



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

CENTRO DE INVESTIGACIONES ECONÓMICAS, SOCIALES
Y TECNOLÓGICAS DE LA AGROINDUSTRIA Y LA
AGRICULTURA MUNDIAL (CIESTAAM)

**“ANÁLISIS Y PERSPECTIVAS DE LA ACUAPONIA
EN MÉXICO”**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA
AGROEMPRESARIA



PRESENTA:

ARACELI VALDES ZAMORA



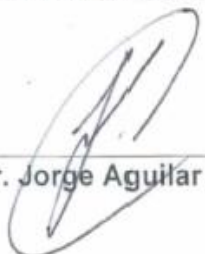
CHAPINGO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO, DICIEMBRE DE 2018

Análisis y perspectivas de la acuaponía en México

Tesis realizada por ARACELI VALDES ZAMORA, bajo la revisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN ESTRATEGIA AGROEMPRESARIAL

DIRECTOR



Dr. Jorge Aguilar Ávila

CODIRECTOR



Dr. Norman Aguilar Gallegos

ASESOR



Dr. Joel Pineda Pineda

ASESOR



M.C. Adrián Lozano Toledano

DEDICATORIAS

A mi papá Gustavo Valdés, que siempre quiso ver a sus hijas superadas profesionalmente. Te llevo en el corazón.

A mi mamá Josefina Zamora, por su apoyo incondicional y sus consejos.

A mi esposo Iram Alcántara Luna, por estar conmigo en todo momento, por su apoyo, su comprensión y su amor.

A mis hermanos Alejandra, Andrea y Uriel, por su amor incondicional ya que con ustedes siempre pasan los momentos más importantes de mi vida.

A toda mi familia materna y paterna, que forma parte de mi vida y que han aportado buenos momentos para recordar.

A los que confiaron en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Chapingo** y al **Centro de Investigaciones Económicas, Sociales y Tecnológicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial** (CIESTAAM), por brindarme la oportunidad de superarme profesionalmente.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** (CONACYT), por el apoyo económico para realizar esta investigación.

Al **Dr. Jorge Aguilar Ávila**, por brindar gran parte de su tiempo a enriquecer mi trabajo, por sus consejos y su dirección. Gracias por confiar en mí.

Al **Dr. Norman Aguilar Gallegos**, por sus consejos y aportes para mejorar este trabajo.

Al **M.C. Adrián Lozano Toledano**, por su apoyo en la revisión de este trabajo y en todo momento, por sus consejos y por acompañarme durante toda mi estancia en Chapingo.

Al **Dr. Joel Pineda Pineda**, por su tiempo en la revisión de este trabajo, por su iniciativa para realizar investigación en este tema. Estoy segura que será un investigador clave en la transferencia del sistema acuapónico a nivel nacional.

A la **Dra. María Guadalupe Arroyo Pozos**, por su apoyo y consejos para la culminación de este trabajo.

A las personas que colaboraron con información y referencias para lograr esta investigación, gracias.

DATOS BIOGRÁFICOS

Araceli Valdes Zamora nació el día 24 de abril de 1990 en Temascalcingo, Estado de México. Se graduó como Agrónomo en Horticultura Protegida en la Universidad Autónoma Chapingo, generación 2011-2015. Su trabajo de investigación se denominó "Evaluación del rendimiento de dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema acuapónico e hidropónico", aprobada por unanimidad con Mención Honorífica. Durante su estancia en la Universidad formó parte del Programa de Formación de Nuevos Investigadores (PROFONI). Tiene experiencia laboral realizando proyectos para dependencias como SAGARPA e INAES. En noviembre del 2017 participó como ponente en el 4th *INTERNACIONAL TBCC 2017* con el tema "Acuaponía, una técnica de producción para frenar el impacto de la producción intensiva" con sede en la Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Además, en abril del 2018 participó como ponente en el VI Congreso Internacional y XX Congreso Nacional de Ciencias Agronómicas con el tema "Desarrollo de la Acuaponía en México" con sede en la UACH.

