



**AGRO
PRODUCTIVIDAD**

ISSN-0188-7394



ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Empoderamiento de las
organizaciones sociales
en el cultivo de
pejelagarto
(*Atractosteus tropicus*)
en el sureste de México

pág. 38

Año 8 • Volumen 8 • Número 3 • mayo–junio, 2015

PRODUCCIÓN DE HUACHINANGO (<i>Lutjanus peru</i>) EN JAULAS FLOTANTES	3
PRESENCIA DE IHNV EN UNIDADES PRODUCTIVAS DE CAMARÓN BLANCO (<i>Penaeus vannamei</i> Boone) DEL GOLFO DE MÉXICO	10
ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>) Y LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>) EN DOS SISTEMAS DE ACUAPONÍA	15
CRECIMIENTO DE TILAPIA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) Y TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO ABIERTO	20
PRODUCCIÓN ACUAPÓNICA DE TRES HORTALIZAS EN SISTEMAS ASOCIADOS AL CULTIVO SEMI-INTENSIVO DE TILAPIA GRIS (<i>Oreochromis niloticus</i>)	26
ESTRATEGIA LOCAL DE COMERCIALIZACIÓN DE TILAPIA VIVA (<i>Oreochromis</i> spp.), EN VERACRUZ, MÉXICO ANTE LA COMPETENCIA INTERNACIONAL	33

y más artículos de interés...

PRECIO AL PÚBLICO \$75.00 PESOS



Estructura

Agroproductividad es una revista de divulgación, auspiciada por el Colegio de Postgraduados para entregar los resultados obtenidos por los investigadores en ciencias agrícolas y afines. En ella se puede publicar información relevante al desarrollo agropecuario, social y otras disciplinas relacionadas, en formato de artículo, nota o ensayo. Las contribuciones son arbitradas y la publicación final se hace en idioma español. La contribución debe tener una extensión máxima de 15 cuartillas, incluyendo las ilustraciones. Deberá estar escrita en Word a doble espacio empleando el tipo Arial a 12 puntos y márgenes de 2.5 cm. Debe evitarse el uso de sangría al inicio de los párrafos. Las ilustraciones serán de calidad suficiente para su impresión en offset a colores, y con una resolución de 300 dpi en formato JPEG, TIFF o RAW.

La estructura de la contribución será la siguiente:

1) Artículos: una estructura clásica definida por los capítulos: Introducción, Resumen, abstract, objetivos, Materiales y Métodos, Resultados y Discusión, Conclusiones y Literatura Citada; 2) Notas, Ensayos y Relatorías: deben tener una secuencia lógica de las ideas, exponiendo claramente las técnicas o metodologías que se transmiten o proponen.

Formato

Título. Debe ser breve y reflejar claramente el contenido. Cuando se incluyan nombres científicos deben escribirse en *itálicas*.

Autor o Autores. Se escribirán él o los nombres completos, separados por comas, con un índice progresivo en su caso. Al pie de la primera página se indicará el nombre de la institución a la que pertenece el autor y la dirección oficial, incluyendo el correo electrónico.

Cuadros. Deben ser claros, simples y concisos. Se ubicarán inmediatamente después del primer párrafo en el que se mencionen o al inicio de la siguiente cuartilla. Los cuadros deben numerarse progresivamente, indicando después de la referencia numérica el título del mismo (Cuadro 1. Título), y se colocarán en la parte superior. Al pie del cuadro se incluirán las aclaraciones a las que se hace mención mediante un índice en el texto incluido en el cuadro.

Figuras. Corresponden a dibujos, gráficas, diagramas y fotografías. Las fotografías deben ser de preferencia a colores. Se debe proporcionar originales en tamaño postal, anotando al reverso con un lápiz suave el número y el lugar que le corresponda en el texto. La calidad de las imágenes digitales debe ceñirse a lo indicado en la tabla comparativa.

Unidades. Las unidades de pesos y medidas usadas serán las aceptadas en el Sistema Internacional.

Citas libros y Revistas:

Bozzola J.J., Russell L.D. 1992. Electron Microscopy: Principles and Techniques for Biologists. Ed. Jones and Bartlett. Boston. 542 p.

Calvo P., Avilés P. 2013. A new potential nano-oncological therapy based on polyamino acid nanocapsules. Journal of Controlled Release 169:10-16

Gardea-Torresdey J.L., Peralta-Videa J.R., Rosa G., Parsons J.G. 2005 Phytoremediation of heavy metals and study of the metal coordination by X-ray absorption spectroscopy. Coordination Chemistry Reviews 249: 1797-1810.

Tabla comparativa.

Centímetros	Píxeles	Pulgadas
21.59×27.94	2550×3300	8.5×11
18.5×11.5	2185×1358	7.3×4.5
18.5×5.55	2158×656	7.3×2.2
12.2×11.5	1441×1358	4.8×4.5
12.2×5.55	1441×656	4.8×2.2
5.85×5.55	691×656	2.3×2.2
9×11.5	1063×1358	3.5×4.5
9×5.55	1063×656	3.5×2.2



 **ÍNDICE DE REVISTAS MEXICANAS**
CONACYT DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

EBSCO
INFORMATION SERVICES

latindex

USDA

**CENGAGE
Learning**

Master Journal List — Thomson Reuters

Es responsabilidad del autor el uso de las ilustraciones, el material gráfico y el contenido creado para esta publicación.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores, y no reflejan necesariamente los puntos de vista del Colegio de Postgraduados, de la Editorial del Colegio de Postgraduados, ni de la Fundación Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas.

Contenido

- | | |
|-----------|--|
| 3 | PRODUCCIÓN DE HUACHINANGO (<i>Lutjanus peru</i>) EN JAULAS FLOTANTES |
| 10 | PRESENCIA DE IHNV EN UNIDADES PRODUCTIVAS DE CAMARÓN BLANCO (<i>Penaeus vannamei</i> Boone) DEL GOLFO DE MÉXICO |
| 15 | ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA (<i>Oreochromis niloticus</i>) Y LECHUGA (<i>Lactuca sativa</i>) EN DOS SISTEMAS DE ACUAPONÍA |
| 20 | CRECIMIENTO DE TILAPIA (<i>Oreochromis niloticus</i> L.) Y TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO ABIERTO |
| 26 | PRODUCCIÓN ACUAPÓNICA DE TRES HORTALIZAS EN SISTEMAS ASOCIADOS AL CULTIVO SEMI-INTENSIVO DE TILAPIA GRIS (<i>Oreochromis niloticus</i>) |
| 33 | ESTRATEGIA LOCAL DE COMERCIALIZACIÓN DE TILAPIA VIVA (<i>Oreochromis</i> spp.), EN VERACRUZ, MÉXICO ANTE LA COMPETENCIA INTERNACIONAL |
| 38 | EMPODERAMIENTO DE LAS ORGANIZACIONES SOCIALES EN EL CULTIVO DE PEJELAGARTO (<i>Atractosteus tropicus</i>) EN EL SURESTE DE MÉXICO |
| 44 | ESTADO DE ARTE DE LA BIOLOGÍA Y CULTIVO DE PEJELAGARTO (<i>Atractosteus tropicus</i>) |
| 52 | PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST A BASE DE RASTROJO DE MAÍZ (<i>Zea mays</i> L.) Y ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO |
| 60 | LA ACUAPONÍA: ALTERNATIVA SUSTENTABLE Y POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN MÉXICO |
| 66 | LA ACUAPONÍA, DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA SUSTENTABLE |

Corrección de estilo: Hannah Infante Lagarda

Maquetación: Alejandro Rojas Sánchez

Suscripciones, ventas, publicidad, contribuciones de autores:

Guerrero 9, esquina Avenida Hidalgo, C.P. 56220, San Luis Huexotla, Texcoco, Estado de México.

Teléfono: 01 (595) 928 4703 | jocadena@colpos.mx; jocadena@gmail.com

Impresión 3000 ejemplares.

©Agroproductividad, publicación respaldada por el Colegio de Postgraduados. Derechos Reservados. Certificado de Licitud de Título Núm. 0000. Licitud de Contenido 0000 y Reserva de Derechos Exclusivos del Título Núm. 0000. Editorial del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México, Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Núm. 036.

Impreso en México • Printed in México
PRINTING ARTS MEXICO, S. de R. L. de C. V.
Calle 14 no. 2430, Zona Industrial
Guadalajara, Jalisco, México. C.P. 44940
Fax: 3810 5567
www.tegrafik.com
RFC: PAM991118 DGO

Directorio

Said Infante Gil
Editor General del Colegio de Postgraduados

Rafael Rodríguez Montessoro[†]
Director Fundador

Jorge Cadena Iñiguez
Director de Agroproductividad

Comité Técnico-Científico

Colegio de Postgraduados—Montecillo
Fernando Clemente S.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fauna Silvestre

Ma. de Lourdes de la Isla
Dr. Ing. Agr. Catedrática Aereopolución

Ángel Lagunes T.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Entomología

Enrique Palacios V.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Hidrociencias

Jorge Rodríguez A.
Dr. Ing. Agr. Catedrático Fruticultura

Instituto de Investigaciones
Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Pedro Cadena I.
Dr. Ing. Agr. Transferencia de Tecnología

Carlos Mallen Rivera
M. C. Director de Promoción y Divulgación

Confederación Nacional Campesina
Jesús Muñoz V.
Dr. Ing. Agr. Agronegocios

Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura
Victor Villalobos A.
Dr. Ing. Agr. Biotecnología

Instituto Interamericano de
Cooperación para la Agricultura
(República Dominicana)
Manuel David Sánchez Hermosillo
Dr. Ing. Agr. Nutrición Animal y manejo de
Pastizales


Servicio Nacional de Inspección y
Certificación de Semillas
(SNICS-SAGARPA)
Manuel R. Villa Issa
Dr. Ing. Agr. Economía Agrícola.
Director General



Dr. Jorge Cadena Iñiguez

Editorial

Volumen 8 • Número 3 • mayo–junio, 2015.

Los sistemas de producción de alimentos conllevan riesgos por deshechos al ambiente, y generalmente están alineados a la obtención de un único producto. En este número  divulga resultados de investigación referentes a la integración de sistemas duales de producción que incluyen peces y vegetales denominados **Sistemas Acuapónicos**, que en la mayoría de los casos, los vegetales son capaces de aprovechar los efluentes saturados por minerales o sólidos orgánicos generados por los primeros, para transformarlos en alimentos. Los sistemas Acuapónicos incluyen la acuicultura, que involucra el cultivo de animales acuáticos, usando frecuentemente especies de tilapia, con la hidroponía para la producción de cultivos vegetales, generalmente hortalizas con base en soluciones nutritivas, y representa una valiosa alternativa para producción intensiva. Otro aspecto relevante en este número, es la producción de peces de rápido crecimiento en jaulas flotantes, tales como, el huachinango, o bien, estudios sobre reproducción controlada en cautiverio del pejelagarto, especie originaria de la planicie inundable de Tabasco, México, y que ambos sistemas mantienen un mercado de proteína accesible a la población, forman redes de valor y disminuyen presión al ambiente. Un dato importante, es la detección del Virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV) en granjas de camarón blanco del Pacífico considerado de alto riesgo para la producción en litorales del pacífico y Golfo de México, por ser una especie cultivada muy importante para la economía mundial, donde México ocupa el sexto lugar como productor. El tratamiento de desechos agropecuarios es abordado mediante el vermicomposteo, que permite reinsertarlos en la agricultura, reduciendo los riesgos de salud y al ambiente por nitratos tóxicos que a la postre llegan a contaminar fuentes de agua, proliferan olores y microorganismos. Estos resultados de investigación detallan en un lenguaje sencillo las bondades y limitaciones de la **Acuaponía**, producción de peces en jaulas flotantes, importancia de los riesgos sanitarios para la economía, tratamiento y reciclaje de desechos, o bien, reproducción de especies no domesticadas como el pejelagarto que son clave en ecosistemas frágiles. Consideramos muy importante fortalecer las investigaciones básicas y tecnológicas en estos temas, a través de su inclusión en convocatorias públicas de forma sostenida.

PRODUCCIÓN DE HUACHINANGO (*Lutjanus peru*) EN JAULAS FLOTANTES

PRODUCTION OF PACIFIC RED SNAPPER (*Lutjanus peru*) IN FLOATING CAGES

Cabrera-Mancilla, E.^{1*}; Gutiérrez-Zavala, R.M.¹

¹Instituto Nacional de Pesca. Pitágoras 1320 Col. Santa Cruz Atoyac, Delegación Benito Juárez.
C.P. 03310, México, D.F.

*Autor responsable: ecabreramancilla@yahoo.com.

RESUMEN

El huachinango (*Lutjanus peru*) es una especie de escama muy cotizadas en el estado de Guerrero, México, por lo que los pescadores han optado por la acuicultura para ofrecer un producto de calidad en las temporadas de mayor demanda. En los cultivos implementados, no se ha contado con un seguimiento técnico permanente, lo cual ha generado bajos rendimientos y pérdidas económicas. Por lo anterior, desde el año 2008, el Instituto Nacional de Pesca (INAPESCA), en conjunto con la cooperativa Costa Grande-Guerrero, iniciaron trabajos orientados a la engorda de huachinango en una localidad con el objetivo de evaluar el crecimiento de esta especie en jaulas flotantes mediante indicadores del crecimiento y rentabilidad económica. Bajo cultivo, con una alimentación diseñada, el huachinango alcanzó el crecimiento en longitud y peso, obteniendo talla "platillera" comercial en cuatro meses, lo que redujo costos de producción. El crecimiento de *L. peru*, fue de tipo isométrico con tasa instantánea de crecimiento promedio calificada como rápida, la cantidad de alimento suministrado (FCA) registró buen rendimiento para ser de origen natural. Las ganancias obtenidas fueron superiores al punto de equilibrio, lo que indicó rentabilidad del cultivo.

Palabras clave: Acuicultura, pescado rojo, rentabilidad, Guerrero.

ABSTRACT

The Pacific red snapper (*Lutjanus peru*) is a scale species that is highly valued in the state of Guerrero, Mexico, for which fishermen have opted to use aquiculture to offer a quality product during the seasons of greatest demand. There has not been permanent technical monitoring for the breeding implemented, which has generated low yields and economic losses. Therefore, since the year 2008, the National Fishery Institute (Instituto Nacional de Pesca, INAPESCA), together with the Costa Grande-Guerrero cooperative, began projects directed at fattening the Pacific red snapper in a locality with the aim of evaluating the growth of this species in floating cages through indicators of growth and economic profitability. Under breeding, with designed feeding, the Pacific red snapper reached the growth desired in length and weight, obtaining a commercial "dish" size in four months, and reducing production costs. The growth of *L. peru* was isometric with an instant growth rate qualified as fast, the amount of food supplied (FCA) showed good yield for a source of natural origin. The earnings obtained were higher than the point of equilibrium, indicating profitability of the fish.

Keywords: Aquaculture, red snapper, profitability, Guerrero.



INTRODUCCIÓN

El Huachinango (*Lutjanus peru*), es una especie cotizada en el estado de Guerrero, México, debido a que su producción se dirige a los centros turísticos nacionales de Acapulco e Ixtapa-Zihuatanejo. Debido a su calidad, demanda y valor comercial, el huachinango reúne requisitos para ser cultivado con éxito, sin embargo, a pesar de su importancia económica y social, en los cultivos que se han implementado en el estado de Guerrero, no ha existido un seguimiento técnico para su producción, lo que ha propiciado pobres rendimientos con pérdidas económicas. Generalmente se cree que la maricultura se basa únicamente en la extracción y engorda del recurso biológico, y no se toma en cuenta que esta actividad va desde la producción hasta el consumo, pasando por la organización social para el trabajo, es decir, que representa todo un conjunto de actividades en un solo proceso. Además de lo anterior, se suma el desconocimiento de elementos básicos que permiten normar criterios sobre el tipo de estrategias de producción que deben seguirse durante el proceso, ya que para que una granja acuícola obtenga altos rendimientos, se requiere que el productor tenga conocimiento de cuánto va a producir y cuáles serán sus costos de producción. Con base en lo anterior se evaluó el crecimiento de *Lutjanus peru* en jaulas flotantes mediante indicadores del crecimiento y rentabilidad económica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en la Bahía de Tequepa, localidad de Puerto Vicente Guerrero, municipio de Técpan de Galeana, Guerrero, México, (17° 16' 22.274" N, y 101° 03' 19.758" O) (Figura 1).

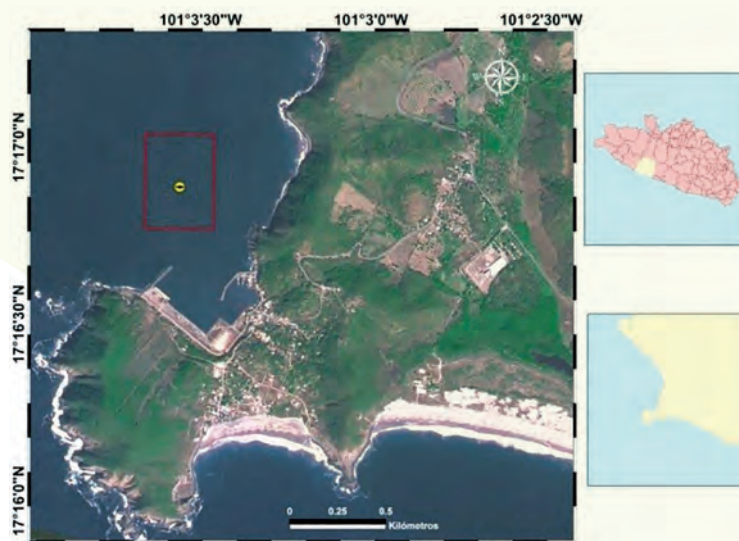


Figura 1. Localización del polígono de cultivo en Puerto Vicente Guerrero.

El estudio se realizó de marzo a julio en colaboración con la Sociedad Cooperativa "Costa Grande Guerrero". Se sembró un total de 700 organismos de huachinango capturados por medio de una línea de mano, los cuales se depositaron en una jaula con dimensiones de 125 m³ (5×5×5 m), a una densidad de 5.6 peces m⁻³. La talla y peso promedio de siembra fue de 17.4 cm de longitud total y 87 g de peso. Con la finalidad de determinar el crecimiento en talla y peso, así como para ajustar la cantidad de alimento a suministrar se realizaron biometrías mensuales, con un mínimo de muestra de 60 peces. Como alimento se les proporcionó "sardina" fresca al 5% de la biomasa, el cual se dividido en dos raciones al día. Con los datos de talla y peso se determinó el tipo de crecimiento del huachinango mediante la fórmula $P=a L^b$; donde: P =peso total (g); L =longitud total (cm) y a y b =constantes a determinar mediante un análisis de regresión.

Para determinar el grado de engorda se utilizaron los datos de la longitud total, altura y peso a los cuales se les aplicó el método de regresión múltiple (Kuri-Nivón, 1980), por medio de la ecuación $P=a L^b A^c$; donde P =Peso total (g); L =longitud total (cm); A =Altura (cm) y a , b y c =Constantes a determinar mediante el modelo de regresión múltiple.

El criterio que se utilizó para identificar el grado de robustez o engorda (Cabrera-Mancilla y Torres-Díaz, 1995) fue el siguiente: Si la relación $P_{obt}/P_{teo}=1$, los organismos están en buena condición, si la razón $P_{obt}/P_{teo}>1$, están sobrealimentados y si el $P_{obt}/P_{teo}<1$, se encuentran subalimentados; donde P_{obt} =Peso observado y P_{teo} =Peso teórico obtenido por medio de la regresión múltiple.

Para su análisis, se empleó la técnica de caja y bigote, utilizando la mediana como medida de tendencia central, debido a que es más robusta a los casos extremos (Salgado-Ugarte, 1992). El incremento relativo de la longitud, peso y altura se determinó por medio de la ecuación $IR = \frac{X_f - X_i}{X_i}$; donde

X_i =Longitud, peso o altura inicial y X_f =Longitud, peso o altura final.

La efectividad del alimento se estimó mediante el Factor de Condición Alimenticia (FCA), por medio de la fórmula propuesta por Kuri Nivón (1980).

$$FCA = \frac{\text{Cantidad de alimento suministrado en un tiempo dado}}{\text{Incremento en peso de la población en el mismo tiempo dado}}$$

Análisis Financiero

Se realizó con base a los métodos descritos por Márquez y López (1975), Soto *et al.* (1975), Muñuzuri y Nicolet (1978) tomando como base los datos obtenidos en este trabajo, así como los proporcionados por la unidad de producción.

La obtención del punto de equilibrio. Se calculó mediante el método analítico con la siguiente ecuación: $V_o = \frac{K}{(P-C)}$; donde: PE=punto de equilibrio;

E=egresos totales; K=costos fijos; C=costos variables unitarios; I=ingreso total; P=precio por kilogramo de producto; V_o =Volumen en kilos.

El costo total unitario para producir un kilogramo de pescado, se estableció mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo total unitario} = \frac{\text{Costos totales}}{\text{Unidades producidas}}$$

RESULTADOS

En el Cuadro 1 muestra la estadística básica de la longitud total, peso total y altura para el huachinango, para el inicio y final del ciclo del cultivo.

La varianza para las tres variables fue mayor al final de la etapa de cultivo, mientras que el coeficiente de variación (CV) disminuyó. Las Figuras 2 y 3 muestran los histogramas para la longitud y peso totales hallándose las

Cuadro 1. Estadística básica del cultivo de huachinango (*Lutjanus peru*) al inicio y final del ciclo de cultivo.

Parámetro	Inicio			Final		
	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Altura (cm)	Longitud total (cm)	Peso total (g)	Altura (cm)
n	56	56	56	60	60	60
Promedio	17.4	87.1	4.8	29.4	435.3	8.8
Mediana	17.7	90	4.9	29.2	419.7	8.5
σ	1.2	14.8	0.4	1.5	72	0.6
Mínimo	15.8	65	4.2	26	277.5	8.0
Máximo	19	108	5.5	32	615	10
CV	6.9%	17.0%	8.3%	5.1%	16.5%	6.8%

El incremento relativo en longitud, altura y peso al final del cultivo fue del 69%, 83% y 400% respectivamente.

menores dispersiones al inicio del cultivo y es a partir del mes de abril donde las modas comienzan a sobreponerse (Figura 4).

Relación peso:longitud

La ecuación obtenida fue del tipo exponencial $P=0.0165 L^{3.005}$ con una R^2 de 0.9858. y un exponente ligeramente mayor a tres. Con relación al Factor de Condición Múltiple; la relación altura-peso fue de tipo exponencial $P=1.3505 A^{2.6572}$ con una R^2 de 0.9783; mientras que la relación longitud-altura fue lineal $L=0.3197 A+0.7059$ con una R^2 de 0.9453.

El coeficiente de determinación para estas tres variables fue superior a 0.9, lo cual significó que un incremento en longitud y altura explican al menos, el 97% de la variabilidad del peso, mientras que la longitud, explicó aproximadamente el 95% de la variabilidad de la altura. Lo anterior es muy importante para el cálculo de las constantes del **Factor de Condición Múltiple**, ya que la altura tiene que estar fuertemente asociada al peso y longitud. Con base a lo anterior, la ecuación del Factor de Condición Múltiple, quedó de la siguiente forma $P=0.0912 L^{1.8033} A^{1.088}$. Con excepción del mes de julio, la mediana fue superior a uno, y durante todo el ciclo de cultivo el 53.5% de los organismos se ubicaron con valores superiores a 1.

La Figura 5 muestra que el 50% de los organismos durante el ciclo de cultivo se encontró entre un Factor de Condición Múltiple (KM) de 0.92 y 1.05, donde la mayor variación se ubicó en el mes de marzo, y la menor en junio, con la mayor mediana en mayo.

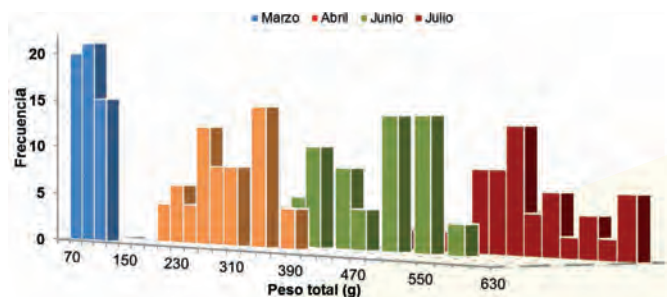


Figura 2. Frecuencia relativa para longitud total del huachinango (*Lutjanus peru*) durante cuatro meses de cultivo.

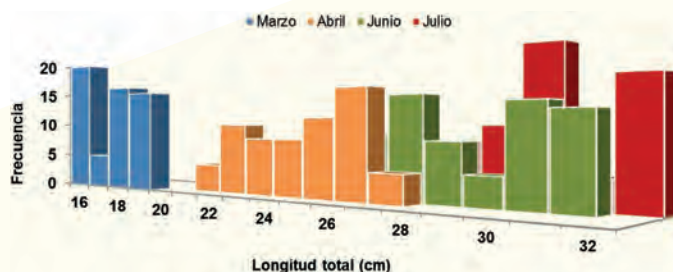


Figura 3. Frecuencia relativa para el peso total del huachinango (*Lutjanus peru*) durante cuatro meses de cultivo.



Figura 4. Huachinango (*Lutjanus peru*) desarrollado bajo condiciones de cultivo en jaulas flotantes.

Factor de Conversión Alimenticia

Se proporcionó un total de 916.5 kg^{-1} de alimento durante los 116 días que duró la fase de engorda. La biomasa inicial fue 60.9 kg y la final de 304.7 kg, lo cual generó una cosecha de 253 kg con un Factor de Conversión Alimenticia promedio de 3.8.

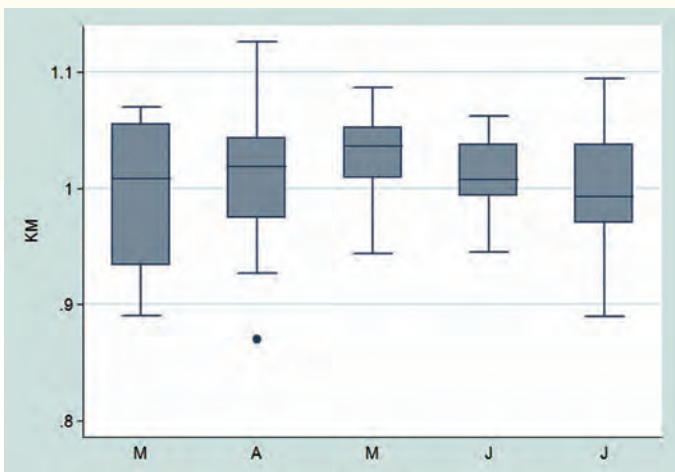


Figura 5. Diagrama del Factor de Condición Múltiple (KM) por mes para *Lutjanus peru*.

ANÁLISIS FINANCIERO

Punto de equilibrio

En el cuadro 2 se presentan los ingresos por venta del huachinango, así como los costos totales y los costos

Cuadro 2. Variables financieras del cultivo de huachinango (*Lutjanus peru*) en jaulas flotantes.

Concepto	Precio (\$)
Ingresos	
Producción (kg)	253.00
Por venta (\$)	18,975.00
Costos de operación	
Combustible captura	107.7
Combustibles lubricantes (alimentación)	1,341.6
Hielo	210.0
Subtotal	1659.3
Luz	4,000.00
Salario Captura	1000.00
Subtotal	5,000.00
Costo total	6659.3

de operación tanto fijos como variables para un ciclo de cultivo en la Unidad de Producción.

El Punto de equilibrio productivo fue de 73 kg, el de ingresos= \$5,474.00 mientras que el costo total unitario de producción del huachinango fue de \$26.3 kg, generando ingresos netos de \$12,135.70

La mayor parte de las investigaciones sobre el cultivo de pargos en el mundo se han llevado a cabo en *Lutjanus argentimaculatus*, *L. erythropterus*, *L. johni*, *L. sebae*, *L. russelli*, *L. stellatus* (Castillo, 2007), mientras que para el cultivo y crecimiento de *Lutjanus peru* no existen referencias en otros lugares del mundo. Para el caso de México, en jaulas 125 m³, Castillo (2007), suministró alimento balanceado a 790 organismos jaula⁻¹ en la Bahía de Matanchen, San Blas Nayarit, y reportó un peso promedio final para el huachinango de 158.6 g obtenidos a partir de individuos de 65.1 g en 120 días de cultivo; mientras que Garduño-Dionate *et al.* (2010) en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, con 1200 organismos de 138 g alimentados con Camaronina 35 y sardina, obtuvieron un peso promedio 259 g en cuatro meses de cultivo. Asimismo, Gutiérrez-Zavala y Cabrera-Mancilla (2011), igualmente en Puerto Vicente Guerrero, durante siete meses de cultivo y partiendo de un peso inicial 89.5 g lograron organismos de 465 g en promedio, alimentados con sardina. Los resultados obtenidos en el presente trabajo, indican que el huachinango presentó un buen crecimiento durante el ciclo de cultivo y alcanzó la talla "platillera" o de "orden" en cuatro meses de cultivo, por lo que se podrían obtener hasta tres cosechas por año. Al final del cultivo hubo una sobre posición de las modas estadísticas, tanto en longitud como en peso, lo cual pudo deberse a una disminución en la tasa de crecimiento de los organismos ocasionado probablemente a que el huachinango, como lo menciona Rojas-Herrera (2001), empieza su fase adulta y de madurez sexual a los 31.8 cm de longitud, por lo que parte de la energía ya no se canalizaría únicamente al incremento en peso y longitud sino también a la madurez gonádica.

Relación peso-longitud

Debido a que el valor de la pendiente de la relación peso-longitud fue igual a tres, el crecimiento del huachinango fue de tipo **isométrico**, lo que indica que siguió la ley del cubo, por lo que resultó en un incremento proporcional en peso y talla, esto es, los peces pequeños fueron proporcionalmente igual de pesados que los organismos más grandes.



Figura 6. Huachinango (*Lutjanus peru*), obtenido de cultivo en jaulas flotantes.

De igual forma, para la misma zona de cultivo y especie, Garduño-Dionate *et al.* (2010) obtuvo un valor de pendiente de 3.625, e indica además, que el crecimiento de *Lutjanus peru* fue del tipo alométrico positivo. Este valor es diferente al reportado por Gutiérrez-Zavala *et al.* (2012), para el huachinango que se pesca en Puerto Vicente Guerrero, el cual fue 2.93 g. Este aumento en la pendiente en condiciones de cultivo pudo deberse al menor gasto energético de los organismos cultivados por la búsqueda de alimento Tacon (1989). En contraste con lo anterior, Castillo (2007), en jaulas situadas en la bahía de Matanchen, Nayarit, obtuvo pendientes para el Huachinango en un intervalo de 2.2922 a 2.4301, lo cual fue evidencia de crecimiento de tipo alométrico negativo, lo cual significa, que para estos organismos, los individuos mayores serán proporcionalmente menos pesados que los menores.

Factor de Condición Múltiple

En términos generales los organismos presentaron un buen estado de condición, lo que indicó buen aprovechamiento del alimento. Al inicio del cultivo (marzo), los organismos estuvieron por debajo del nivel óptimo, logrando estabilizarse posteriormente, atribuido al proceso de aclimatación a condiciones de encierro y alimentación. Las mayores dispersiones de talla y peso registradas en estos meses de crianza, probablemente haya sido resultado de que unos peces se alimentaron más que otros y por lo tanto ganaron más peso que los demás; lo anterior pudo generarse por efecto de reacciones jerárquicas y competencia por espacio y alimento. Por lo anterior se sugiere que en cualquier cultivo se tenga la mínima dispersión de este parámetro, ya que esto puede asegurar una población homogénea en cuanto

al aprovechamiento del alimento y por consecuencia un menor desperdicio del mismo, que se traducirá en un menor gasto en los costos de operación de la granja. Medina-García (1980) menciona que las relaciones morfométricas y sus cambios con respecto al tiempo y espacio son esenciales para la interpretación del comportamiento de las poblaciones en acuicultura, debido a que se puede tener diferentes combinaciones como peces largos gordos, peces cortos flacos, peces largos flacos y peces cortos gordos, y que el Factor KM representa adecuadamente el estado de los organismos y elimina los errores provocados por las variaciones de altura. En el cultivo de huachinango esto es muy importante, ya que en Guerrero, México, el consumidor prefiere un pescado largo y alto que un corto, aunque este último tenga más carne. Lo anterior se atribuye a cuestiones culturales derivado del llamado tamaño "platillero", que corresponde a un pescado que ocupe o sobresalga un platón ovalado (Figura 7).

Tasa Instantánea de Crecimiento

La TIC promedio obtenida de 1.7% por día, fue superior a la reportada por Garduño-Dionate *et al.* (2010) con 1.07% por día, y por Castillo (2007) con 0.95% por día. A este respecto, Wheaton (1982), menciona que la tasa de crecimiento es diferente para cada especie, e inclusive para cada talla de una población de animales. Con base a todo lo anterior, se puede entender que aunque existan dos sistemas de producción que cultiven la misma especie, con condiciones similares de cultivo, las tasas de crecimiento serán diferentes para cada individuo de la población.

