimo, excepto la temperatura de los tanques de peces que fue inferior y el pH en plantas fue superior al recomendado en la literatura. El número de hojas y biomasa de las hojas de acelga en los sistemas hidropónicos fue en promedio mayor comparado al de los sistemas acuapónicos. De acuerdo a las mediciones de longitud y ancho de las hojas de acelga, el crecimiento fue similar entre tratamientos. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el rendimiento entre ambos tratamientos. Aunque el rendimiento productivo fue mayor en el sistema de hidroponia sin embargo en comparación de este cultivo en suelo, los sistemas de acuaponia e hidroponia resultaron con mayor rendimiento.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

PALABRAS CLAVE

Acuaponia, hidroponia, sistemas integrados, sustentable, recirculación.

ABSTRACT

Aquaponics is the integration of production plants in recirculating fish production. In this research, was compared an integrated culture system tilapia-chard (aquaponics) with a hydroponic system in the greenhouse. The experiment was conducted at the Autonomous University of Nayarit, during 2012-2013. The module consisted of six experimental recirculating systems, in an arrangement of two treatments with three replications. Physicochemical variables of water quality in the fish culture tanks and beds of chard cultivation were recorded and ambient temperature (AT) and relative humidity (RH) was monitored. Regarding the production of tilapia was measured: length, weight and survival, and the cultivation of chard: length, width, number and biomass of leaves. The results indicated that the physicochemical variables in fish and plants were in the optimum interval, except the temperature of the fish tanks was lower and the pH in plants was higher than that recommended in the literature. The number of leaves and biomass chard leaves in hydroponic systems was on average higher compared to the aquaponic systems. According to the measurements of length and width of the chard leaves, growth was similar between treatments. However, there were significant differences ($p < 0.05$) were found in yield between the two treatments.

Although the yield was higher in the hydroponics system, but compared to this crop in soil, hydroponics and aquaponics systems resulted in higher yield.

KEY WORDS

Aquaponics, hidroponics, integrated systems, sustainable, recirculation.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

INTRODUCCIÓN

Echarri (1998), establece que la agricultura moderna ha multiplicado los impactos negativos sobre el ambiente; la destrucción y salinización del suelo, la contaminación por plaguicidas y fertilizantes, la deforestación o la pérdida de biodiversidad genética, por lo que Trevizan (2011), indica que esta situación obliga a todos los involucrados en esta actividad a tomar conciencia y aumentar significativamente las prácticas que mejoren su uso.

La hidroponia ofrece una alternativa importante al generar más producción en menos terreno (Alpizar, 2004), el uso hidropónico del agua es 70 a 90 veces menor que el utilizado en los cultivos tradicionales (Castillo, 2001), ya que se minimizan las pérdidas por infiltración y evaporación. Las desventajas del cultivo en hidroponia son la necesidad de la formulación frecuente de la solución nutritiva (Gilsanz, 2007) y el riesgo a la salud humana por el manejo y la aplicación inadecuada de los agroquímicos (Lacarra y García, 2011).

La acuaponia es la integración de la producción de plantas en recirculación con la producción de peces (Rossta y Hamidpour, 2011). El agua de los peces, rica en nutrientes es utilizada para el crecimiento de las plantas, mientras que las plantas son utilizadas como biofiltro para la reutilización del agua en el sistema. Este modelo ha interesado a científicos del sector privado, la acuicultura y el medio ambiente.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

El impacto de la acuicultura en el ambiente es muy discutido (descargas de efluentes al medio ambiente eutrofizando), la acuaponía plantea solucionar estos problemas utilizando este tipo de sistemas integrados de producción (Naylor *et al.*, 2000). Además, cuando se lleva a cabo en un invernadero con ambiente controlado, se puede cultivar todo el año, en cualquier parte del mundo (Nelson y Pade, 2013).

En México solo algunos estados están comenzando a realizar experimentos con la técnica de acuaponía (León, 2012). En Nayarit no existen antecedentes publicados en la literatura de este método de cultivo, por lo que el presente estudio, es una herramienta útil para estudiantes e investigadores, pero sobre todo para productores acuícolas y agrícolas que tengan el interés de conocer la técnica de acuaponía. Esta tecnología podría ser una alternativa sustentable para obtener cosechas de manera integral uniendo la agricultura con la acuicultura, así como tener en consideración que los vegetales podrían certificarse como orgánicos e incrementar su valor en el mercado a la vez siendo más saludables que los comunes.

