

## **Funcionamiento y viabilidad económica de un módulo de producción acuapónico en Los Mochis, Sinaloa, México**

Recebimento dos originais: 09/03/2018  
Aceitação para publicação: 28/08/2018

### **Dulce María Calderón García**

Maestra en Ciencias en Agronegocios por la Universidad Autónoma de Chihuahua  
Institución: Universidad Autónoma de Chihuahua  
Domicilio: Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua  
km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México  
E-mail: [kandi\\_calgar@hotmail.com](mailto:kandi_calgar@hotmail.com)

### **Jesús Miguel Olivas García**

Philosophy Doctor por la University of Nebraska-Lincoln, USA  
Institución: Universidad Autónoma de Chihuahua  
Domicilio: Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua  
km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México  
(Autor para correspondencia)  
E-mail: [jolivas@uach.mx](mailto:jolivas@uach.mx)

### **Martín Alfredo Legarreta González**

Philosophy Doctor por la University of Sheffield, UK  
Institución: Universidad Autónoma de Chihuahua  
Domicilio: Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad Autónoma de Chihuahua  
km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México  
E-mail: [mlegarre@uach.mx](mailto:mlegarre@uach.mx)

### **María Elena Carrillo Soltero**

Maestra en Agronegocios por la Universidad Autónoma de Chihuahua  
Institución: Universidad Autónoma de Chihuahua  
Domicilio: Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad autónoma de Chihuahua  
km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México  
E-mail: [yeyi\\_en\\_linea@hotmail.com](mailto:yeyi_en_linea@hotmail.com)

### **José Álvaro Anchondo Nájera**

Philosophy Doctor por la New Mexico State University en Las Cruces, USA  
Institución: Universidad Autónoma de Chihuahua  
Domicilio: Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad autónoma de Chihuahua  
km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México  
E-mail: [ocelote17@gmail.com](mailto:ocelote17@gmail.com)

### **Concepción Luján Álvarez**

Philosophy Doctor por la New Mexico State University en Las Cruces, USA  
Institución: Universidad Autónoma de Chihuahua  
Domicilio: Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales, Universidad autónoma de Chihuahua  
km 2.5 Carretera Delicias-Rosales, Delicias, Chihuahua, México  
E-mail: [clujan12@hotmail.com](mailto:clujan12@hotmail.com)

## Resumen

La acuaponía fusiona los sistemas acuícola y hortícola para producir alimento con base en la recirculación y conservación del agua. El objetivo fue analizar el funcionamiento y la viabilidad económica de un módulo acuapónico a pequeña escala (1.000 L), del cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), langostino de río (*Macrobrachium rosenbergii* D.) y lechuga romana (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*), en Sinaloa, México. En el escenario más crítico, incrementando los costos de operación y disminuyendo las ventas en 10 % respectivamente, se obtiene un valor actual neto de 320.003 pesos mexicanos, una tasa interna de retorno de 21 % y una relación beneficio/costo de 1,043, por lo que el sistema no es alternativa factible para iniciar un negocio; pero si es importante para producción de autoconsumo. Se obtuvieron tilapias de 550,55 g, con base en alimento balanceado en tres meses; los langostinos pesaron 17,64 g en promedio; y no fue posible producir lechuga de las dimensiones demandadas regionalmente por falta de frío. Se concluye que sí es posible producir tilapia y langostino de río en el módulo; sin embargo, el módulo no es un negocio atractivo por presentar alta inversión y lenta recuperación de la misma.

**Plabras-clave:** Autoproducción. Sistema. Recirculación.

## 1. Introducción

La demanda de alimentos aumenta de manera exponencial y lograr abastecer los requerimientos no es fácil, por lo que es necesario buscar tecnologías eficientes que sean amigables con el medio ambiente y el productor para incrementar la producción y calidad de los alimentos (Alatorre-Jácome, 2010).

La agricultura corporativa conlleva un deterioro ambiental, mismo que se refleja en la escasez de agua, consecuencia del uso indiscriminado en actividades agrícolas y ganaderas, las cuales emplean más del 70 % del agua dulce a nivel mundial (CONAGUA, 2014).

Una alternativa de solución ante la problemática presente, es la técnica “acuaponía”, la cual permite la producción en masa de manera sostenible (Connolly y Trebic, 2010), por lo que es posible obtener alimentos acuícolas y hortícolas, a la vez, que se limpia y reutiliza el agua en el proceso productivo, es decir, el agua contiene nutrientes producto de las heces de los peces, la cual sirve de alimento para el desarrollo de las plantas.

En este proceso las raíces fungen como filtros naturales, obteniendo agua limpia en recirculación para emplearla en los estanques de peces durante el ciclo productivo (Muñoz-Gutiérrez, 2012). De esta manera se reducen las descargas de contaminantes al medio ambiente (Graber y Junge, 2009).

Sin embargo, para cualquier sistema productivo, es necesario que se conozca la viabilidad económica de la inversión. Para ello, en México, Baca (2010) sugiere que se realice

el análisis económico y financiero mediante la metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión, que incluye los indicadores financieros: valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y Relación Beneficio- Costo, de acuerdo a los criterios del Grupo del Banco Mundial (2017).

Por otra parte, específicamente en la producción acuapónica, para obtener resultados positivos, es necesario tener conocimientos de las necesidades de las especies que se deseen producir (Duning, 2012) al ser sistemas complejos y únicos. Entre las ventajas que presenta esta técnica productiva se encuentra la nutrición completa, eliminación en rotación de cultivos, ahorro de espacios, mano de obra, insumos, menor consumo de agua y mayores rendimientos (Sanz de Galdeano *et al.*, 2003).