El FCA del alimento natural encontrado en este estudio, fue mayor al reportado por Castillo (2007), quien obtuvo un FCA promedio de 1.2 con un alimento comercial cuyo contenido de proteína cruda osciló entre 25-35% y 7% de lípidos. Sin embargo, los rendimientos en crecimiento y biomasa con alimento natural, fueron mejores, además, los organismos no perdieron el color rojo convirtiéndolos en un producto de mejor calidad.

A este respecto, Negrete (1989) menciona que para fines de producción, resulta inoperante evaluar los alimentos a partir de sus características nutrimentales, ya que al acuicultor no le basta tener un alimento con excelente contenido nutrimental, sino saber con qué alimento obtendrá mayor rentabilidad y beneficios, y de la misma forma le interesa conocer cómo puede optimizar el manejo de sus alimentos, es decir, producir organismos de buena calidad y a bajo costo.

Los ingresos y volumen de venta obtenidos por la Asociación cooperante, fueron superiores del Punto de equilibrio, lo cual generó un margen de utilidad de \$48.7 por kg producido, equivalente a 185% de ganancia. Con base a lo anterior, la engorda de huachinango y pargos en jaulas flotantes en Puerto Vicente Guerrero, ha probado ser una actividad viable y rentable, y es una tarea complementaria para la pesca ribereña, crenado además un cambio cultural en los productores, al pasar de la fase puramente extractiva a la de cultivo y cuidado de sus recursos.

CONCLUSIONES

El huachinango presentó un buen crecimiento en longitud y peso con una alimentación de tipo no comercial. Se alcanzó la talla "platillera" comercial en cuatro meses, lo que redujo los costos de producción. El crecimiento de *L. peru*, fue de tipo isométrico. Los organismos presentaron un buen estado. La tasa instantánea de crecimiento promedio fue equivalente a crecimiento rápido. El FCA presentó un buen rendimiento, para ser de tipo natural. Las ganancias obtenidas se situaron por arriba del punto de equilibrio, lo que indicó la rentabilidad del cultivo.



Figura 7. Huachinango comercial (*Lutjanus peru*) obtenido de cultivo en jaulas flotantes con talla "platillera".

LITERATURA CITADA

- Cabrera M.E., Torres D.E. 1995, Evaluación de la producción y engorda de híbridos de tilapia (*Oreochromis urolepis hornorum* ♂ × *Oreochromis mossambicus* ♀) como especie comercial en el estado de Morelos, México. Tesis de Licenciatura. ENEP Zaragoza-UNAM México 118p.
- Castillo-Vargas Machuca S.G. 2007. Investigación y desarrollo de tecnología para el maricultivo en jaulas flotantes de lutjanidos en San Blas Nayarit. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nayarit. 168 p.
- Garduño-Dionate M., Unzueta-Bustamante M.L., Hernández-Martínez M., Lorán-Nuñez R.M., Martínez-Insunza F.R. 2010. Crecimiento de Huachinangos juveniles silvestres (*Lutjanus peru*) en un encierro de engorda en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero, México. Revista Ciencia Pesquera. 18(1): 93-96.
- Gutiérrez-Zavala R., Cabrera-Mancilla E. 2011. Análisis del crecimiento del huachinango *Lutjanus peru* en jaulas flotantes en Puerto Vicente Guerrero, Guerrero. Presentación oral. III Reunión de la Sociedad Mexicana de Pesquerías. Mazatlán, Sinaloa, 16 al 20 de mayo.
- Kuri-Nivon E. 1980. Determinación del Factor de Condición Múltiple (KM). Manuales Técnicos de Acuicultura. Departamento de Pesca. 1(1): 11-21.
- Márquez P.J., López G E. 1982. Administración de empresas agropecuarias. Manuales para la educación agropecuaria. SEP/Trillas. México D.F. 112 p.
- Medina-García M. 1980. El factor de condición múltiple (KM) y su importancia en el manejo de la carpa de Israel (*Cyprinus carpio specularis*). Hembras en estado de madurez V (Nikolsky, 1963). Manuales Técnicos de Acuicultura. Departamento de Pesca. 1(1): 3-10.
- Muñuzuri R., Nicolet M. 1978. Manual de organización económica para la producción pesquera. Dirección General de Ciencia y Tecnología del Mar-SEP. México 102 p.
- Negrete P.A.M. 1989. Principales indicadores que se emplean en el manejo de poblaciones en acuicultura intensiva. Análisis crítico. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias-UNAM México 128 p.
- Rojas-Herrera A.A. 2001. Aspectos de la dinámica de poblaciones del huachinango *Lutjanus peru* (Nichols y Murphy, 1922) y del flamenco *Lutjanus guttatus* (Steindachner, 1869) (Pisces: Lutjanidae) del litoral de Guerrero, México. Tesis Doctoral. Facultad de Veterinaria y Zootecnia. Posgrado Interinstitucional en Ciencias Pecuarias-Universidad de Colima. 207 p.
- Salgado-Ugarte I.H. 1992. El análisis exploratorio de datos biológicos. Fundamento y aplicaciones. Marc. Ediciones y UNAM, México. 243 p.
- Soto R., Espejel Z.E., Martínez F.H. 1975. La formulación y evaluación técnico-económica de proyectos industriales. Centro Nacional de Enseñanza Técnica Industrial (CeNETI). México, D.F. 304 p.
- Tacon A.G.J. 1989. Nutrición y alimentación de peces y camarones cultivados. Manual de capacitación. Documento de campo No. 4. FAO, Brasil. 572 p.
- Wheaton F.H. 1982. Acuicultura. Diseño y construcción de sistemas. Ed. AGT. México. 704 p.



PRESENCIA DE IHHNV EN UNIDADES PRODUCTIVAS DE CAMARÓN BLANCO (*Penaeus vannamei* Boone) DEL GOLFO DE MÉXICO

PRESENCE OF IHHNV IN WHITE SHRIMP (*Penaeus vannamei* Boone) PRODUCTIVE UNITS IN THE GULF OF MEXICO

López-Téllez N.A.^{1*}; Rodríguez-Canul R.²; Corbalá-Bermejo J.A.³; Dorantes-López L.¹; González Germán¹; Unzueta-Bustamante M.L.⁴

¹Centro Regional de Investigación Pesquera de Lerma, Campeche, Instituto Nacional de la Pesca (CRIP Lerma- INP), Km. 5 Carretera Campeche-Lerma s/n, C.P. 24030 Campeche, Camp., México.

²Laboratorio de Inmunología y Biología Molecular, Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (CINVESTAV-INP), Antigua Carretera a Progreso Km. 6, A.P. 73 "Cordemex", C.P. 97310 Mérida, Yucatán, México. ³Universidad Autónoma de Campeche. Escuela superior de Ciencias agropecuarias, Calle 53 s/n entre Unidad esfuerzo y trabajo 1, CP 24350 Escarcega, Campeche, México. ⁴Instituto Nacional de Pesca. Dirección General de Investigación en Acuicultura. Pitágoras No. 1320, Col. Sta. Cruz Atoyac, Deleg. Benito Juárez C.P. 03310, México, D.F.

*Autor responsable: norma.lopez@sagarpa.gob.mx

RESUMEN

El camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) es considerado una de las especies cultivadas más importantes del mundo, y México ocupa el sexto lugar como productor mundial, sin embargo, la presencia en granjas del Virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética (IHNNV) pone en riesgo su producción en los litorales del pacífico y Golfo de México. Se determinó la presencia del virus IHNNV en camarones cultivados (*Penaeus vannamei*) en granjas activas de camarones de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán. Se recolectaron 3,835 muestras de camarones con longitud promedio de 100 mm y 13.4 g peso; se extrajo hemolinfa individualmente y cada organismo se fijó en solución Davidson para análisis histológico. Se buscó la presencia del virus en las muestras de hemolinfa mediante la técnica de la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), detectándose IHNNV en siete granjas de Tamaulipas y dos en Tabasco; el examen histológico no reveló daños citológicos característicos de infección por IHNNV.

Palabras claves: Golfo de México, virus, IHNNV, camarón blanco.

ABSTRACT

The Pacific white shrimp (*Penaeus vannamei*) is considered one of the most important species bred in the world, and Mexico occupies the sixth place as world producer; however, the presence of the Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus (IHNNV) in farms is a risk for its production in coasts of the Pacific Ocean and Gulf of Mexico. The presence of IHNNV was determined in shrimp (*Penaeus vannamei*) bred in active shrimp farms in the states of Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche and Yucatán. Shrimp samples, 3,835, were taken with an average length of 100 mm and 13.4 g weight; the hemolymph was extracted individually and each organism was fixed in Davidson solution for histological analysis. The presence of the virus was sought in the hemolymph through the technique of polymerase chain reaction (PCR), and the IHNNV was detected in seven farms in Tamaulipas and two in Tabasco; the histological exam did not reveal the cytological damages characteristic of IHNNV infection.

Keywords: Gulf of Mexico, virus, IHNNV, white shrimp.

INTRODUCCIÓN

El camarón blanco del Pacífico (*Penaeus vannamei*) es considerado una de las especies cultivadas más importantes del mundo, y México ocupa el sexto lugar como productor mundial con una exportación anual de 105,148.2 t de las cuales 70,449 t provienen de la acuicultura (Industria Acuícola, 2012). A nivel nacional la producción pesquera de camarón ha sido superada por el cultivo, ya que durante 2011, solamente en el estado de Sonora, se produjeron 40,697.278 t (COESAES, 2012). El camarón blanco *P. vannamei* es la especie que se ha cultivado principalmente en litorales del Pacífico desde Sonora hasta Chiapas y en el Golfo de México. Es una especie introducida en los estados de Campeche (1988), Tamaulipas (1992), Yucatán (1999), Tabasco (1999) y Veracruz (2005) y en la actualidad se cultiva, registrando más de 1,400 t (Industria Acuícola, 2012). Uno de los factores de riesgo en el cultivo de organismos acuáticos son las enfermedades, que modifican el funcionamiento normal del hospedero y están relacionadas con efectos ambientales, tales como, los tóxicos o climáticos, nutrimentales, congénitos o agentes infecciosos (Kinne, 1984).

Dentro de las enfermedades, las producidas por virus son las que en los últimos años han causado un mayor índice de mortalidades y pérdidas económicas en los cultivos de camarón, registrando como muy importantes por el nivel de pérdidas económicas, al Virus del Síndrome de Taura (TSV), Virus del Síndrome de la Mancha Blanca (WSSV), Virus de la Cabeza Amarilla (YHV), el Virus de la Necrosis Hipodérmica y Hematopoyética (IHHNV), virus de la *mionecrosis infecciosa* (IMNV), así como, enfermedades no presentes en el país sujetos a vigilancia Nodavirus (LvNv), y enfermedades no presentes en el país sin el nivel apropiado de protección sanitaria como la enfermedad de la cola blanca *Nodavirus machrobrachium*, no reportado en México pero que el camarón blanco del Pacífico es susceptible (Lightner, 1996; Jiménez-Guzmán, 2008, CNA, 2013).

Aunque la mayoría de las investigaciones relacionadas con enfermedades en camarón se realizan en organismos de cultivo, es importante conocer la dinámica de los patógenos en el medio silvestre. Pantoja y Lightner (1993) trabajaron con poblaciones silvestres registrando 50% de prevalencia de IHHNV en el norte del Golfo de California. Lightner y Redman (1994), mencionaron

que el IHHNV se encuentra ampliamente distribuido en diferentes localidades de la costa oeste del continente Americano en las poblaciones silvestres, sin embargo, no ocasiona la muerte a los camarones blancos (*P. vannamei*). Por el contrario, el síndrome de la deformidad (RDS) provoca índices reducidos de crecimiento, tamaño irregular en la cosecha y deformaciones en el rostro, segmentos abdominales, antenas arrugadas y caparazón áspero, lo cual provoca pérdidas económicas aproximadas al 50%. (Lightner y Redman, 1994; Tang y Lightner, 2002).

Álvarez y Hernández (1999) durante 1998 trabajaron con camarones silvestres y cultivados en el Golfo de México, recolectando organismos en dos épocas del año (secas y lluvias) y utilizando la técnica de DOT BLOT, y evidenciaron presencia de IHHNV en 28 organismos de los cuales 17 fueron *P. vannamei* cultivados en Tamaulipas, Veracruz y Yucatán, cinco en *Farfantepenaeus aztecus* de Tamaulipas, cuatro en *L. setiferus* en Laguna de Términos y dos en *F. duorarum* en la Sonda de Campeche, México. Jiménez-Cueto (1999) estudió algunas localidades del estado de Yucatán con organismos silvestres de *F. duorarum*, *F. brasiliensis*, *F. aztecus* y el camarón cultivado en Sisal (*P. vannamei*), utilizando la técnica de hibridación *in situ* (Diagxotics®) para la detección de IHHNV y Taura, sin embargo, no se registró presencia de virus.

En otro estudio en el Golfo de México, Chávez-Sánchez *et al.*, (2002), tampoco detectaron virus IHHNV, WSSV y TSV por PCR e histología en los camarones silvestres de las especies *L. setiferus*, *F. duorarum* y *F. aztecus* y el cultivado *P. vannamei*. Estos organismos fueron capturados en las costas de Tamaulipas, Veracruz y Campeche. Ruiz Hernández y del Río Rodríguez (2013) reportaron no haber encontrado IHHNV, WSSV, TSV e IMNV en especies silvestres de *F. duorarum*, *L. setiferus* y *F. aztecus* y en una granja de camarón con *P. vannamei* procesadas en congeladoras ubicadas en la Ciudad de Campeche. Dado que en cada ciclo de cultivo se introducen lotes de postlarvas del camarón blanco (*P. vannamei*) a las granjas de producción en los diferentes estados que colindan con el Golfo de México y por los antecedentes de que no todos los laboratorios entregan postlarvas con certificado libres patógenos, el objetivo de este estudio fue monitorear presencia del virus IHHNV a todas las granjas en producción de camarón (*P. vannamei*) en áreas de los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron 38 granjas de cultivo de camarón en el Golfo de México, Tamaulipas (17), Veracruz (2), Tabasco (17), Campeche (1) y Yucatán (1), de cada granja se recolectaron 20 organismos por estanque en el periodo de engorda con atarraya de 2 m de diámetro y ½ pulgada de luz de malla. De cada organismo por medio de una jeringa para uso de insulina de 1 mL se colectaron 3 mL⁻³ de hemolinfa que se fijó individualmente en EtOH 96° para la posterior detección de IHHNV por PCR. Después de la colecta de la hemolinfa los camarones se fijaron en solución Davidson por 48 h y luego en EtOH 70% para su tratamiento histológico (Lightner, 1996a). El procedimiento histológico consistió en cinco pasos: Deshidratación, embebido, corte, tinción y observación (Drury y Walligton, 1980).

Para realizar las pruebas de PCR se utilizó el kit comercial IQ2000™. Se realizaron pools de cinco organismos por estanque dando lugar a 73 pools. En los casos positivos, la prueba se realizó en forma individual. El criterio para la interpretación de los resultados fue la observación de las bandas de acuerdo con las instrucciones del fabricante del kit. En todos los casos se incluyeron dos controles para la reacción de PCR: muestras de organismos negativos (SPF) y agua; y el control positivo fue el del kit.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se examinaron un total de 3,850 camarones (2,470 de Tamaulipas, 140 de Veracruz, 960 de Tabasco 220 de Campeche y 60 de Yucatán). En la Tabla 1 se muestra el número de granjas, número de estanques, hectáreas cultivadas, Municipio, laboratorio de procedencia de las postlarvas, el promedio de longitud total en mm y peso en gr de los organismos muestreados (Cuadro 1). Mediante PCR se detectó la presencia de IHHNV en siete granjas de Tamaulipas (3, 5, 7, 8, 12, 13 y 14). Con las

siguientes prevalencias Granjas 3, 5 y 8 P=10; granjas 7, 12, 13 y 14 P=5 (Figura 1).

En el estado de Tabasco, se registró IHHNV en las granjas 11 y 12, con P=5 y 10 % respectivamente. En relación con el análisis histológico, se procesaron 3,850 muestras de las cuales en ninguna se observaron cuerpos de inclusión en la parte del cefalotórax, ni manifestaciones macroscópicas de deformidades y enanismo. En general los resultados evidenciaron la presencia de IHHNV en siete granjas de Tamaulipas y dos en Tabasco en camarones en periodo de engorda. Cabe resaltar que no se observó evidencia de la enfermedad de los organismos fijados mediante signos clínicos, como deformidades o enanismo como los reportados por Lightner (1996). El IHHNV fue introducido desde las Filipinas a través del camarón *P. monodon* vivo para cultivarse en Hawaii y de ahí a América Latina (Tang *et al.*, 2003; Lightner, 2008; Lightner, 2011), y los laboratorios de donde se abastecen las granjas analizadas se ubican en el litoral Pacífico mexicano. Lightner (2011) reportó desde los años ochenta que en el hemisferio oeste del continente Americano presencia de IHHNV, y si las postlarvas de camarón son compradas en esta zona, se puede sugerir que ésta haya sido la vía de introducción de IHHNV al Golfo de México. Lo registrado en el presente estudio, evidenció presencia de IHHNV en 41% de las granjas de Tamaulipas y 11% en granjas de Tabasco, lo cual sugiere aumento en la detección del virus ya que Álvarez y Hernández (1998) reportaron IHHNV en 17 camarones (*P. vannamei*) de dos granjas de Tamaulipas. Motte *et al.* (2003), realizaron un estudio en Ecuador y Panamá para conocer la prevalencia de IHHNV, concluyendo que la prevalencia aumenta de forma directamente proporcional al número de granjas. Es muy importante enfatizar que en los Municipios de Aldama, Tamaulipas y Cárdenas, Tabasco, México, se concentra el mayor número de granjas y fue

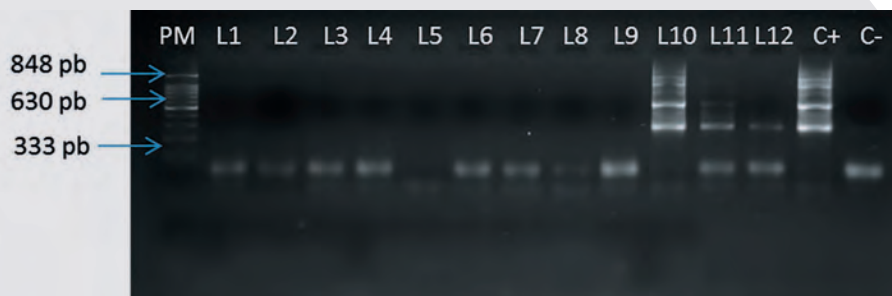


Figura 1. Resultados de IHHNV del camarón blanco *P. vannamei* cultivado en Tamaulipas. PM=Peso Molecular, L1 a L4=granja 1, L4 a L8=granja 2 L9 a L12=granja3, C+=Control positivo y C-=Control negativo.

Cuadro 1. Número de estanques y hectáreas de granjas productoras de camarón (*P. vannamei*) en los estados de Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, Campeche y Yucatán, México. Laboratorio donde compararon las postlarvas y datos morfométricos promedio de los organismos muestreados.

Número	Estanques ha ⁻¹	Municipio	Laboratorio	Longitud (mm)	Peso (g)
Tamaulipas					
1	3 (9)	Reynosa	1	110	23.9
2	5 (15)	Sn Fernando	1 y 2	63	15.3
3	6 (45)	Soto La Marina	3	106	24.9
4	4 (14.5)	Soto La Marina	3	122	27.84
5	2 (7.8)	Aldama	3	112	25.05
6	17	Aldama	3	105	23.26
7	1 (4.3 Ha)	Aldama	3	107	9.49
8	6	Aldama	3	127	15.91
9	5 (36)	Aldama	4	126	28.01
10	16 (60)	Aldama	2 y 3	114	24.99
11	5	Aldama	3	120	26.51
12	5 (5)	Aldama	3	109	24.93
13	1 (3)	Aldama	3	117	12.93
14	21 (80)	Aldama	3	103	22.03
15	19 (140)	Aldama	3	114	24.23
16	6 (20)	Aldama	3	125	26.58
17	1 (17)	Aldama	3	113	10.63
Veracruz					
3	5 (6.6)	Alvarado	3	105.2	5.2
2	3n (8)	Boca del Río	3	106	8.95
Tabasco					
1	7 (20.77)	Cárdenas	3	95	7.85
2	1 (1.5)	Cárdenas	5	113	12.54
3	2 (5.44)	Cárdenas	5	80	4.49
4	1 (3)	Cárdenas	3	72	3.24
5	2 (5.10)	Cárdenas	5	84	4.68
6	2 (5.63)	Cárdenas	5	90	5.73
7	2 (5)	Cárdenas	5	96	8.95
8	4 (10.18)	Cárdenas	3	98	7.54
9	4 (12.64)	Cárdenas	5	84	4.77
10	2 (4)	Cárdenas	5	100	8.08
11	2 (6.22)	Cárdenas	3	78	3.81
12	3 (8.30)	Cárdenas	3	77	3.55
13	2 (4.59)	Cárdenas	5	67	2.42
14	3 (5.80)	Cárdenas	5	89	6.34
15	1 (1.5)	Comalcalco	5	82	4.62
16	4 (12.33)	Cárdenas	5	92	6.25
17	6 (10)	Comalcalco	5	Pl	
Campeche					
1	11 (44)	Champotón	3	122	16.21
Yucatán					
1	3 (3)	Hunucmá	3	84	4.52

donde se detectó IHHNV, por lo que se sugiere llevar a cabo un control estricto de normas de bioseguridad, y sobre todo un buen manejo en la calidad del agua, para no aumentar el porcentaje de granjas infectadas en estas localidades. Es importante resaltar, que las granjas donde se detectaron organismos con IHHNV, obtuvieron las postlarvas en el mismo laboratorio. Al respecto Motte et al. (2003) mencionan que una hembra infectada produce 25% menos nauplios. Los nauplios II contienen entre 100 y 10,000 moléculas de ADN Virus incrementándose 100 veces más para cada nauplio V; por lo que es necesario exigir a los laboratorios la aplicación de Buenas Prácticas de Manejo, así como un certificado donde las postlarvas estén libres de patógenos y evitar la dispersión de IHHNV y otros virus en el futuro mediano.

CONCLUSIONES

Se detectó IHHNV en 41% de las granjas de Tamaulipas y 11% de granjas en Tabasco. Los camarones con registro positivo provenían del mismo laboratorio. Las granjas infectadas se encuentran en los municipios con mayor actividad camaronícola, como Aldama, Tamaulipas y Cárdenas, Tabasco, México.

AGRADECIMIENTOS

A cada uno de los comités de sanidad acuícola de los estados de Tamaulipas en particular el MVZ Germán González, Veracruz Biol. Francisco M., Tabasco Biol. Luis A. Dorantes López y Yucatán al Biol. Herminio G. Al QFB Juan A. Pérez Vega y QFB Geovanny Hernández Cisneros (CINVESTAV-Unidad Mérida) Técnico Jorge V. Itza Noh por el soporte técnico, a cada una de granjas camaroneras de los estados y donación de organismos. Al Dr. Jorge Hernández López por sus acertados comentarios de este documento

LITERATURA CITADA

- Álvarez P., Hernández M. 1999. Reunión de autoridades pesqueras México – U.S.A. Informe interno del INAPESCA, DGIA.
- CNA. 2013. Diario Oficial de la Federación. Camarón blanco del Pacífico, publicado el lunes 9 de septiembre de 2013 pag 16-20.
- Chávez-Sánchez M., Hernández M., Abad S., Fajer E., Montoya L., Álvarez P. 2002. A survey of infectious diseases and parasites of penaeid shrimp from the Gulf of México. *Journal of the World Aquaculture Society*. 33: 316 – 329.
- COSAES. 2012. Informe Final de ciclo 2012 de Sanidad de Camarón www.coases.com consultado 30 enero 2012.
- Drury R., Walligton E. 1980. *Carleton's Histological Technique*. Oxford University Press. London. Fifth edition 520 pp.
- Industria Acuicola (2012). www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/boletines2/paginas/2012B060.aspx. Consultado el 29 de enero de 2012.
- Jiménez-Cueto, A. 1999. Parásitos de camarones silvestres y cultivados del estado de Yucatán, México. Tesis de Maestría CINVESTAV, Unidad Mérida, Yucatán. p 39.
- Jiménez-Guzmán F. 2008. *Biología y Manejo de enfermedades del camarón*. Manual impreso para la capacitación técnica para el Comité de Sanidad Acuicola del Estado de Tamaulipas, A.C. Tampico, Tamaulipas del 13 al 16 de mayo del 2008.110p
- Kinne O. 1984. *Diseases of Marine Animals*. Volumn 4 part 1 Pices. Biologische Anstalf Helgoland Hamburg. 276.
- Lightner D. 1996. *A Handbook of pathology and diagnostic procedures for diseases of Penaeid shrimp*. The World Aquaculture Society Louisiana State University, USA. 350 pp.
- Lightner D. 1996a. Epizootiology, distribution and the impact on international trade of two penaeis shrimp viruses in the Americas. *Rev. Scientific Technology Office International the Epizootiology*. 15: 579-601.
- Lightner D., 2008. The Penaeid Shrimp Viral Pandemics due to IHHNV, WSSV, TSV and YHV: History in the Americas and Currents Status. www.lib.noaa.gov/japan/aquaculture/proceedings/report32/lightner-corrected.pdf. 20/01/09.
- Lightner D. 2011. Virus diseases of farmed shrimp in the Western Hemisphere (the Americas): A review. *Aquaculture* vol. 106: 110-130.
- Lightner D., Redman R. 1994. Histopathology and ultrastructural studies of Taura síndrome, a putative toxicity syndrome of penaeid shrimp. *Word Aquaculture, Book of Abstracts, Aquaculture 94*. World Aquaculture Society, Baton Rouge
- Motte E., Yugcha E., Luzardo J., Castro F., Leclercq, Rodríguez J., Miranda P., Borja O., Serrano J., Terreros M., Montalvo K., Narváez A., Tenorio N., Cedeño V., Mialhe y Boulo V., 2003. Prevention of IHHNV vertical transmission in the white shrimp *Penaeus vannamei*. *Aquaculture* 219: 135-139.
- Pantoja C., Lightner D. 1993. Similarity between the histopathology of whites spot síndrome virus and its relevant to diagnosis of YHV diseases in the Americas. *Aquaculture* 218: 47-54.
- Ruiz-Hernández J., Del Rio Rodríguez R. 2013. Detección de virus certificables en camarones importados al Estado de Campeche mediante PCR. *Jaina Boletín informativo* Vol. 24 No. 2: 27-32.
- Tang K., Lightner D. 2002. Low sequence variation among isolates of Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus (IHHNV) originating from Hawaii and the Americas. *Diseases Aquatic Organism* 49: 93-97.
- Tang K., Poulos B., Wang J., Redman R., Shih H., y Lightner D., 2003. Geographic variations among Infectious Hypodermal and Hematopoietic Necrosis Virus (IHHNV) isolates and characteristics of their infection. *Diseases Aquatic Organism* 53: 91-9



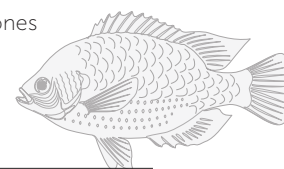
ANÁLISIS TÉCNICO DE LA PRODUCCIÓN DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) Y LECHUGA (*Lactuca sativa*) EN DOS SISTEMAS DE ACUAPONÍA

TECHNICAL ANALYSIS OF TILAPIA (*Oreochromis niloticus*) AND LETTUCE (*Lactuca sativa*) PRODUCTION IN TWO AQUAPONICS SYSTEMS

Rodríguez-González, H.¹; Rubio-Cabrera, S.G.¹; García-Ulloa, M.¹; Montoya-Mejía, M.¹; Magallón-Barajas, F.J.^{2*}

¹Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Sinaloa (CIIDIR-SIN), Instituto Politécnico Nacional, Guasave, Sinaloa, México. ²Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR), La Paz, B.C.S. 23096, México.

*Autor responsable: fmagallon04@cibnor.mx



RESUMEN

En México la acuicultura ha adquirido mayor importancia brindando beneficios sociales y económicos y una fuente de alimentación de elevado valor nutrimental. De todas las especies comerciales, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) se cultiva en los 31 estados de la República Mexicana, y su producción para el año 2011 fue de 75,927 t. Sin embargo, el tema de la escasez mundial de agua dulce requiere que los sistemas de producción sean altamente eficientes. Se evaluó la producción semi-intensiva de tilapia (*O. niloticus*) y lechuga acropolis (*Lactuca sativa*) en dos sistemas acuapónicos, uno con biofiltración (SCB), y otro con recambio de agua (SRA). El tiempo de cultivo para la tilapia y lechuga fue de 160 y 30 días, respectivamente. La tilapia registró el mayor crecimiento promedio (364.64 ± 43.16 g) en el SCB, la lechuga creció mejor en el SRA (11.74 ± 1.63 g). Se observaron diferencias significativas con el control 100% tierra ($P < 0.05$). Las concentraciones más altas de nitritos (NO_2) amonio (NH_4) y fosfatos (PO_4) se obtuvieron en el SCB, mientras que la mayor concentración de nitratos (NO_3) se observó en el SRA ($P < 0.05$). El cultivo de *O. niloticus* y *L. sativa* en sistemas acuapónicos de biofiltración y/o riego directo, son una alternativa para la producción conjunta de estas especies, sin embargo, es necesario realizar control de la dinámica de nutrientes en el sistema para optimizar el aprovechamiento de la energía a través de todos sus componentes.

Palabras clave: Acuicultura, peces, hortalizas, dinámica de nutrientes

ABSTRACT

In Mexico, aquaculture has acquired great importance by providing social and economic benefits, as well as a source of food of high nutritional value. Of all the commercial species, tilapia (*Oreochromis niloticus*) is cultivated in the 31 states of the Mexican Republic, and its production for 2011 was 75,927 ton. However, the issue of global scarcity of fresh water requires that production systems be highly efficient. The semi-intensive production of tilapia (*O. niloticus*) and acropolis lettuce (*Lactuca sativa*) was evaluated in two aquaponics systems, one with biofiltration (SCB) and another with water replacement (SRA). The growth time for tilapia and lettuce was 160 and 30 days, respectively. The tilapia showed the highest average growth (364.64 ± 43.16 g) in SCB, and the lettuce grew better in SRA (11.74 ± 1.63 g). Significant differences were observed with the control of 100% soil ($P < 0.05$). The highest concentrations of nitrites (NO_2) ammonia (NH_4) and phosphates (PO_4) were obtained with SCB, while the highest concentration of nitrates (NO_3) was observed with SRA ($P < 0.05$). The cultivation of *O. niloticus* and *L. sativa* in aquaponics systems, biofiltration and/or direct irrigation, are an alternative for the joint production of these species; however, it is necessary to carry out a control of the nutrient dynamics in the system to optimize the use of energy throughout all its components.

Keywords: Aquaculture, fish, vegetables, nutrient dynamics.

INTRODUCCIÓN

En México la acuicultura ha adquirido mayor importancia en los últimos años brindando beneficios sociales y económicos, que a su vez, se han convertido en un fuente de alimentación con un elevado valor nutricional (Martínez-Cordero y Leung, 2004). De todas las especies comerciales, la tilapia (*Oreochromis niloticus*) se cultiva en los 31 estados de la República Mexicana, y su producción para el año 2011 fue de 75,927 t (CONAPESCA, 2012). Sin embargo, el tema de la escasez mundial de agua dulce requiere que los sistemas de producción sean altamente eficientes. Actualmente, el 70% de las reservas mundiales de agua potable se utilizan en la agricultura, por lo que innovaciones tecnológicas en esta área han sido implementadas, entre las que destacan la hidroponía, y la más reciente, la acuaponía (Graber y Junge, 2009; Jung-Yuan y Yew-Hu, 2013; Buzby y Lian-Shin, 2014). La acuaponía es un sistema simbiótico que combina las técnicas de acuicultura con el cultivo hidropónico de plantas. Esta tecnología está basada en el máximo aprovechamiento de la energía en forma de nutrientes por todos los componentes del cultivo (bacterias, peces y plantas), que además de producir biomasa, contribuyen a mantener limpio el ambiente acuático que los contiene. Los efluentes de los peces contienen metabolitos que son convertidos en virtud de la actividad microbiana, en nutrientes asimilables por las plantas, quienes además de aprovecharlos mantienen la calidad de agua adecuada para el desarrollo de los peces (Ednut *et al.*, 2010; Roosta y Hamidpour, 2011).