El presente trabajo permite emitir recomendaciones para explotar las especies *Oreochromis niloticus* var. *stirling* y *Beta vulgaris* var. *cicla* aplicando la técnica de acuaponía, con criterios de sustentabilidad y que puedan representar una oportunidad de empleo, que permita abatir el hambre y cuidar el medio ambiente.

METODOLOGÍA

El experimento se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Autónoma de Nayarit con un periodo de 16 semanas (12 de Octubre de 2012 a 01 de Febrero de 2013) en un invernadero tipo capilla de paredes de vidrio translúcido con laterales para ventilación.

El módulo experimental (Figura 1) consistió de seis sistemas de recirculación independientes, en un arreglo de dos tratamientos con tres repeticiones (tres para hidroponía y tres para acuaponía). Cada sistema consistió en un tanque circular

“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

para el cultivo de peces tilapia roja y para hidroponía un tanque para la solución nutritiva, estos con las siguientes medidas: 0.56 m de diámetro por 1 m de altura, con un tirante de agua de 0.74 m, lo cual equivale a un volumen de 0.183 m^3 de agua por tanque. Cada tanque irrigó a una cama de cultivo flotante con capacidad de 0.5 m^3 , que se utilizó para el cultivo hidropónico de 16 plantas de acelga. En ellas se colocó una placa de poliestireno extruido de 5 cm de grosor por 0.80 m de ancho y 4.2 m de longitud, donde se realizaron orificios para la colocación de vasos de plástico, que fueron llenados con piedra pómez como sustrato para el soporte de las plantas.

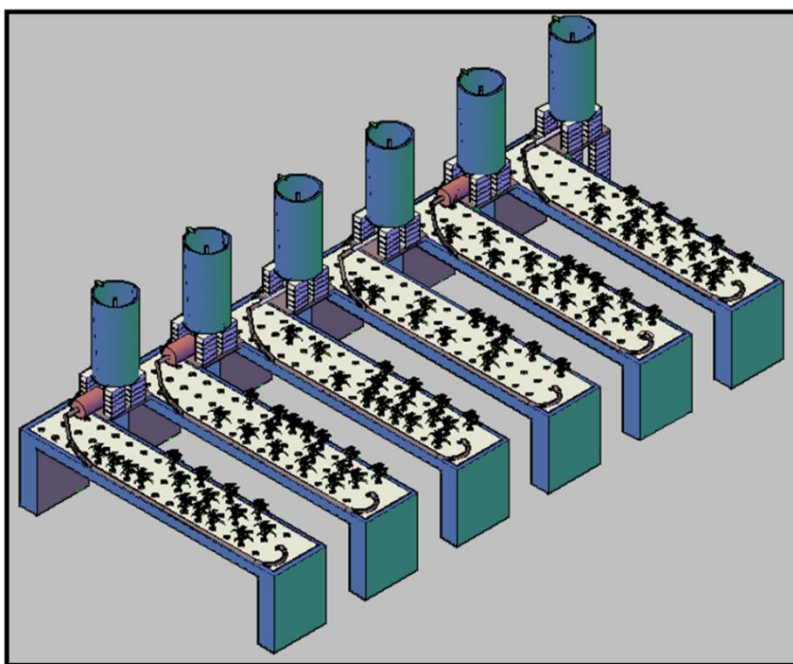


Figura 1. Diseño del módulo experimental.

En cada sistema, el agua del tanque de peces, se hizo pasar por gravedad hacia un biofiltro, el cual consistió en manguera corrugada como sustrato para la fijación de las bacterias nitrificantes, un dispositivo para la retención de sólidos y malla de metal para no permitir la salida de las biomoléculas. El flujo continuó del biofiltro hacia la cama de cultivo de plantas mediante tubería pvc, se conectó una



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”

Multidisciplinario

10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México

ISBN: 978-607-95635

manguera que recorrió toda la longitud de la cama flotante por arriba de la placa de poliestireno para irrigar las plantas cayendo el flujo en la parte media del extremo final de la cama. Una bomba de agua para acuario (1000 litros/hora) extrajo el agua en la parte media del inicio de la cama para subir el flujo al tanque y continuar con la recirculación.

En la parte media de la base de cada tanque se colocó, un tubo pvc de 70 cm de altura con orificios rectangulares en la parte de abajo y sobre este se colocó otro tubo de pvc de 80 cm de altura, permitiendo la auto limpieza del mismo por efecto sifón. Se colocó una bomba de aireación (1000 l/h) en cada tanque de cultivo de peces y otra bomba en cada cama de cultivo de plantas para oxigenar el agua de forma adecuada.