. Análisis y perspectivas de la acuaponía en México

Analysis and perspective of aquaponics in Mexico

Araceli Valdes Zamora¹, Jorge Aguilar Ávila²

RESUMEN

En esta investigación se analiza la situación actual de la acuaponía como sistema de producción en México, las perspectivas y su contribución en el desarrollo rural. Se identifica las principales zonas de producción y el enfoque de las investigaciones desarrolladas, el tipo de productor de acuerdo al tamaño de la unidad de producción, el nivel de reconocimiento y colaboración entre productores e investigadores y la viabilidad técnica y financiera del sistema acuapónico. Los resultados indican que los investigadores de la zona centro (Querétaro, Estado de México y Jalisco) se enfocan en temas de nutrición y evaluaciones de rendimiento de variedades hortícolas; en el sur (Tabasco y Veracruz) hacia las pesquerías y mejoras acuícolas; y en el norte (Baja California Sur) el manejo del agua salobre y en el estrés en los cultivos y peces. Los productores se clasifican en pequeños, medianos y grandes, con unidades de producción de 9 m², 30 m² y 1,000 m², con capacidad de producción de 45, 460 y 1,000 peces por ciclo; 360, 900, y 6,000 lechugas, respectivamente. Se ubicaron interacciones de tipo academia-gobierno y academia-empresa-gobierno. Se concluye que los sistemas acuapónicos son técnicamente viables, tanto los que se ocupan de forma experimental hasta los sistemas de producción comercial; la viabilidad económica del sistema se encuentra a partir de los sistemas comerciales, ya que estos pueden insertar a los productos en mercados diferenciados. La unidad mínima rentable para que un productor pueda reinvertir y generar ganancias es de 2,500 m² para el área hortícola y 500 m² para la acuícola, con una producción anual de 17 toneladas de pescado y 40 toneladas de cultivo hortícola. Con respecto a las perspectivas del sistema de producción Acuapónico, los investigadores y productores consideran que éste les permite producir alimentos de calidad e inocuos, es amigable con el medio ambiente, incrementa los rendimientos e ingresos de las familias, mejorara la calidad de vida, puede ocuparse como una actividad recreativa, contribuye a la seguridad alimentaria y a la generación de empleos e integración rural.

Palabras clave: acuaponía, unidad mínima rentable, tipo de productor, interacción.

ABSTRACT

This research analyzes the current situation of aquaponics as a production system in Mexico, its perspectives and its contribution to rural development. It identifies the main production areas and the developed research approaches, the producer type according to the size of the production unit, the recognition and collaboration level between producers and researchers, and the technical and financial viability of the aquaponic system. The results demonstrate that researchers from the central area (Querétaro, State of Mexico and Jalisco) focus on nutrition issues and performance evaluations of horticultural varieties, from the south area (Tabasco and Veracruz) on fisheries and aquaculture improvements, and the researchers from the north area (Baja California Sur) on brackish water management and stress on crops and fish. Producers are classified as small, medium and large, with 9, 30 and 1,000 m² production units, with a production capacity of 45, 460 and 1,000 fish per cycle; and 360, 900, and 6,000 lettuces, respectively. Interactions of academia-government and academia-company-government were located. It is concluded that aquaponics systems are technically viable, both experimental production systems and commercial production systems, the economic viability of the system is based on commercial systems since these systems can insert their products in distinct markets. The minimum profitable unit for a producer to reinvest and generate profits is 2,500 m² for the horticultural area and 500 m² for the aquaculture, with an annual production of 17 tons of fish and 40 tons of crops. With regard to the perspectives of the aquaponics production system, researchers and producers consider that it is a system that allows them to produce quality and safe food, friendly to the environment, increases their income, improves the quality of life, can be occupied as a recreational activity, contributes to food security and the generation of jobs and rural integration.

Key words: Aquaponics, Minimum profitable unit, producer type, interaction

¹ Tesista

² Director

CONTENIDO

CONTENIDO	7
LISTA DE CUADROS	10
LISTA DE FIGURAS	12
ABREVIATURAS USADAS	13
1 INTRODUCCIÓN	14
1.1 Estructura de la tesis	15
1.2 Planteamiento del problema	16
2 MARCO CONCEPTUAL20	
2.1 Análisis de redes sociales.....	20
2.2 Indicadores del análisis de las redes sociales.....	21
2.2.1 Densidad.....	21
2.2.2 Centralización	22
2.2.3 Grados de entrada y salida	22
2.3 Formulación y evaluación de proyectos	22
2.3.1 Proyecto de inversión	22
2.3.2 Evaluación de proyectos	23
2.3.3 Valor Actual Neto (VAN).....	23
2.3.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)	24
2.3.5 Relación Beneficio-Costo (B/C)	24
2.4 Análisis FODA	24
2.5 Matriz ERIC	25
2.6 Escalas <i>Likert</i>	25
3 ANTECEDENTES	26
3.1 La integración de la acuicultura y los sistemas de producción en México y el mundo	28