Para lograr la sostenibilidad en los cultivos acuícolas es necesario intensificarlos valiéndose de tecnología como los sistemas de recirculación y tratamiento del agua, optimizando su uso. La utilización de tecnología en el tratamiento del agua para la producción acuícola tiene varias ventajas: monitoreo y control constante de las variables físico-químicas y sanitarias del agua, reutilización del agua y producciones de altas densidades (Lyssenko y Wheaton, 2006; Davidson *et al.*, 2008). Por lo anterior, el interés del sector productivo por tecnologías de cultivo altamente eficientes ha generado la necesidad de producir mayor cantidad de biomasa en menor espacio y mayor eficiencia en el uso del agua. El objetivo de este estudio, evaluó la tecnología de producción para el cultivo de lechuga y tilapia en condiciones de acuaponía, comparando un

sistema de recirculación con un sistema con recambio de agua.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sistemas experimentales

El bioensayo se realizó en un invernadero del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR-Sinaloa), en el cual se montaron dos sistemas de producción:

Sistema con biofiltración (SCB)

Consistió en usar tres tinas de geomembrana de 7 m³ de capacidad, cada una ellas con sedimentador cónico y un biofiltro integrados. El biofiltro estaba compuesto con tres capas (arena, grava y láminas de PVC negro pegados en forma de bloque) de 20 cm cada una (Bio Strata, Aquatic Eco-Systems®; Figura 1). Con este sistema no se realizaron recambios de agua en todo el ensayo.

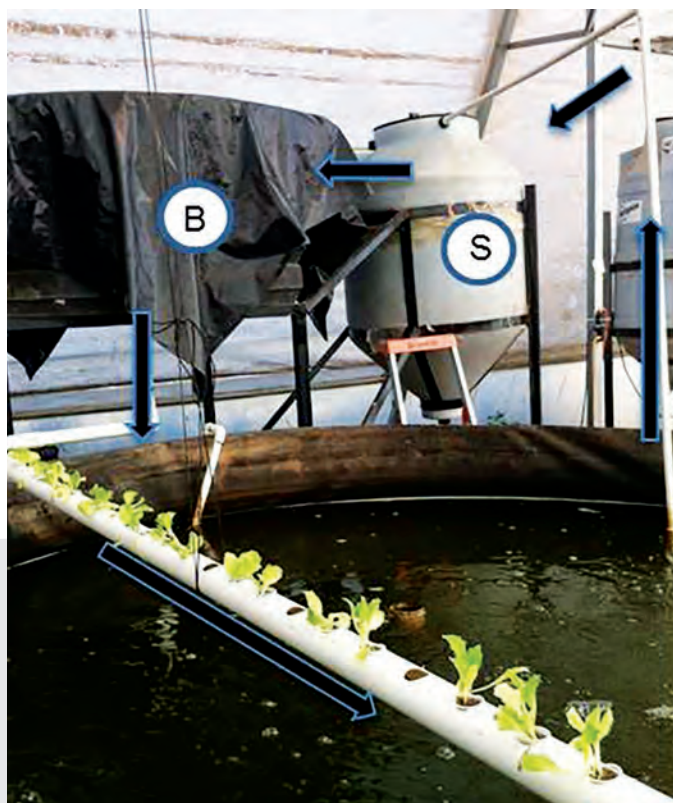


Figura 1. Funcionamiento del sistema de acuaponía con biofiltración (SCB), por pasos: a) El agua fue bombeada hacia el sedimentador (S); b) El sedimentador permitió atrapar partículas, heces, alimento no consumido y otros desechos; c) El agua que fue filtrada en el sedimentador fue conducida al biofiltro (B) Por gravedad, y a su vez, fue percolada en una cama de arena y grava; d) El agua fue filtrada y reincorporada al sistema a través del tubo.

Sistema con recambio de agua (SRA)

Este sistema de producción consistió en la instalación de tres tinas de geomembrana de 7 m³ de capacidad, a las que se les realizaron recambios parciales de agua a razón de 20% del volumen total por semana (Figura 2).

Cada estanque de los dos sistemas contó con aireación constante suministrada mediante un soplador eléctrico de 5 hp de potencia. Además, los sistemas fueron integrados con componentes hidropónicos (en cada tina), que consistieron en tubos de PVC de 2" de diámetro y 3 metros de largo, perforados con 20 agujeros a una distancia de 10 cm cada uno (Figuras 1, 2).

Cultivo de tilapia

Las tilapias del género *O. nilotica* fueron sembradas a una densidad inicial de 240 organismos m³⁻¹ y un peso de 0.2±0.05 g. Cada 40 días se realizó un desdoble para quedar con una densidad final para engorde de 30 organismos m³⁻¹. El tiempo de cultivo de las tilapia fue de 160 días. Durante los primeros 40 días, los juveniles fueron alimentados con una dieta comercial conteniendo 50% de proteína (Nutripec Migaja, Purina®), posteriormente, se alimentaron con una dieta comercial con un contenido de proteína de 35% (Nutripec 3.5 mm, Purina®) hasta los 80 días de cultivo, y hacia el final del cultivo, la proteína fue reducida hasta 32% (Nutripec 4.8 mm, Purina®). La ración alimenticia se ajustó a saciedad semanalmente de acuerdo al peso promedio de los or-

ganismos, realizando una biometría a 40 organismos. La alimentación fue otorgada en tres raciones al día (10:00, 13:00 y 16:00 h). Los valores de oxígeno (O₂), nitratos (NO₃), nitritos (NO₂) y amonio (NH₄) de cada unidad de producción de tilapia, se determinaron semanalmente mediante las técnicas descritas por Strickland y Parsons (1972).

Cultivo de lechuga (acuaponía)

Después de 130 días de cultivo con las tilapias, se instaló un sistema hidropónico de la lechuga acrópolis (*L. sativa*) a razón de 20 plántulas por tina (60 plántulas por tratamiento) en cada unidad de producción de los peces. Además, se colocaron con cinco réplicas, tres macetas (grupos control) para el crecimiento de las lechugas: 100% tierra, 100% sustrato inerte (Peat moss) y 50% tierra y 50% sustrato inerte (Peat moss), las cuales fueron irrigadas con agua proveniente de pozo. El periodo de cultivo de las lechugas fue de 30 días. Al final del cultivo se determinó el peso promedio de las lechugas. Se tomaron muestras de agua a la entrada y salida del sistema de hidroponía para determinar el contenido de NO₃, NO₂, NH₄ y PO₄.

Análisis estadísticos

Los datos de las diferentes variables y parámetros se sometieron a una prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov (P>0.05). Debido a que los datos cumplieron con los preceptos de un análisis de varianza paramétrico se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA; P<0.05) para identificar diferencias entre tratamientos y controles. Cuando existan diferencias significativas, se utilizó la prueba de Tukey (P<0.05), mediante el programa STATISTICA® Versión 7.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Cuadro 1, muestra que las tilapias del sistema SCB presentaron el mayor peso promedio (364.64±25.1 g, P<0.05).

En general, el crecimiento de las tilapias durante el experimento fue menor comparado con otros reportes (Rakocy, 2005). Entre algunas posibles causas destaca la alta densidad de siembra y/o la capacidad de carga

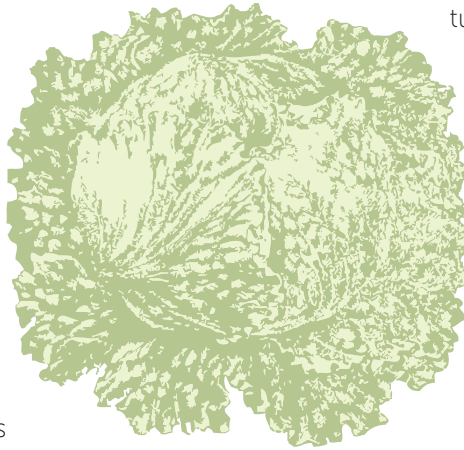


Figura 2. Sistema de acuaponía sin recirculación con recambio parcial de agua (SRA).

Cuadro 1. Crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivada con dos sistemas de producción: biofiltración (SCB) y recambio de agua (SRA), durante 160 días.

Tratamiento	Peso inicial (g)	Peso (g)			
		Días de cultivo			
		40	80	120	160
SCB	1.13±0.10	6.41±1.7a	46.79±11.9a	149.29±46.1a	364.64±25.1a
SRA	1.10±0.09	5.72±1.3b	32.02±6.4b	135.07±34.6b	270.07±17.1b

del sistema. Cabrera *et al.* (1998), obtuvieron 150 kg de tilapia en una cosecha después de 120 días de cultivo (peso promedio=136.5 g), con una densidad de siembra de 4.2 organismos m²⁻¹, esto es similar con la capacidad de carga obtenida en este experimento, pero registrando una menor talla de los organismos debido a la alta densidad de siembra (para SCB=102.81 g; y para SRA=92.90 g). Por otro lado, la biomasa final fue superior en el SCB (8.48 kg m³). El valor registrado es mayor a lo reportado por Siddiqui y Ak-Harbi (1999), quienes evaluaron el crecimiento de la tilapia nilótica a una densidad de 1, 5, 10 y 15 kg m³, obteniendo mayor incremento en peso en 1 y 5 kg m³. Es posible que la mayor concentración de NH₄ durante el experimento en el sistema con recambio (SRA), haya generado una disminución en el crecimiento de los peces y consecuentemente, obtuvieron menor biomasa final. El

amonio sin ionizar es altamente tóxico para los peces y la vida acuática (Davidson *et al.*, 2014). Pero el uso de biofiltros permite el control constante de las variables físico-químicas de los sistemas de producción (Malone y Pfeiffer, 2006).

En el sistema de acuaponía, las lechugas presentaron mayor crecimiento con el SRA, sin embargo, solo se observó mayor tamaño que las cultivadas en 100% tierra (P<0.05). Las lechugas con mejor crecimiento fueron producidas en 100% con Peat moss y 50% Tierra-50% Peatmoss (Cuadro 2).

En cuanto al peso promedio final de todos los grupos experimentales de lechuga, fue menor al comparado con otros trabajos. Garzón-López *et al.* (2006) evaluaron tres variedades en un periodo de 36 días después de trasplante, obteniendo un peso promedio final de 167 g para la variedad Paris, 72 g para la variedad Vulcan y 52 g para la variedad Verónica, mientras que en el presente estudio, los mayores pesos se obtuvieron en el SRA (11.74 g). Es importante considerar que en el experimento con lechugas realizado por Garzón-López *et al.* (2006), se les adicionó una solución nutritiva que aportó los nutrientes que requiere la planta y sirve como fertilizante, y en el caso particular de este experimento, no se le adicionó nada a la planta. Durante el cultivo de las lechugas y tilapias, los niveles de NO₂, NH₄ y PO₄ fueron mayores en el SCB, mientras que el nivel de NO₃ fue mayor en SRA (P<0.05; Cuadro 3).

Cuadro 2. Peso final (g) de la lechuga acrópilis (*Lactuca sativa*) cultivada en hidroponía por 30 días de cultivo, con agua proveniente de dos sistemas de producción de tilapia (SCB y SRA), y 3 controles (100% tierra, 100% Peat Moss y 50% tierra- 50% Peat Moss).

Tratamiento	Peso promedio
SCB	5.34 ± 8.54
SRA	11.74 ± 1.63
100% tierra	6.36 ± 3.91
100% Peat Moss	23.52 ± 2.53
50% tierra -50% Peat Moss	20.98 ± 2.87

Cuadro 3. Concentración de nitritos (NO₂⁻), nitratos (NO₃⁻), amonio (NH₄⁺) y fosfatos (PO₄⁻), en el sistema de acuaponía, con agua de dos sistemas de producción de tilapia (SCB y SRA).

Tratamiento		NO ₂ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	NH ₄ ⁺ (mg/L)	PO ₄ ⁻ (mg/L)
SCB	Entrada	2.43±1.3a	4.92±1.9b	3.41±0.5a	11.47±3.0a
	Salida	1.92±1.1a	3.23±1.5b	3.50±1.0a	10.85±3.9a
SRA	Entrada	0.69±0.7b	16.23±5.5a	0.93±1.3b	5.11±1.7b
	Salida	0.71±0.8b	15.55±5.6a	0.97±1.3b	5.27±1.8b

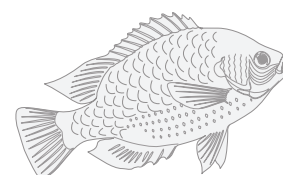
Uno de los principales problemas en la acuicultura son los efluentes vertidos al ambiente, debido a que no se tiene control de los mismos. En este estudio, se obtuvo una reducción de los compuestos nitrogenados en el sistema con la utilización del sistema acuapónico y recirculación (biofiltros), lo que contribuyó a que los niveles de amonio, nitritos y nitratos fueran reutilizados y aprovechados por las plantas de lechuga, favoreciendo así a un uso más eficiente y sustentable del agua, de infraestructura y recursos. Comparándolo con un estudio previo realizado por Segovia (2008) en el cual se evaluó un cultivo de fresa (*Fragaria* sp.) y tilapia nilótica (*Oreochromis niloticus*) y obtuvieron una reducción del 0.11% de los nitritos en el sistema de biofiltro y 57.86% en el sistema de acuaponía, los resultados del presente reporte apuntaron a una reducción de 21.25% del contenido de nitritos en el sistema SCB y 2.42% en el SRA.

CONCLUSIONES

Las tilapias mostraron mayor crecimiento en el SCB, con un peso final de 364.64 ± 43.16 g ($P < 0.05$). Para las lechugas se obtuvo mayor crecimiento en el SRA, sin embargo, solo se observaron diferencias significativas con el control 100% tierra ($P < 0.05$). Durante, el cultivo de las lechugas y tilapias, los niveles de NO_2 , NH_4 y PO_4 fueron mayores en el SCB, mientras que el nivel de NO_3 fue mayor en SRA ($P < 0.05$), lo que pudo afectar el crecimiento de las lechugas. En el sistema de acuaponía, el mayor crecimiento de las lechugas se obtuvo cuando se utilizó riego directo (SRA). En el sistema SRA se desechó un total de 115,000 litros de agua aproximadamente, con concentraciones de compuestos nitrogenados al ambiente debido a los recambios parciales de agua, mientras que en el SCB no se vertieron efluentes, permitiendo así un sistema de producción más sustentable. El cultivo de tilapia y lechuga en sistemas acuapónicos son una alternativa para el cultivo de las mismas, sin embargo, es indispensable el control de los nutrimentos en el sistema.

LITERATURA CITADA

- Buzby K.M., Lian-Shin L. 2014. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*; 63:39-44.
- Cabrera T., Millán J., Rosas J. 1998. Tres experiencias de cultivo de tilapias en la Isla de Margarita, Venezuela. *Zootecnia Trop.*, 16(1):127-145.
- CONAPESCA. 2012. Anuario Estadístico 2012. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. http://www.conapesca.sagarpa.gob.mx/wb/cona/anuario_2012_zip
- Davidson J., Good C., Welsh C., Summerfelt S.T., 2014. Comparing the effects of high vs. low nitrate on the health, performance, and welfare of juvenile rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* within water recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering* 59: 30-40.
- Davidson J., Helwig N., Summerfelt ST. 2008. Fluidized sand biofilters used to remove ammonia, biochemical oxygen demand, total coliform bacteria, and suspended solids from an intensive aquaculture effluent. *Aquacultural Engineering*, 39: 6-15.
- Endut A., Jusoh A., Ali N., Wan Nik W.B., Hassan A. 2010. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology*, 101:1511-1517
- Garzón-López S.S. 2006. Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes. Tesis de Licenciatura. Universidad Zamorano, Tegucigalpa, Honduras. 37 pp.
- Graber A., Junge R. 2009. Aquaponic Systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination*, 246: 147-156.
- Jung-Yuan L., Yew-Hu C. 2013. Effects of feeding frequency and photoperiod on water quality and crop production in a tilapia-water spinach raft aquaponics. *International Biodeterioration and Biodegradation*; 85:693-700.
- Lyssenko C., Wheaton F. 2006. Impact of positive ramp short-term operating disturbances on ammonia removal by trickling and submerged-upflow biofilters for intensive recirculating aquaculture. *Aquacultural Engineering*, 35:26-37.
- Malone R.F., Pfeiffer T.J. 2006. Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*, 34: 389-402.
- Martínez-Cordero F.J., Leung P.S. 2004. Sustainable aquaculture and producer performance: measurement of environmentally adjusted productivity and efficiency of a sample of shrimp farms in Mexico. *Aquaculture*, 241: 249-268.
- Rakocy J.E. 2005. Cultured Aquatic Species Information Programme. *Oreochromis niloticus*. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome. http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/en
- Roosta H.R., Hamidpour M. 2011. Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Horticulturae* 129:396-402.
- Segovia Q.M. 2008. Cultivo de frutas y hortalizas mediante acuaponía. 2000 Agro. *Revista Industrial del Campo*. 27-30.
- Sididiqui A.Q., Al-Harbi A.H. 1999. Nutrient budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia. *Aquaculture*, 170: 245-252.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Second Edition, Bulletin 167. Fisheries Research Board of Canada, Ottawa.



CRECIMIENTO DE TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) Y TOMATE (*Solanum lycopersicum* L.) EN UN SISTEMA ACUAPÓNICO ABIERTO

TILAPIA (*Oreochromis niloticus* L.) AND TOMATO (*Solanum lycopersicum* L.) GROWTH IN AN OPEN AQUAPONICS SYSTEM

Ortega-López, N.E.¹; Trejo-Téllez, L.I.^{2*}; Gómez-Merino, F.C.¹; Alonso-López, A.³; Salazar-Ortiz, J.²

¹Colegio de Postgraduados. *Campus* Córdoba. Carretera Córdoba-Veracruz km 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. México. (nadiia@live.com.mx; fernandg@colpos.mx; salazar@colpos.mx). ²Colegio de Postgraduados *Campus* Montecillo. Carretera México-Texcoco km 36. 5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C. P. 56230. México. (tlibia@colpos.mx). ³Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz, Predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Carretera Federal Xalapa-Veracruz km 88.5, vía Paso de Ovejas entre Puente Jula y Paso San Juan, Veracruz. C. P. 91690. México. (alealonso@colpos.mx).

*Autora para correspondencia: Libia I. Trejo-Téllez (tlibia@colpos.mx)



RESUMEN

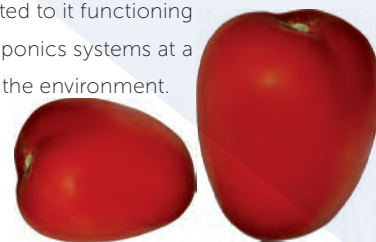
La acuaponía representa una alternativa sustentable para la alimentación humana, ya que hace uso más eficiente de recursos como el agua y los fertilizantes, y reduce la contaminación ambiental. En el mundo hay importantes avances en esta materia y en México se ha iniciado su estudio y aplicación. En esta investigación se caracterizó un sistema acuapónico abierto para la producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. *Saladette* y de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring* en el que se midieron variables agronómicas y acuícolas. Se evaluaron nueve tratamientos consistentes en la combinación de tres sustratos [1] composta; 2) composta y tezontle en proporción 1:1 (v:v), respectivamente; y 3) tezontle] y tres tipos de agua de riego [1] agua potable; 2) agua potable y agua acuícola en relación 1:1 (v:v), respectivamente; y 3) agua acuícola]. Los resultados mostraron que el crecimiento de las tilapias fue lento, pero la supervivencia fue elevada (96%). El mayor crecimiento de plantas de tomate se tuvo en composta, regadas con el agua proveniente del cultivo de peces; atribuido a que funciona como complemento a la nutrición vegetal. Este trabajo confirma la viabilidad de establecer sistemas acuapónicos en pequeña escala y a bajo costo que permitan hacer más eficiente el uso de insumos y reducir los impactos negativos de la acuicultura en el medio ambiente.

Palabras clave: Acuaponía, tilapia, tomate, micronutrientes, macronutrientes.

ABSTRACT

Aquaponics represents a sustainable alternative for the human diet, since it makes a more efficient use of resources like water, fertilizers, and also reduces environmental pollution. In the world there are important advances in this area and its study and application has begun in Mexico. In this study, an open aquaponics system was characterized, for the production of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) cv. *Saladette* and tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring*, where agronomic and aquatic variables were measured. Nine treatments were assessed, which consisted of the combination of three substrates [1] compost; 2) compost and tezontle in a 1:1 proportion (v:v), respectively; and 3) tezontle], and three types of irrigation water [1] tap water; 2) tap water and aquaponics water in 1:1 (v:v) relation, respectively; and 3) aquaponics water]. The results show that the growth of tilapia was slow, although the survival was high (96%). The highest growth of tomato plants occurred in compost, irrigated with water from fish culture; which is attributed to it functioning as a complement to plant nutrition. This study confirms the viability of establishing small-scale aquaponics systems at a low cost that allow making a more efficient use of aquaculture inputs, reducing negative impacts on the environment.

Keywords: Aquaponics, tilapia, tomato, micronutrients, macronutrients.



INTRODUCCIÓN

Los sistemas de producción acuícola de pequeña escala contribuyen a proveer de alimento a comunidades y mercados locales y representan hasta un 90% de los empleos generados en el sector. Además de contribuir a la seguridad alimentaria y a disminuir la pobreza, son muy importantes en la vida y cultura de muchas comunidades alrededor del mundo (FAO, 2012). Sin embargo, este tipo de actividad enfrentan varios desafíos, como la sobreexplotación de los recursos hídricos, la contaminación del agua, exclusión del desarrollo y el cambio climático, entre otros, por lo que es necesario aprovechar sus fortalezas y oportunidades, y buscar solución a sus amenazas y limitantes.

Dado que la acuaponía incluye la producción tanto de animales acuáticos como de cultivos en hidroponía, es posible que en una misma unidad de producción se pueda generar mayor cantidad de alimentos, mayores ingresos y se eleve el uso eficiente de los recursos agua y fertilizantes, además de que se reduce la contaminación que genera la acuacultura.

En los sistemas acuapónicos, con la adición de nutrimentos disueltos en el agua que excretan los peces o bien de la descomposición microbiana de sus desechos, las plantas crecen y producen rápidamente (Rakocy *et al.*, 2006; Ramírez *et al.*, 2009). Las raíces de las plantas y las rizobacterias ayudan a remover los nutrimentos del agua. Al ser recirculados sirven como fertilizante líquido para cultivos hidropónicos. De otra manera si se acumulan en el agua, alcanzan niveles tóxicos para los peces (Diver, 2006; Ramírez *et al.*, 2008).

En un sistema acuapónico cerrado clásico, los principales elementos son: el estanque de peces, componente de eliminación de sólidos (clarificador), biofiltro, componente hidropónico, área de cultivo para plantas, sistemas de aireación, y sistemas de bombeo de agua (Rakocy *et al.*, 2006; Selock, 2003; Nelson, 2007). El biofiltro y componentes hidropónicos pueden combinarse mediante el uso de medios de soporte de plantas tales como grava, arena, perlita o agrolita. Un diseño alternativo combina la remoción de sólidos, bio-

filtración y la hidroponía en una unidad (Rakocy *et al.*, 2006). Alternativamente se puede optar por sistemas acuapónicos abiertos, en los que los elementos descritos se encuentran separados físicamente. El objetivo de esta investigación fue evaluar un sistema acuapónico abierto rústico de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring* y tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cv. *Saladette*, a partir del seguimiento de variables agronómicas y acuícolas, para definir el crecimiento de los productos plantas y peces.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un predio experimental ubicado en el municipio de Cuitláhuac, Veracruz, México, entre las coordenadas 18.09° LN y 96.70° LO. El clima de es cálido-húmedo-regular con una temperatura promedio de 25 °C; y su precipitación pluvial media anual de 2612.2 mm (INAFED, 2010). Este sitio forma parte de una de las Microrregiones de Atención Prioritaria (MAP) del Campus Córdoba del Colegio de Postgraduados.

Cultivo de tilapia

Se estableció en un estanque circular de cemento de 2.5 m de diámetro por 1 m de alto (Figura 1), 150 tilapias (*Oreochromis niloticus* L.) var. *Spring* de 30 días de edad (Figura 4A). El estanque contó con una bomba de aireación (DHC80-12S Covron® N°610959 de 12 V Aquatic Eco-Systems, Inc. Since 1978 Diaphragm blower), para la oxigenación de las tilapias diariamente en periodos de entre 3 y 5 horas. La energía para el funcionamiento de esta bomba fue generada a través de un panel solar casero. También se dispuso de una toma de agua potable para realizar los recambios de agua en el estanque; el volumen de



Figura 1. Estanque utilizado en el cultivo de tilapia var. *Spring*.



recambio diario correspondió aproximadamente al 5% de la capacidad total (Figura 1).

Se emplearon tres fuentes de alimento comercial para tilapia dependiendo de la fase de su crecimiento. Todos los alimentos empleados fueron aptos para etapa de desarrollo de pre-engorda de la marca NUTRIPEC PURINA®, con una presentación de extruidos flotantes con diferentes diámetros descritos a continuación:

La primer etapa contuvo 44% de proteína y 15% de grasa, con una presentación de 1.5 mm; recomendado para peces con un promedio de peso de 5 a 30 g. En la segunda fase, se suministró un alimento de 2.4 mm, con el mismo porcentaje de proteína y grasa que el primero recomendado para peces con peso promedio de 31 a 60 g; y finalmente el tercer alimento empleado de 3.5 mm recomendado para peces con un peso promedio de 61 a 150 g con 44% de proteína y 13% de grasa. Después de 85 días a partir del trasplante de las plántulas, se evaluó la biometría de las tilapias (120 días de edad), considerando las variables siguientes: peso, largo (desde la boca hasta la aleta caudal), alto y ancho.

Cultivo de tomate

Se evaluaron nueve tratamientos (Cuadro 1) que resultaron de la combinación de dos variables de estudio: sustratos y agua de riego. Los tres sustratos evaluados fueron: 1) composta; 2) tezontle y composta (relación 1:1, v:v); y 3) tezontle. La composta fue proporcionada por los productores de la zona, preparada con residuos vegetales resultantes del chapeo del predio, hojas de roble (*Tabebuia rosea*) y residuos de cosechas. El tezontle utilizado tuvo partículas de diámetro entre 3 y 7 mm, que fue posterior al tamizado, lavado con agua potable.

Tanto el tezontle como la composta empleados como sustratos, fueron esterilizados en autoclave (1 atm de presión, 121 °C, 15 min). Los tres tipos de agua para riego fueron: 1) agua potable; 2) agua potable y agua acuícola (relación 1:1, v:v); y 3) agua acuícola. Cada tratamiento se realizó con cinco repeticiones, lo que generó 45 unidades experimentales.

Se emplearon plántulas de tomate cv. *Saladette* de 14 días de emergidas en bolsas de vivero conteniendo perlita (Figura 2), mismas que se regaron hasta antes del trasplante con agua proveniente del cultivo de peces (agua acuícola).

Se trasplantaron dos plántulas por unidad experimental (repetición) (Figura 3). La unidad experimental consistió en una bolsa de 3 kg de capacidad conteniendo alguno de los tres sustratos descritos en el Cuadro 1.



Figura 2. Plántulas de tomate cv. *Saladette* de 14 días de emergidas, previo al trasplante.

Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el experimento acuapónico abierto para evaluar el efecto de los sustratos y agua de riego en la producción de tilapias var. *Spring* y tomate cv. *Saladette*.

Tratamientos	Sustrato	Agua de riego
T1	Composta	Agua potable
T2		Agua potable y agua acuícola (1:1, v:v)
T3		Agua acuícola
T4	Composta y tezontle (1:1, v:v)	Agua potable
T5		Agua potable y agua acuícola (1:1, v:v)
T6		Agua acuícola
T7	Tezontle	Agua potable
T8		Agua potable y agua acuícola (1:1, v:v)
T9		Agua acuícola





Figura 3. A: Sustratos utilizados. B: Preparación de bolsas con los sustratos para la realización del trasplante.

Cada unidad experimental se regó con 250 mL diarios del agua de riego correspondiente, según se indica en el Cuadro 1. Después de 85 días a partir del trasplante, se evaluaron en las plantas las variables de crecimiento siguientes: altura de planta, diámetro de tallo y peso de la materia seca de plantas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del trabajo fue posible producir 146 tilapias que alcanzaron un promedio de peso de 141.27 g. Se pudo observar que el crecimiento de las tilapias fue ade-

cuado con una buena apariencia (Figura 4B). Las medidas promedio de las tilapias al final del estudio fueron de largo 18.97 cm, de alto 7.03 cm y 3.30 cm de ancho. La sobrevivencia de tilapias fue de 96%.

En cuanto al crecimiento del tomate, al final del estudio fue posible observar que la combinación de la composta con el agua del sistema acuícola tiene el mejor efecto sobre las plantas; en este caso, las plantas lograron mayor tamaño y producción de biomasa (Figura 5). Es de destacar que las plantas desarrolladas en tezontle (los tratamientos 7, 8 y 9) mostraron la mayor tasa de senescencia en etapas tempranas de desarrollo, y por tanto no se presentan resultados de crecimiento de éstas.

En la Figura 6 se presentan los resultados de variables de crecimiento en plantas, independientemente del tipo de agua empleada para el riego. Las plantas establecidas en tezontle (tratamientos 7, 8 y 9) fueron excluidas de este análisis, dada la senescencia observada y que ya fue previamente referida.

Cuando se usó como sustrato composta, la altura de planta fue superior en 36.27% con el riego con agua acuícola en comparación con el riego con agua potable. Con el uso del sustrato composta y tezontle, el riego con agua acuícola incrementó la altura de planta en más de dos veces, en comparación del uso de agua potable en el riego (Figura 6).

En lo que respecta a diámetro de tallo, el efecto positivo del riego con agua acuícola se observó en mayor magnitud con el uso de composta y tezontle, que con la composta sola, atribuido a menor oferta de nutrimentos (Figura 6). La misma tendencia fue registrada en el peso de biomasa seca; donde con ambos sustratos se



Figura 4. A: Aspecto de las tilapias var. *Spring* de 30 días, y B: de 85 días de edad.



Figura 5. Planta de tomate cv. *Saladette* establecida en composta y regada con agua acuícola por 85 días.

obtuvo el mayor peso cuando se regó con agua acuícola, seguido del riego con la combinación de agua potable con agua acuícola en el riego (Figura 6).

CONCLUSIONES

Los resultados permiten concluir que el mayor crecimiento de las plantas de tomate se tuvo en composta, regadas con el agua proveniente del cultivo de peces; por lo que esta agua funciona como complemento a la nutrición de las plantas. Además se confirmó la viabilidad de establecer sistemas acuapónicos en pequeña escala que hacen posible un uso más eficiente de los insumos y una reducción de los impactos negativos de la acuicultura en el ambiente. Se recomienda evaluar este tipo de sistema con especies vegetales menos demandantes en nutrimentos que el tomate, considerando aspectos de inocuidad en los productos a obtener.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento 1 Eficiencia y sustentabilidad en la producción primaria en sistemas agroalimentarios del programa de Maestría en Ciencias en Innovación Agroalimentaria Sustentable (IAS) del *Campus* Córdoba, al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a la Subdirección de Vinculación del *Campus* Córdoba, al Sr. Raúl Orozco, al Mtro. Ricardo Sánchez Páez y al Ing. Edgardo Zalazar Marcial, por los apoyos brindados para la realización de este trabajo.



Figura 6. Variables de crecimiento de plantas de Tomate var. *Saladette* 85 días después de trasplante.



LITERATURA CITADA

- Diver S. 2006. Aquaponics-integration of hydroponics with aquaculture, ATTRA - National Sustainable Agriculture Information Service (National Center for Appropriate Technology) Disponible en: <http://www.backyardaquaponics.com/Travis/aquaponic.pdf> (Consultado en Diciembre 2014).
- FAO. 2012. El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2012. Roma. 231 p. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/016/i2727s/i2727s04.pdf> (Consultado en Diciembre 2014).
- INAFED. 2010. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal. Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México. <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM30veracruz/index.html>
- Nelson R.L. 2007. Acuaponía. Nelson/Pade Multimedia. Montillo, WI. USA
- Rakocy J.E., Masser M.P., Losordo T.M. 2006. Recirculating aquaculture tank production systems: Aquaponics-integrating fish and plant culture, Southern Region Aquaculture Center. SRAC Publication No. 454. Disponible en: <http://www.aces.edu/dept/fisheries/aquaculture/documents/309884-SRAC454.pdf> (Consultado en Diciembre 2014).
- Ramírez D., Sabogal D., Gómez E., Rodríguez D., Hurtado H. 2009. Montaje y evaluación preliminar de un sistema acuapónico goldfish-lechuga. Revista de la Facultad de Ciencias Básicas 5:154-170.
- Ramírez D., Sabogal D., Jiménez P., Hurtado H. 2008. La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas Universidad Militar Nueva Granada. 4: 32-51.
- Selock D. 2003. An introduction to aquaponics: The symbiotic culture of fish and plants. Rural Enterprise and Alternative Agricultural Development Initiative Report. Southern Illinois University Carbondale.