Se trabajó con 81 peces tilapia roja var. *stirling* de 57.07 gramos inicial en promedio (juveniles), al recibirlos fueron aclimatados, posteriormente se realizó la siembra determinando la supervivencia por un periodo de tres días, estos se llevaron a engorda durante 16 semanas.

En las camas del tratamiento hidroponia se vertieron las sales minerales siguiendo la formulación universal de Steiner (1984), citado por Almaguer (2010) a una concentración del 50 %, cada tres semanas se realizó un recambio del 100 % del agua con nutrientes. Cada semana a todas las plantas se les adicionó de manera foliar los nutrientes calcio (5 ml/l) y hierro (1g/l) en su forma de quelatos. También cada semana se realizaron cosechas de hojas de acelgas para ambos tratamientos de acuerdo a las tallas comerciales (25 cm de longitud).

Se llevó a cabo un registro diario (7:00 a.m. y 7:00 p.m.) *in situ* de las variables físico-químicas de la calidad del agua como temperatura, oxígeno disuelto y pH en los tanques de peces y en el agua de las camas de cultivo de acelgas, así como el monitoreo de la temperatura ambiente y humedad relativa.

Las variables de producción de tilapia se monitorearon de manera semanal y fueron: longitud total y peso por medio de una balanza digital de 0.1 g de precisión y un vernier de 0.1 cm de precisión, respectivamente. Las variables de producción



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

de acelga también se midieron de forma semanal y fueron: número, longitud y ancho de las hojas cosechadas por planta, permitiendo registrar la biomasa por cama.

Se realizó el análisis para todo el ciclo completo y entre cortes semanales de producción. Se realizó un análisis de varianza con el programa Statistica 7.0., cuando se encontraron diferencias significativas, se llevó a cabo una prueba de Tukey ($P < 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los resultados establecen que la temperatura tuvo una oscilación entre 17 °C y 20.5 °C con tendencia a disminuir conforme pasó el tiempo, seguramente debido a la temporada de invierno. La humedad relativa del ambiente osciló entre 64 y 82 %. Se trabajó con los valores óptimos de ambas variables para cultivo de acelgas según lo que reportan Sádaba *et al.* (2010). Las variables fisicoquímicas del agua en los tanques de peces mostraron el mismo comportamiento. Los resultados de dichas variables estuvieron dentro de los valores recomendables de producción, excepto la temperatura que fluctuó en promedio entre 21 a 24 °C, resultando ser muy baja ya que el intervalo óptimo fluctúa entre 27 y 32 °C (Vega, *et al.*, 2009). De acuerdo a los promedios de los datos de las variables fisicoquímicas del agua en las camas de cultivo de acelgas, los valores de pH en ambos tratamientos superan a los reportados por Valadez (1998) para el cultivo de acelgas en suelo, a pesar de eso no parece haber afectado la producción de plantas, la temperatura con la que se trabajó fue la recomendable. El oxígeno disuelto estuvo entre 3.3 y 4.6 mg/l, reflejando estar dentro del rango adecuado ya que Favela *et al.*, (2006) reporta como óptimo de 3 a 4 mg/l.

El crecimiento (longitud y ancho) de las hojas de acelga en acuaponia e hidroponia fue estadísticamente igual, pero con un valor promedio ligeramente mayor para el sistema acuapónico. Sin embargo, se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) en el número de hojas (Figura 2) y biomasa entre tratamientos (Figura 3), ya que el sistema hidropónico produjo mayor cantidad de



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

hojas y por lo tanto mayor biomasa. Asimismo, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre cortes para el sistema acuapónico.

Para este estudio, no se contó con un tratamiento testigo, sin embargo se tomó como referencia la información encontrada en la literatura de cultivo de acelga en suelo, encontrándose diferencias con respecto a este experimento, como se observa en el cuadro 1 que tanto la producción en acuaponia como de hidroponia, superan ampliamente los parámetros de producción en suelo.

Se obtuvo mayor rendimiento en los sistemas hidropónicos ya que a este tipo de cultivo se le adicionaron los nutrientes en forma de sales minerales hidrosolubles que necesita la planta para su correcto desarrollo, y en los sistemas acuapónicos se desconocen las concentraciones de estos, teniendo como base únicamente la cantidad de alimento acumulado al final del experimento (6.56 kg).