3.1.1	El Sistema Nutrient Film Technique (NFT)	32
3.1.2	El Sistema New Growing System (NGS)	32
3.1.3	Sistema de raíz flotante.....	33
3.1.4	La Aeroponía.....	33
3.2	Actualidad.....	34
4	METODOLOGÍA	36
4.1	Área de estudios.....	36
4.2	Fuentes de información	36
4.3	Análisis de la información	38
5	RESULTADOS.....	39
5.1	La acuaponía.....	39
5.2	La acuaponía en México: principales investigaciones	40
5.3	Caracterización de los sistemas de producción de acuaponía y sus actores	44
5.3.1	Diseños implementados en la acuaponía	44
5.3.2	Perfil de los productores de acuaponía	46
5.3.3	Investigadores involucrados en la acuaponía	48
5.3.4	Red de reconocimiento y colaboración entre productores e investigadores	49
5.4	Viabilidad financiera del sistema acuapónico.....	55
5.4.1	Caso 1. Cuando se tiene un invernadero	55
5.4.2	Caso 2. Propuesta de una unidad mínima rentable de un sistema acuapónico	68
5.5	Perspectivas de la acuaponía	72
5.5.1	La acuaponía desde el punto de vista de los productores	72
5.5.2	La visión de los investigadores hacia la acuaponía	74
5.6	El papel de la acuaponía en el desarrollo rural	77

5.6.1	Propuesta a programas públicos	78
5.6.2	Como integración social	79
5.6.3	Educación básica y avanzada	79
6	CONCLUSIONES	81
7	LIMITACIONES.....	83
8	LITERATURA CITADA.....	84
9	ANEXOS	90
9.1	Entrevista para Investigadores.....	90
9.2	Entrevista a Productores.....	92

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Entrevistas realizadas a investigadores y productores	37
Cuadro 2. Tamaño de los sistemas de producción de acuaponía	45
Cuadro 3. Sistemas de producción de acuaponía identificados en México	45
Cuadro 4. Atributos de los productores	47
Cuadro 5. Tipos de productor de acuerdo al tamaño de la unidad de producción	47
Cuadro 6. Temas de investigación de la producción de acuaponía	49
Cuadro 7. Catálogo de actores de la red de reconocimiento en la producción de acuaponía.....	50
Cuadro 8. Inversión fija, diferida y capital de trabajo del invernadero	56
Cuadro 9. Costos variables y fijos de producción variables	57
Cuadro 10. Producción de tomate.	58
Cuadro 11. Utilidad neta de las inversiones	58
Cuadro 12. Flujo de efectivo.	59
Cuadro 13. Indicadores financieros del invernadero de tomate.	60
Cuadro 14. Inversión fija, diferida y capital de trabajo de la unidad acuícola	61
Cuadro 15. Ingresos de la unidad acuícola	62
Cuadro 16. Utilidad neta de las inversiones	62
Cuadro 17. Flujo de efectivo de la unidad acuícola.....	63
Cuadro 18. Indicadores financieros de la unidad acuícola	63
Cuadro 19. Inversión fija, diferida y capital de trabajo de la unidad acuaponica.	64
Cuadro 20. Ingresos de la unidad acuaponica	66
Cuadro 21. Indicadores financieros de la producción acuícola, tomate y sistema acuapónico	66

Cuadro 22. Costos de producción en invernadero, en la unidad acuícola y acuapónica	67
Cuadro 23. Inversión fija, diferida y capital de trabajo de la unidad mínima	68
Cuadro 24. Ingresos de la unidad mínima	71
Cuadro 25. Flujo de efectivo de la unidad mínima.	71
Cuadro 26. Indicadores financieros del sistema acuapónico propuesto	72
Cuadro 27. Enfoques y beneficios de la acuaponía en México	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la tesis	16
Figura 2. Evolución de la Acuaponía	27
Figura 3. Estados donde se desarrolla acuaponía en México	43
Figura 4. Red de reconocimiento y colaboración entre investigadores, productores y agentes de financiamiento en la producción de acuaponía.	51
Figura 5. Redes de colaboración en la producción de acuaponía entre estados	53
Figura 6. Índice de aceptación de la acuaponía por los productores.	73
Figura 7. Análisis FODA de la acuaponía	74
Figura 8. Matriz ERIC de la producción de acuaponía	76