PRODUCCIÓN ACUAPÓNICA DE TRES HORTALIZAS EN SISTEMAS ASOCIADOS AL CULTIVO SEMI-INTENSIVO DE TILAPIA GRIS (*Oreochromis niloticus*)

AQUAPONICS PRODUCTION OF THREE VEGETABLES IN SYSTEMS ASSOCIATED TO THE SEMI-INTENSIVE GROWTH OF GREY TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

Ronzón-Ortega M.¹; Hernández-Vergara M.P.^{1*}; Pérez-Rostro C.I.¹

¹Instituto Tecnológico de Boca del Río, División de Estudios de Posgrado e Investigación. Laboratorio de Mejoramiento Genético y producción Acuícola. Km. 12 Carr. Veracruz-Córdoba, CP. 94290, Boca del Río, Veracruz, México.

*Autor responsable: mphv1@yahoo.com.mx



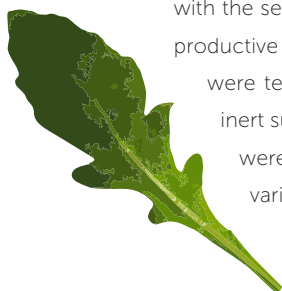
RESUMEN

Las industrias generadoras de alimento, incluyendo la acuicultura, deben incorporar políticas de cuidado ambiental a sus procesos, y tecnologías que permitan el uso eficiente de los recursos, en este sentido, la acuaponía es una alternativa que permite que la acuicultura sea sustentable. Se evaluaron tres sistemas de producción de plantas comestibles: arúgula (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), asociadas al cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*), para determinar su adaptación y eficiencia productiva. Se usó un diseño experimental completamente al azar, en el que se probaron tres técnicas acuapónicas de producción de plantas: Sistema acu-aeropónico (SAC1); Sistema acuapónico con sustrato poroso e inerte (SAC2); Sistema acuapónico con lluvia sólida como sustrato de fijación (SAC3), en los que se cultivaron simultáneamente: arúgula, tomate y cilantro. Los resultados de crecimiento de las tres variedades de plantas, longitud del tallo, número de hojas y ramificaciones, tanto en el SAC2 como el SAC3, fueron eficientes, y de manera particular en el SAC2 se tuvieron las plantas de arúgula y tomate con el mayor crecimiento, aunque no diferente significativamente entre tratamientos, mientras que las plantas de cilantro cultivadas en el SAC3 tuvieron el mejor crecimiento. A diferencia de lo anterior, las tres variedades de plantas cultivadas en el SAC1 presentaron la menor supervivencia y crecimiento.

Palabras claves: Acuicultura sustentable, Aeroponía, lluvia sólida.

ABSTRACT

The food-producing industries, including aquaculture, should incorporate into their processes policies for environmental care and technologies that allow the efficient use of resources. In this sense, aquaponics is an alternative that allows aquaculture to be sustainable. Three production systems for edible plants, arugula (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) and tomato (*Solanum lycopersicum*), were evaluated, associated with the semi-intensive cultivation of tilapia (*Oreochromis niloticus*), in order to determine their adaptation and productive efficiency. A completely random experimental design was used, where three techniques for aquaponics were tested for plant production: Aqua-aeroponics system (SAC1); Aquaponics system with a porous and inert substrate (SAC2); Aquaponics system with solid rain as the fixing substrate (SAC3); the following were cultivated simultaneously: arugula, tomato and cilantro. The growth results for the three plant varieties, stem length, number of leaves and ramifications, both in SAC2 and SAC3, were efficient, particularly in SAC2 where there the arugula and tomato plants with highest growth were found,



although not significantly different between treatments; the cilantro plants cultivated in SAC3 had the highest growth. In contrast, the three varieties of plants cultivated in SAC1 presented lower survival and growth.

Keywords: Sustainable aquaculture, aeroponics, solid rain.

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de alimento de buena calidad para una sociedad en continuo crecimiento, aunada a la necesidad de desarrollar tecnologías intensivas de producción, conlleva a la incorporación de políticas de sustentabilidad en el sector agropecuario, y en particular en el sector acuícola, en el que se incluye el reciclado de agua y aprovechamiento de los metabolitos nitrogenados, a partir del uso de sistemas de recirculación y cultivo de plantas en acuaponia (Pérez-Rostro *et al.*, 2013). La incorporación del cultivo de plantas en sistemas acuícolas (acuaponia), es una práctica sustentable y económicamente redituable, debido a que en un mismo espacio se pueden obtener diferentes productos (Basualdo *et al.*, 2012), los cuales a diferencia de los cultivos tradicionales, no requieren de fertilizantes para acelerar el crecimiento, y por tanto tienen un menor impacto ambiental en suelos y agua, por lo que no ocasiona daños permanentes ni bio acumulación en la biota local (García y Rodríguez, 2012). Durante las prácticas acuapónicas, se pueden usar diferentes estructuras y espacios subutilizados en granjas ya establecidas, así mismo, los sustratos de fijación para las plantas pueden variar en función de la disponibilidad, lo anterior en base a la fisiología y características anatómicas y desarrollo de la raíz de las plantas en cultivo, lo anterior con la finalidad de obtener el máximo rendimiento en el menor espacio posible. Una alternativa que no se ha probado en sistemas acuapónicos es el polímero denominado lluvia sólida, que es un material innovador y versátil (Rico, 2011), que puede incorporarse a la actividad acuapónica previa evaluación de su capacidad de retención de los metabolitos nitrogenados derivados de la acuicultura. Por lo que el objetivo de la presente investigación fue la de evaluar la eficiencia productiva y de adaptación a tres sistemas acuapónicos para el cultivo de tres variedades de plantas comestibles, como propuesta sustentable y de cuidado ambiental para los productores acuícolas, y como una estrategia para el aprovechamiento de los metabolitos nitrogenados derivados del cultivo semi-intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en la Planta piloto de acuaponia, del Instituto Tecnológico de Boca del Río (ITBOCA), en Boca del Río, Veracruz, México, que mide 30 m de largo por 7 m de ancho (210 m²), y está cubierta con lámina metálica y de fibra de vidrio transparente, intercaladas para facilitar el paso de la luz solar. El agua que se usó durante el estudio provino de un pozo artesanal de 4" de diámetro, equipado con una bomba tipo jacuzzi de 2 HP con tubería hidráulica de PVC de 2" de diámetro.

Sistema de cultivo acuícola

Para el estudio se usó un sistema de recirculación de seis tinas circulares de

membrana plástica (Linner) de 1 mm de espesor, de 3 m de diámetro x 1.2 m de altura, con una columna de agua de 1 m (Volumen de 7.01 m³ de agua); el sistema contó con un módulo de remoción de sólidos (sedimentador tinaco de 250 L), interconectado al sistema acuícola mediante tubería de PVC de 6", en el que se colocaron arpillas de plástico como trampa de partículas grandes y materia orgánica; posteriormente se incorporó al sistema un filtro biológico (tinaco de 250 L) a base de una capa de concha de ostión, tezontle y de arena sílica; además de un reservorio del agua (tanque rotoplas de 1,100 L de capacidad), con una tubería de alimentación hacia las tinas de cultivo y una derivación (tubería de 1/2") para abastecer el riego de los módulos de producción acuapónica (SAC 1 y SAC 2); una vez que el agua pasaba por los sistemas de producción de plantas, el agua se reincorporó al sistema acuícola a través de una canaleta que interconectó los sistemas. La recirculación se realizó mediante una bombas tipo jacuzzi de 1 HP (Marca Siemens, Tipo 1RF3 256-2YC44, México) con accionamiento automático con un sensor eléctrico para transferir el agua del biofiltro al reservorio, de donde se distribuyó por gravedad a las tinas de cultivo. Adicionalmente se contó con suministro de aire a partir de un blower de 1 Hp. La dosificación y distribución del aire en las tinas de cultivo, se realizó con dos piedras difusoras de 2.5 x 2.5 x 15 cm, por unidad experimental.

Para el estudio se usaron 1200 juveniles de tilapia gris (*Oreochromis niloticus*), con un peso promedio inicial de 160 ± 5 g, que se mantuvieron en el sistema de recirculación a una densidad de 28 tilapias m³ (200 ± 7 tilapias por unidad experimental). A

las tilapias se les suministró alimento comercial (extruido para tilapia 3.5 mm y 35% de proteína, El Pedregal, Silver Cup), tres veces al día (9:30 am, 13:30 pm y 17:30 pm), en una proporción equivalente al 3% de la biomasa inicial, la cual se ajustó en base al incremento de la biomasa, de acuerdo con los resultados de las biometrías que se realizaron cada 20 días para dar seguimiento al crecimiento.

Diseño experimental

Se evaluó la eficiencia de adaptación y crecimiento de plántulas de arúgula, cilantro y tomate, en las tres técnicas de cultivo acuapónico siguientes: el sistema **SAC1** (sistema aeropónico), **SAC2** (flujo de agua continuo y un sustrato poroso para fijación de raíces), **SAC3** (uso del polímero lluvia sólida y tezontle como sustrato de fijación de raíces). En cada sistema experimental se mantuvieron 56 plantas por especie como réplicas.

Las plántulas se obtuvieron a partir de la germinación de 2 a 3 semillas de arúgula (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y tomate (*Solanum lycopersicum*), sobre composta de café, sembradas a 5 cm de distancia, sobre charolas plásticas rectangulares negras de 51.5 cm de largo x 25 cm de ancho x 6 cm de alto. Las semillas se mantuvieron durante 30 días en los semilleros y a luz solar directa, además de riego diario con agua potable (FAO, 2003) y una temperatura promedio de 32 °C.

El sistema **SAC1**, consistió de una estructura metálica de 12 m de largo x 0.80 m de ancho x 2.00 m de alto, en forma de "A", con dos niveles, en el que se colocaron 168 charolas plásticas rectangulares de 51.5 cm de largo x 25

cm de ancho x 6 cm de alto, con 10 orificios de 1 cm de diámetro por charola para colocar las plantas (Figura 1 A). En la unidad de producción se mantuvo un sistema de riego continuo (24 h) por aspersion, mediante 24 m de manguera y aspersores distribuidos cada 50 cm, con un flujo continuo de agua de 250 L día⁻¹.

Para el sistema de cultivo **SAC2**, se usaron tres estanques rectangulares de membrana plástica de alta densidad, que se instalaron sobre una estructura de PVC de 4 m de largo x 0.80 m de ancho x 0.30 m de alto de geomembrana plástica de 1 mm de grosor, colocados sobre una estructura de tubería de PVC de 2" tanto en la parte inferior como la superior, reforzado con 6 "T" de PVC de 2" y 4 codos de 2". Para la fijación de las plántulas, dentro de las tinas se instalaron 42 contenedores plásticos calados de 27 cm de alto por 24 cm de diámetro, en los que se colocó alrededor una malla plástica (mosquitero) y una capa de 10 cm de arena sílica sobre una capa de grava de 15 cm. Dentro de cada contenedor se sembraron cuatro plántulas de la misma especie (56 plantas por especie). El sistema se conectó mediante tubería de PVC al filtro biológico y drenaje hacia el sistema acuícola, con un flujo constante de agua de 2 L s⁻¹ (Figura 1 B).

Para el sistema de cultivo acuapónico 3 (**SAC3**), se usó un estanque rectangular de geomembrana de 1 mm de densidad y 1 m de ancho x 4 m de largo, en el que se colocó una capa de grava (tezontle) de 10 cm de altura sobre la cual se pusieron 168 tubos de pvc de 1" de ancho por 12 de alto. Dentro del tubo de PVC se puso una capa de 3 cm de lluvia sólida hidratada (Rico, 2011) con agua proveniente del sistema acuícola, sobre la cual



Figura 1. A: Vista lateral del Sistema de cultivo SAC1. B: Sistema SAC2.

se sembró una planta por tubo (56 plantas por especie) (Figura 2).

Parámetros de respuesta de las plantas

Durante el estudio se evaluó el desempeño de las plantas en los tratamientos, a partir del porcentaje de germinación, la supervivencia (% plantas vivas al final del estudio), longitud promedio y final (cm), número de hojas, número de ramificaciones, grosor del tallo (cm), y en su caso floración (número de flores por planta).

Monitoreo de la calidad del agua

Diariamente se monitoreó la temperatura (°C) del agua y de la nave de producción, así como la concentración del oxígeno disuelto (mg L^{-1}) con una sonda (oxímetro) YSI (Mod. DO 200, Marca EcoSence, China). Así mismo se determinaron los siguientes parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua de cultivo en los sistemas semanalmente: pH, amonio (mg L^{-1}), nitritos (mg L^{-1}), nitratos (mg L^{-1}), fosfatos (mg L^{-1}) y dureza general (mg L^{-1}), mediante pruebas colorimétricas (Kit maestro Nutra fin Test, Canadá.). Para dar seguimiento al desempeño de las plantas como captadores de nutrientes procedentes del agua del sistema acuícola, se tomaron muestras de agua en las tinas de cultivo, a la salida del sedimentador y del biofiltro (entrada a las tinas).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El 100% de las semillas de arúgula (*Eruca vesicaria*), cilantro (*Coriandrum sativum*) y tomate (*Solanum*

lycopersicum) germinaron eficientemente, y después de 30 días se obtuvieron plántulas de 7.5 cm de longitud de arúgula, de cilantro de 12.5 cm y de tomate de 12.6 cm. Los sistemas de cultivo SAC1 y SAC2 tuvieron una diferencia en la intensidad de luz que recibían, por lo que se consideró pertinente evaluar el desempeño de los sistemas dividiéndolos en dos secciones, Sección A) recibía menor incidencia solar; Sección B) mayor incidencia solar. El mejor crecimiento y supervivencia de la arúgula, se obtuvo en las plantas que se mantuvieron en el SAC2 sección B, donde después de 60 días se observó que el 100% de las plantas estaban vivas y mantuvieron un crecimiento constante hasta alcanzar una altura de 35 cm, mientras que las plantas de la sección A aunque sobrevivieron en un 100%, alcanzaron únicamente una longitud promedio de 25 cm. Las plantas que se mantuvieron en el SAC3 tuvieron una supervivencia del 100%, y mantuvieron un crecimiento constante, aunque 50% menor al que tuvieron las plantas del SAC2. A diferencia de lo anterior, únicamente el 44% de las plantas del SAC1, sobrevivieron al día 20, pero no tuvieron un crecimiento significativo (Cuadro 1).

Al igual que la longitud, se observó una diferencia en la estructura de las plantas, donde las plantas de arúgula del tratamiento SAC2, tenían una coloración más intensa y uniforme, mayor número de hojas, longitud y robustas, en comparación con la del SAC3, que tuvieron menor intensidad en la coloración. Las plantas de cilantro que se mantuvieron en el SAC3 tuvieron el mejor desempeño



Figura 2. Sistema SAC3: mezcla de arena sílica con lluvia sólida.

Cuadro 1. Variables respuesta de adaptación de arúgula (*Eruca vesicaria*) a tres sistemas de cultivo acuapónico.

Variable final	Tratamientos				
	SAC1		SAC2		SAC3
	Sección A	Sección B	Sección A	Sección B	Lado único
Supervivencia (%)	0		100		100
Longitud tallo (cm)	7 ^d	7 ^d	25 ^b	35 ^a	16 ^c
Número de hojas	5 ^c	5 ^c	17 ^b	37 ^a	12 ^b
Número de ramas	4 ^b	3 ^b	12 ^a	14 ^a	8 ^a
Grosor de tallo (mm)	0.15	0.10	0.20	0.30	0.15
Número de flores*	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F

*S/F = sin flores.

en longitud y grosor de tallo (cm), número de hojas y ramificaciones, aunque no significativo con respecto a las plantas del SAC2 sección A, lo que se consideró un resultado muy importante para el uso de lluvia sólida, mientras que al igual que con la arúgula, el cilantro no tuvo un crecimiento eficiente en el tratamiento SAC1 (Cuadro 2).

La supervivencia de las plantas de cilantro del SAC 3 fue de 25% superior a las plantas de cilantro del SAC2, mientras que el 100% de las plantas del SAC1 murieron entre el día 20 y 30 (lado B y A respectivamente) (Cuadro 2).

El desempeño de las plantas de tomate en los sistemas acuapónicos,

fue significativamente diferente entre tratamientos, y el mejor desempeño se observó en las plantas que se mantuvieron en el SAC2, donde las ubicadas en la sección B crecieron 18% más, en comparación con las de la sección A del mismo tratamiento. A diferencia de lo anterior, las plantas que se mantuvieron en el SAC3 tuvieron una longitud total 66% menor en comparación a la media de las plantas del SAC2. En contraste, las plantas del SAC1 no murieron en su totalidad, pero no crecieron durante el estudio (Cuadro 3).

Comportamientos de los parámetros químicos del agua durante el estudio

Durante el estudio se presentaron variaciones estacionales de la temperatura (20 °C a 35 °C), que al parecer no afectaron la supervivencia y crecimiento de las plantas, sin embargo a diferencia de éstas, se observó que al incrementarse la temperatura (27 °C) las tilapias aumentaron su tasa metabólica y la producción de metabolitos nitrogenados derivados de una mayor biomasa en los estanques; y por tanto la concentración de amonio se incrementó de 0.1 a 0.6 mg L⁻¹ en el sistema acuícola, pero después de pasar por el sistema acuapónico SAC2 se eliminó completamente, mientras que al pasar por el SAC1 la concentración se mantuvo constante, atribuido posiblemente porque las raíces de las plantas no conseguían atrapar los nutrientes debido al tiempo de contacto. En el caso del SAC3, no se tomaron muestras debido a que el agua era retenida por la lluvia sólida. Al igual que el amonio, el paso del agua a través del tratamiento SAC2, eliminó el 50% de la concentración de nitritos y nitratos del agua proveniente del sistema acuícola. El

Cuadro 2. Parámetros de respuesta durante la evaluación de la adaptación de Cilantro (*Coriandrum sativum*) a tres sistemas de cultivo acuapónico.

Variable final	Tratamientos				
	SAC1		SAC2		SAC3
	Sección A	Sección B	Sección A	Sección B	Lado único
Supervivencia (%)	0		60.3 ^b		78.9 ^a
Longitud tallo (cm)	12.4	12.4	20	15.5	23
Número de hojas	5 ^b	5 ^b	9 ^b	8 ^b	13 ^a
Número de ramas	4	4	9	8	13
Grosor de tallo (mm)	0.2	0.15	0.25	0.20	0.35
Número de flores	S/F	S/F	S/F	S/F	S/F

Cuadro 3. Parámetros de respuesta durante la evaluación de la adaptación del tomate a tres sistemas de cultivo acuapónico.

Variable final	Tratamientos				
	SAC 1		SAC 2		SAC 3
	Lado A	Lado B	Lado A	Lado B	Lado A/B(u)
Supervivencia (%)	5 ^b		92.3 ^a		89.4 ^a
Longitud tallo (cm)	12.3 ^d	12.8 ^d	86 ^b	110 ^a	50 ^c
Número de hojas	10 ^c	12 ^c	70 ^b	115 ^a	40 ^{bc}
Número de ramas	2	3 ^b	13 ^a	20 ^a	9 ^b
Grosor de tallo (mm)	0.2	0.2	0.6	0.9	0.5
Número de flores	S/F	S/F	S/F	4	S/F

pH del agua varió durante el estudio de 7.4 a 8.5, valores permisibles dentro del rango de tolerancia para las tilapias, pero superior a lo recomendado para cultivos agrícolas (pH=7), sin embargo y en base al crecimiento de las plantas, en particular del sistema SAC2, parece que este factor no fue limitante. Los fosfatos en el agua proveniente del sistema acuícola disminuyeron casi 95% después de su paso por los sistemas SAC 2 y SAC 3, donde las plantas del cilantro fueron las más eficientes para absorber este elemento.

La producción masiva de tilapia en los sistemas intensivos, genera grandes volúmenes de residuos disueltos en el agua, como fósforo y productos metabólicos con alto contenido de nitrógeno, que pueden afectar los sistemas acuáticos asociados a la actividad. A partir de la incorporación de prácticas acuapónicas al cultivo de tilapia, se puede disminuir el impacto de subproductos metabólicos de los efluentes acuícolas, ya que se reporta que durante la producción de una tonelada de tilapia se pueden obtener hasta siete toneladas de vegetales (Mateus, 2009), por lo que la integración de sistemas acuapónicos a las granjas acuícolas como estrategia de generación de alimento de alta calidad y cuidado ambiental es una alternativa eficiente, lo que se comprobó durante la presente investigación durante la producción de arúgula, cilantro y tomate, particularmente en los sistemas SAC2 y SAC3.

A diferencia de lo anterior, el sistema SAC1 o aeroponía (cultivo de plantas suspendidas en el aire y regadas con aspersores con sales nutritivas), no cumplió las expectativas de producción, debido a que la aeroponía requiere infraestructura (invernadero), manejo fitosanitario, temperatura y humedad controladas para su desarrollo, además de una planta que puede tener las raíces al aire sin que se afecte su desempeño (Otazú, 2008). En este sentido, las plantas de arúgula y cilantro no se adaptaron eficientemente a este tipo de sistema, aunque pueden ser una alternativa importante para el mantenimiento de almácigos de plantas como el tomate.

Uno de los puntos más importantes durante las prácticas acuapónicas, es el germinado de la semilla y el tipo de sustrato de fijación de las raíces durante esta etapa, debido a que se debe desarrollar una raíz fuerte pero en un material que no afecte su trasplante a un sistema acuático, por lo que el uso de la composta de café cumplió eficientemente las necesidades de la presente investigación. Al respecto Pierre *et al.* (2009) reportan que uno

de los principales problemas ambientales asociados a la producción de café, es el volumen de los desechos de su proceso, ya que cada elemento residual, en un grado diferente, constituye un riesgo para el ambiente (García, 2001), por lo que puede ser una estrategia de cuidado ambiental el uso de la composta de café en almácigos o semilleros, debido a que promovió el 100% del germinado de la semilla en un tiempo promedio de 30 días.

Uno de los resultados más importantes obtenidos fue la adaptación de las plantas de cilantro a la lluvia sólida, lo anterior posiblemente a que ésta se reporta como una especie que se desarrolla en cualquier clima, lo que permite suponer que esta tecnología es una alternativa para una planta de alta demanda por su aceptación en la cultura culinaria mexicana (Morales-Payán *et al.*, 2011). En este sentido se puede señalar que la lluvia sólida o silos de agua, de acuerdo con Rico (2011), tiene la ventaja de que incrementa las reservas de agua de los suelos por años, y por tanto permite el cultivo de la tierra bajo condiciones de clima y suelo extremas, por lo que su empleo en la acuaponía permite una reducción del gasto de agua y costos de fertilizantes o soluciones nutritivas en un 100%, y aprovecha los nutrientes que le proporciona el agua residual del cultivo acuícola.

Es importante sin embargo, considerar la incidencia solar en los cultivos, ya que como se observó durante la presente investigación, este factor puede promover el crecimiento de las plantas, factor que finalmente afectó el desempeño de las plantas localizadas en la zona con menor incidencia solar.

Los resultados indican que la arúgula y el cilantro son plantas que se pueden incorporar a las opciones para sistemas acuapónicos, particularmente en sistemas con raíces inundadas (SAC2) y a base de lluvia sólida (SAC3). De acuerdo con Caló (2011), la arúgula es una planta pequeña que no necesita gran sostén, y no tiene grandes exigencias de suelos (FAO, 2010), resiste condiciones extremas y aún en presencia de escasa cantidad de nitrógeno crece eficientemente, aunque posiblemente lo más importante para sistemas acuapónicos, es que tiene una alta capacidad de acumular y aprovechar nitrógeno en las hojas, que es precisamente uno de los productos de mayor generación en los



sistemas acuícolas, y que suele considerarse un producto que en concentraciones superiores a 0.5 mg L^{-1} puede ser tóxico para los peces.

Respecto al cultivo de tomate en sistemas acuapónicos, existen resultados exitosos al usarse canales de flujo continuo de agua y en sistemas con sustrato para las raíces (Caló, 2011), sin embargo, son pocos los resultados en aeroponía y posiblemente el primero con lluvia sólida, por lo que para el presente estudio, se puede considerar como un primer intento, con resultados prometedores, y determinar las necesidades hídricas y nutritivas del tomate en este tipo de sustrato (Garza y Molina 2008), además de espacio para desarrollo de las raíces, dado que en el sistema SAC3 las plantas se mantuvieron dentro de los tubos de PVC y tuvieron menor desarrollo radicular en comparación con las plantas del tratamiento SAC2 que mantuvo un desarrollo de raíces significativamente superior al observado en las plantas del SAC3.

CONCLUSIONES

La acuaponía es una alternativa para la producción masiva de alimentos, que permite el aprovechamiento de los derivados metabólicos de los organismos acuáticos en condiciones de cultivo para el crecimiento de plantas comestibles, lo que permite un uso sustentable de la energía y disminuye el impacto de las descargas acuícolas a los sistemas acuáticos.

LITERATURA CITADA

Basualdo-Ramírez L.J., Jiménez-Guzmán F., Jiménez-Saavedra A.C., Macal-Niño F.J., Mendoza-Quintero M.E.A., Montañó-

Aguilar D.M.Á., Urcelay-Gutiérrez E. 2012. Criterios Técnicos y Económicos para la Producción Sustentable de Tilapia en México. 178 pp.

Caló P. 2011. Introducción a la Acuaponía. Centro Nacional de Desarrollo Acuícola dependiente del ministerio de agricultura ganadería y pesca. Santa Ana, Argentina. 15 p.

FAO. 2010. Manual de buenas prácticas para la agricultura familiar. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Representación de la FAO en Argentina. Ciudad Autónoma de Buenos Aires - Argentina 189 pp.

García P.S. 2001. Mitigación del impacto ambiental que generan los residuales sólidos del beneficio de café a partir de la producción de abono orgánico. Guantánamo, Cuba. pp. 13.

Garza A.M., Molina V.M. 2008. Manual para la producción de tomate en invernadero en suelo en el estado de Nuevo León. Estado NL-SAGARPA. 4p. URL: www.nl.gob.mx/pics/pages/da_publicaciones_base/manual-invernaderos.pdf

Mateus J. 2009. Acuaponía: hidroponía y acuacultura, sistema integrado de producción de alimentos. (En línea) Red Hidroponía, Boletín No 44. Colombia. 10 pp.

Morales-Payán J.P., Brunner B., Flores L., Martínez S. 2011. Hoja Informativa Proyecto de Agricultura Orgánica. Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales. Lajas, Puerto Rico. 22 pp.

Otaú V. 2010. Manual de producción de semilla de papa de calidad usando aeroponía. Centro Internacional de la Papa (CIP), Lima, Perú. 44 p.

Pérez-Rostro C.I., Hernández-Vergara M.P., Amaro-Espejo I.A. 2013. Acuaponía, bases y alternativas. Biotecnología para una acuacultura sustentable. Editorial Académica Española. 116 pp.

Pierre F., Rosell M., Quiroz A., Granda Y. 2009. Evaluación química y biológica de composta de pulpa del café en Caspito municipio Andrés Bello blanco. Bioagro 21(2): 105-110.

Rico J. 2011. Lluvia solida; Ecotecnia Mexicana almacenadora de agua, esperanza contra la sequia y cambio climático. pp: 1-3.

Rodríguez D., Hoyos M., Chang M. 2001. Soluciones nutritivas en hidroponía, formulación y preparación. Centro de Investigación de Hidroponía e Investigación Mineral (Ed.) Universidad Agraria La Molina. Lima, Perú. 99 p.



ESTRATEGIA LOCAL DE COMERCIALIZACIÓN DE TILAPIA VIVA (*Oreochromis* spp.), EN VERACRUZ, MÉXICO ANTE LA COMPETENCIA INTERNACIONAL

LOCAL COMMERCIALIZATION STRATEGY OF LIVE TILAPIA (*Oreochromis* spp.) IN VERACRUZ, MÉXICO, IN FACE OF INTERNATIONAL COMPETITION

Lango-Reynoso, V.¹; Reta-Mendiola, J.L.^{1*}; Asiain-Hoyos, A.¹

¹Colegio de Postgraduados *Campus* Veracruz. Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz. Predio Tepetates. Mpio. Manlio Fabio Altamirano, Veracruz, México.

*Autor Responsable: Jretam@colpos.mx

RESUMEN

El modelo de desarrollo económico al que se incorporó la producción acuícola de tilapia (*Oreochromis* spp.) desde la década de los noventa, ha favorecido para que los países productores iniciaran procesos competitivos para aumentar su mercado. La comercialización de peces vivos como medio de diferenciación para enfrentar al comercio internacional de tilapia se presenta como el de mayor viabilidad económica que aprovecha la cualidad de producto fresco como un factor de decisión de compra. En el estado de Veracruz, México, las granjas realizan venta de tilapia viva, sin embargo, sus ventas se limitan a la cantidad de personas que puedan llegar a ellas. Otro medio de competencia son los Puntos de Venta de Tilapia Viva (PVTV) que se surten de las granjas a las comunidades por medio de transporte especializado. Estas acciones permiten competir de manera local contra las tilapias de importación y las de pesquerías nacionales que llegan a los comercios de locales. El formato comercial de pez vivo, incrementa su valor y conserva las cualidades que la diferencian de la competencia. La venta de Tilapia Viva al menudeo es una estrategia con viabilidad técnica, operativa y económica que permite a los granjeros alcanzar mayor mercado y mejorar el ingreso familiar. Se sugiere desarrollar con mayor logística un mercado regional firme bajo este concepto que facilite desplazar la producción total anual, generando flujos financieros constantes.

Palabras clave: Punto de venta, diferenciación de producto, ventaja comparativa.

ABSTRACT

The model of economic development to which tilapia (*Oreochromis* spp.) aquaculture became incorporated since the 1990s has favored for producing countries to begin competitive processes to increase its market. Commercialization of live fish as a means of differentiation to face international tilapia trade is presented as the option of highest economic viability that takes advantage of the quality of a fresh product as a factor for the decision to purchase. In the state of Veracruz, México, farms carry out the sale of live tilapia; however, their sales are limited to the number of people who can reach them. Another path for competition is the Live Tilapia Sales Points (LTSP) that stock communities from the farms through specialized transport. These actions allow competing locally against tilapias that are imported and those from national fisheries that reach local shops. The commercial format of live fish increases its value and conserves the qualities that differentiate it from the competition. The sale of Live Tilapia in retail is a strategy with technical, operative and economic viability that allows farmers to reach a larger market and improve the family income. It is suggested to develop a regional market with greater logistics, under this concept that facilitates transporting total annual production, generating constant financial flows.

Keywords: Sales point, product differentiation, comparative advantage.

INTRODUCCIÓN

La actividad acuícola a nivel mundial ha tenido cambios importantes; de ser una actividad encaminada a la producción de alimento para el autoconsumo local, a convertirse en un sector industrializado cuyos productos se consideran commodities (bien económico producido legalmente y vendido a gran número de individuos) en los mercados intencionales (Kinnucan y Wessells, 1997; Engle y Quagraine, 2006). El escenario en que los productos acuícolas se desenvuelven, ha favorecido que el fenómeno de la globalización interactúe en las circunstancias locales de los países productores y consumidores (Vargas y Paillacar, 2003). El hecho de que la tilapia (*Oreochromis* spp.) sea una de las especies de agua dulce más cultivadas en el mundo, ha causado que su mercado se caracterice por constantes incrementos, tanto en cantidad como en variedad de productos con valor agregado, generando entre otras circunstancias mayor competencia entre empresas dedicadas a esta actividad con el fin de captar mayores segmentos del mercado (Engle y Quagraine, 2006).

Existe una gran variedad de productos de tilapia y han evolucionado en cuanto a su grado de sofisticación y contenido tecnológico de su proceso (Minondo, 2007), iniciando con los productos tradicionales en sus presentaciones de pescado entero fresco y congelado, los filetes frescos y congelados, hasta los platillos gourmet o de alto valor agregado elaborados de filetes (Vergara, 2004; Norman-López y Bjørndal, 2009) (Figuras 1). Esta variedad de productos es el resultado del cambio en la orientación de las políticas de pensamiento y acción de la industria, al enfocarse en las necesidades y preferencias del consumidor (Vargas y Paillacar, 2003).

La influencia de los mercados acuícolas internacionales de la tilapia ha presionado al débil mercado interno de México; marcando fuerte competencia entre los productos importados con valor agregado y los congelados de bajo costo, con la producción doméstica; los primeros, presentan una mayor variedad, mientras que los de origen nacional sólo se encuentran pescados frescos, enteros y en filete ya que el eslabón de transformación de la tilapia tiene un incipiente desarrollo. Los mecanismos



Figura 1. A: Tilapia (*Oreochromis* spp.) entera fresca de origen nacional. B: Tilapia entera congelada de origen asiático. C: Filete congelado de origen asiático. D: Filete de Tilapia de origen asiático con presentación final de supermercado.

que permitirán hacer frente a este hecho, son la diferenciación y la conveniencia del producto (Norman-López y Bjørndal, 2009). Un producto cárnico con mayor frescura siempre es preferido por el consumidor y si es accesible físicamente, es más fácil que sea consumido; en el caso del pescado, su frescura es el factor más importante en las preferencias de los consumidores (Magallon-Barajas y Villarreal-Colmenares, 2007; Norman-López y Bjørndal, 2009). Al igual que en el resto del país, en el estado de Veracruz el eslabón de comercialización de la cadena de valor de tilapia acuícola no se encuentra plenamente desarrollado. La única forma de venta reconocida por los productores como exitosa es la venta de peces vivos a pie de estaque (Hartley-Alcoer, 2007) (Figura 2), porque los gastos de venta son mínimos, no hay merma y consideran que la garantía de frescura está satisfecha (Magallón et al., 2007); sin embargo, sus ventas se ven limitadas en el número personas atendidas por acceso geográfico a granjas rurales (Hernández-Mogica et al., 2002).