Además, no se permite el uso de agroquímicos durante el proceso, lo cual incrementa la ecoeficiencia (Diver, 2000), proporcionando alimentos saludables y menores impactos ambientales (García y Rodríguez, 2012).

Por su parte Adler *et al.* (2000) reportan que la acuaponía reduce el uso de fertilizantes hasta en 45 %, obteniendo rendimientos de hasta 500 plantas por metro cuadrado anualmente. En cuanto a la rentabilidad de estos cultivos, se reconoce que se tienen que producir cantidades elevadas de tilapia para que el sistema sea rentable. Es posible presentar tasas internas de retorno amigables económicamente hablando, con valores superiores a 12.5 % en sistemas acuapónicos con vida útil de 20 años.

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue estudiar la viabilidad económica y el funcionamiento de un módulo de producción acuapónico del cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.), langostino de río (*Macrobrachium rosenbergii* D.) y lechuga romana acrópolis (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) en Los Mochis, Sinaloa, México.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Análisis financiero

En México es común que para la formulación y evaluación de proyectos de inversión se utilice la metodología propuesta por Baca (2010). Dicha metodología incluye el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y la relación beneficio-costos (R - B/C) para conocer la viabilidad del proyecto. Asimismo, se consideran los criterios del Banco Mundial para estimar los indicadores financieros (Grupo del Banco Mundial, 2017), para

conocer con certeza los beneficios que pueden obtenerse al realizar una inversión, y posteriormente, tomar la mejor decisión.

Para el cálculo del valor actual neto se considera la importancia de los flujos de efectivo a través del tiempo; si este resulta positivo, el proyecto es aceptable; si es negativo se rechaza. A continuación se muestra la fórmula para conocer el resultado del indicador:

$$VAN = -I + VAN = -I + \frac{R1}{(1+i)} + \frac{R2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{Rn}{(1+i)^n}$$

Donde:

I = Inversión inicial

R = Flujo de efectivo por período

(1+i) = Factor de descuento de los flujos de efectivo

N = Años

Otro criterio de evaluación es la tasa interna de retorno, la cual indica el porcentaje de descuento que se aplica a los valores de los flujos de beneficio e inversión para el pago de la inversión. Un proyecto se acepta cuando su TIR es mayor a la tasa del costo de capital, y se rechaza cuando es menor a este. La fórmula del indicador consiste en:

$$TIR = R1 + (R2 - R1) \frac{VAN +}{(VAN +) - (VAN -)}$$

Donde

R1: Tasa de descuento que produce el VAN positivo

R2: Tasa de descuento que produce el VAN negativo

VAN - = Valor actual neto negativo de fondos

VAN + = Valor actual neto positivo de fondos

Siguiendo las indicaciones de FIRA (2012) para la evaluación, se recomienda utilizar una tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA) de 10 %, en un horizonte de cinco años, determinado por la vida útil de la inversión productiva más importante, excepto el terreno.

Con respecto al análisis de la relación beneficio - costo (R - B/C), es posible relacionar el valor actual de los ingresos con los egresos totales durante el horizonte del proyecto. Un resultado mayor a la unidad significa que los ingresos exceden a los costos del proyecto, por lo que se considera viable financieramente, por el contrario, si este es menor a uno, se

rechaza, por no tener posibilidad de recuperar la inversión y obtener ganancia. La fórmula para el cálculo de este indicador se presenta a continuación:

$$\text{Relación } \frac{B}{C} = \frac{\text{Ingresos actualizados}}{\text{Egresos actualizados}}$$

Sin embargo, cuando la  $R - B/C$  es igual a la unidad, se considera factible la implementación del proyecto si con él se tiene un beneficio social que impacta a las familias o a un grupo social de bajos ingresos económicos.

### 3. Materiales y métodos

La presente investigación se realizó en Los Mochis, Sinaloa, México; cuyo clima predominante es el cálido seco. El módulo de producción acuapónico se construyó en un espacio de 16 m<sup>2</sup>, con una capacidad de 1.000 L de agua; el 80 % del volumen del contenedor corresponde a la especie tilapia y 20 % para langostino de río, divididos por una malla delgada. La especie hortícola se colocó en tubos de PVC en una superficie de 12 m, cada plántula estuvo flotando en la solución nutritiva.

Para el desarrollo del estudio se empleó la metodología propuesta por la FAO (2015) referente a la construcción de un sistema productivo a pequeña escala, misma que se adecuó a consecuencia de las necesidades presentes de las especies a evaluar, resultado de una tabla comparativa elaborada con anterioridad.

El funcionamiento del módulo se analizó en dos ciclos productivos, los cuales comprendieron dos periodos: mayo – agosto y agosto – noviembre de 2016, con una duración de 95 días cada uno. Se obtuvieron datos cada 7 días en la especie langostino de río y cada 15 días en tilapia y lechuga. Las variables evaluadas fueron: peso (g), longitud (cm) para todas las especies, y parámetros de calidad en el agua para el monitoreo del contenedor.

Se estudiaron 33 individuos de tilapia, 8 langostinos de río y 36 plantas de lechuga romana, por ciclo productivo. El langostino de río se incluyó en el contenedor para que contribuyera a la limpieza interna del mismo.