En este experimento se inició la cosecha a partir del día 55 después de la siembra a pesar de lo que Maroto (1995) y Namesny (1993) mencionan que suele iniciarse a partir de los 60 y 75 días después de la siembra.

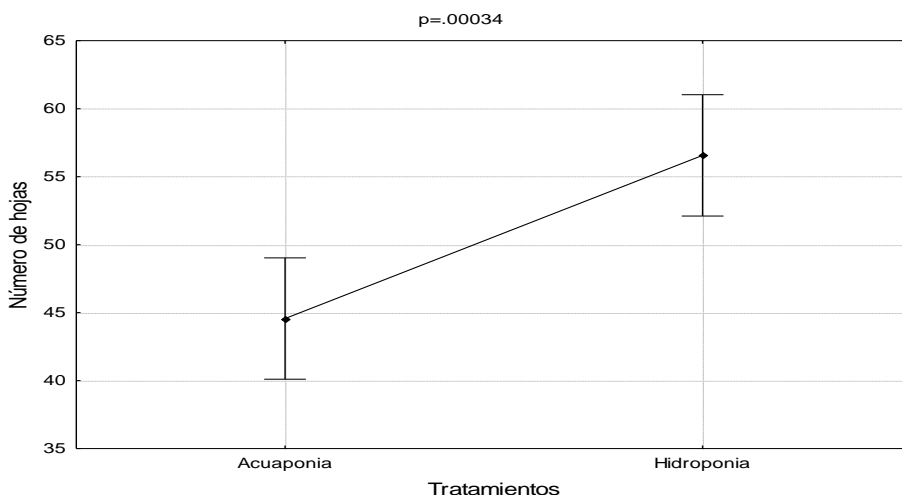


Figura 2. Análisis de varianza del número de hojas.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

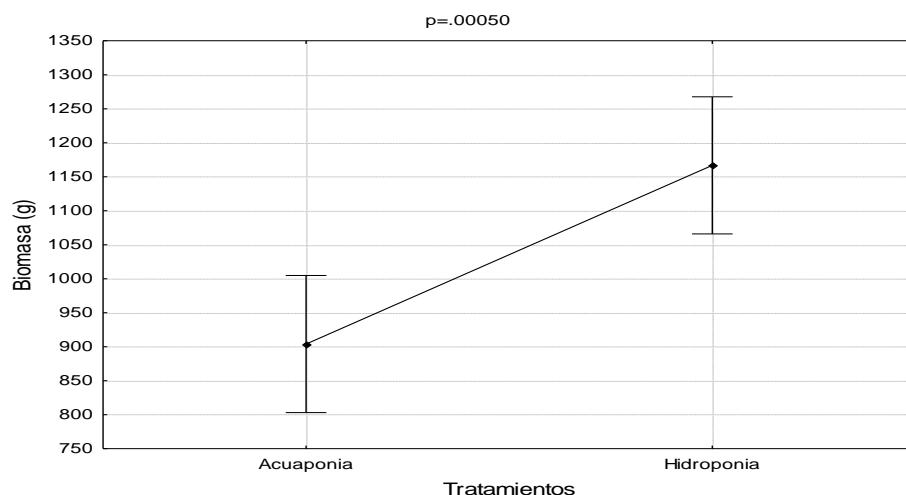


Figura 3. Análisis de varianza de la biomasa en los tratamientos.

Cuadro 1. Comparación entre la producción de acelga en acuaponia, hidroponia y en suelo.

Datos de producción	Acuaponia	Hidroponia	Suelo
Densidad de siembra (plantas/m ²)	14.28	14.28	5 (Sobrino y Sobrino, 1994) 8.6 (Valadez, 1998)
Producción (g/planta)	589.47	729.22	130 (Valadez, 1998)
Número total de hojas cosechadas	1337	1697	-
Rendimiento de acelga (Ton/Ha)	80.65	104.10	10.90 (SIAP, 2010) 11.2 (Valadez, 1998) 25-50 (Maroto, 1995)

Los peces alcanzaron un peso final de 127.7 gramos en promedio con una supervivencia de 95 %.