En las unidades de producción con niveles inicial, artesanal e intermedio no se cuenta con programación adecuada de la producción, lo cual limita la oferta de producto a lo largo del año, incrementando con ello el autoconsumo y el bajo retorno de capitales, al no desplazar su producto a otras áreas geográficas dentro del territorio (Reta et al., 2007). Mientras que en las granjas

con mayor consolidación empresarial se registra producción estable a lo largo del año, se ofrece tilapia entera y fresca a los mercados locales y nacionales, así como el abasto a puntos de venta en otras comunidades por medio del ofrecimiento del servicio de transporte de peces vivos (Reta et al., 2007; Lango, 2012).

La Tilapia Viva

La venta al detalle de la tilapia que se produce en el territorio, mantenida viva en óptimas condiciones durante su estancia y hasta el momento de su venta, y procesada con higiene en las pequeñas unidades que la comercializan en los núcleos poblacionales rurales, periurbanos y urbanos (Figura 3), puede representar



Figura 2. A: Venta de pez vivo en granjas productoras de tilapia (*Oreochromis* spp.) en la región Sotavento de Veracruz, México.



Figura 3. Punto de venta de Tilapia (*Oreochromis* spp.) Viva con bajo nivel de uso tecnológico ubicados en la región Sotavento del estado de Veracruz.

una estrategia importante para poder competir de manera local con las tilapias de importación y de pesquerías que llegan a los comercios de la región. La Tilapia Viva obtenida por acuicultura se diferencia de sus competidores porque ofrece diversos atributos, tales como la sanidad, la inocuidad, la bioseguridad, un exquisito sabor y una incomparable frescura (Kinnucan y Wessells, 1997; Wessells, 2002); en tanto que los puntos de venta ofrecen la conveniencia al consumidor por medio de su ubicación en lugares estratégicos con amplios radios de influencia poblacional y facilidades de acceso por cercanía y presencia de vías de comunicación adecuadas (Mora *et al.*, 2003). Además, el pescado vivo tiene mejor precio de mercado en comparación con el pescado muerto y la población actual, en respuesta a las tendencias de "alimentación saludable", está dispuesta a pagar ese precio (Norman-López y Bjørndal, 2009).

La realidad de la Tilapia Viva

Este canal de comercialización no ha sido aprovechado y se limita a la presencia de establecimientos poco tecnificados que ponen en riesgo las bondades del producto (Lango, 2012). No obstante lo anterior, las operaciones de los puntos de venta son satisfactorias ya que se pueden desplazar más de 100 kilos semanales de tilapia por punto de venta, con utilidades de hasta 30%. Con ello se crea un flujo estable de recursos económicos que benefician a los comercializadores y a los productores. El beneficio para los comercializadores se manifiesta de manera directa en un aumento inmediato al presupuesto familiar al diversificar sus medios de vida, fuente de empleo para los miembros de la familia que pasan la mayor parte del tiempo en el hogar, así como mejoría en cuestiones de nutrición y salud por el autoconsumo que permite tener pescado en casa. El retorno del capital para los productores permite establecer nuevos ciclos de producción con mayor frecuencia y mantener estables a los existentes al poder tener la liquidez para cubrir los costos de operación de sus granjas.

Garantía de éxito comercial

Cuando se menciona la expresión "comercialización de un producto", se refiere al proceso de manejo orientado a descubrir lo que los consumidores necesitan y desean para proveerlos de una forma más eficiente y eficaz que los competidores, considerando el lugar, el tiempo y el precio (Shaw, 1986; Vargas y Paillacar, 2003). La rentabilidad de cualquier empresa es el resultado de haber satisfecho a su mercado meta (Kotler y Armstrong, 2003; Mora *et al.*, 2003) y en el mercado de la Tilapia Viva hay

dos mercados meta definidos: el comerciante minorista y el consumidor final.

El comerciante minorista de Tilapia Viva, que vende a través de puntos de venta, tiene requerimientos específicos que las granjas productoras no deben olvidar si tienen el interés en tener éxito como empresa (Lipton y Gempesaw, 1997). La especialización del producto que se vende en vivo depende de la cantidad, la calidad, talla, precio de compra y a calidad en el servicio al cliente (Transporte), para ello, es necesario que las granjas enfoquen los procesos de engorda y postcosecha, las artes de pesca, así como los accesorios de traslado y pesaje, hacia un manejo de la Tilapia Viva que minimice el deterioro en la estética y garantice la salud de los peces; con ello, se asegura la calidad y el tiempo de anaquel del producto (Figura 4). Es aquí en donde inicia el verdadero valor agregado de la Tilapia Viva, ya que su procesamiento tiene una fuerte base tecnológica accesible y una ventaja comparativa en cuanto a sus competidores (Minondo, 2007).

Los consumidores están dispuestos a pagar un precio mayor por la Tilapia Viva porque reconocen que es de mejor calidad que la muerta (Vergara, 2004), pero éste es un producto que no sólo con estar vivo es suficiente; debe mantenerse en lugares con los requerimientos de soporte de vida y procesamiento necesarios, para que al consumidor le resulte atractivo ir a comprar a un Punto de Venta de Tilapia Viva y esté seguro de la calidad del producto que compra. Los procedimientos y las artes de pesca también deben mejorarse para reducir el daño por manipulación y/o contaminación, además de que las técnicas de sacrificio deben mejorarse y hacerse



Figura 4. Tilapia (*Oreochromis* spp.) Viva con óptima calidad.

del modo compasivo para evitar el sufrimiento excesivo al pez, así mismo se debe proceder a la limpieza de los peces en lugares específicamente diseñados para ello, con normas de higiene básicas y procesos que garanticen la inocuidad de ésta. Los consumidores juzgan al comercializador y a su tilapia por la manera correcta en que lo exhibe y lo vende, si se ofrece en lugares limpios, los consumidores confiarán en la buena calidad del producto y que su consumo no resultara dañino para la salud, logrando con ello clientes satisfechos (Kotler y Armstrong, 2003).

CONCLUSIONES

La venta de Tilapia Viva al menudeo con calidad, representa una estrategia rentable con posibilidades de crecimiento, que permite alcanzar nuevos mercados a las granjas acuícolas y mejorar el ingreso familiar; por lo que su adopción es conveniente tanto para productores como para comercializadores. La coordinación de acciones mediante el establecimiento de alianzas productivas que beneficien a ambos actores y satisfagan las necesidades de sus clientes, lograrán desarrollar mercados regionales firmes donde podrán desplazar durante todo el año el total de su producción, obteniendo un flujo constante de capital que harán más rentables y atractivas la producción y comercialización de tilapia.

LITERATURA CITADA

- Engle C., Quagraine K. 2006. *Aquaculture Marketing Handbook*. 1st Ed. Blackwell Publishing. USA. 288 p.
- Hartley-Alcocer A.G. 2007. Tilapia as a global commodity; a potential role for México? Institute of Aquaculture. University of Stirling. Scotland, UK. 279 p.
- Hernández-Mogica M., Reta-Mendiola J.L., Gallardo-López F., Nava-Tablada M.E. 2002. Tipología de productores de mojarra tilapia (*Oreochromis spp*): Base para la formación de grupos de crecimiento productivo simultáneo (GCPS) en el estado de Veracruz, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* núm. Agosto-Sin mes: 13-19.
- Kinnucan H.W., Wessells C.R. 1997. Marketing research paradigms for aquaculture. *Aquaculture Economics & Management* 1: 73-86.
- Kotler P., Armstrong G. 2003. *Fundamentos de Marketing*. 6a Ed. Pearson Educación. 599 p.
- Lango R.V. 2012. Caracterización del sistema de abasto al menudeo de Tilapia Viva (*Oreochromis spp.*) en la región sotavento del estado de Veracruz, México. Postgrado en Agroecosistemas Tropicales. Colegio de Postgraduados. Veracruz, México. 116 p.
- Lipton D.W., Gempesaw II C.M. 1997. Economics and marketing. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science* 30: 315-328.
- Magallon-Barajas F., Villarreal-Colmenares H. 2007. Desarrollo sustentable de la acuicultura en México. Orientaciones estratégicas. CIBNOR/Comisión de Pesca de la Cámara de Diputados/ CEDRSSA. 256 p.
- Minondo A. 2007. ¿Cuál es el grado de sofisticación de las exportaciones manufactureras españolas? *Estudios de Economía Aplicada* 25: 643-653.
- Mora M., Bruna G., Kern W, Marchant R., Espinosa A. 2003. Comercialización de Productos de Origen Agropecuario y/o Agroindustrial. *Fundamentos en Gestión para Productores Agropecuarios: Tópicos y Estudios de casos consensuados por universidades chilenas*. Ed. Programa Gestión Agropecuaria Fundación Chile. Chile: 233-235.
- Norman-López A., Bjørndal T. 2009. Is tilapia the same product worldwide or are markets segmented? *Aquaculture Economics & Management* 13: 138-154.
- Reta-Mendiola J.L., Luna F.J., Zetina-Córdoba P., Suarez-Santacruz C., Mena-Guillermo J.M., Ramos-Hernández A. 2007. Programa Maestro Tilapia para el Estado de Veracruz. SAGARPA. México. 245 p.
- Shaw S. 1986. *Marketing the Products of Aquaculture*. FAO Fisheries Technical Paper FAO.106 p.
- Vargas G., Paillacar R. 2003. Administración de Recursos Humanos en Empresas Agrícolas. Tópico V. In: Chile. P. U. C. d.s (Ed.). *Fundamentos en gestión para productores agropecuarios: Tópicos y estudios de casos consensuados por universidades chilenas*. Universidad Católica de Valparaíso, Universidad Austral de Chile, Universidad de Concepción, Universidad de Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de Talca y Universidad Adolfo Ibáñez. Programa Gestión Agropecuaria de Fundación Chile. Chile. 284 p.
- Vergara H.J. 2004. Tilapia en estados unidos. In: Internacional C. C.S (ed.). *Perfil de Producto*. Dirección Sistemas de Inteligencia de Mercados. Colombia. 9 p.
- Wessells C.R. 2002. The economics of information: Markets for seafood attributes. *Marine Resource Economics* 17: 153-162.



EMPODERAMIENTO DE LAS ORGANIZACIONES SOCIALES EN EL CULTIVO DE PEJELAGARTO (*Atractosteus tropicus*) EN EL SURESTE DE MÉXICO

EMPOWERMENT OF SOCIAL ORGANIZATIONS FOR TROPICAL GAR (*Atractosteus tropicus*) BREEDING IN SOUTHEASTERN MÉXICO

Márquez-Couturier, G.¹; Vázquez-Navarrete, C.J.²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3. C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

Autor de correspondencia: vcesar@colpos.mx

RESUMEN

Uno de los propósitos de la generación de conocimiento en una sociedad, es que la información generada sea transferida para alcanzar el mejoramiento de la calidad de vida de las personas y su entorno. Los estudios sobre la reproducción controlada en cautiverio del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en el Laboratorio de Acuicultura Tropical de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, (DACbiol-UJAT) han coadyuvado en el desarrollo de competencias y habilidades de las organizaciones sociales en el sureste de México. A partir de este nuevo conocimiento, las organizaciones han podido aprovechar de una manera sustentable este valioso recurso acuícola y mejorar la comprensión que esta especie provee al ecosistema en la planicie inundable de Tabasco, México. Se examinó el proceso de empoderamiento de diversos actores sociales (productores, comunidades rurales, niños, universidades) relacionadas con el cultivo del pejelagarto, con resultados relevantes en la sistematización de la información sobre el desarrollo de competencias y habilidades de organizaciones sociales. La revisión consideró cerca de 30 años de registros de investigación y trabajos de extensión universitaria.

Palabras clave: pejelagarto, cultivo, transferencia tecnología, humedales.

ABSTRACT

One of the objectives of knowledge generation in a society is that information be transferred, to attain the improvement of the quality of life of people and their environment. Studies about controlled reproduction in captivity of the tropical gar (*Atractosteus tropicus*) in the Tropical Aquaculture Laboratory of Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (DACbiol-UJAT) have helped in the development of competences and abilities of social organizations in southeastern México. Stemming from this new knowledge, the organizations have been able to take advantage of this valuable water resource in a sustainable manner and to increase the understanding of what this species provides to the ecosystem in the floodplain in Tabasco, México. The empowering process of various social actors (producers, rural communities, children, universities) related to breeding of tropical gar, was examined, with relevant results for the systematization of information regarding the development of competences and abilities of social organizations. The review considered close to 30 years of records of university research and extension work.

Keywords: tropical gar, aquaculture, technology transfer, wetlands.



INTRODUCCIÓN

El estado de Tabasco se localiza en la región sureste de la República Mexicana y se caracteriza por presentar un clima tropical húmedo, con la red hidrológica más grande y compleja del país. Cuenta en su superficie territorial con uno de los humedales de mayor dimensión de Mesoamérica, la Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla con 305,000 hectáreas donde convergen los ríos Grijalva y Usumacinta, aportando nutrientes a estuarios y lagunas de la zona costera (Uscanga *et al.*, 2010).

La pesca es la actividad primaria que realiza la mayor parte de la población rural con acceso fácil a estos ecosistemas con bajos costos de operación. Pero, los recursos pesqueros se encuentran sobre explotados, en un estado deteriorado y su ambiente contaminado por actividades humanas (Márquez *et al.*, 2013). La demanda de pescados y mariscos, sigue creciendo de manera proporcional al crecimiento de la población humana y las pesquerías han llegado a los límites de explotación ocasionando que algunas especies presenten una disponibilidad variable a lo largo del año (FAO, 2014).

Tabasco ocupa el segundo lugar en el país con mayor cantidad de cuencas hídricas, destacando las aguas a nivel del subsuelo y las aguas superficiales como ríos, lagunas y pantanos. Destaca por ser una planicie de inundación cubierta de agua y verde vegetación la mayor parte del año en su superficie territorial. Por esta razón, la flora hidrófila y fauna acuática es abundante, principalmente los insectos, popales, tulares, espadañales, jacintales e islotes de vegetación flotante compuestos de lechuga de agua, pequeños helechos y pastos nativos (Márquez *et al.*, 2006).

En el sureste mexicano existen abundantes estanques rústicos que mantienen un nivel de agua apropiado debido al escurrimiento natural de los ríos y aguas subterráneas, aunado a los aportes de las lluvias y todo esto permite el cultivo de peces. En su mayoría, los estanques carecen de drenaje y son conocidos localmente como jagüeyes (Márquez, 2011). Estos sistemas fueron construidos para dotar a organizaciones sociales y grupos familiares de un modelo de producción de traspato, y en la mayoría de las veces asociado a actividades primarias como la agricultura de temporal, pequeña ganadería y pesca, las experiencias de los productores rurales han sido buenas, regulares y malas.

El Laboratorio de Acuicultura Tropical de la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (LAT), se localiza en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México. Este laboratorio inicia operaciones en el año de 1986 enfocándose a la generación de conocimientos sobre aspectos de la biología de peces nativos tropicales, como el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), así como desarrollar el cultivo en sistemas controlados para fines de conservación biológica y producción de alimentos sanos, inocuos y competitivos. El objetivo general de este trabajo fue recopilar y sistematizar las experiencias de los programas de competencias y habilidades sobre acuicultura rural realizados por el LAT, así como, describir de manera crítica el proceso de capacitación en el fortalecimiento de las capacidades de la población en las comunidades rurales, empoderando al sector social que demanda oportunidades para el desarrollo local y crecimiento sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

El LAT realizó la extensión de los conocimientos atendiendo los servicios solicitados por piscicultores, pescadores, particulares, sociedades cooperativas, asociaciones civiles, dependencias de gobierno municipal, estatal y federal. Los programas de competencias y habilidades comprendieron módulos de asistencia técnica, asesorías, capacitación, adiestramiento especializado, diseño y formulación de proyectos, principalmente.

Los programas de mayor importancia fueron el diseño y puesta en marcha de laboratorios en comunidades rurales para abastecer de alevines a los productores de la región, la capacitación de campesinos, grupos indígenas, así como, hombres y mujeres interesados en esta actividad (Márquez *et al.*, 2010), y en menor cantidad se apoyó la formulación de proyectos de inversión del sector privado.

En este aspecto, el personal del LAT brindó asesoría técnica, capacitación y la evaluación financiera de proyectos comunitarios para el desarrollo de la piscicultura, proponiendo sistemas de producción para distintos propósitos, en su mayoría con sistemas dedicados a la producción de pejelagarto (Márquez, 2000; Aguilera *et al.*, 2002; Márquez, 2009), pez que se caracteriza por su capacidad de respirar aire atmosférico para su metabolismo, se reproduce una vez al año, es carnívoro y ocupa el escalón más alto de la cadena alimenticia (Escobar y Márquez, 2004; Frías, 2009; Hernández, 2009; Aguilar, 2010).

Este tipo de actividades se realizaron con apoyo del CONACyT, SAGARPA, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM/PNUD) a través del Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), La Fundación Wal-Mart-México, Yokochan Ibam, A. C., Otot-Ibam SPR de RL de CV, Los García Sociedad Cooperativa de RL de CV, La Lucha Familiar Sociedad Cooperativa RL de CV, Pejelagarto de Saloya Sociedad Cooperativa RL de CV, Mar de Tiberias Sociedad Cooperativa de RL de CV, Los Leones Sociedad Cooperativa RL de CV, Pejelagarto Pegaso SC de RL de CV, Sociedad Cooperativa Ribera del Usumacinta de Centla, Granja del Sur SC de RL de CV, Decosta SC de RL de CV, Ecoparque El Fénix, por mencionar algunas de las organizaciones que han colaborado (Márquez 2009; Márquez *et al.*, 2010; Vázquez *et al.*, 2010).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En Tabasco, existen 16 instalaciones para la reproducción y crianza de alevines de pejelagarto, ubicadas en los

municipios de Balcan (1) Centla (2), Centro (5), Comalcalco (3), Emiliano Zapata (1), Jonuta (1), Macuspana (1), Nacajuca (1) y Paraíso (1); y se ha logrado implementar en diversos sistemas, tales como, tanques comerciales para acuicultura hasta recipientes sencillos y baratos. El engorde lo han realizado en estanques rústicos, jaulas flotantes, estanques de geomebrana o de cemento (Márquez *et al.*, 2010), impulsando el desarrollo de la piscicultura rural y sustituyendo el sistema de producción tradicional del jagüey (Márquez *et al.*, 2013) (Figura 1a, b, c y d).

La gestión de proyectos productivos que incluyeron sensibilizar a los usuarios sobre el estado actual de las poblaciones silvestres del pejelagarto, ha contribuido eficazmente en la participación social en actividades de su repoblación, mejorando la actitud sobre el problema de la conservación de las poblaciones naturales y recuperando el valor cultural de los mismos (Márquez, 2011).



Figura 1. Desarrollo de competencias y habilidades en la reproducción controlada de pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) a productores y cooperativas en Centla, Comalcalco, Paraíso y Cd. del Carmen.

Un éxito sin precedentes fue el programa de adopción temporal de pequeños juveniles que posteriormente fueron liberados en áreas naturales protegidas del estado (Figura 2).

En el estado de Chiapas se llevó a cabo la transferencia tecnológica para el cultivo del pejelagarto a la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas (UNICACH), logrando la producción de juveniles y permitiendo llevar a cabo el engorde en estanques circulares de geomembrana en comunidades rurales de Acapetahua y Huixtla (Uscanga *et al.*, 2012). Además de realizar acciones de repoblamiento a favor de la conservación biológica en la reserva de la biosfera "La Encrucijada" (Figura 3).

Recientemente, la colaboración entre el LAT y el Laboratorio de Recursos Naturales y Vida Silvestre (LARNAVISI) de la Universidad Nacional en Heredia, Costa Rica, permitió que por primera vez se realizara el desove del pez Gaspar o pejelagarto en el Laboratorio de la Universidad Nacional, ubicada en la ciudad de Heredia a 1500 m de altitud, y de forma extemporánea de la temporada natural de desove. Es la primera ocasión que el desove y crianza de las larvas se realiza empleando un sistema de recirculación continua con control térmico (Figura 4). De igual forma, Profesores y estudiantes de La Universidad de San Carlos en Guatemala, recibieron adiestramiento para el control de la reproducción y crianza de larvas de pejelagarto en años recientes.



Figura 2. Acciones de repoblación de (*Atractosteus tropicus*) con participación de la población en general, las organizaciones no gubernamentales y gobiernos municipales de Tabasco, México.



Figura 3. Programas de transferencia de tecnología para reproducción de (*Atractosteus tropicus*) con otras universidades del sureste de México.



Figura 4. Programas de cooperación internacional para el desarrollo de tecnología sobre la reproducción controlada de pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), Universidad Nacional de Costa Rica.

A casi 30 años de haber iniciado los primeros estudios sobre la biología básica de (*A. tropicus*), del desarrollo de las técnicas de cultivo en condiciones controladas y su transferencia a los usuarios, algunas acciones convergen, por ejemplo, se creó la Red Internacional para la Investigación de Lepisosteidos que aglutina a profesionales de Canadá, Estados Unidos, Cuba, Guatemala, Costa Rica y México.

Adicionalmente, estas acciones han crecido en paralelo con política y gestión realizadas para el financiamiento de proyectos para peces nativos por parte de Naciones Unidas. Además, así como, la creación reciente de la Asociación Civil "Sistema Producto en Especies Nativas de Tabasco", que representa a los distintos eslabones de la cadena productiva, que incluye a representantes de gobierno e instituciones de educación superior. Se espera que las políticas y gestión realizadas para el finan-

ciamiento para un pez nativo, logren por un lado la inversión en equipo e infraestructura para organizaciones sociales y particulares, además de consolidar el compromiso de apoyo permanente en investigación científica y desarrollo tecnológico acerca del *A. tropicus*, y continuar contribuyendo al conocimiento para asegurar la conservación biológica de este recurso natural y su ambiente.

Es factible favorecer el desarrollo económico en algunas comunidades rurales impulsando proyectos productivos de bajo impacto ambiental. Fortalecer las capacidades locales al enseñar técnicas sencillas y eficientes, generan arraigo y estabilidad social, transmitiendo conocimientos para una nueva generación que solo conoce la pesca tradicional. Los proyectos de desarrollo comunitario están asociando diferentes actividades productivas, que facilita optimizar el uso de las áreas de producción en suelo, mediante la siembra de maíz con frijol, melón, tomate, chile, sandía, calabaza, usando tierra preparada con cascara de cacao en el trasplante de plántulas, suministrando agua del cultivo de peces en el riego diario.

CONCLUSIONES

En Tabasco, el traspasío en antaño fue una fuente de alimentos e ingresos económicos en las comunidades rurales, hoy las nuevas generaciones tienen acceso a mayor información pero requieren adaptarse a las nuevas tecnologías de comunicación masiva y empoderarse del conocimiento disponible.

Las perspectivas de mediano plazo en la acuicultura tropical con peces nativos, tales como, el pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) sugiere que esta actividad asociada a los conocimientos tradicionales puede ser un factor de arraigo en las comunidades rurales (evitar la migración y ruptura familiar), en conservar los usos y costumbres de una cultura local (disminuir el impacto de la globalización), la posibilidad de crecimiento y desarrollo de las comunidades si son capacitadas *in situ* con un mejor uso de los recursos naturales, recuperando experiencias exitosas asociadas a nuevos conocimientos.

Se requiere la integración regional para establecer un



comercio justo y competitivo, es necesario consolidar los laboratorios de producción de alevines y desarrollar granjas para el engorde, así como, realizar el escalamiento a nivel regional para empoderar a las organizaciones de los estados vecinos del sureste de México que permita realizar acciones de conservación a nivel de ecosistemas.

LITERATURA CITADA

- Aguilar T.F. 2010. Sincronización del desove del pejelagarto *Atractosteus tropicus* en condiciones de laboratorio. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas, Villahermosa, Tabasco, México. 49 pp.
- Aguilera C., Mendoza R., Rodríguez G., Márquez G., 2002. Morphological description of alligator gar and tropical gar larvae, with an emphasis on growth indicators. Transactions of the American Fisheries Society 131, 899-909.
- Escobar C.L., Márquez G. 2004. Evaluación de la biomasa de Artemia congelada en primera alimentación de larvas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. IX Congreso Nacional de Zoología, Villahermosa, Tabasco. México. 149 p.
- FAO. 2014. The estate of world fisheries and aquaculture 2014. Rome. p. 223.
- Frías Q.C.A. 2009. Diseño de alimentos microparticulados para larvas del pejelagarto *Atractosteus tropicus*, Gill 1863. Tesis de Maestría. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 108 pp.
- Hernández G.S. 2009. Inducción al desove del pejelagarto *Atractosteus tropicus* mediante el uso de implantes hormonales GnRH-a. Tesis de licenciatura. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. México. 57 pp.
- Márquez-Couturier G., Vázquez-Navarrete C.J., Contreras-Sanchez W.M., Alvarez-Gonzalez C.A. 2013. Acuicultura Tropical Sustentable: Una estrategia para la producción y conservación del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Márquez G., Álvarez C., Contreras W., Hernández U., Hernández A., Mendoza R., Aguilera C., García T., Civera R., Goytortua E. 2006. Avances en la alimentación y nutrición del pejelagarto *Atractosteus tropicus*. En: VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. 446-523 pp.
- Márquez C.G. 2000. Biología y tecnología para el cultivo del pejelagarto *Atractosteus tropicus* en el sureste de México. In: P. Alvarez, M. Guzman, S. Contreras y A. Silva (Editores). Redes nacionales de investigación en acuicultura. Memorias de la IV Reunión. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Instituto Nacional de la Pesca. Distrito Federal, México. 265-267 pp.
- Márquez C.G. 2009. Restauración de la capacidad de producción de pejelagarto en Comalcalco, Tabasco. Informe técnico MEX/SGP/OP4/RAF/07/03 Programa de Pequeñas Donaciones/FMAM/PNUD – Yokochan Ibam A. C. 15 pp.
- Márquez C.G. 2011. Producción por acuicultura sustentable de pejelagarto en Comalcalco, Tabasco. Informe técnico MEX/SGP/OP4/Y3/RAF/2009/22 Programa de Pequeñas Donaciones/FMAM/PNUD – Otot Ibam SPR de RL de CV. Comalcalco, Tabasco. México. 35 pp.
- Márquez C.G., Vázquez C.J., Olive I.C., Olive O., Álvarez C.A. 2010. Strategies for the comercial pilot scale culture of tropical gar (*Atractosteus tropicus*). In: Memories of the III International Network for Lepisosteid Fish Research and Management. Nicholls State University. Thibodaux, Louisiana. USA. 29 p.
- Uscanga-Martinez A., Velazquez-Velazquez G., Perales-García N., Rodríguez-Valencia W., Gómez-Gómez M. 2012. Cultivo del pez armado (*Atractosteus tropicus*), alternativa para Chiapas. IV Reunión de la Red Internacional para la Investigación de Lepisosteidos. Villahermosa, Tabasco. Mexico. 14 p.
- Vázquez-Navarrete C.J., Márquez-Couturier G. 2010. Characterization of the supply network of the tropical gar (*Atracosteus tropicus*) in Tabasco, Mexico. International Network for Lepisosteid Research, Nicholls State University. Thibodaux, Louisiana.



ESTADO DE ARTE DE LA BIOLOGÍA Y CULTIVO DE PEJELAGARTO (*Atractosteus tropicus*)

STATE OF THE ART OF BIOLOGY AND BREEDING OF TROPICAL GAR (*Atractosteus tropicus*)

Márquez-Couturier, G.^{1*}; Vázquez-Navarrete, C.J.²

¹Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, División Académica de Ciencias Biológicas. Carretera Villahermosa-Cárdenas Km. 0.5 S/N, Entronque a Bosques de Saloya. Villahermosa, Tabasco, México. ²Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco, Periférico Carlos A. Molina S/N Carretera Cárdenas-Huimanguillo km 3. C.P. 86500. H. Cárdenas, Tabasco, México.

Autor de correspondencia: vcesar@colpos.mx

RESUMEN

Los peces de agua dulce nativos son una fuente importante de alimento y proteína para la sociedad humana. Un estudio completo de las especies acuícolas nativas y el desarrollo de tecnologías que permitan de manera controlada una producción de estos peces de manera rentable, inocua y amigable con el ambiente son algunos de los grandes retos para la acuicultura en este milenio. Por esta razón, en este trabajo se presenta el estado de arte de la biología y cultivo del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*), estimulando así la construcción de una acuicultura tropical sustentable de especies nativas de agua dulce. El estudio consistió en una revisión exhaustiva de bases de datos de publicaciones arbitradas, publicaciones grises, e informes técnicos nacionales e internacionales de organizaciones comprometidas con esa especie, su reproducción, engorda y consumo local. Así mismo se propone un modelo de innovación tecnológica para sistematizar el conocimiento generado sobre su cultivo, lo cual permite determinar el estado actual de avances en el tema y descubrir nuevas oportunidades de investigación para cubrir vacíos de conocimiento.



Palabras clave: pejelagarto, Tabasco, acuicultura sustentable, peces nativos.

ABSTRACT

Native fresh water fish are an important source of food and protein for human society. A full study of the native aquatic species and the development of technologies that allow the controlled production of these fish in a profitable, innocuous and environment-friendly manner, are some of the big challenges for aquaculture in this millennium. Therefore, the state of the art of the biology and breeding of tropical gar (*Atractosteus tropicus*) is presented in this study, thus stimulating the construction of sustainable tropical aquaculture of native fresh water species. The study consisted of an exhaustive revision of databases from peer-reviewed publications, grey publications and national and international technical reports by organizations committed to this species, its reproduction and local consumption. Likewise, a model of technological innovation to systematize the knowledge generated regarding its breeding is proposed, which allows determining the current state of advancement of this theme, and to discover new opportunities for research to fill knowledge gaps.



Keywords: tropical gar, Tabasco, sustainable aquaculture, native fish.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con FAO (2014), los peces de agua dulce contribuyen hasta un 25% con la alimentación de la sociedad humana, particularmente en países en desarrollo. El pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) es un recurso de agua dulce emblemático de la cocina del estado de Tabasco, México, sin embargo, por ser una especie silvestre, sus poblaciones han sido fuertemente impactadas por los cambios de uso de suelo debido al crecimiento demográfico, las condiciones climáticas extremas, contaminación y sobrepesca (Márquez *et al.*, 2013). En esta investigación se presenta una revisión del estado de arte de la biología y cultivo del *A. tropicus*, el cual tiene entre otros propósitos, contribuir con una síntesis de los avances científicos y tecnológicos de manera esquemática y de fácil lectura, presentar los resultados de investigación básica y aplicada que estimulen a otros investigadores en la construcción de una acuicultura tropical sustentable de especies de agua dulce, y finalmente, coadyuvar en la aportación de nuevos elementos con el fin de revalorar nuestra riqueza biológica y en consecuencia apoyar la creación de políticas públicas que contribuyan al desarrollo local en diferentes regiones con base en sus recursos naturales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo muestra un acercamiento general de la biología del *A. tropicus*, destacando nuevas aportaciones realizadas en este campo; un modelo de innovación tecnológica que contribuye en la revisión de los elementos básicos de una acuicultura tropical sustentable del *A. tropicus*; finalmente, se concluye esta revisión con la prospectiva del pejelagarto, señalando, sin ser exhaustivo, los principales temas de investigación a realizar en el futuro.

DESARROLLO

Biología

El *A. tropicus* forma parte de un grupo de peces primitivos, conocido como Lepisosteidos. De acuerdo con Wiley (1976) algunos fósiles encontrados en América, Europa e India indican su aparición en el Cretácico, hace 70 millo-

nes de años. Forma parte de la familia Lepisosteidae, la cual se divide en dos géneros y siete especies; el primero incluye a *Lepisosteus* con las especies: *L. osseus*, *L. platyrhincus*, *L. platostomus* y *L. oculatus* mientras que el segundo género incluye *Atractosteus spatula*, *A. tropicus* y *A. tristoechus*. La morfología es diferente a la gran mayoría de los peces de agua dulce, tiene un cuerpo alargado y cilíndrico, de color verde (claro) "olivo" en el dorso y con manchas negras, el vientre es de color claro y todo el cuerpo está cubierto de moco. La boca es alargada con dientes caninos fuertes y curvos hacia el interior. Las escamas tienen forma de rombo, duras y cubren todo el cuerpo. La aleta dorsal y anal está muy cerca de la aleta caudal (Márquez *et al.*, 2013). El ciclo de vida ha sido dividido en cinco etapas: (i) desove (chapaleo), (ii) embrión (iii) larvas, (iv) juveniles y (v) adultos (Cuadro 1).