Se realizó un análisis para identificar si existe relación del crecimiento de cada especie a través del tiempo y, en caso de existir, cuantificarla a través de la estimación de parámetros del modelo lineal. Se estimaron parámetros del modelo lineal y posteriormente se seleccionó

la mejor matriz de covarianzas. Para ello se hizo uso de modelos lineales mixtos para el análisis estadístico de los datos, con el paquete estadístico R versión 3.3.2 (R Core Team, 2017), a través de las librerías *ggplot2* (H.Wickham, 2009) y *nlme* (Pinheiro *et al.*, 2016).

Con respecto al estudio económico y financiero, se empleó la metodología de formulación y evaluación de proyectos de inversión propuesta por Baca (2010) descrita anteriormente. Se calculó la tasa interna de retorno, el valor actual neto y la relación beneficio-costos para conocer la viabilidad del proyecto. Asimismo, se consideraron los criterios del Banco Mundial para estimar los indicadores financieros (Grupo del Banco Mundial, 2017). Por otra parte, es importante indicar que como lo recomienda FIRA (2012), para la evaluación se utilizó una TREMA de 10 %, en un horizonte de cinco años.

## 4. Resultados

### 4.1. Componentes y costos de la infraestructura

Los Mochis, Sinaloa presenta características óptimas para la producción de tilapia, langostino de río y lechuga romana en un periodo de tres meses para las especies acuáticas y seis semanas para la hortícola después del trasplante al módulo.

Para la construcción y diseño de un módulo productivo con capacidad de 1 m<sup>3</sup> se requiere una inversión de \$12.082,11 (Cuadro 1), con la cual es posible llevar a cabo dos ciclos productivos para las especies acuáticas (tilapia y langostino de río) y cuatro ciclos para la hortícola (lechuga romana).

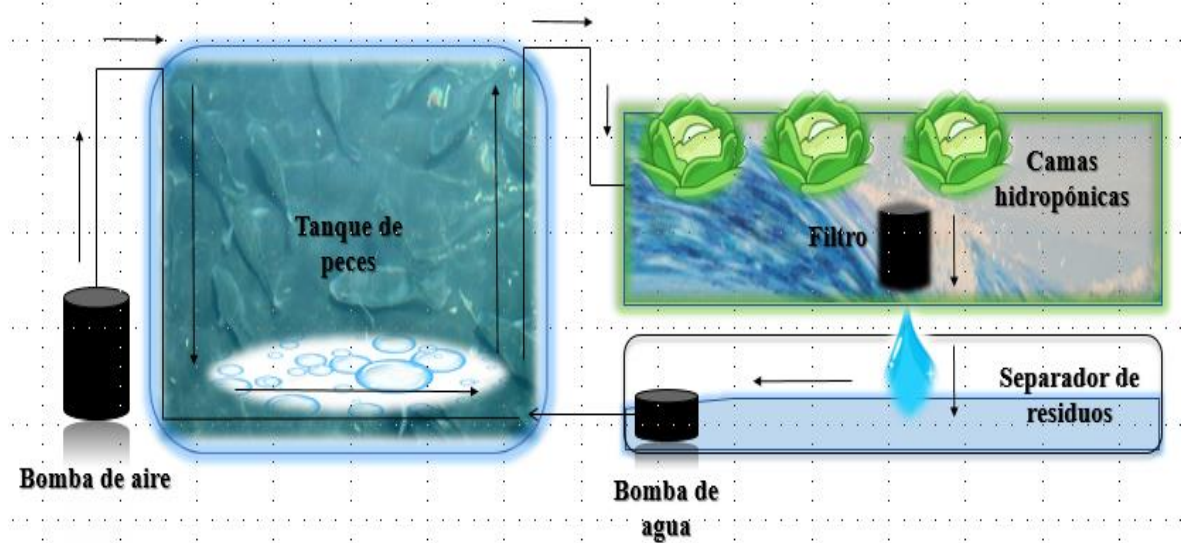
**Cuadro 1: Componentes de un módulo de producción acuapónico**

Concepto	Cantidad	Costo Unitario (Pesos mexicanos)	Costo total (Pesos mexicanos)
Contenedor (1.000 L)	1,00	1.723,28	1.723,28
Cubeta (20 L)	1,00	43,10	43,10
Barril (200 L)	2,00	620,69	1.241,38
Filtro natural	1,00	273,26	273,26
Equipo de bombeo	1,00	3.450,00	3.450,00
Kit acuático	1,00	1.168,00	1.168,00
Kit hidropónico	1,00	1.137,89	1.137,89
Sustrato ( <i>Peat moss</i> )	28,00	7,10	199,00
Alimento(Desarrollo)	2,06	6,58	14,50
Alimento (Engorda)	38,49	7,04	270,99
Kit de plomería	1,00	826,32	826,32
Agua de río (L)	1.000,00	0,00	0,00
Langostino de río	16,00	3,20	51,20
Tilapias	66,00	4,20	277,20

Plántulas de lechuga	144,00	2,50	360,00
Bascula digital	1,00	829,99	829,99
Block (12 *12 cm)	18,00	12,00	216,00
<b>TOTAL</b>			<b>12.082,11</b>

Fuente: Elaboración propia, con datos de la FAO (2015)

La composición básica de un sistema acuapónico consiste en un tanque, bio-filtro y camas hidropónicas; energía para generar movimiento y transporte de agua para airear el sistema (Figura 1). En la Figura 2 se muestra el módulo productivo estudiado.