ABREVIATURAS USADAS

Abreviatura	Significado
AP	Agricultura Protegida
UACH	Universidad Autónoma Chapingo
NFT	Nutrient Film Technique
NGS	New Growing System
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
CIBNOR	Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste. S.C
CISESE	Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada
UAG	Universidad Autónoma de Guadalajara
CESUES	Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora
ECOSUR	Colegio de la Frontera Sur
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
CONAPESCA	Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca
SABI	Sistema Acuapónico de baja intensidad

1 INTRODUCCIÓN

La integración de los sistemas agrícolas y la acuicultura se ha presentado desde la antigüedad. En México tenemos el ejemplo de las chinampas (Gangenes et al., 2015), en Asia la integración con los arrozales (Palm Seidemann, Wehofsky, y Knaus, 2014) y en Europa la integración con sistemas pecuarios (FAO, n.d.).

La acuaponía es la integración de los sistemas agrícolas y acuícolas, así fue denominado el sistema después de retomarse en 1970 por investigadores interesados en esta técnica con la intención de mejorar y adaptarla para disminuir el impacto que generan estos sistemas por sí solos. En 1980, el Dr. Rakocy diseñó un prototipo que se toma como base para realizar nuevos proyectos que se adapten a las necesidades de los lugares donde se desee implementar. La acuaponía retoma elementos de la agricultura protegida (como las cubiertas plásticas y las mallas sombras) y técnicas de cultivo de la hidroponía, como el sistema *New Growing Sistem (NGS)*, *Nutrient Film Technique (NFT)*, raíz flotante y la aeroponía, para potencializar las ventajas que tiene esta técnica (Gangenes et al., 2015; Martinez-Yáñez, 2013; Soria, 2012)

Así, la acuaponía es un sistema simbiótico y sinérgico entre la acuicultura y un sistema agrícola o un sistema pecuario. Este sistema está basado en el máximo aprovechamiento de la energía en forma de nutrientes por todos los componentes del mismo, los microorganismos, peces y plantas, que además de producir biomasa contribuyen a mantener limpio el ambiente acuático que los contiene.

Con una elección adecuada de las especies de peces y plantas, la acuaponía sirve como un modelo amigable con el ambiente para la producción de alimentos (Aguilera-Morales, Hernández-Sánchez, Mendieta-Sánchez, y Herrera-Furtes, 2012).

Es importante mencionar que este sistema de producción se encuentra en desarrollo, experimentación y adaptación, razón por la cual son pocos los estudios relacionados con la rentabilidad financiera del sistema. Empero se reportan buenas producciones en términos generales, de acuerdo a Aguilera-Morales et al., (2012) y Mateus, (2009), por cada tonelada de pescado que se produce en acuaponía por año, se puede llegar a producir más o menos siete toneladas de algún cultivo, ya sea lechuga o albahaca; sin embargo, no hay reportes que analicen o planteen la relación beneficio-costeo.

La sinergia de estos dos sistemas contribuye a la reducción de costos de producción, al ahorro de agua en las formas de producción, disminuyen las descargas de efluentes al ambiente evitando contaminación y hay una ganancia por la venta de un segundo producto que se puede vender en un mercado diferenciado.

1.1 Estructura de la tesis

La tesis está integrada por nueve apartados, como se muestra en la Figura 1. El apartado uno corresponde a la introducción, donde se menciona brevemente la problemática que aborda la investigación y el objetivo que se persigue. En el apartado dos se presentan los conceptos utilizados para el desarrollo de la investigación. El apartado tres incluye el marco de referencia donde se describen los aspectos mundiales y nacionales de la hidroponía y la acuicultura. En el apartado cuatro se describe la metodología para cubrir cada uno de los objetivos planteados en la investigación. En el apartado cinco se presentan los resultados y discusión; se identifica el estado actual de la acuaponía, se describe el papel que juegan los productores e investigadores en esta técnica, se determina la viabilidad técnica y financiera, por último, se plantean las perspectivas del sistema acuapónico desde el punto de vista de los investigadores y productores.

El apartado seis corresponde a las conclusiones donde se verifica la hipótesis planteada. Por último, en el apartado siete se mencionan las limitantes, en el ocho la literatura citada y anexos en el apartado nueve derivados del trabajo de investigación.