Con base en la revisión la investigación de *A. tropicus* se puede agrupar en cinco vertientes. La primera cubre aspectos de genética, evolución y taxonomía, los autores proponen

Cuadro 1. Principales características de las etapas del ciclo de vida del *A. tropicus*.

Etapas	Principales características	Talla (cm)	Peso (kg)	Duración
Desove	Machos reproductores	40-60	1-2.5	6 -12 horas
	Hembras reproductoras	50-150	3-7	
Embrión	Una vez que el huevo ha sido fertilizado se desarrolla el embrión	5.5-9.5 mm	-	60-72 horas
Larva	Eclosión de la larva, se alimenta de su saco vitelino y terminan de formarse los ojos, boca, aletas, branquias, piel y pigmento negro	1.4-1.9	-	1-19 días después de eclosión (DDE)
	Fin de la etapa de larva	3-4	0.2 -0.4 g	
Juveniles	Los alevines presentan un hocico alargado, están bien definidas las aletas pectorales, la caudal, anal y dorsal, las últimas en desarrollarse son las aletas pélvicas en la región abdominal.	5-30	0.5-150 g	21-270 DDE
Adultos	Los juveniles continúan creciendo hasta alcanzar la primera talla de madurez sexual en machos	40-50	0.8-1.0	12-18 meses de edad
	Las hembras llegan a la primera madurez sexual un año después que los machos.	45-65	1.15-1.7	24-36 meses

Elaboración propia con datos de Márquez *et al.* (2013), Aguilera *et al.* (2002), Márquez *et al.* (2006), Márquez (2000), Jammet *et al.* (1997), Méndez *et al.* (2012).



descriptores que ayuden en la identificación taxonómica de la especie, sus lugares y fechas de origen, y estudian la genética, diversidad y evolución de México, Guatemala, Costa Rica y el Salvador y en todo el mundo para la familia Lepisosteidae. Un total de seis publicaciones ofrecen mayor comprensión sobre estos aspectos relevantes (Wiley, 1976; Barrientos, 2008; Katsu *et al.*, 2008; Arias *et al.*, 2009; Grande 2010; Bohn *et al.*, 2013).

Una segunda vertiente centra sus esfuerzos sobre las enfermedades y parasitismo que encara el *A. tropicus* en su hábitat natural, donde los autores identifican los parásitos que lo atacan, así como, las enfermedades potenciales que se pueden desarrollar e influir en su crecimiento y desempeño. Cuatro publicaciones abordan este interesante tema que está asociado con su consumo humano (Moravec y Salgado, 2002, 2003, Pineda *et al.*, 1995, Salgado *et al.*, 2004).

Debido a la presión que ejerce la población humana y sus actividades económicas, la tercera y cuarta vertiente buscan establecer un conocimiento más preciso sobre los mecanismos de nutrición y reproducción del pejelagarto. En el primer caso, los estudios están enfocados en establecer los requerimientos nutrimentales de las larvas y juveniles, ya que esta etapa es crítica para maximizar la mayor supervivencia; un total de tres estudios tienen relación con este importante tema (Aguilera *et al.*, 2002, 2012, Guerrero *et al.*, 2014). Así mismo, otros estudios buscan conocimiento básico sobre el ciclo reproductivo a nivel de gónadas de los machos y hembras con el fin de establecer mecanismos de maximización de la fertilidad mediante peso y talla de los ejemplares, periodos de máxima probabilidad de fertilidad y todo ello asociados a las variables ambientales de su hábitat natural (Méndez *et al.*, 2012, Jamett *et al.*, 1997).

Finalmente, otros estudios asociados buscan establecer los efectos que tiene los compuestos nematicidas sobre la tasas de supervivencia de larvas de *A. tropicus*, y como está relacionado con la diversidad acuícola de los cuerpos de agua en Costa Rica (Mena *et al.*, 2012, Saenz *et al.*, 2006).

Acuicultura tropical sustentable

En todo el mundo, la acuicultura es una actividad milenaria que cumple con diversos propósitos, pero hay dos que son centrales: (i) disminuir las presiones sobre los recursos acuícolas existentes e (ii) impulsar la economía local, regional o nacional a base del desarrollo de

sus propios recursos (FAO, 2014). Para ello es necesario pasar por un proceso de domesticación de las especies acuícolas, en algunos casos se ha realizado de manera empírica durante años o siglos, en otros casos se llevó a cabo de manera sistemática mediante el diseño de programas parciales o totales de mejoramiento genético e innovación de los procesos e insumos para obtener productos y paquetes tecnológicos factibles y económicamente viables (Teletchea y Fontaine, 2014). Como lo señalan varios autores (Woynarovich y Horváth, 1980, Lorenzen, 2012, Marquez *et al.*, 2013), el proceso de domesticación y reproducción controlada en cautiverio es un esfuerzo tripartito: (1) el gobierno que quiere impulsar programas de desarrollo local, (2) las instituciones de educación e investigación que aportan los conocimientos básicos y aplicados para alcanzar este propósito y (3) la cadena de suministro que debe construirse para hacer esta actividad rentable y sustentable.

Por esta razón en esta revisión se propone un modelo de innovación tecnológica que permita visualizar los factores de cambio y los componentes involucrados para construir una acuicultura tropical sustentable del *A. tropicus*. El modelo permite ampliar el enfoque de análisis, revisando tanto las investigaciones científicas y tecnológicas que nos ayudan a comprender los avances realizados hasta ahora; así como las experiencias y los conocimientos prácticos de algunos de los componentes clave de la cadena de suministro de esta especie. Este modelo también permite identificar los vacíos de conocimiento que abren oportunidades para nuevos enfoques, métodos y acciones de investigación básica y aplicada (Figura 1).

En este modelo se identificaron tres componentes claves que interactúan entre sí. El primero de ellos son las Unidades de Toma de Decisiones (UTD) que comprende a los productores individuales y su familia, las cooperativas, las empresas o cualquier otro tipo de organización. El segundo componente clave lo integran las unidades de innovación tecnológica (UIT) que aportan una mayor eficiencia técnica y económica a los procesos de las UTD a través de la provisión de insumos estratégicos para incrementar el desempeño de la UTD. Adicionalmente, en la medida que estos insumos son amigables con el entorno y las UTD atiendan las "buenas prácticas de producción", entonces se alcanzará la sustentabilidad en el mediano y largo plazo. Finalmente, el tercer componente clave representa al mercado, el cual imprime condiciones particulares a la demanda de los productos de AT, tales

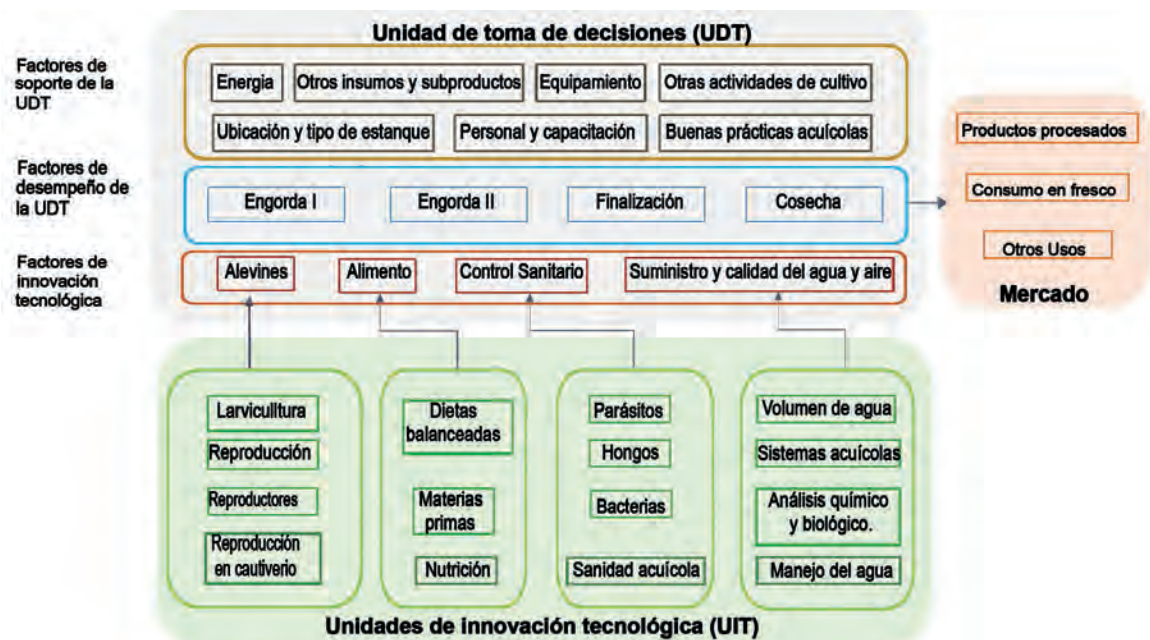


Figura 1. Modelo de innovación tecnológica para el desarrollo del *A. tropicus*.

como la presentación, el tamaño, la forma de entrega, las regulaciones que deben cumplirse, entre otras. A continuación cada uno de estos componentes clave y sus unidades estratégicas serán analizados en el marco del desarrollo de una acuicultura tropical sostenible del *A. tropicus*. La información que se presenta corresponde a las experiencias en Tabasco, México.

Unidades de toma de decisión (UTD)

Las UTD para la engorda de pejelagarto son alrededor de 16, en su mayoría son cooperativas o sociedades de producción rural. En cualquier caso, estas UTD deben hacer una óptima mezcla de factores productivos con el objetivo de maximizar el desempeño técnico y económico. Aunque algunas de ellas han surgido de la apropiación de la tecnología disponible para *A. tropicus*, un 60% ha iniciado actividades formales a través de los programas de conservación de especies nativas financiadas por el Programa de Pequeñas Donaciones (PPD) del Fon-

do para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) a través del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y también recibieron apoyo con una mezcla de recursos de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP) (Márquez, 2009, 2011; SEDAFO, 2013, SENASICA, 2013). Sin embargo, estas UTD se caracterizan por ser de carácter familiar, estar legalmente constituidas y contar con los permisos correspondientes, no tener programas de engorda de la especie, pero contar con infraestructura básica en la crianza de sus alevines (Márquez et al., 2013).

La acuicultura es una actividad con la mayor tasa de crecimiento a nivel mundial en la producción de alimentos (FAO 2014). Los factores que explican esta tendencia son el rendimiento por unidad de superficie. Para mostrar el factor de desempeño del pejelagarto, se presenta un cuadro comparativo de la productividad por unidad de superficie de varios sistemas agropecuarios y acuícolas tropicales (Cuadro 2).

Los factores de soporte representan un 35% de los costos de producción en sistemas de engorda de *A. tropicus*, y demandan entre el 60% y 80% de las inversiones de las UTD; si quieren tener certificado de buenas prácticas e inocuidad alimentaria. Por esta razón, el diseño de granja y programas de capacitación son pilares esenciales para optimizar procesos y maximizar el desempeño técnico y económico (Márquez et al., 2010). Los factores de innovación tecnológica representan el 65-85% de los costos de producción de la engorda de pejelagarto (Cuadro 3); además, los alevines, alimento, control sanitario y el suministro y calidad de agua son insumos críticos que están estrechamente relacionadas con la obtención de altos niveles de desempeño de la UTD.

Unidades de innovación tecnológica (UIT)

Las UIT son el segundo componente del modelo que ayuda a construir programas de acuicultura tropical sustentable. Las UIT han sido

Cuadro 2. Rendimiento y precio pagado al productor en diferentes sistemas de producción agropecuario y acuícola.

Especie	Sistema de producción	Rendimiento (kg m ⁻² año ⁻¹)	Precio pagado al productor (\$ kg ⁻¹)
Tilapia	Intensivo	16-25	20 -32
	Semi-intensivo	3-15	
	Extensivo	1-2	
Caña de azúcar	Tabasco	4.7-7.5	1-2
Piña	Tabasco	3-6	10-15
Ganadería (en pie)	Estabulada	3-4	41-55
	Tropical extensivo	0.4-1	25-30
Pejelagarto	Semi-intensivo	6-11	35-40
	Extensivo	3-5	

Fuente: elaboración propia a partir de SIACON (2013), Alam *et al.* (2012), Peters (2014), Márquez *et al.* (2010) y Márquez (2011).

divididas en cuatro categorías: (i) reproducción controlada en cautiverio, (ii) Nutrición, (iii) Sanidad acuícola y (iv) manejo del agua.

Reproducción controlada en cautiverio

Después de varios años de investigación, ahora se conoce gran variedad de tópicos relevantes referente a la reproducción controlada en cautiverio del *A. tropicus*, tales como las fechas de reproducción natural, el acondicionamiento previo de los reproductores antes de la inducción, requerimientos de calidad del agua, técnicas de inducción al desove con hormona (de uso acuícola y pecuario), relación de pejelagarto hembra/macho, condiciones necesarias para el desove, técnicas de cultivo en las etapas de larvicultura y alevinaje, identificación de peces no viables, entre otros (Pérez y Páramo, 1998; Márquez, 2009; Márquez, 2011). La tecnología de la cría de larvas, juveniles y engorda de adultos ha pasado de la etapa experimental a la etapa pre-comercial (Figura 2).

rios, pero que es insuficiente por tratarse especímenes silvestres o con un grado mínimo de domesticación, tal y como sucede con otros recursos acuícolas que comparten este nivel de desarrollo (Woynarovich y Horváth, 1980, Lorenzen, 2012).

Nutrición

La alimentación en la acuicultura representa entre el 35%-65% de los costos totales (FAO, 2014). Para la engorda de AT, los estudios de nutrición se han concentrado en tres líneas de acción: (i) la aceptación de dietas artificiales para las diferentes etapas de desarrollo y crecimiento del AT, (ii) identificación de los elementos nutritivos para cada etapa crítica de crecimiento y desarrollo del AT y (iii) el desarrollo de técnicas que optimicen las estrategias de alimentación de pejelagarto que incluyen desde la compra y almacenamiento de alimento, pasando por la preparación y suministro de las raciones, hasta el análisis costo-beneficio de esta importante actividad. Con estas líneas de acción, se realizaron los estudios

Cuadro 3. Insumo estratégico, variable de desempeño, parámetro técnico y participación* porcentual en la estructura de costos totales para el cultivo de *A. tropicus*.

Insumo	Variable	Parámetro técnico	Participación*
Alevines	Tasa de sobrevivencia	50-60 %	5-10 %
Alimento	Ganancia de peso diario	1.6-2.7 g d ⁻¹	45-55%
	Tasa de conversión	1.9:1 alimento/peso	
Control sanitario	Mortandad en el engorde por enfermedades y depredación de otros animales	1-5%	10-15%
Manejo del agua	Densidad de siembra en las diferentes etapas	1 m ³ kg ⁻¹	15-20%

Fuente: elaboración propia a partir de Márquez (2011) y Márquez *et al.* (2010, 2013).



sobre requerimientos nutrimentales, alimentación, densidad, actividad enzimática y estrategias de alimentación en larvas, juveniles y adultos (Aguilera *et al.*, 2002; Escobar y Márquez 2004; Márquez *et al.*, 2004; Aguilera *et al.*, 2005; Márquez *et al.*, 2006; Huerta *et al.*, 2009).

Sanidad acuícola

Los estudios sobre enfermedades y parásitos están enfocados principalmente a los ejemplares silvestres. Hay muy poca información sobre las enfermedades del pejelagarto en cautiverio, en parte esto se explica debido a las altas exigencias en las estrategias de cultivo y alimentación. Aunque todavía no se identifican las bacterias y hongos que los atacan en las etapas de larvicultura y alevinaje, ya se tienen remedios prácticos para controlarlos. El uso de Baytril® y 3 sulfas® son medicamentos de amplio espectro de uso veterinario que se utilizan para combatir bacterias gram positivas, gram negativas y hongos (Márquez *et al.*, 2013).

Manejo del agua

El suministro y calidad de agua son muy importantes en la reproducción y la engorda del *A. tropicus*. La selección de la fuente de abastecimiento (río, pozo, laguna) es de vital importancia para garantizar un suministro seguro y una calidad adecuada. Los estudios por tanto se han centrado en diferentes vertientes: densidad de peces por litro de agua, recambios de agua por día, uso de sistemas de filtrado de agua, entre otros. Este conocimiento ayuda a incrementar la eficiencia de todo el sistema, disminuyendo el volumen de agua que debe ser suministrado a una granja (Márquez *et al.*, 2013).

Figura 2. Tecnología del cultivo del *A. tropicus*.



Mercado: importancia económica y cultural del pejelagarto

El pejelagarto es un recurso acuícola aprovechado en el sureste de México y parte de Centroamérica. Los usos más comunes son como alimento, ornato y artesanías. De acuerdo con SIACON (2013), su pesca se concentra en Tabasco. Los volúmenes de captura entre 1991 y 2008 fluctuaron entre 100 y 550 toneladas por año. En 2013, un 60% de los ejemplares comercializados en los mercados públicos y pescaderías fueron de 550 g⁻¹ en promedio, 25% pesaron entre 2 y 3 kg⁻¹ y 15% entre 4 y 6 kg⁻¹ (Márquez *et al.*, 2013).

Como lo indica la FAO (2014), la cultura es un factor clave en el consumo de los peces de agua dulce. En el caso particular del estado de Tabasco, la sociedad ha desarrollado un gusto particular por el pejelagarto y su consumo incluye una gran variedad de guisos como el pejelagarto asado, tamalito, empanadas, ensalada, al chirmol, entre otros platillos (Márquez *et al.*, 2013, Vázquez-Navarrete y Márquez, 2010). Otros usos del son la elaboración de artesanías, disecando el cuerpo y aprovechando la rigidez y durabilidad de las escamas en forma de coraza. La comercialización como peces de ornato para la acuariofilia también es otro nicho de comercialización. Un potencial no desarrollado es la pesca deportiva, tal y como sucede en Estados Unidos con algunas especies del género *Lepisosteus* spp. (Quin, 2010).

CONCLUSIONES

El éxito de cualquier producción rentable y sustentable exige el mejoramiento genético de las plantas y animales (Teletchea y Fontaine, 2014). En el caso de *A. tropicus*, este proceso puede continuar, como hasta ahora, controlando la reproducción de progenitores silvestres en cautiverio, pero esta revisión concluye que la construcción de una acuicultura tropical sustentable será exitosa en la medida que se implementen programas de mejoramiento genético en el mediano y largo plazo. Debido a que la alimentación representa casi el 50% de los costos totales, esta revisión concluye que la elaboración de dietas específicas para *A. tropicus* debe ser considerada en los proyectos de investigación y de desarrollo tecnológico a escala comercial. Esto es factible en el mediano plazo debido a la existencia de abundante conocimiento teórico y práctico sobre nuevas dietas y la capacidad organizativa de la red de productores de pejelagarto que opera actualmente como Sistema Producto de Especies Nativas de Tabasco (SPENT) con reconocimiento de la

Subdelegación de Pesca de la SAGARPA, quienes podrían implementar la producción a mayor escala.

Las UTD son pieza clave en la consolidación de una cadena de suministro. La reducción de costos, la maximización de rendimientos y la corresponsabilidad ambiental podrán ser evaluadas de mejor manera con la determinación de escalas de producción de los diferentes sistemas de cultivo (mono, o policultivo). Actualmente, la información está a nivel pre-comercial y se requiere abonar con más estudios a escala piloto comercial (16-60 Mg ha⁻¹ año⁻¹). Como se indicó en la sección de biología, el *A. tropicus* tiene varias particularidades (escamas en forma de coraza, moco excesivo, aspecto amenazador, aminoácidos de gran interés nutrimental), por ello el procesamiento industrial puede ayudar a identificar nuevos nichos de mercado que estimulen su consumo. En esta revisión se da cuenta de estos aspectos y concluye que existe un potencial no desarrollado en este sentido. La participación de la ciencia de los alimentos con las UTD y las UIT será de vital importancia para alcanzar nuevos nichos de mercado.

LITERATURA CITADA

- Aguilera C., Mendoza R., Iracheta I., Marquez G. 2012. Digestive enzymatic activity on Tropical gar (*Atractosteus tropicus*) larvae fed different diets. *Fish Physiology and Biochemistry* 38, 679-691.
- Aguilera C., Mendoza R., Rodriguez G., Marquez G., 2002. Morphological description of alligator gar and tropical gar larvae, with an emphasis on growth indicators. *Transactions of the American Fisheries Society* 131, 899-909.
- Aguilera L. R. Mendoza, G. Márquez., Iracheta I. 2005. Alligator gar *Atractosteus spatula* larval development and early conditioning to artificial diets. *In: Memories of Aquaculture America 2005*. New Orleans, Louisiana, USA. pp 6.
- Alam M.F., Khan M.A., Huq A.S.M.A. 2012. Technical efficiency in tilapia farming of Bangladesh: a stochastic frontier production approach. *Aquaculture International* 20, 619-634.
- Arias-Rodriguez L., Paramo-Delgadillo S., Contreras-Sanchez W.M., Alvarez-Gonzalez C.A. 2009. Karyotype of the tropical gar *Atractosteus tropicus* Lepisosteiformes: Lepisosteidae) and chromosomal variation in their larval and adults. *Revista De Biología Tropical* 57, 529-539.
- Barrientos-Villalobos J., Espinosa de los Monteros A. 2008. Genetic variation and recent population history of the tropical gar *Atractosteus tropicus* Gill (Pisces: Lepisosteidae). *Journal of Fish Biology* 73, 1919-1936.
- Bohn S., Barraza E., McMahan C., Matamoros W., Kreiser B., 2013. Cross amplification of microsatellite loci developed for *Atractosteus spatula* in *Atractosteus tropicus*. *Revista Mexicana De Biodiversidad* 84, 1349-1351.
- Escobar C.L. Márquez G. 2004. Evaluación de la biomasa de Artemia congelada en primera alimentación de larvas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. IX Congreso Nacional de Zoología, Villahermosa, Tabasco. México. 149 p.
- FAO. 2014. The estate of world fisheries and aquaculture 2014. Rome. p. 223.

- Grande L. 2010. An empirical synthetic pattern study of gars (Lepisosteiformes) and closely related species, based mostly on skeletal anatomy. The resurrection of Holosteii. *Copeia*, 1-863.
- Guerrero-Zarate R., Alvarez-Gonzalez C.A., Olvera-Novoa M.A., Perales-Garcia N., Frias-Quintana C.A., Martinez-Garcia R., Contreras-Sanchez W.M., 2014. Partial characterization of digestive proteases in tropical gar *Atractosteus tropicus* juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry* 40, 1021-1029.
- Huerta-Ortiz M., Alvarez C.A., Márquez G., Contreras W., Civera R., Goytortua E. 2009. Sustitución total de aceite de pescado con aceite vegetal en larvas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. KUXULKAB'. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México. Vol. XV (28): 51-58 pp.
- Jamett M.M., Pena J.C., Galeano G. 1997. Reproduction and diet of *Atractosteus tropicus* (Pisces: Lepisosteidae) at Refugio Nacional de Vida Silvestre, Cano Negro, Costa Rica. *Revista De Biología Tropical* 45, 861-866.
- Katsu Y., Kohno S., Hyodo S., Ijiri S., Adachi S., Hara A., Guillet L.J., Jr. Iguchi T. 2008. Molecular Cloning, Characterization, and Evolutionary Analysis of Estrogen Receptors from Phylogenetically Ancient Fish. *Endocrinology* 149, 6300-6310.
- Lorenzen K., Beveridge M.C.M., Mangel M. 2012. Cultured fish: integrative biology and management of domestication and interactions with wild fish. *Biological Reviews* 87, 639-660.
- Márquez-Couturier G., Vazquez-Navarrete C.J., Contreras-Sanchez W.M., Alvarez Gonzalez C.A. 2013. Acuicultura Tropical Sustentable: Una estrategia para la producción y conservación del pejelagarto (*Atractosteus tropicus*) en Tabasco, México. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Villahermosa, Tabasco.
- Márquez G., Álvarez C., Contreras W., Hernández U., Hernández A., Mendoza R., Aguilera C., García T., Civera R., Goytortua E. 2006. Avances en la alimentación y nutrición del pejelagarto *Atractosteus tropicus*. En: VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuicola, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México. 446-523 pp.
- Márquez C.G. 2000. Biología y tecnología para el cultivo del pejelagarto *Atractosteus tropicus* en el sureste de México. In: P. Alvarez, M. Guzman, S. Contreras y A. Silva (Editores). Redes nacionales de investigación en acuicultura. Memorias de la IV Reunión. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP). Instituto Nacional de la Pesca. Distrito Federal, México. 265-267 pp.
- Márquez C.G. 2009. Restauración de la capacidad de producción de pejelagarto en Comalcalco, Tabasco. Informe técnico MEX/SGP/OP4/RAF/07/03 Programa de Pequeñas Donaciones/FMAM/PNUD – Yokochan Ibam A. C. 15 pp.
- Márquez C.G. 2011. Producción por acuicultura sustentable de pejelagarto en Comalcalco, Tabasco. Informe técnico MEX/SGP/OP4/Y3/RAF/2009/22 Programa de Pequeñas Donaciones/FMAM/PNUD – Otot Ibam SPR de RL de CV. Comalcalco, Tabasco. México. 35 pp.
- Márquez C.G., Vázquez C.J., Olive I.C., Olive O. Álvarez C.A. 2010. Strategies for the comercial pilot scale culture of tropical gar (*Atractosteus tropicus*). In: Memories of the III International Network for Lepisosteid Fish Research and Management. Nicholls State University. Thibodaux, Louisiana. USA. 29 p.
- Márquez C.G., García T., Contreras W., Álvarez C.A. 2004. Efecto del alimento comercial sobre el crecimiento y la supervivencia de prejuveniles de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. En: Memorias del XI Congreso Latinoamericano de Acuicultura (ALA) México 2004. Villahermosa, Tabasco, México. 43 pp.
- Mena-Torres F., Pfennig S., Arias-Andres M.d.J., Marquez-Couturier G., Sevilla A., Protti Q.C.M. 2012. Acute toxicity and cholinesterase inhibition of the nematocidal ethoprophos in larvae of gar *Atractosteus tropicus* (Semionotiformes: Lepisosteidae). *Revista De Biología Tropical* 60, 361-368.
- Mendez-Marin O., Hernandez Franyutti A.A., Alvarez-Gonzalez A.C., Contreras-Sanchez M.W., Uribe Aranzabal M.C. 2012. Histology of reproductive cycle of tropical gar *Atractosteus tropicus* females (Lepisosteiformes: Lepisosteidae) in Tabasco, Mexico. *Revista De Biología Tropical* 60, 1857-1871.
- Moravec F., Salgado-Maldonado G. 2002. Redescription of *Perezitrema bychowkyi* (Caballero & Caballero, 1975) (Trematoda: Macroderoididae), with remarks on the systematic status of *Perezitrema Barus* & Moravec, 1996. *Systematic Parasitology* 53, 199-206.
- Moravec F., Salgado-Maldonado G. 2003. *Cystoopsis attractostei* n. sp (Nematoda: Cystoospiidae) from the subcutaneous tissue of the tropical gar, *Atractosteus tropicus* (Pisces), in Mexico. *Journal of Parasitology* 89, 137-140.
- Pérez E., Páramo S. 1998. Estudio Histológico de las gónadas de pejelagarto *Atractosteus tropicus*. *Universidad y Ciencia*. 14(27): 69-82 pp.
- Peters C.J., Picardy J.A., Darrouzet-Nardi A., Griffin T.S. 2014. Feed conversions, ration compositions, and land use efficiencies of major livestock products in US agricultural systems. *Agricultural Systems* 130, 35-43.
- Pineda R., Paramo S., Delrio R. 1995. A new species of the genus *Argulus* (Crustacea, Branchiura) parasitic on *Atractosteus-tropicus* (Pisces, Lepisosteidae) from Tabasco, Mexico. *Systematic Parasitology* 30, 199-206.
- Quinn J.W. 2010. A Survey of Bowfishing Tournaments in Arkansas. *North American Journal of Fisheries Management* 30, 1376-1384.
- Saenz-Sanchez I., Protti-Quesada M., Cabrera-Pena J. 2006. Species richness and diversity of a fish community in a temporal water body at Cano Negro National Wildlife Refuge, Costa Rica. *Revista De Biología Tropical* 54, 639-645.
- Salgado-Maldonado G., Moravec F., Cabanas-Carranza G., Aguilar-Aguilar R., Sanchez-Nava P., Baez-Vale R., Scholz T. 2004. Helminth parasites of the tropical gar, *Atractosteus tropicus* Gill, from Tabasco, Mexico. *Journal of Parasitology* 90, 260-265.
- SEDAFOP. 2013 Programa sectorial de desarrollo agropecuario, forestal y pesquero 2013-2018. Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Forestal y Pesca (SEDAFOP)-COPLADET- Gobierno del Estado de Tabasco. 104p.
- SENASICA. 2013. Evaluación de Resultados del Programa de Prevención y Manejo de Riesgos. Componente Sanidades 2013. Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Alimentaria (SENASICA)-SAGARPA-SEDAFOP. 43p.
- SIACON. 2013. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). SAGARPA, Mexico.
- Teletchea F., Fontaine P. 2014. Levels of domestication in fish: implications for the sustainable future of aquaculture. *Fish and Fisheries* 15, 181-195.
- Vázquez-Navarrete C.J., Márquez-Couturier G. 2010. Characterization of the supply network of the tropical gar (*Atractosteus tropicus*) in Tabasco, Mexico. International Network for Lepisosteid Research, Nicholls State University. Thibodaux, Louisiana.
- Wiley E.O. 1976. The phylogeny and biogeography of fossil and recent gars *Actinopterygii lepisosteidae*. University of Kansas Museum of Natural History Miscellaneous Publication, 1-111.
- Woyanovich E., Horváth L. 1980 The artificial propagation of warm water finfishes a manual for extension. *FAO Fish.Tech.Pap.*, (201):183 p.

PRODUCCIÓN DE VERMICOMPOST A BASE DE RASTROJO DE MAÍZ (*Zea mays* L.) Y ESTIÉRCOL DE BOVINO LECHERO

PRODUCTION OF VERMICOMPOST FROM MAIZE (*Zea mays* L.) STUBBLE AND MILK CATTLE MANURE

Romero-Figueroa, J.C.¹; Sánchez-Escudero, J.²; Rodríguez-Mendoza, M.N.^{1*}; Gutiérrez-Castorena, M.C.¹.

¹LPI 4. Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del paisaje. Colegio de Postgraduados, Postgrado en Edafología. *Campus* Montecillo. Montecillo, Estado de México, México. ²Colegio de Postgraduados, Postgrado en Fitosanidad. *Campus* Montecillo. Montecillo, Estado de México, México.

*Autor responsable: marinie@colpos.mx;

RESUMEN

El uso del rastrojo de maíz (*Zea mays*) y estiércol de bovino son una excelente alternativa para producir vermicompost (humus) que puede ser utilizado como biofertilizantes para los cultivos hortícolas frutales y ornamentales. Lo importante es conocer la relación C/N que tienen los materiales para calcular las proporciones de los subproductos a mezclar y obtener un material de alta calidad. El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de las relaciones Carbono Nitrógeno en las mezclas de rastrojo de maíz y estiércol en la calidad de vermicompostas.

Palabras clave: humus, composta, temperatura, nutrimentos.

ABSTRACT

The use of maize (*Zea mays*) stubble and cattle manure is an excellent alternative for the production of vermicompost (humus) that can be used as biofertilizer for fruit and ornamental horticultural crops. The important issue is to understand the C/N relationship that materials have, in order to calculate the proportions of derivatives to be mixed and to obtain a high-quality material. The aim of this study was to determine the effect of Carbon relations Mixtures of nitrogen in corn stover and manure vermicompostas quality.

Keywords: humus, compost, temperature, nutrients.



INTRODUCCIÓN

Algunos restos agrícolas se han considerado como material inutilizable y contaminantes ambientales. Dentro de estos, el rastrojo de maíz (*Zea mays*) es un subproducto que en muchas zonas se acumula y en el sector pecuario existe el gran problema del manejo inadecuado de excretas animales (Méndez *et al.*, 2009), que son consideradas como un contaminante al medio ambiente (FAO, 2002). Luévano y Velázquez (2001) reportan que los bovinos de leche producen al año 11,278.5 kg de excretas por cabeza y el uso inapropiado crea problemas; acumulación de material, olor desagradable, producción de nitratos (que son lixiviados a las aguas subterráneas) y propagación de microorganismos patógenos para el hombre (Méndez *et al.*, 2009). El rastrojo del maíz y estiércol pueden ser transformados a través del compostaje y ser una solución rentable y sencilla de llevar a cabo (Velarde *et al.*, 2004). El principal indicador para que se realice en forma eficiente es considerar la relación carbono/nitrógeno (C/N) de los materiales para hacer las mezclas, que de acuerdo con Sánchez *et al.* (2008) la relación óptima para el inicio del compostaje comprende de 25 a 35. Algunos residuos de origen vegetal como es el caso del maíz presentan valores C/N 80, y por lo tanto, requiere para su biodegradación mayor número de generaciones de microorganismos que vienen en el estiércol (McInerney y Bolger, 2000), y más tiempo para alcanzar, al final del proceso, valores C/N de 10 a 15, que es cuando el material está listo para ser usado (Atiyeh *et al.*, 2002; Domínguez y Edwards, 2010).