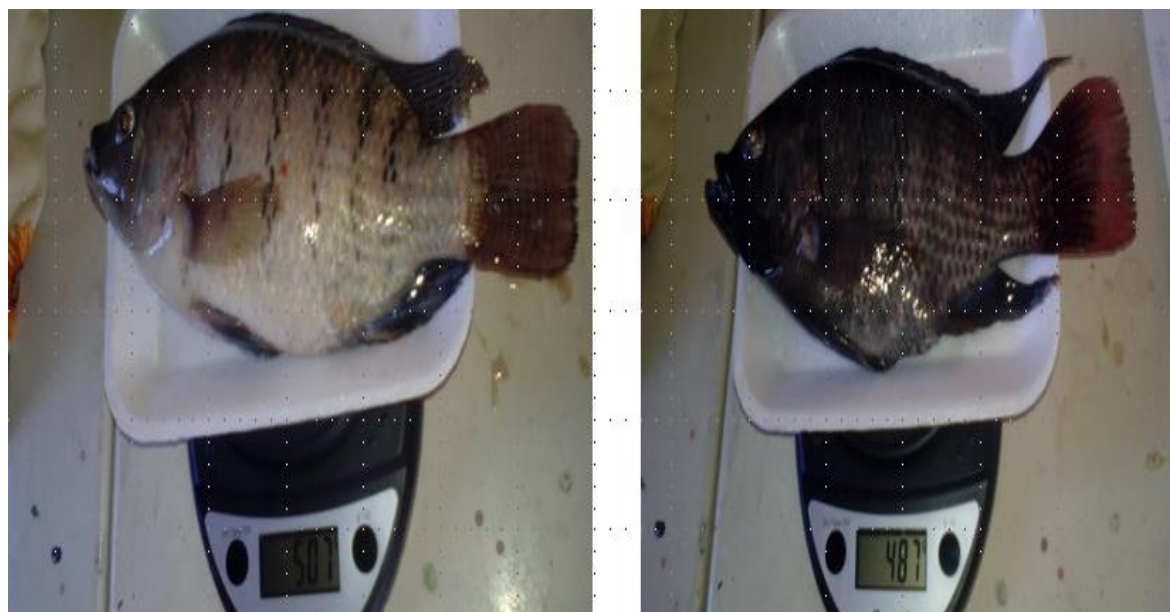


**Figura 1: Configuración básica de un sistema acuapónico (Caló, 2011)**



**Figura 2: Estanque de peces**

Con base en las condiciones óptimas de temperatura del contenedor, dieta con alimento balanceado (Nutripec®) y técnicas de crianza, se cosechó tilapia macho de calidad con un peso promedio de 557 y 561 g y medidas de 34,68 y 35,14 cm en los ciclos 1 y 2 respectivamente (Figura 3), obteniendo un  $\beta_0 = 70.96$  y  $\beta_1 = 69.85$  ( $p < 0.05$ ).



**Figura 3: Tilapias obtenidas en dos ciclos productivos**

#### 4.2. Indicadores de factibilidad económica del módulo acuapónico

En condiciones de autoconsumo es posible obtener 39,5 kg de alimento con valor proteico, empleando módulos pequeños, en un periodo no mayor a seis meses. Visto como negocio los módulos con estas características son factibles, sin embargo, no son atractivos, al presentar una inversión inicial alta y una recuperación lenta (Cuadro 2).

**Cuadro 2: Indicadores financieros del módulo acuapónico**

Indicadores financieros	Aumento en C. O. <sup>1</sup> (15 %)	Aumento en C.O. (10 %) y Disminución en Ventas (10 %)	Disminución en Ventas (10 %)
VAN <sup>2</sup> (%)	685.614	320.003	245.872
TIR <sup>3</sup> (%)	30	21	19
Relación B/C <sup>4</sup> (Pesos mexicanos)	1,24	1,043	1,18



<sup>1</sup>C. O., Costos de Operación; <sup>2</sup>VAN, Valor actual neto; <sup>3</sup>TIR, Tasa interna de retorno y <sup>4</sup>Relación Beneficio-Costo.

En el escenario más crítico, incrementando costos y disminuyendo ventas, es posible observar un valor actual neto positivo, una tasa interna de retorno de 11 % mayor a la tasa de rendimiento mínima aceptable y una ganancia de 0,043 centavos por cada peso invertido. Por lo que el proyecto es factible.

#### 4.3. Análisis de las variables evaluadas en tilapia, langostino de río y lechuga

Se analizaron 11 matrices de correlación para explicar el comportamiento de las variables a través del tiempo. Se empleó el criterio de información de Akaike (Akaike, 1974) para la selección de la mejor matriz, siendo la matriz no condicional de crecimiento para la variable peso (Figura 4) y la matriz autorregresiva de nivel 1 para longitud (Figura 5).