CONCLUSIONES

En ambos sistemas evaluados en este estudio se presentó un crecimiento (longitud y ancho) similar de hojas de acelga. Aunque el rendimiento productivo fue mayor en el sistema de hidroponia debido a que a este sistema se le vertieron los nutrientes necesarios, sien embargo en comparación de este cultivo en suelo, los sistemas de acuaponia e hidroponia resultaron con mayor rendimiento. Si se realizará la evaluación por más tiempo seguramente sería igual o tal vez mejor el sistema de acuaponia respecto a biomasa cosechada por sistema ya que en



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

acuaponia se cultivan varios organismos a la vez, con esto pudiendo ser mejor que hidroponia en términos de rentabilidad económica.

BIBLIOGRAFÍA

- Almaguer, S. P. 2010. Relación entre la producción de biomasa de *Opuntia ficus-indica* (L) y el índice térmico grados-día. Universidad Autónoma de Nuevo León. Facultad de Agronomía. Tesis de doctor en ciencias agrícolas. Escobedo, Nuevo León; México.
- Alpizar, L. A. 2004. Hidroponía. Cultivo sin tierra. Primera edición. Editorial Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. 108 p.
- Castillo, R. C. 2001. La hidroponia como alternativa de producción vegetal. Disponible en: www.virtual.chapingo.mx/dona/paginaIntAgronomia/hidroponia2.pdf y consultado el 23 de Abril de 2013.
- Echarri, P. L. 1998. Alimentos y agua para una población creciente. pp. 72-73. En: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Primera edición. Editorial Teide.
- Favela, C. E.; Preciado, R. P. y Benavides, M. A. 2006. Manual para la preparación de soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Departamento de Horticultura. 148 p.
- Gilsanz, J. C. 2007. Hidroponia. Programa Nacional de Producción Hortícola Estación Experimental Las Brujas. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Editado por la Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología. Uruguay. 31 p.
- Lácarra, G. A. y García, S. C. 2011. Validación de cinco sistemas hidropónicos para la producción de jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en invernadero. Universidad Veracruzana. Facultad de



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

Ciencias Agrícolas. Trabajo de experiencia recepcional de Ingeniero Agrónomo. Xalapa de Enríquez, Veracruz, México.

León, R. C. 2012. Hidroponia y Acuaponia. Curso-taller. Guadalajara, Jalisco, México.

Maroto, B. J. V. 1995. Horticultura herbácea especial. Cuarta edición. Mundiprensa. España. pp. 702.

Namesny, A. 1993. Post-recolección de hortalizas. Vol. 1. EDITORIAL DE HORTICULTURA, S.L. España. 330 p.

Naylor, R. L.; Goldburg, R. J.; Primavera, J. H.; Kautsky, N.; Beveridge, M. C. M.; Clay, J.; Folke, C.; Lubchenco, J.; Mooney, H. and Troell, M. 2000. Effect of aquaculture on world fish supplies. NATURE Macmillan Magazines Ltd. Vol. 405 (29): 1017-1024.

Nelson, R. L. and Pade, S. J. 2013. Acuaponic technology, systems and supplies. Disponible en: <http://aquaponics.com/> y consultado el 23 de Abril de 2013.

Roosta, H. R. and Hamidpour, M. 2011. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. Revista Scientia Horticulturae. Vol. 129 (1): 392-402.

Sádaba, S.; Uribarri, A.; Aguado, G.; Del Castillo, J. y Astiz, M. 2010. Acelga en invernadero. Revista: Navarra Agraria. Julio-Agosto 2010. p 23-27.

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2010). Producción nacional de tilapia. Disponible en: http://www.campomexicano.gob.mx/portal_sispro/index.php?portal=tilapia y consultado el 19 de Abril de 2013.

Sobrino, I. E. y Sobrino, V. E. 1994. Tratado de horticultura herbácea. Hortalizas de hojas, de raíz y hongos. AEDOS. Barcelona, España. p. 15-24.



“CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN 2014”
Multidisciplinario
10 y 11 de abril de 2014, Cortazar, Guanajuato, México
ISBN: 978-607-95635

- Trevizan, R. J. F. 2011. Mirando sobre y bajo el agua. Vol.29. No.2. Mayo-Agosto 2011. p. 169-174.
- Valadez, L. A. 1998. Producción de hortalizas. Primera edición. Uteha Noriega Editores. México. 298 p.
- Vega, V. F.; Jaime, C. B.; Cupul, M. A.; Galindo, L. J. y Cupul, M. F. 2009. Acuicultura de tilapia a pequeña escala para autoconsumo de familias rurales y periurbanas de la Costa del Pacífico. Universidad de Guadalajara. Centro de Investigaciones Pesqueras. México. 87 p.