El proceso de compostaje se divide en cuatro fases: **mesófila**, que inicialmente ocurre durante las primeras 24-48 h, la temperatura gradualmente se eleva a 40-50 °C, los azúcares y otras sustancias fácilmente biodegradables son destruidos (Litterick *et al.*, 2004). Fase **termófila** que es cuando prevalecen temperaturas de 55-70 °C, son destruidas sustancias celulósicas menos biodegradables (Ruíz, 2011). La fase de **enfriamiento** ocurre cuando la temperatura empieza a descender (Lynch y Cherry, 1996), posteriormente, la fase de **maduración** se considera cuando la temperatura del compost se estabiliza con la del ambiente, no variando con el volteo. La lombricultura: una práctica sencilla y fácil de integrar en los sistemas agrícolas, proporciona un abono de alta calidad y rico en nutrientes. La relación C/N para el vermicompostaje deberá estar entre 20 a 25 (Sánchez *et al.*, 2008). Este material, además de ser un excelente fertilizante orgánico, contiene sustancias activas que actúan como reguladores de crecimiento para las plantas, una elevada capacidad de intercambio catiónico y alto contenido de ácidos húmicos (Hashemimajd *et al.*, 2004), además su incorporación al suelo mejora la calidad física y biológica de este. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto de las relaciones Carbono-Nitrógeno en las mezclas de rastrojo de maíz y estiércol en la calidad de vermicompostas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los materiales seleccionados fueron rastrojo de maíz y estiércol. Muestras de estos se enviaron al laboratorio de análisis de suelo y planta para determinación de materia orgánica y nitrógeno total. Con los valores obtenidos y formulas 1 y 2 se calculó C/N.

Fórmula No. 1;	Fórmula No. 2;
$\%C.O. = \frac{\%M.O.}{1.724}$	$C/N = \frac{\%C.O.}{\%N.T.}$
Dónde: %C.O. = % Carbono Orgánico. %M.O. = % Materia Orgánica. 1.734 = Factor de conversión.	Dónde: C/N = Relación Carbono Nitrógeno. %C.O. = % Carbono Orgánico. %N.T. = % Nitrógeno Total.

La paja de maíz contenía 80.54% de materia orgánica y el estiércol de bovino obtuvo 29%. El porcentaje de nitrógeno total fue muy similar en los dos materiales, y el porcentaje de carbono orgánico fue mayor en paja de maíz (46.72%), y mucho menor en el estiércol (16.82%) como se muestra en el Cuadro 1. Finalmente las relaciones carbono nitrógeno fueron 26.32 y 90.84 para estiércol de bovino y paja de maíz, respectivamente.

Se prepararon tres pilas de dos toneladas cada una para compost con diferentes relaciones C/N (45, 35 y 26). Para determinar los kilogramos que se tenían que añadir de estos dos elementos se observó que la cantidad de nitrógeno en los dos materiales era similar, pero la cantidad de carbono fue cuatro veces mayor en la paja de maíz que en el estiércol; por lo

Cuadro 1. Caracterización química de los dos materiales orgánicos utilizados para el proceso de compostaje.

Materiales Orgánicos	Materia orgánica	Nitrógeno Total	Carbono orgánico	Relación C/N
	%			
Estiércol de bovino*	29.0	0.639	16.82	26.32
Paja de maíz*	80.54	0.514	46.72	90.84

*En base a peso seco.

tanto a materiales que contienen mayor cantidad de carbono se le debe agregar más nitrógeno para poder balancear las cantidades y que se lleve a cabo la descomposición.

Para obtener la pila de C/N 45 se agregaron 670 kg de paja de maíz aportando 3.44 kg de N (670×0.00514) y 313.02 kg de C (670×0.4672), de estiércol se agregó 1,330 kg, que están aportando 8.50 kg N (1330×0.00639) y 223.71 kg C ($1,330 \times 0.1682$). La suma de los totales de carbono da 536.73 kg entre el total de N (11.94 kg) da como resultado una rel C/N 45.

Para una relación C/N 35 se tiene que agregar 320 kilogramos de paja de maíz que aportan 1.64 kg N (320×0.00514) y 149.50 kg C (320×0.4672), y 1,680 kg de estiércol que está aportando 10.74 kg N (1680×0.00639) y 282.58 kg C (1330×0.1682). Se suman los kilogramos de C de los dos materiales (432.08 kg de C) y se divide entre el total de nitrógeno (12.38 kg de N) $432.08/12.38$ obteniendo así una relación C/N 35.

En la relación C/N 26 se utilizó únicamente dos toneladas de estiércol, ya que los análisis indicaron una relación de 26.32. Los materiales orgánicos se pesaron con ayuda de una báscula, y se mezclaron; se formó una pila de 4.5 m de largo, 2 m de ancho y 1.50 m de altura; se añadieron 120 litros de agua para humedecer el material. La aireación de las pilas se realizó mediante volteos. Con un termómetro con carátula tipo vástago de 80 cm se monitoreó la temperatura, colocado a una profundidad de 70 cm, tomando como base 12 puntos alrededor de la composta, con la finalidad de registrar la fluctuación térmica de las pilas y determinar su estabilidad apropiada (Figura 2). Cuando no se tiene termómetro, se puede valorar a "tacto", abriendo un pequeño orificio e introduciendo por unos minutos una varilla o machete, o bien se puede verificar visualmente el des-

prendimiento de humo desde ese hueco en la pila de composta (Figura 3).

Después de 93 días de compostaje, la temperatura se estabilizó en las pilas a 28 °C y fue el momento en que se inició el vermicompostaje.

En el proceso de vermicompostaje se utilizaron alrededor de 25,000 lombrices de la especie *Eisenia fetida*, para tres camas, y se alimentaron con el compost. Las camas en esta etapa fueron de base de cemento y con ladrillos alrededor y una capa de plástico con dimensiones de 4.20 m de largo, 1.50 m de ancho y altura de 60 cm. En cada una de ellas se colocó una capa de 10 cm de altura de compost y se inoculó con lombrices, añadiendo agua para mantener una humedad de 70% a 80%. Cuando no se cuenta con ningún instrumento para medir la humedad del material, se realiza la prueba del "puño", que consiste en tomar un poco del material



Figura 1. A: Rastrojo de maíz (*Zea mays*). B: Estiércol de ganado bovino lechero para composteo.



Figura 2. Actividades realizadas durante el proceso de compostaje.

y hacer presión hasta observar que estén cayendo unas cuantas gotas. Las camas se cubrieron con cartones, y se monitoreó diario el consumo del compost por la lombriz, la concentración de excrementos de la lombriz en la parte superficial fue el criterio utilizado para agregar otra capa de alimento (compost), hasta completar cuatro capas (Figura 4).

Al igual que en la etapa de compostaje, se monitoreó la temperatura durante 97 días en cada una de las tres camas de vermicompostaje. La toma de las temperaturas en los dos procesos, se efectuó diariamente a las 7 a.m. Los efluentes o lixiviados que se producían durante el proceso de vermicompostaje se reincorporaban a la semana en las camas respectivas, tres



Figura 3. Liberación de humo de la composta durante la biodigestión.

semanas antes de la cosecha del vermicompost se colectaron los efluentes y se almacenaron en garrafones de 20 litros de capacidad.

Después de 97 días se cosechó la lombriz y al vermicompost obtenido se le determinó la relación C/N, pH, C.E., M.O. Nitrógeno, Fósforo, así como Cationes Solubles (K^+ , Na^+ , Ca^{++} , Mg^{++}).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación C/N 45. En la etapa de compostaje los 10 primeros días se registraron temperaturas de hasta 70 °C. A los 40 días del proceso de compostaje se presentaron temperaturas mayores a 50 °C, obteniendo en promedio 63.5 °C. De los 40 a 55 días, la temperatura bajó por las condiciones del tiempo climático, y 10 días después ocurrió un repunte de la temperatura, los volteos favorecieron este incremento (Figura 5). En el vermicompostaje primer día la temperatura fue de 20.8 °C y es hasta los 55 días cuando se incrementó a 28 °C y se mantuvo constante hasta el final. Durante 93 días se estuvo monitoreando a la lombriz con la idea de mantener siempre suficiente compost para su consumo. Al final del periodo se obtuvo un material sin olor, de color estable y tamaño de partícula pequeño listo para ser utilizado como fertilizante en cultivos de cualquier índole.

Relación C/N 35. En esta pila se registró a los 10 días la temperatura más alta de 65 °C y durante los 93 días una temperatura promedio de 47.8 °C (Figura 6). Al igual que en el compost de la relación C/N 45, durante los 35 días se registraron temperaturas mayores a 50 °C, obteniendo en promedio para este lapso de tiempo 58.1 °C. En esta pila



Figura 4. Actividades realizadas durante el proceso de vermicompostaje.

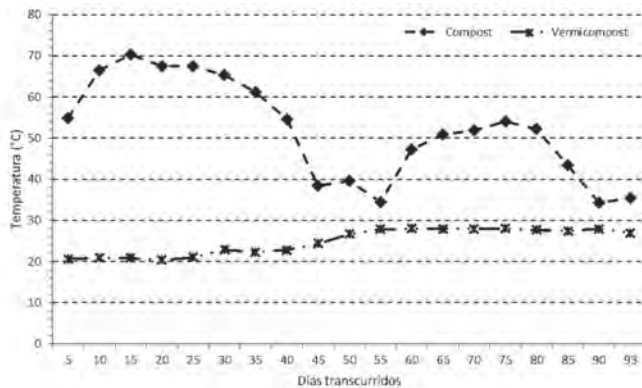


Figura 5. Temperaturas registradas durante los procesos de compostaje y lombricompostaje en la relación C/N 45 inicial.

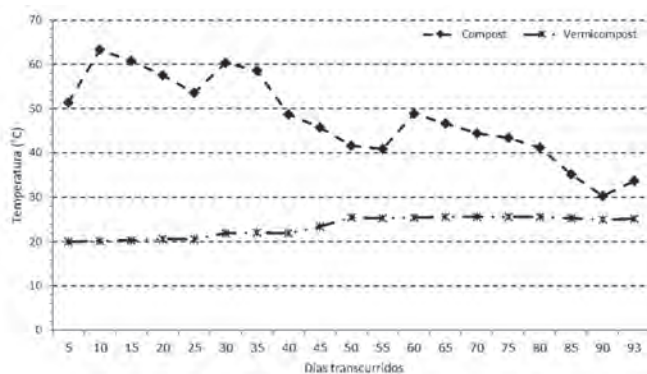


Figura 6. Temperaturas registradas durante los procesos de compostaje y lombricompostaje en la relación C/N 35 inicial.

no se presentaron las temperaturas tan altas como en la relación C/N 45. En el vermicompostaje de esta relación al igual que en las otras dos camas el consumo por parte de las lombrices se observó hasta los 38 días después de agregada la lombriz, observando que estas se encontraban en la superficie de la pila y se procedió a agregar una capa más de compost. La temperatura promedio en el vermicompostaje de esta relación fue 23.2 °C.

Relación C/N 26. En esta pila, a los cinco primeros días se registró una temperatura de 54.5 °C y fue hasta los 30 días que se alcanzó la temperatura más alta (Figura 7), este intervalo fue muy corto a diferencia de las otras dos relaciones. La temperatura promedio durante todo el proceso fue de 46.8 °C, lo cual permite destruir o eliminar organismos patógenos para el ser humano (FAO, 2002), y obtener un producto más homogéneo, libre de patógenos y semillas de malezas. En los primeros días del proceso de compostaje se presentaron con mayor intensidad olores fétidos y procesos de putrefacción por excesos de humedad. Al respecto, el compost fue aireado mediante volteos, pero no de manera sistemática ya que dependieron de la evolución de la temperatura, además no es conveniente demasiada aireación, ya que puede enfriar la pila y desecarla.

En la fase de enfriamiento y la maduración los olores presentes desaparecieron conforme la temperatura descendió y se presentó un olor a suelo húmedo ("tierra mojada"), además, se observó cómo el tamaño tanto de los materiales originales como de las compostas iban haciéndose más pequeñas, y el color a los 93 días cambió a un

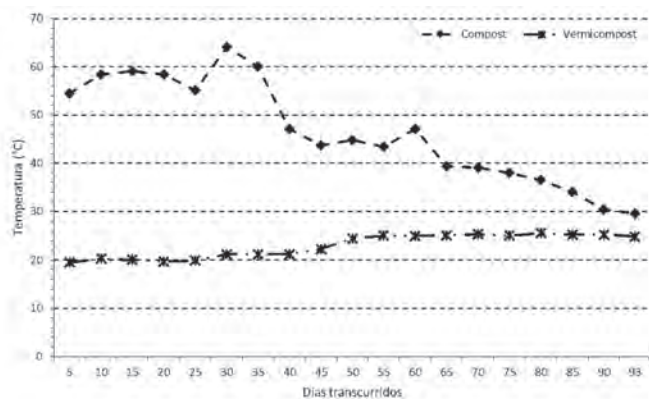


Figura 7. Temperaturas registradas durante los procesos de compostaje y lombricompostaje en la relación C/N 26 inicial.

color café oscuro y la textura fue más suave y manejable. Los sistemas para la producción de compost a la intemperie, permiten reducir costos de infraestructura, sin embargo, se corre el riesgo en los meses donde hace mucho calor y a las pilas les podrá hacer falta humedad (Ruiz, 2011). Por otro lado, también están los meses de lluvia, donde se tendrían problemas de exceso de humedad y principalmente falta de oxígeno. En el vermicompost, los organismos adultos (lombrices) consumen una ración diaria de alimento equivalente a su propio peso, de la cual 55% se traduce en abono (Ferruzi, 1994); sin embargo, tienen la peculiaridad de no ingerir alimentos que ya fueron excretados por ellas mismas. En consecuencia, siempre requieren de alimento fresco, ya que si no lo tienen salen en busca de él. Lo anterior se pudo corroborar a los ocho días después de haber incorporado la tercera capa de vermicompost (46 días después de iniciada), las lombrices



Figura 8. Presencia de lombrices (*Eisenia fétida*) en la parte superficial de la cama.

se encontraban en la superficie, por lo tanto, se incorporó el total de material del compost. Las compostas realizadas a la intemperie pueden contaminarse con objetos que no son fácilmente degradables, tales como plásticos, vidrio, piedras, etcétera; por lo tanto, al colocar a las lombrices el material deberá estar limpio de dichas impurezas.

Cosecha de humus de lombriz o vermicompost. Se efectuó a los 93 días después de haber incorporado la primera capa de compost, se observó cómo el material cambió de un color café oscuro (inicio) a un color negro (final) y el olor fue semejante al del suelo de un bosque. En estas condiciones se observó la presencia de las lombrices en la parte superficial (Figura 8), lo que indica la necesidad de otra capa de alimento.

La recolección de material ya procesado por las lombrices se efectuó colocando en uno de los extremos de la cama una capa de estiércol con el propósito de atraer a las lombrices para que ahí se concentraran, y así, facilitar la cosecha del material. Una vez cosechado el humus se procedió a realizar el análisis químico y se registró que los materiales que al inicio del proceso de compostaje tenían C/N 45, 35 y 26, habían quedado con C/N 21, 27 y 13 respectivamente. Zmora-Nahum *et al.* (2005) mencionan que la disminución del carbono orgánico es representativo del proceso de compostaje y que la disminución del carbono orgánico beneficia el incremento de la concentración de nitrógeno con respecto a otras acciones. El vermicompost con C/N 13 registró un pH de 8.8, mientras en los otros dos vermicompost fue de 8.6 (Cuadro 2); al respecto, Lee *et al.* (2002) mencionan que el pH es un indicador del grado de humificación de la materia orgánica y por lo tanto de su madurez. El mayor porcentaje de materia orgánica se presentó en el vermicompost C/N 21 (17.6%), mientras que en los otros vermicompost fue de 27 y 13, registrando disminución del 10.8 y 18.2% respectivamente. El mayor contenido de nitrógeno y fósforo se registró en el vermicompost C/N 13 (0.625% y 988 mg kg⁻¹). El nitrógeno y el fósforo se encuentran en los estiércoles como material orgánico y requiere de una mineralización previa que puede durar semanas hasta meses para estar disponible a las plantas (Bayon y Binet, 2006; Castro *et al.*, 2009).

Finalmente, en los cationes solubles la relación C/N 13 presentó los valores más altos de los iones. Domínguez *et al.* (2010) mencionan que la inoculación de las

Cuadro 2. Análisis químico de los vermicompost generado a partir de la relación C/N inicial.

Inicial C/N	V C/N*	pH	M. O.	N	P ppm	Cationes Solubles (ppm)			
			%			K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺
45	21	8.6	17.6	0.482	740.91	105.64	47.17	97.23	13.06
35	27	8.6	15.7	0.339	886.69	114.61	47.71	89.15	12.58
26	13	8.8	14.4	0.625	988.74	132.55	51.50	104.03	24.86

V C/N*=vermicompost de relación C/N final, generada a partir de C/N inicial; M.O.=Materia Orgánica; N=Nitrógeno; P=Fósforo; K⁺=Potasio; Na⁺=Sodio; Ca⁺⁺=Calcio; Mg⁺⁺=Magnesio.

lombrices a materiales orgánicos favorece el incremento en la concentración de minerales (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺ y K⁺), además en la disminución en el contenido de la materia orgánica, y la transformación de N-orgánico a N-mineral, facilitando así su asimilación por las plantas. El vermicompost por sus características físicas, químicas y biológicas, se ha utilizado como fertilizante orgánico, teniendo un potencial comercial muy grande en la industria hortícola como medio de crecimiento para los almácigos y las plantas (Figura 9). Sánchez *et al.* (2006) mencionan, que la calidad de los estiércoles son muy heterogéneos debido a la influencia del grado en el que se colecta el material, tipo del ganado del que provienen, así como, de la alimentación que se les da a los animales y las mezclas de las deyecciones del animal.

La calidad del producto final del vermicompost va a depender en gran medida de los factores de manejo pecuario, agrícola, ambiental y la tecnología empleada para la elaboración del humus de lombriz.

CONCLUSIONES

Existen diferencias en la temperatura máxima presentada en el proceso del compostaje en función de la relación C/N. La relación C/N inicial en el proceso de compostaje y vermicompostaje influye en la velocidad de degradación y mineralización de la materia orgánica y disponibilidad nutrimental. El vermicompost con relación C/N 13 presentó los valores más altos de concentración nutrimental, siendo esta una buena opción para utilizarla en la producción de cultivos hortícolas y ornamentales.

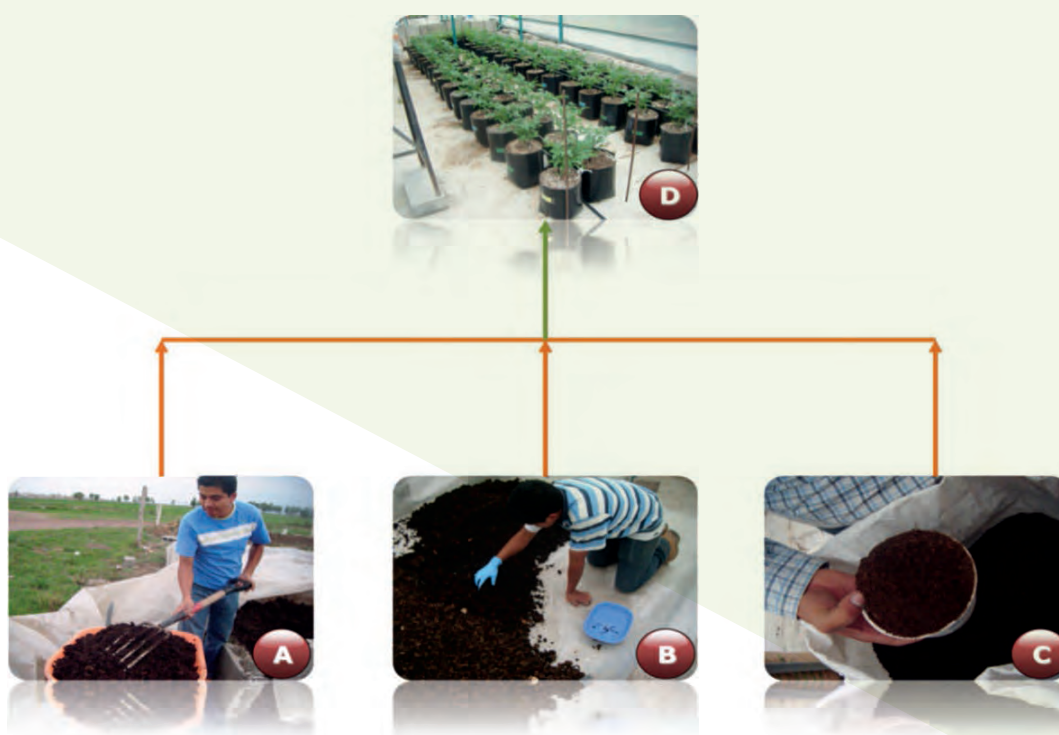


Figura 9. A) Cosecha del humus de lombriz. B) Secado del humus a la sombra. C) Embolsado del vermicompost. D) Vermicompost listo para la producción de plantas.

LITERATURA CITADA

- Atiyeh R. M., Lee S., Edwards C.A., Arancon N.Q., Metzger J.D. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology* 84: 7-14.
- Castro A., Henríquez C., Bertsch F. 2009. Capacidad de suministro de N, P y K de cuatro abonos orgánicos. *Agronomía Costarricense* 33 (1): 31-43.
- Domínguez J., Edwards C.A. 2010. Relationships between composting and vermicomposting. *In: Edwars C. A., N. Q. Arancon and R. Sherman (Eds.). Vermiculture Technology Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management. USA. pp. 12-13.*
- FAO. 2002. Integración por zonas de la ganadería y de la agricultura especializada (AWI): opciones para el manejo de efluentes de granjas porcícolas de la zona centro de México. pp. 253.
- Ferruzi C. 1994. *Manual de Lombricultura*. Traducción de C. Buxade. Editorial mundi-prensa. Madrid, España. 138 p.
- Hashemimajd K., Kalbasi M., Golchin A., Shariatmadari H. 2004. Comparison of vermicompost and compost as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123.
- Le Bayon R. C., Binet F. 2006. Earthworms change the distribution and availability of phosphorous in organic substrates. *Soil Biology & Biochemistry* 38: 235-246.
- Lee B.I., Kim J.P., Chang W.K. 2002. Evaluation of stability of compost prepared with Korean food wastes. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 1-8.
- Litterick A.M., Harrier L., Wallace P., Watson C.A., Wood M. 2004. The role of uncomposted materials, composts, manures and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production – a review. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23: 453-479.
- Lynch N.J., Cherry R. S. 1996. Winter composting using the passively aerated windrow system. *Compost Science and Utilization* 4 (3): 44-52.
- Luévano G.A., Velázquez N.E.G. 2001. Ejemplo singular en los agronegocios estiércol vacuno: de problema ambiental a excelentes recurso 5: 306-318.
- McInerney M., Bolger T. 2000. Decomposition of *Quercus petraea* litter: influence of burial, comminution and earthworms. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1989-2000.
- Méndez N.R., Castillo B.E., Vázquez B.E., Briceño P.O., Coronado P.V., Canul P.R., Garrido V.P. 2009. Estimación del potencial contaminante de las granjas porcinas y avícolas del estado de Yucatán. *Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY*. pp: 13-21.
- Ruiz F.J.F. 2011. *Ingeniería del compostaje*. Primera reimpresión. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México.
- Sánchez H.R., Ordaz Ch.V.M., Palma L D.J., Sánchez B.J. 2006. El vermicompostaje: elemento útil en la agricultura sustentable. Primera Edición. Fundación Produce Tabasco A. C. Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. pp: 3-24.
- Sánchez E.J., Rodríguez M.M.N., Sánchez R.C.V., Fernández L.F. 2008. *Abonos orgánicos*. Ediciones Papiro Omega. México, D. F. 139 p.
- Velarde S.E., de León O.M.E., Cuéllar A.I.A., Villegas D.R. 2004. *Producción y aplicación de compost*. Primera Edición. Producciones gráficas del Minrex. La Habana, Cuba. pp: 13-23.
- Zmora-Nahum S., Markovitch O., Tarchitzky J., Chena Y. 2005. Dissolved organic carbon (DOC) as a parameter of compost maturity. *Soil Biology and Biochemistry* 37: 2109-2116.



LA ACUAPONÍA: ALTERNATIVA SUSTENTABLE Y POTENCIAL PARA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS EN MÉXICO

AQUAPONICS: SUSTAINABLE AND POTENTIAL ALTERNATIVE FOR FOOD PRODUCTION IN MEXICO

**Gómez-Merino, F.C.¹; Ortega-López, N.E.¹; Trejo-Téllez, L.I.^{2*}; Sánchez-Páez, R.¹;
Salazar-Marcial, E.¹; Salazar-Ortiz, J.¹**

¹Colegio de Postgraduados *Campus Córdoba*. Carretera Córdoba-Veracruz km. 348, Congregación Manuel León, Amatlán de los Reyes, Veracruz. C. P. 94946. México. ²Colegio de Postgraduados *Campus Montecillo*. Carretera México-Texcoco Km 36. 5, Montecillo, Texcoco, Estado de México. C.P. 56230. México.

***Autor para correspondencia:** tlibia@colpos.mx

RESUMEN

La acuaponía consiste en la integración de dos métodos de cultivos: la acuicultura, que involucra el cultivo de animales acuáticos, y la hidroponía, para la producción de cultivos vegetales con base en soluciones nutritivas. En este sistema ambos cultivos se benefician con base en principios de reciclaje de agua y aprovechamiento de nutrientes, ya que éstos últimos son excretados por animales acuáticos y aprovechados por las plantas cultivadas en sistemas hidropónicos. El aprovechamiento adicional que hacen las plantas de los desechos acuícolas constituye una ventaja sobresaliente de la acuaponía, pues reduce la contaminación y aumenta la eficiencia del agua, además de reducir el impacto ambiental. La acuaponía permite reducir los costos de producción al hacer un aprovechamiento más eficiente de los recursos, se puede establecer a diferentes escalas de producción, incrementa la rentabilidad económica y diversifica el origen de ingresos financieros. Debido a que México muestra alto potencial para el desarrollo de esta actividad, en esta revisión se analizan las principales oportunidades y desafíos para la producción agroalimentaria a partir de la acuaponía, con una breve descripción sobre los sectores pesquero y acuícola en los contextos nacional e internacional.

Palabras clave: Acuicultura, hidroponía, sistemas de cultivo, sistema de recirculación de agua.

ABSTRACT

Aquaponics consists in the integration of two methods of cultivation: aquaculture, which involves breeding aquatic animals, and hydroponics, for the production of vegetable crops from nutritive solutions. In this system, both products are benefitted from principles of water recycling and use of nutrients, since the latter are excreted by aquatic animals and taken advantage of by the plants cultivated in the hydroponic systems. The additional use that plants make of aquatic wastes constitute an outstanding advantage of aquaponics, since this process reduces pollution and increases water efficiency, in addition to reducing the environmental impact. Aquaponics allows reducing production costs by making a more efficient use of resources; it can be established at different scales of production, it increases economic profitability and diversifies the origin of financial income. Because Mexico shows high potential for the development of this activity, this review analyzes the main opportunities and challenges for food and agriculture production from aquaponics, with a brief description of the fishing and aquatic sectors within national and international contexts.

Keywords: Aquaculture, hydroponics, cultivation systems, water re-circulation system.

INTRODUCCIÓN

La producción pesquera mundial se ha incrementado de forma constante en las últimas cinco décadas y el suministro de peces comestibles ha aumentado a una tasa media anual del 3.2%, superando así la tasa de crecimiento de la población mundial del 1.6% (FAO, 2014) (Figura 1).

El consumo per cápita mundial de pescado aumentó de un promedio de 9.9 kg en el decenio de 1960 a 19.2 kg en 2012 (FAO, 2014) (Cuadro 1). Este incremento notable se ha debido a una combinación de crecimiento demográfico, aumento de los ingresos, urbanización, y se ha visto propiciado por la fuerte expansión de la producción pesquera y mayor eficacia de los canales de distribución (FAO, 2014).

Para el caso de México, esta tendencia pesquera y acuícola representa una oportunidad importante de desarrollo, pues el país cuenta con 11,592 km de

litoral (73% corresponde al Océano Pacífico y 27% al Golfo de México y mar Caribe), con casi 3 millones de km² de zona económica exclusiva, incluyendo 358 mil km² de plataforma continental (Figura 2) (CONAGUA, 2011; INAPESCA, 2013).

Los ríos y arroyos del país constituyen una red hidrográfica de 633 mil kilómetros de longitud, en la que destacan cincuenta ríos principales por los que fluye el 87% del escurrimiento superficial del país y cuyas cuencas cubren el 65% de la superficie territorial continental de la nación. Por la superficie que abarcan, destacan las cuencas de los ríos Bravo y Balsas, mientras que por su longitud, son los ríos Bravo y Grijalva-Usumacinta los más sobresalientes. Los ríos Lerma, Nazas y Aguanaval pertenecen a la vertiente interior. En total, el país cuenta con 2.9 millones de hectáreas de aguas interiores (Figura 3) (CONAGUA, 2011; INAPESCA, 2013).

Estas características permiten gran diversidad productiva, ya que incluye cientos de especies de peces, crustáceos, moluscos, equinodermos y algas, con potencial acuícola, tanto para el consumo humano directo, como para la producción de organismos de ornato y la generación de insumos para diversas industrias, incluyendo de energética y farmacéutica. La pesca y la acuicultura son asuntos de seguridad nacional y parte esencial del quehacer económico y social del país. La acuicultura participa en la producción pesquera de México con poco más de 15.8% de la producción nacional. En los últimos doce años, las capturas se han mantenido en un promedio anual de 1.34 millones de toneladas y la acuicultura en un promedio de 239.17 mil toneladas, con una tasa

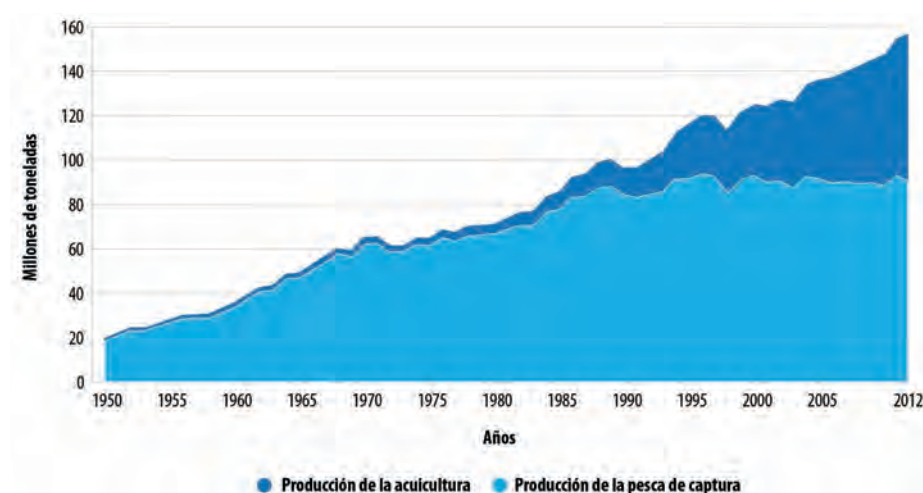


Figura 1. Producción mundial de la pesca y acuicultura de 1950 a 2012 (FAO, 2014).

Cuadro 1. Producción y utilización de la pesca y la acuicultura en el mundo en el periodo 2008-2012 (FAO, 2014).					
Indicador	2008	2009	2010	2011	2012
Producción pesquera	millones de toneladas				
Continental	10.3	10.5	11.3	11.1	11.6
Marítima	79.9	79.6	77.8	82.6	79.7
Total	90.1	90.1	89.1	93.7	91.3
Producción acuícola	millones de toneladas				
Continental	32.4	34.3	36.8	38.7	41.9
Marítima	20.5	21.4	22.3	23.3	24.7
Total acuícola	52.9	55.7	59.0	62.0	66.5
Utilización	millones de toneladas				
Consumo humano	120.9	123.7	128.2	131.2	136.2
Usos no alimentarios	22.2	22.1	19.9	24.5	21.7
Suministro de peces comestibles <i>per cápita</i> (kg)	17.9	18.1	18.5	18.7	19.2



Figura 2. Zona económica exclusiva y plataforma continental de México, en sus vertientes del Océano Pacífico (Pacífico Noroeste, Golfo de California y Pacífico Tropical), Golfo de México y mar Caribe) (CONAGUA, 2011; INAPESCA, 2013).