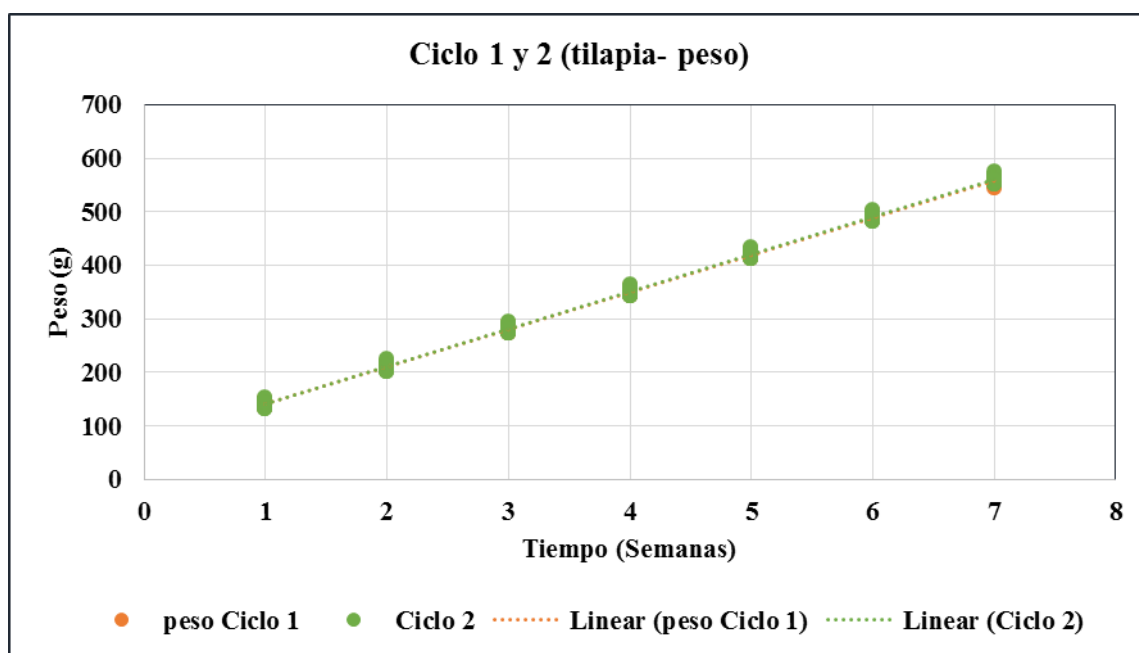
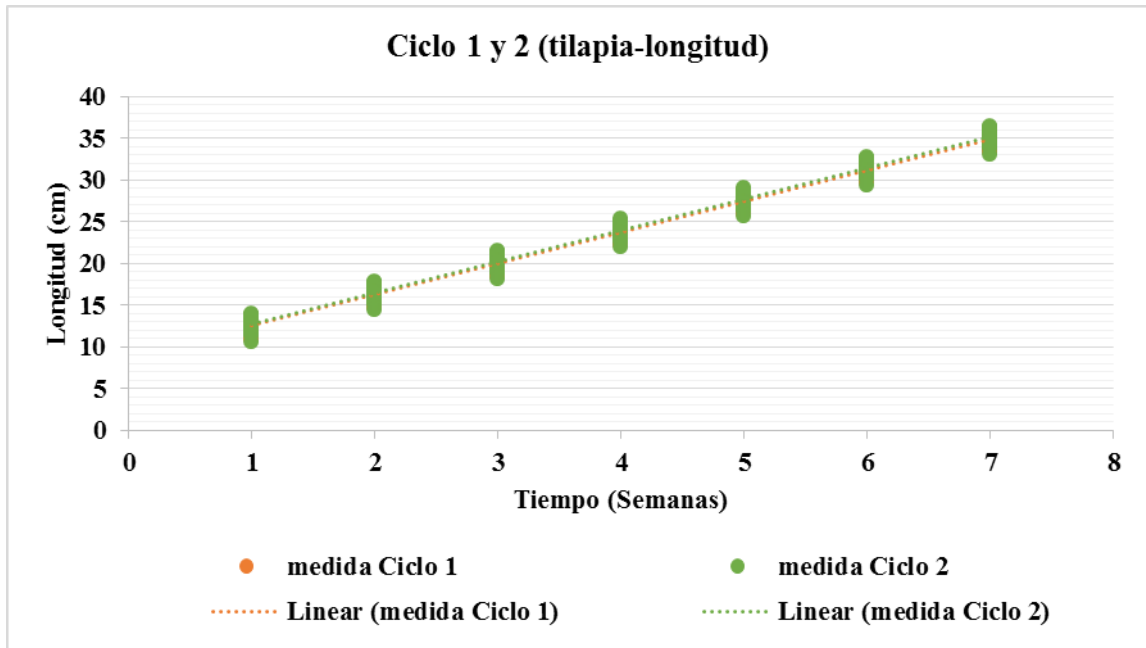


Figura 4: Comportamiento de la variable peso en tilapia en dos ciclos productivos

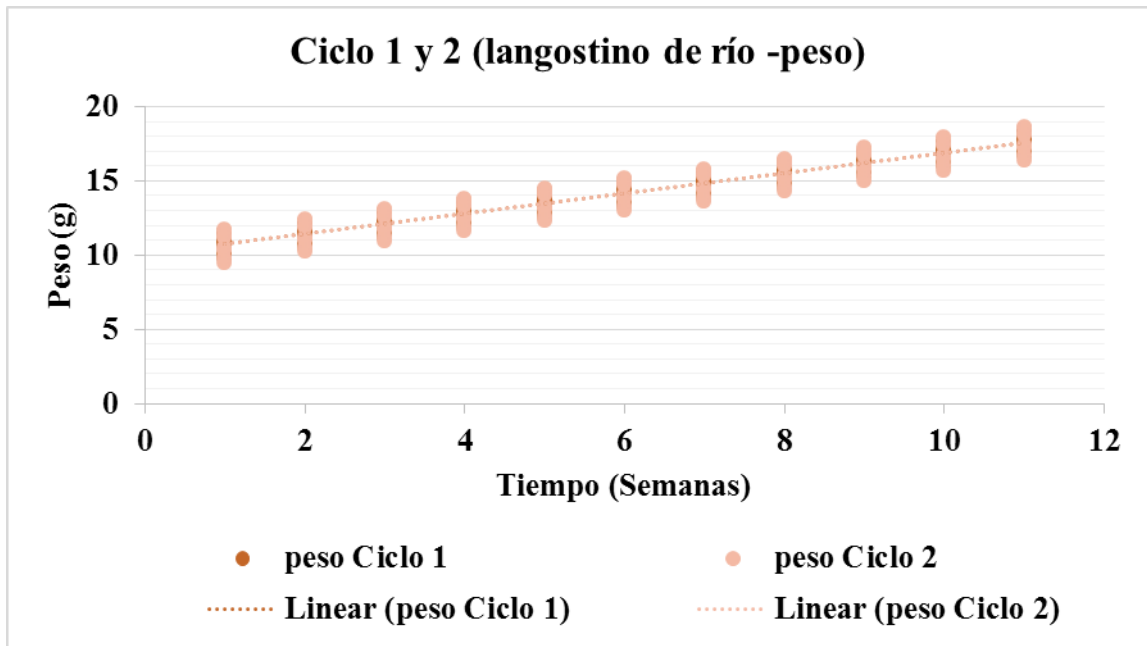


**Figura 5: Comportamiento de la variable longitud en tilapia en dos ciclos productivos**

El mejor modelo, para la variable peso, presentó un valor de Akaike Information Criterion (AIC) de 2.190,03, con valores de  $\beta_0 = 70,96011$  y  $\beta_1 = 69,84838$  ( $p < 0,05$ ). Con respecto a la variable longitud presentó un AIC de 229,4598, un  $\beta_0 = 8,86$  y  $\beta_1 = 3,64$  ( $p < 0,05$ ).

De los estimadores anteriores se puede inferir que una tilapia gana 69,85 g y 3,64 cm de longitud, por semana, en este sistema de producción acuapónica.

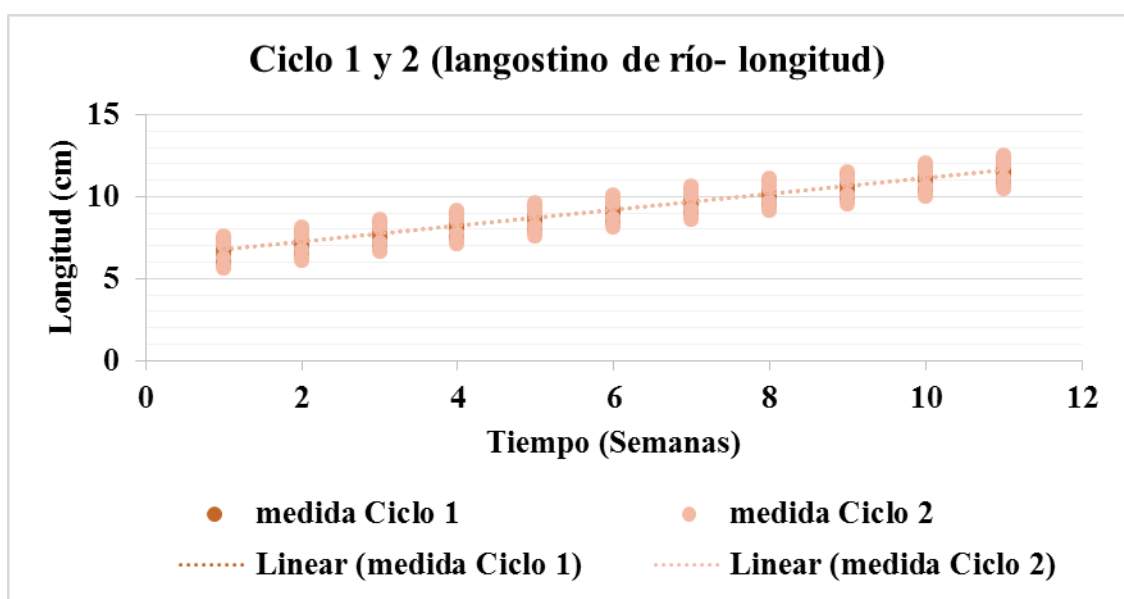
Referente a la producción de langostino de río, población pequeña por las características del ambiente controlado, cuya alimentación consistió de proteína disuelta en el agua y excreta de tilapia, las variables se analizaron de igual manera que en la especie tilapia. En este caso en dos ciclos productivos se presentó incremento en peso y longitud, obteniéndose un peso promedio de 17,64 g en dos ciclos productivos (Figura 6).