Para fortalecer y consolidar la actividad pesquera y acuícola, se requiere promover la diversificación y tecnificación de la misma, orientándola a incrementar su eficiencia productiva; reducir los posibles impactos; diversificar las líneas de producción e incrementar la rentabilidad económica y social. El perfil geográfico de México genera una gran diversidad de condiciones climáticas y ecosistemas que contribuyen al desarrollo de un sector acuícola muy diversificado. El ulterior desarrollo de la acuicultura en México dependerá de la aplicación exitosa de tecnologías eficientes y de procesos de innovación, modernización y reconversión productiva (INAPESCA, 2013).

La acuaponía como sistema agroalimentario sustentable

En los sistemas de producción acuapónicos, el agua se encuentra enriquecida con desechos orgánicos producidos por los organismos acuáticos, y son aprovechados como fuente de nutrientes por las plantas. En este contexto, las raíces actúan como biofiltros, lo cual permite “limpiar” el agua para poder usarla nuevamente para los animales acuáticos, resultando en una integración de sistemas acuicola-agrícola (Muñoz-Gutiérrez, 2012) (Figura 4).

Aunque la acuicultura y la hidroponía han sido practicadas desde la antigüedad y en México hay importantes vestigios arqueológicos de ello, la combinación de los dos elementos en la acuaponía es relativamente reciente (Fox *et al.*, 2010). Los primeros reportes en este campo datan de la década de 1970, y hasta la década de 1980 estos desarrollos tuvieron limitada aplicación (Muñoz-Gutiérrez, 2012). Fue hasta mediados de la década de 1990 cuando

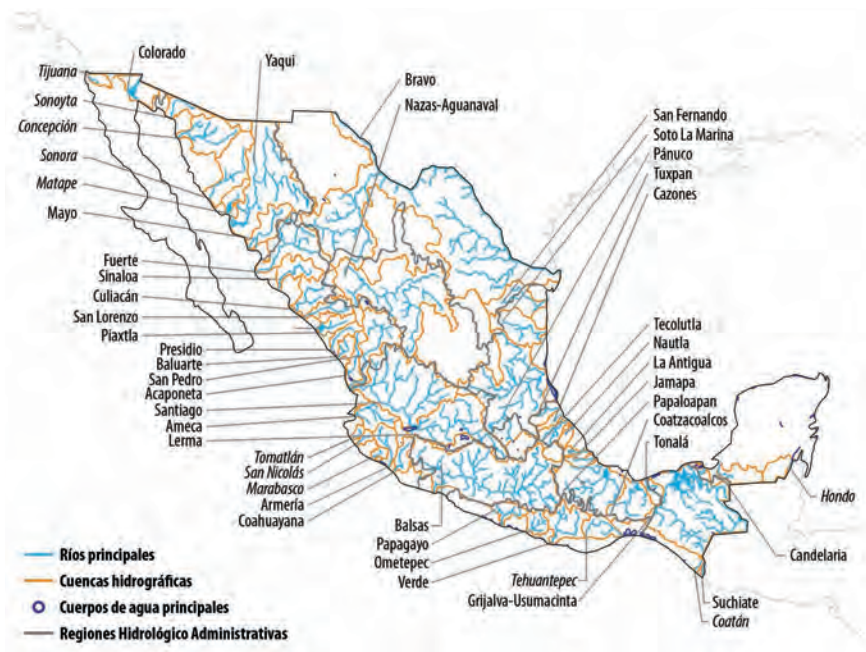


Figura 3. Principales sistemas fluviales de México, con sus cuencas hidrológicas. Los ríos con nombres en cursivas tienen escurrimiento anual medio superficial menor a 1 km³ (CONAGUA, 2011).

media de crecimiento anual de 3.3% (INAPESCA, 2013).

Sin embargo, este crecimiento acelerado del sector, ha ocasionado fuerte presión sobre los recursos agua y suelo, e incrementado el impacto ambiental (Dediu *et al.*, 2011), debido principalmente a gran canti-

dad de desechos que se descargan a las aguas usadas para la producción, y en ocasiones, la cantidad de estos elementos puede asemejarse a la usada para la producción de cultivos hidropónicos (Endut *et al.*, 2010), lo que da pie a diseñar sistemas alternativos de producción, como puede ser la acuaponía.

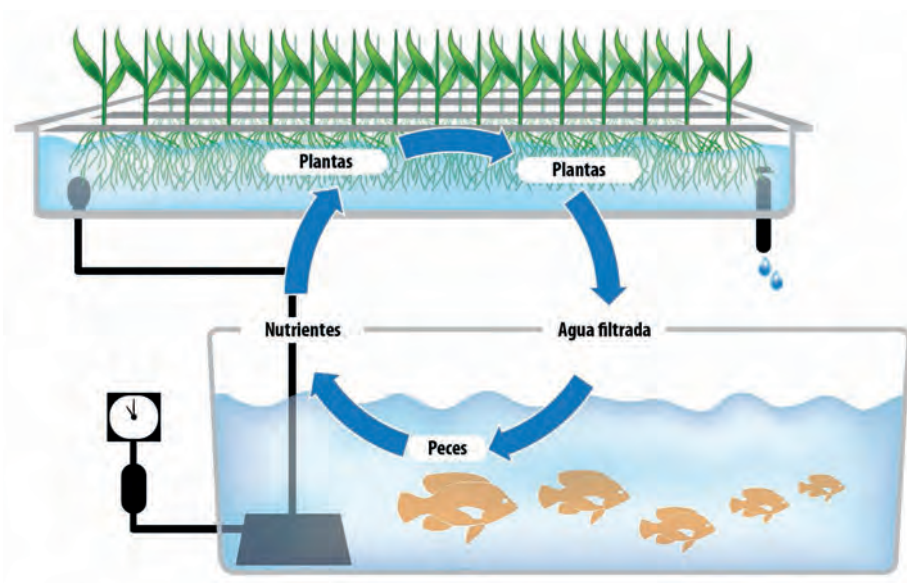


Figura 4. Arreglo típico de los componentes de un sistema acuapónico cerrado con recirculación de agua.

McMurtry *et al.* (1997) desarrollaron el primer sistema acuapónico con tilapias y tomate.

Una de las principales fortalezas de este tipo de tecnología innovadora es que puede ser adaptada a pequeña o gran escala, y a su vez, el espacio que utiliza es mínimo, lo que puede generar un importante impacto socio-económico a nivel local. Esta tecnología surge de la necesidad de solucionar problemas de suministro de alimentos de una forma más acorde con los sistemas naturales (Arroyo-Padilla, 2012), ya que no permite el uso de productos fitosanitarios de síntesis química como bactericidas, fungicidas, in-

secticidas ni herbicidas (Iturbide-Dormon, 2008; Aguilera-Morales *et al.*, 2012; Borrero *et al.*, 2013), y por tanto, los productos obtenidos tienen alto grado de inocuidad, lo que representa una de las formas de producción agrícola más sustentables y respetuosas del medio ambiente (Falcón, 2010; Borrero *et al.*, 2013).

El pez más utilizado en la acuaponía es la tilapia (*Oreochromis spp.*) ya que tiene un ciclo corto desde el nacimiento hasta su aprovechamiento (seis a nueve meses), tolera fluctuaciones drásticas en la calidad del agua y es resistente a bajos niveles de oxígeno (Iturbide-Dormon, 2008; Falcón, 2010). En cuanto a plantas, lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacea oleracea*) y albahaca (*Ocimum basilicum*) muestran bajos requerimientos nutrimentales, y pueden establecerse en sistemas acuapónicos sencillos, mientras que hortalizas como tomate

(*Solanum lycopersicum*), pimientos (*Capsicum sp.*) y pepinos (*Cucumis sativus*), requieren mayores suministros nutrimentales, por lo que los sistemas acuapónicos de producción son más complejos (Muñoz-Gutiérrez, 2012).

Situación actual y perspectivas de la acuaponía en México

Actualmente, en diversos países la acuaponía se encuentra en vías de crecimiento y experimentación, aunque cada vez son más los que se suman a su implementación debido a problemas de limitación del agua, así como, a las regulaciones por la disposición de la misma cuando se encuentra contaminada por desechos. La tecnología se ha venido mejorando y adaptando a distintas condiciones relacionadas con el clima, las especies de cultivo, regulaciones legales, costos de producción, entre otras.

En México desde hace varios años se iniciaron pruebas y emprendimientos de sistemas experimentales y granjas comerciales de acuaponía. En la Universidad Autónoma de Guadalajara, desde 2001 se realizan ensayos con sistemas tilapia y langosta australiana en combinación con pepinos, lechugas y tomate (BOFISH, 2014). En el 2004, la empresa Acuicultura del Desierto S. de P. R. de R. L. inició operaciones en Baja California, y produce tilapia y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) en combinación con hortalizas orgánicas y especies aromáticas como albahaca (Falcón, 2010). En el 2005 en el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora, se desarrolló un sistema de producción acuapónico a pequeña escala para producir tilapia, tomate, pepino europeo, lechuga y forraje verde hidropónico (BOFISH, 2014).

En el año 2006, la empresa BOFISH inicia actividades en Tlaquepaque, Jalisco, cultivando tilapia nilótica, lechuga y albahaca. Actualmente también cultivan fresa (*Fragaria* sp.), tomate cherry, betabel (*Beta vulgaris*), acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*), espinaca, brócoli (*Brassica oleracea italica*), pepino, calabaza (*Cucurbita* sp.), cebollín (*Allium schoenoprasum*), y cilantro (*Coriandrum sativum*) en sustratos como: fibra de coco, musgo o turba, perlita y tezontle (BOFISH, 2014). En 2011, el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) experimentó con éxito en un sistema de recirculación acuícola cultivando tilapia nilótica a una densidad inicial de 30.9 kg m³ y final de 50.7 kg m³, junto con un cultivo de fresa variedad Camarosa (BOFISH, 2014).

En el Instituto Tecnológico de Boca del Río en 2012, se realizó un estudio de producción hidropónica y acuapónica de albahaca y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*) (Ronzón-Ortega *et al.*, 2012). En el Colegio de Postgraduados se tienen importantes aportes en la materia, ya que en el *Campus Veracruz* se cuenta con un módulo acuapónico donde se evalúan diversas especies aromáticas y hortícolas en paralelo a la producción de tilapias (Campos-Pulido *et al.*, 2013). Además, en el *Campus Córdoba* se ha iniciado la caracterización de los sistemas acuapónicos cerrados y abiertos que se han puesto en marcha en la zona centro del estado de Veracruz.

A pesar de los esfuerzos antes descritos, no existe en México un lenguaje común que permita la comunicación entre los expertos en acuicultura y los expertos en hidroponía, que facilite hacer más eficiente el sistema acuapónico. Un esfuerzo de integración en este sentido, se encuentra bien representado dentro de la Red de Biotecnología para la Agricultura y la Alimentación (BioRed) promovida por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), donde uno de los proyectos aprobados durante 2011 fue el intitulado "Sistemas agroacuícolas ecoeficientes integrados adaptados a diferentes especies y regiones como una alternativa biotecnológica sostenible" (CONACyT, 2014). Por tanto, se requiere la formación de talentos desde el nivel universitario con profesionales que tengan dentro de su perfil conocimientos técnicos de ambas disciplinas que permita su integración. Este primer paso, permitirá consecuentemente impulsar este sector productivo a nivel nacional.

CONCLUSIONES

La acuaponía es una tecnología para la producción de nuevos y mejores alimentos, y a pesar de que se ha venido implementando desde hace varios años en diversos países, aun no es tan reconocida en México. Los cultivos obtenidos, deberían ser de mejor calidad debido a que los nutrimentos que existen en el agua de uso acuícola, son mayores a los del agua de riego. Este tipo de técnicas de cultivo tanto de peces como de hortalizas o plantas de ornato, pueden ser implementadas incluso en azoteas de las casas debido a que se adapta a espacios reducidos. En concordancia con las actuales políticas públicas, específicamente con el programa "Cruzada Nacional contra el hambre", la acuaponía representa una excelente alternativa para combatir la pobreza, el hambre y la malnutrición. Para su implementación, sería recomendable hacer los inventarios de las potencialidades de cada región, llevar a cabo estudios piloto y capacitar personal a todos los niveles. La atención a cerca de 12 millones de connacionales en situación de pobreza extrema y los más de 27 millones en situación de carencia por acceso a la alimentación, obligan a redoblar esfuerzos y encontrar estrategias inteligentes para el apoyo de estos grupos vulnerables. La acuaponía representa una de estas estrategias.

LITERATURA CITADA

- Aguilera-Morales M.E., Hernández-Sánchez F., Mendieta-Sánchez E., Herrera-Fuentes C. 2012. Producción integral sustentable de alimentos. *Ra Ximhai* 8(3): 71-74.
- Arroyo-Padilla J. 2012. Acuaponía. Tepalcates tercera época. Revista de divulgación científica y humanística para profesores y alumnos del CCH. Febrero. 1: 2-7.
- BOFISH 2014. BOFISH. [En línea] Disponible en: http://www.acuaponia.com/?page_id=1057.
- Borrero C., Martínez-Silva M., Baigorri A., Rico L. 2013. Acuapónicos: Una alternativa productiva en el hogar. *FIATMAR Revista Marina* 3(1): 4-5.
- Campos-Pulido R., Alonso-López A., Avalos-de la Cruz D. A., Asiain-Hoyos A., Reta-Mendiola J. L. 2013. Caracterización fisicoquímica de un efluente salobre de tilapia en acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5: 939-950.
- CONACyT. 2014. Biored. Red de Biotecnología para la Agricultura y la Alimentación. <http://biored-conacyt.mx/>
- CONAGUA. 2011. Estadísticas del agua en México. Edición 2011. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/SGP-1-11-EAM2011.PDF>
- Dediu L., Cristea V., Xiaoshuan Z. 2011. Evaluation of condition and technological performance of hybrid bester reared in standard and aquaponic system. *Aquaculture, Aquarium, Conservation and Legislation Bioflux* 4(4): 490-498.
- Endut A., Jusoh A., Ali N., Wan Nik W.B., Hassan A. 2010. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology* 110(5): 1511-1517.

- Falcón E. 2010. Más vida en el desierto. Revista Día Siete. Número 11 Abril de 2010, 502: 40-47.
- FAO. 2014. El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Oportunidades y desafíos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia. [En línea]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3720s.pdf>
- Fox B.D., Howerton R., Tamaru C.S. 2010. Construction of automatic bell siphons for backyard aquaponic systems. *Biotechnology* 10: 2-11.
- INAPESCA. 2013. Programa Institucional del INAPESCA 2013-2018. [En línea]. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5356331&fecha=14/08/2014
- 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 de Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala. [En línea]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0157_MT.pdf
- McMurtry M.R., Sanders D.C., Cure J.D., Hodons R.G., Haning B.C., Amand P.C. 1997. Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. *Journal of the World Aquaculture Society* 28: 420-428.
- Muñoz-Gutiérrez M.E. 2012. Sistemas de recirculación acuapónicos. *Informador Técnico*. Edición 76. Enero-diciembre 2012. pp. 123-129.
- Ronzón-Ortega M., Hernández-Vergara M.P., Pérez-Rostro C.I. 2012. Hydroponic and aquaponic production of sweet basil (*Ocimum basilicum*) and giant river prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 15: S63-S71.



LA ACUAPONÍA, DIVERSIFICACIÓN PRODUCTIVA SUSTENTABLE

AQUAPONICS: SUSTAINABLE PRODUCTIVE DIVERSIFICATION

Campos-Pulido, R.¹; Alonso-López, A.¹; Asiain-Hoyos, A.¹; Reta-Mendiola, J.L.¹; Avalos-De la Cruz, D.A.^{2*}

¹Colegio de Postgraduados, *Campus* Veracruz, Postgrado en Agroecosistemas Tropicales, Predio Tepetates, Municipio de Manlio Fabio Altamirano, Km 88.5 Carretera Federal Xalapa-Veracruz, vía Paso de Ovejas entre los poblados de Puente Julia y Paso San Juan, Veracruz, México, C.P. 91690. ²Colegio de Postgraduados, *Campus* Córdoba, Carretera Federal Córdoba-Veracruz Km 348, Congregación Manuel León, Municipio de Amatlán de los Reyes, Veracruz, México, C.P. 94946.

Autor de correspondencia: davalos@colpos.mx

RESUMEN

Se evaluó un sistema acuapónico como modelo de diversificación productiva de alimentos en un diseño experimental completamente al azar mediante las variables temperatura del agua (20-31.5 °C), pH (5.7-7.6) y oxígeno (4.0-5.3 mg L⁻¹), aplicados a perejil (*Petroselinum crispum*), chile serrano (*Capsicum annuum*) y chile de ornato (*Capsicum* sp.) con testigos en siembra tradicional con sustrato tierra-tezontle 2:1, en un periodo de 4 meses, además de tilapia blanca var. Rocky mountain (*Oreochromis niloticus*×*O. aureus*). Los resultados indicaron que el efluente derivado fue muy salino (C4). La tilapia tuvo una ganancia de peso de 206 g en 120 días y sobrevivencia de 91%. El chile serrano cultivado en acuaponía (11 cm) no mostró diferencias estadísticamente significativas en crecimiento de la planta (P>0.05), en comparación con la siembra tradicional (70 cm). El perejil no se desarrolló en acuaponía atribuido a la salinidad. El chile de ornato tuvo un desarrollo limitado con altura menor al testigo bajo siembra tradicional, concluyendo que el efluente delimita la selección de las especies a cultivar, apreciando potencial para especies tolerantes a salinidad.

Palabras clave: Efluente salino, *Capsicum annuum* L., eco tecnología, hidroponía.

ABSTRACT

An aquaponics system was evaluated as a model for diversification of food production with a completely randomized experimental design through the variables of water temperature (20-31.5 °C), pH (5.7-7.6) and oxygen (4.0-5.3 mg L⁻¹), applied to parsley (*Petroselinum crispum*), serrano pepper (*Capsicum annuum*) and ornamental pepper (*Capsicum* sp.) with controls grown in traditional cultivation with a 2:1 soil-tezontle substrate, during a 4-month period, along with white tilapia, var. Rocky Mountain (*Oreochromis niloticus*×*O. aureus*). Results indicated that the effluent derived was too salty (C4). The tilapia had a weight gain of 206 g in 120 days and a survival of 91%. Serrano pepper grown in aquaponics (11 cm) did not show statistically significant differences in terms of plant growth (P>0.05), compared to traditional cultivation (70 cm). Parsley did not develop in aquaponics due to the salinity. The ornamental pepper had a limited development with a height lower than the control grown in traditional cultivation, so the conclusion is that the effluent limits the selection of species to be cultivated, although the potential for species that tolerate salinity can be seen.

Keywords: salty effluent, *Capsicum annuum* L., ecotechnology, hydroponics.



INTRODUCCIÓN

A través del tiempo se han presentado propuestas para el desarrollo social y una de ellas ha sido la acuicultura en la cual se implementan diversas técnicas considerando hacia dónde va su producción. Esta actividad inició con la finalidad de disminuir la pobreza extrema (Álvarez *et al.*, 1999). Posteriormente, esta actividad se fue implementando con otros fines. Sin embargo, uno de los problemas mayores de la producción acuícola es el aumento de materia orgánica en los efluentes resultado de las excreciones de los peces y residuos de alimento (Pardo *et al.*, 2006), por lo que en la actualidad se ha visto el potencial que representa su aprovechamiento y así disminuir el impacto que causa al retornarlo a los ríos. Por lo anterior, se propone la acuaponía (sistema de circulación de agua) que integra la actividad acuícola y la agricultura hidropónica, con la finalidad de reutilizar el efluente y reducir de esta forma los componentes orgánicos. Además, su aprovechamiento sustentable permite obtener diversos productos de importancia cultural, socio-económica, medicinal, ambiental, ecológica y biológica. Por ejemplo algunos cultivos vegetales como lechuga (*Lactuca sativa*), espinaca (*Spinacia oleracea*), cebolla china (*Allium fistulosum*), forraje verde hidropónico, berro (*Nasturtium officinale*), brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*), cilantro (*Coriandrum sativum* L.), col (*Brassica oleracea* var. *Viridis*), zanahoria (*Daucus carota*), eneldo (*Anethum graveolens*) acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla*) y perejil (*Petroselinum crispum*) (Hughey, 2005b; Diver, 2010; BOFISH, S/F); además de plantas aromáti-

cas como albahaca (*Ocimum basilicum*), menta (*Mentha arvensis*, *M. citrata*, *M. x piperita*, *M. spicata*) y orégano (*Origanum vulgare* L.) (Ramírez *et al.*, 2008). Igualmente, se puede cultivar plantas con fruto como berenjena (*Solanum melongena*), pimiento (*Capsicum annum* var. *Annum*), pepino (*Cucumis sativus* L.), papaya (*Carica papaya* L.) (Hughey, 2005a, b), fresa (*Fragaria ananassa* var. *camarosa*) y tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) (Blancard, 1996; Diver, 2010) han tenido éxito en esta forma de cultivación y se logra contar con diferentes alimentos en el transcurso del año utilizando la misma agua, por lo que puede ser implementado en el medio rural. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar un sistema acuapónico como un modelo de diversificación productiva sustentable.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la granja "Productos acuícolas SIN-VER S.A. de C.V." San José Novillero, Boca del Río, Veracruz. A 19° 95' 38.83" latitud norte y 96° 08' 21.31" longitud oeste a 9 m sobre el nivel del mar. El sistema estuvo compuesto por: un estanque de cemento, de fondo plano, con una capacidad máxima de 40 m³; un biofiltro con una capacidad máxima de 750 L con 1000 cuentas confeccionadas con poliducto coflex® color naranja de ½"; un filtro de cartucho y un sistema de hidroponía (Figura 1).

Como referencia se utilizó la siembra tradicional donde las plántulas se trasplantaron en sustrato tierra/tezontle con una relación 2:1 en bolsas de plástico color negro con un peso de 1.5 kg las cuales se regaron con agua dulce. Además, cada tercer día se aplicó 2 g L⁻¹ de fertilizante Hakaphos® 13-40-13. Las especies vegetales evaluadas fueron: perejil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss), chile serrano (*Capsicum annum* L.) y chile de ornato (*Capsicum* sp.). Se midió la altura y el grosor del tallo de las plantas semanalmente durante cuatro meses, con cinta métrica y vernier digital respectivamente (Figura 2).

Simultáneamente se evaluaron 700 crías de tilapia blanca var. Rocky mountain (*Oreochromis niloticus* × *O. aureus*), con peso inicial promedio de 0.57 g, revertidas sexualmente 99%; alimentadas en la

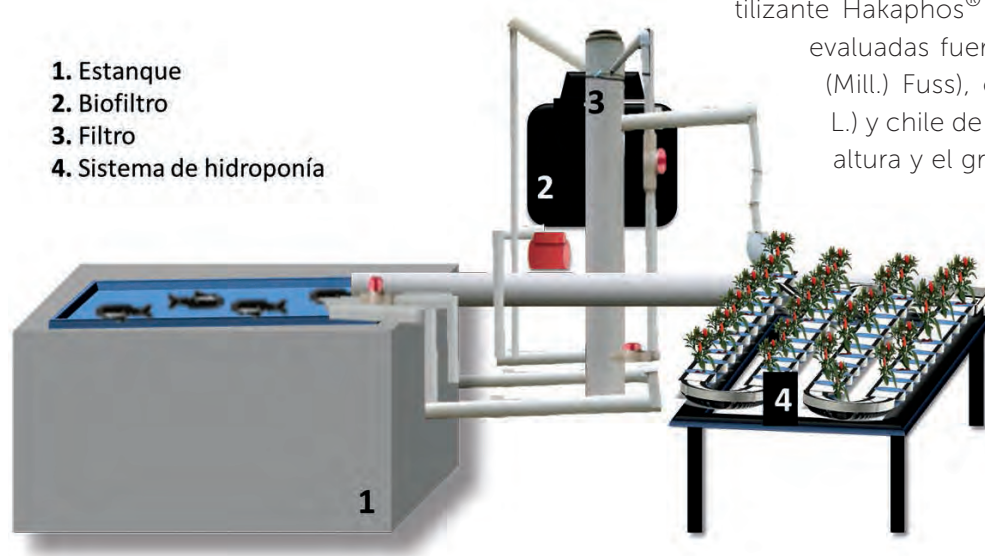


Figura 1. Sistema de acuaponía. Foto y edición por la primera autora.



Figura 2. Crecimiento de A: Perejil, B: Chile serrano y C: Chile de ornato en hidroponía.

etapa inicial y de engorda con una dieta comercial con 45% y 35% de proteína cruda, respectivamente. Cada 10 días se evaluó la ganancia de peso en una muestra de 60 peces para estimar el número total de organismos, peso promedio (g), densidad (kg m^{-3}), sobre-

vivencia (%) y factor de conversión alimenticia total. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar. Los datos se analizaron mediante estadística descriptiva, posteriormente se efectuó un análisis de varianza y una prueba de medias de Tukey ($p \leq 0.05$), mediante STATISTICA versión 7 (StatSoft, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La temperatura mínima del agua fue 20 °C mientras que la máxima 31.5 °C. El pH osciló entre 5.9 a 7.5. El oxígeno en promedio fue de 4.49 mg L^{-1} , resultado de la respiración de las tilapias, plantas, bacterias y algas que degradan la materia orgánica, dato cercano al intervalo óptimo (4 mg L^{-1}) (Zweing, 1999). Las plantas requieren valores mínimos de 8 a 9 mg L^{-1} de oxígeno para el desarrollo y crecimiento de las raíces. El efluente se clasificó en C4 de salinidad muy alta, sin embargo, es posible la adaptación de algunos cultivos y mantener una producción constante. El crecimiento del perejil en el sistema de acuaponía y método tradicional tuvo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$). En siembra tradicional se obtuvieron alturas mayores con respecto a las plantas de acuaponía, las cuales su tallo principal se necrosó (pudrió) al día 14; asimismo, sucedió en los siguientes tallos (Figura 3 A). Mientras que el crecimiento del chile serrano en el sistema de acuaponía mantuvo la misma altura por lo cual no hubo diferencias estadísticamente significativas ($P > 0.05$) en comparación con la siembra tradicional el cual tuvo mayores alturas (Figura 3 B). A diferencia del chile de ornato en el sistema de acuaponía tuvo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), con una altura máxima de 21 cm. Sin embargo, no todas se desarrollaron en condiciones de salinidad. Mientras que en siembra tradicional hubo diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$), las cuales crecieron constantemente con un mínimo de 10.5 cm y un máximo de 26 cm con un promedio de 16.16 ± 3.69 (Figura 4).

Es importante que la selección del cultivo sea de acuerdo al objetivo que se busca, tales como, para consumo humano, animal, ornato o medicinales, además de considerar si son de porte bajo o mediano, tolerantes a la salinidad y exceso de elementos tóxicos

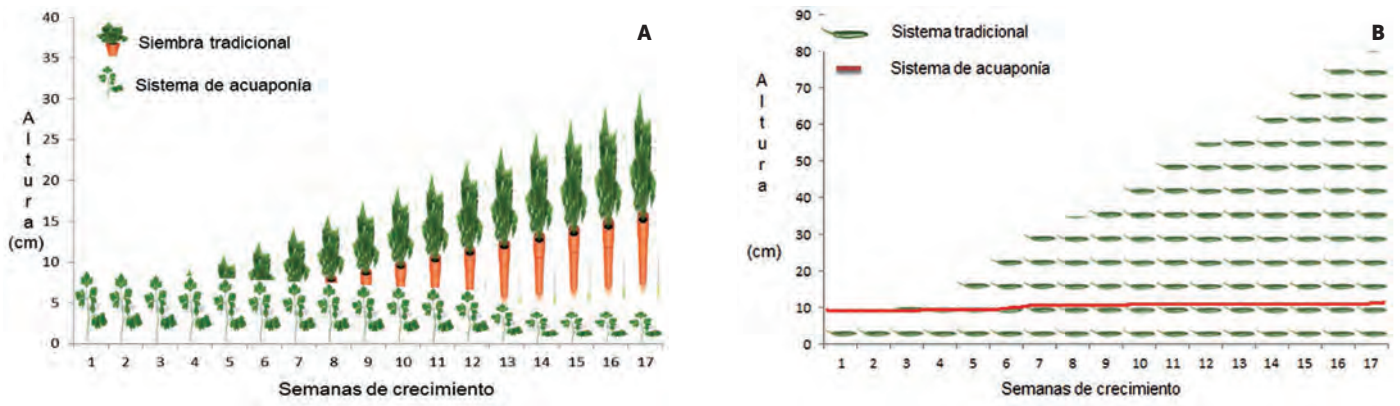


Figura 3. A: Crecimiento del perejil en acuaponía y siembra tradicional. B: Crecimiento del chile serrano en acuaponía y siembra tradicional



Figura 4. Crecimiento del chile de ornato en acuaponía (A) y siembra tradicional (ST)

tales como, sodio y cloruro. Asimismo es recomendable planificar los eventos que permitan contar con producción constante. En la acuaponía no es necesario la rotación de cultivos, y se puede diversificar tanto en vegetales como en animales, por ejemplo tilapia y camarón. La producción de tilapia en acuaponía permitió una ganancia de peso promedio de 206.01 kg del día 1 al 120, con una tasa de creci-

miento de 0.72 g mínimo y 1.9 g como máximo. El peso inicial total de las crías fue un promedio de 0.71 g y final de 206.72 g. La densidad inicial fue de 0.012 kg m⁻³ y 3.307 kg m⁻³ final. El factor de conversión alimenticia total de 1.27% y una sobrevivencia de 91.1%. Rakocy *et al.* (2004), reportaron una tasa de crecimiento de 1.7 g y una densidad total de 61.5 kg m⁻³ después de 164 días de cultivo. Asimismo, Shnel *et al.* (2002), registraron una tasa de conversión alimenticia de 2.03%, una tasa de crecimiento de 1.42 g, una densidad inicial de 10.4 kg m⁻³ y un total de 81.1 kg m⁻³, después de 331 días de cultivo.

CONCLUSIONES

En acuaponía, las especies *Petroselinum crispum* y *Capsicum annum* no se desarrollaron por la alta salinidad; mientras que, *Capsicum sp.*, tuvo un desarrollo limitado con una altura menor al testigo bajo siembra tradicional. Este estudio aportó a las empresas acuícolas alternativas para el reciclaje del efluente, lo que disminuye el impacto ambiental. También es posible contar con una explotación de tilapia en condiciones óptimas con reciclaje de agua previo uso en plantas en hidroponía, permitiendo contar con recursos adicionales al integrar la producción.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al C. Francisco Yee Rubio por prestar las instalaciones de su empresa Productos Acuícolas SINVER S. A. de C. V., al Colegio de Postgraduados y a la Línea Prioritaria de Investigación 4 Agronegocios, Agroecoturismo y Arquitectura del Paisaje del Colegio de Postgraduados, por el financiamiento económico para esta investigación y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para estudios de postgrado del primer autor.

LITERATURA CITADA

- Asiain-Hoyos A., Fernández-Díaz B., Reta-Mendiola J.L., Suárez-Santacruz C.A. 2011. Manual de acuacultura para la producción de mojarra tilapia (*Oreochromis spp*). Colegio de Postgraduados. México. 36 p.
- BOFISH. S/F. Desarrollo de acuaponía en México. Disponible en: http://acuaponia.com/informacion_tecnica_pdfs/ACUAPONIA_EN_MEXICO.pdf. Consultado el 3 de abril del 2012.
- Ramírez D., Sabogal D., Jiménez P., Hurtado H.G. 2008. La acuaponía: una alternativa orientada al desarrollo sostenible. Revista Facultad de Ciencias Básicas. Universidad Militar Nueva Granada. Vol. 4, Núm. 1. Pags 32-51.
- Hughey T. W. 2005b. Barrel-ponics. Disponible en: <http://www.aces.edu/dept/fisheries/education/documents/barrel-ponics.pdf>. Consultado el 19 de septiembre del 2010.
- Zweig R.D., Morton J.D., Stewart M.M. 1999. Source water quality for aquaculture, a guide for assessment. Environmental and social sustainable development, rural development. 74 p.
- Rakocy J.E., Shultz R.C., Bailey D.S., Thoman E.S. 2004. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. Acta Horticulturae (ISHS) 648: 63-69.
- Blancard D. 1996. Enfermedades del Tomate. Ediciones Mundi-Prensa. Francia. 212 p.
- Shnel, N., Y. Barak., T. Ezer., Z. Dafni., and J. V. Rijn. 2002. Desing and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system. Aquacultural Engineering 26: 191-203.
- Hughey T. 2005a. Aquaponics for developing countries. Aquaponics Journal. 3er trimestre. Núm. 38.
- Gilsanz C.J. 2007. Hidroponía. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. 31 p.
- Diver S. 2010. Aquaponics-Integration of Hydroponic with Aquaculture. Horticulture Systems Guide. National Center for Appropriate Technology. Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. USA. 38 pp.