**Figura 6: Comportamiento de la variable peso en langostino de río en dos ciclos productivos**

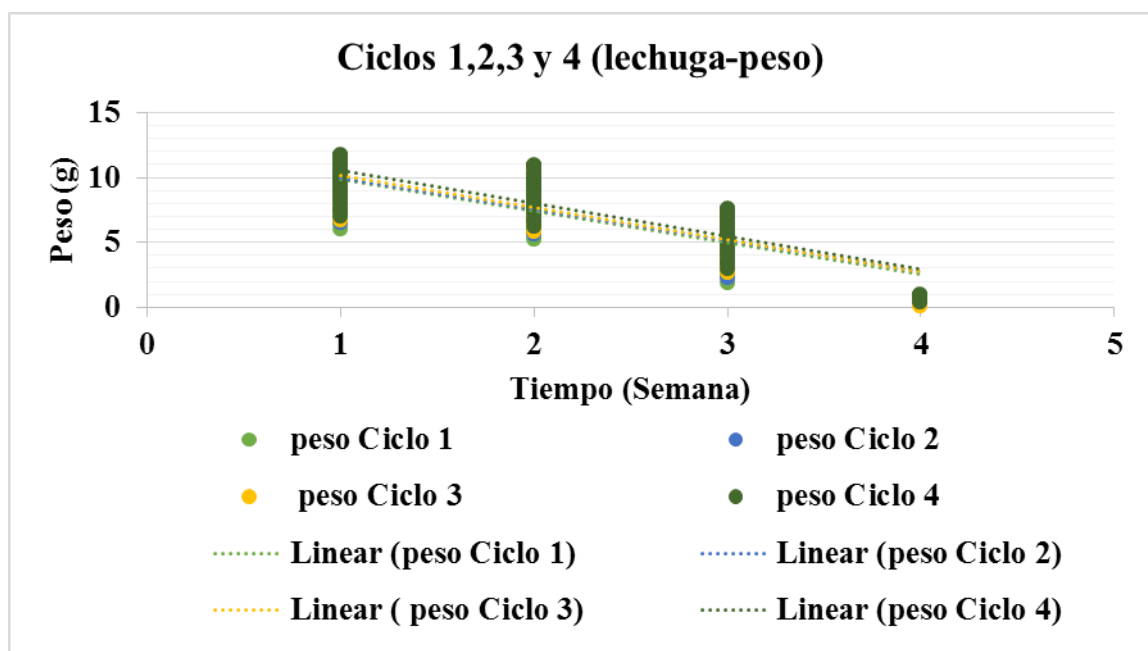
Para la variable peso, en esta especie la matriz no condicional de crecimiento fue la que se adecuó de manera satisfactoria, con un AIC de -614,9277, un  $\beta_0 = 10,07$  y  $\beta_1 = 0,69$  ( $p < 0,05$ ).

El modelo para la variable longitud presentó un AIC de -578,7082, un  $\beta_0 = 6,26$  y  $\beta_1 = 0,48$  ( $p < 0,05$ ). De esto se puede inferir que en este sistema cada langostino de río incrementa 0,69 g y 0,48 cm semanalmente (Figura 7).



**Figura 7: Comportamiento de la variable longitud en langostino de río en dos ciclos productivos**

En el caso de la producción de lechuga romana, se pretendía producir durante cuatro ciclos productivos. Sin embargo, después del trasplante al contenedor, las plantas presentaron una tendencia negativa en el crecimiento, lo cual no hizo posible su desarrollo en este sistema (Figura 8).



**Figura 8: Comportamiento de la variable peso en lechuga en cuatro ciclos**

## 5. Discusión

De acuerdo con la metodología propuesta por la FAO (2015) se realizó una adecuación en el diseño del módulo productivo. Esto, por las condiciones climáticas y las necesidades ambientales de las especies estudiadas. Las adecuaciones se efectuaron con base en una tabla comparativa de requerimientos de cada especie para identificar las necesidades comunes.

Respecto al estudio de viabilidad económica, es posible visualizar diferentes escenarios, para la toma de decisiones. Todo proyecto con un valor actual neto positivo, una tasa interna de retorno mayor a la tasa mínima de rendimiento aceptable propuesta y una

relación (B/C) mayor a uno, es directamente aceptable; sin embargo, es bueno considerar aspectos de tiempo de recuperación y nivel de inversión.

A pesar de que los indicadores financieros indican idóneo para inversión, se considera que todo sistema acuapónico a pequeña escala, visto como negocio no es redituable de manera inmediata, sino hasta en un periodo mayor, como lo serían las producciones en masas (Adler *et al.*, (2000); donde los flujos de efectivo son más amigables para el inversionista. Pero a pequeña escala, apoyan a los productores de autoconsumo, de manera muy aceptable.

En la producción de tilapia se observó una respuesta positiva, donde las variables peso y longitud presentaron un comportamiento ascendente (Figuras 4 y 5). El ciclo 2 obtuvo mayor peso y longitud debido al incremento de 10 g diarios en la porción de alimento suministrado.

Por otra parte, se consideró posible que las variables analizadas en tilapia presentarían la misma matriz de correlación, es decir, la autorregresiva de nivel 1, por tener una alimentación aleatoria en los contenedores; además de que el valor generado depende linealmente del valor actual de cada individuo. Se observó que solo esa matriz se presentó en el caso tilapia-longitud, por lo que la longitud sí depende de la alimentación a través del tiempo y, en el caso del peso, depende de la morfología de cada individuo.

En cuanto a langostino de río, la mejor matriz de autocorrelación fue la matriz no condicional de crecimiento, por lo que la capacidad del individuo para alimentarse se ve reflejada en su comida a través del tiempo. Esta especie se incluyó en el contenedor para que realizara la limpieza del mismo, ya que se alimenta de los desechos de la tilapia y de residuos de alimento de ella.

Así, de un subproducto desechable como los residuos orgánicos de tilapia, es posible obtener un producto de valor, en este caso, langostino. De acuerdo con la FAO (1974) existen en México reportes de langostinos de ríos que alcanzan 225 a 450 g en cultivo tradicional.

Finalmente, la producción hortícola no fue posible en este sistema productivo, lo cual pudiera deberse a las altas temperaturas del lugar (FAO, 2006), o bien el diseño del módulo no fue el adecuado para el área de estudio.

Todo sistema acuapónico se fundamenta en la optimización de recursos, sin embargo, a nivel empresarial, los módulos a pequeña escala no son atractivos. Adler *et al.*, (2000), la producción en masa sí es redituable y viable económicamente, por ello, la presencia a nivel mundial de dos tipos de productores acuapónicos: los aficionados y los empresarios.

## 6. Conclusiones

La producción bajo acuaponía en Los Mochis, Sinaloa, México del cultivo semi-intensivo de tilapia y langostino de río para autoconsumo es técnicamente viable, al ser módulos a pequeña escala con ambiente controlado.

La producción a pequeña escala no es atractiva como negocio al requerir una alta inversión y tener una recuperación lenta. Sin embargo, la producción a gran escala presenta un mayor flujo de efectivo por lo que la recuperación es más rápida.

Los dos tipos de productores acuapónicos (aficionados y empresarios) manejan sistemas productivos económicamente factibles.

El desarrollo de tilapia, en esta forma de producción es factible, al obtener individuos con pesos aceptables por el consumidor en un lapso de tiempo menor que en un cultivo tradicional.

El langostino de río funciona como limpiador del sistema al alimentarse de excreta de tilapia y alimento disuelto en el agua. Así, es posible generar un producto de valor de un subproducto desechable.

Las especies acuáticas estudiadas requieren condiciones ambientales semejantes, por ello su fácil manejo. Sin embargo, en este sistema que combina tilapia y langostino de río no fue posible la producción de lechuga romana.

Se recomienda estudiar adecuaciones al módulo para hacer posible la producción hortícola y, a su vez, aumentar la capacidad del mismo, para evaluar los efectos en el desarrollo de las especies incluyendo, además, diferentes formas de alimentación para la especie acuática.

Se recomienda analizar la posibilidad de utilizar el agua de recambio para la producción de forraje verde hidropónico para alimentación de ganado.

## 7. Referencias

ADLER, P.; HARPER, J.; WADE, E.; TAKEDA, F.; SUMMERFELT, S. Economic analysis of an aquaponic system for the integrated production of rainbow trout and plants. *International Journal of Recirculating Aquaculture*. v. 1. 2000.

AKAIKE, H. *A new look at the statistical model identification*. IEEE Transactions On Automatic Control, 19, 716-723 páginas, Año 1974.

ALATORRE-JÁCOME, O. *Implementación de un sistemathermosolar para alevinaje (Nursery) de tilapia (Oreochromis niloticus L.)*. MSc. thesis dissertation. Universidad Autónoma de Querétaro, México. 2010.

BACA, U. Evaluación de proyectos. Editorial MC Graw Hill. 6ª. Edición, México, D.F. 2010.

CALÓ, P. *Introducción a la acuaponia*. Centro Nacional de Desarrollo Acuicola (CEDADAC). Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. Argentina. 2011.

CONAGUA. *Estadísticas del Agua en México*. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. 2014.

CONNOLLY, K.; TREBIC, T. Optimization of a backyard aquaponics food production system. Bio resource Engineering. Faculty of Agricultural and Environmental Sciences-McGill University. 2010.

DIVER, S. *Aquaponics - Interation of Hydroponics with Aquaculture*. ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service. North Carolina; 1-28. 2006.

DUNING, R.; THOMAS M.; HOBBS, A. *A Spreadsheet Tool for the Economic Analysis of a Recirculation Tank System*: Southern Regional Aquaculture Center. 2012.

FAO. El desarrollo y cultivo del langostino de río en Michoacán y Guerrero, México y pesquería de langosta en Michoacán, México contribución al estudio de las pesquerías en México. *Depósito de documentos de la FAO*.

En: <http://www.fao.org/docrep/field/003/ac595s/AC595S00.htm#TOC>. 1974.

FAO. Papel de la FAO en la Acuicultura. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Recuperado de <http://www.fao.org/aquaculture/es/>. 2015.

FAO. State of worldaquaculture. *FAO Forestry paper*. Recuperado de 147 pp.<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0874e/a087ae01.pdf>. 2006.

GARCÍA- GUTIÉRREZ; RODRÍGUEZ- MEZA. Problemática y riesgos ambientales por el uso de plaguicidas en Sinaloa. *Ra Ximhai*, v. 8, n. 3, sep-dic. 2012.

GRABER, A.; JUNGE, R. *Aquaponics systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production*. v. 246, p. 147- 156. 2009.

GRUPO DEL BANCO MUNDIAL. *Desarrollo social: Resultados del sector*. Recuperado:<http://www.bancomundial.org/es/results/2013/04/14/social-development-results-profile>. 2017.

H, Wickham. *ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis*. Springer-Verlag New York. Recuperado: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/115145/SGP-214Web.compressed.pdf>. 2009.

MUÑOZ-GUTIÉRREZ, M. *Sistemas de recirculación acuapónicos*. Informador Técnico. Edición 76. p. 123-129. Enero-diciembre. 2012.

PINHEIRO J.; BATES D.; DEBROY S.; SARKAR, D. *\_nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models\_*. R package version 3.1-128, <URL: <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>>. 2016.

R CORE TEAM. *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>. 2016.

SANZ DE GALDEANO, J.; URIBARRI, A.; SÁDABA, S.; AGUADO, G.; DEL CASTILLO, J. Invernaderos y calefacción en Navarra. *Navarra Agraria*. Nov.-Dic.: 13- 23. 2003.

1.