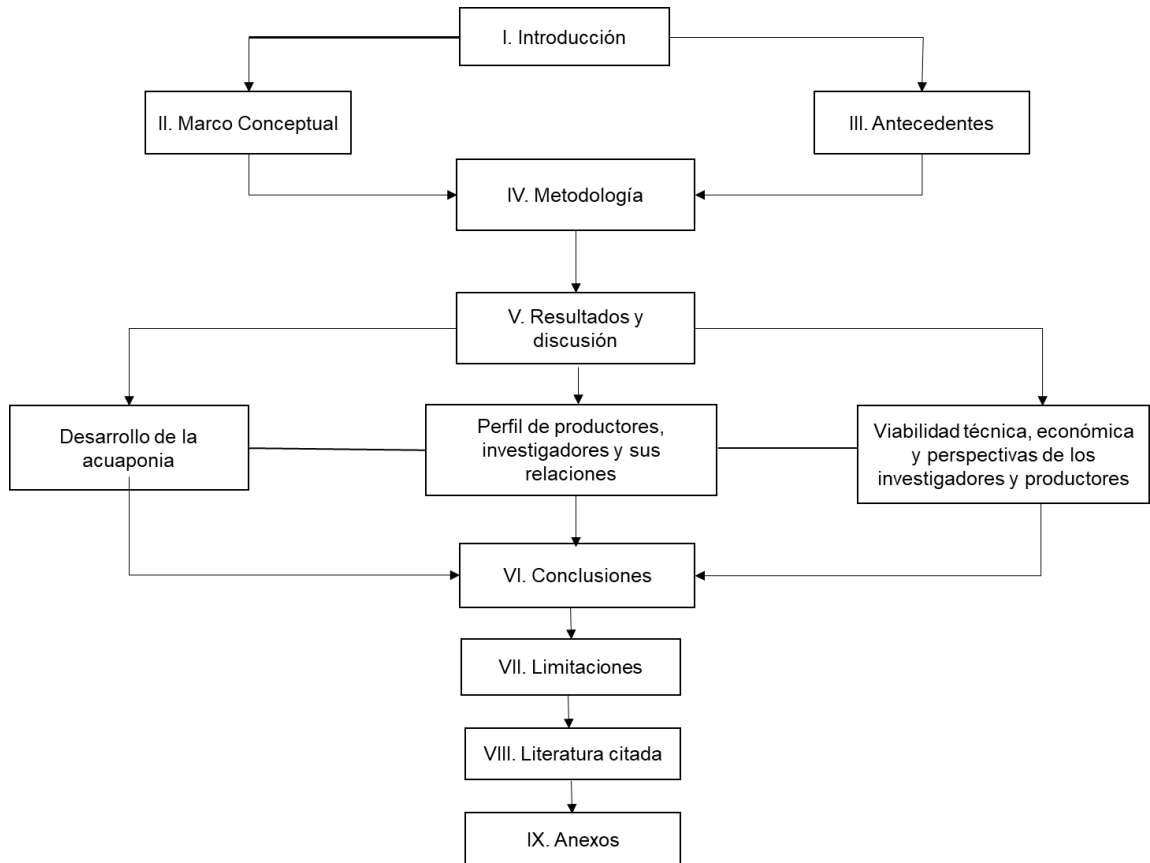


Figura 1. Estructura de la tesis

Fuente: Elaboración propia, 2018

1.2 Planteamiento del problema

La Acuaponía es una técnica que integra la producción acuícola y hortícola para cultivar plantas comestibles y peces. Los peces, al desechar a través de la excreta los residuos derivados de su alimentación (que por lo general están

compuestos de bacterias y nutrientes) son ocupados después de su mineralización como nutrimentos para los cultivos, en este proceso se filtra el agua y se regresa al estanque de los peces nuevamente (Love et al., 2015). El sistema genera ingresos adicionales a la producción de cultivos mediante la reducción de los costos de fertilizantes y agua. De esta manera, los residuos derivados de la acuicultura son utilizados productivamente; de otro modo se acumularían o serían descargados al medio ambiente. Este hecho reduce los costos de efluentes cobrados al sistema de acuicultura y los costos de daños ambientales (Rupasinghe y Kennedy, 2010).

El sistema acuapónico se ha propuesto como una opción para repensar la piscicultura, para atraer más dinero a las granjas de producción y como apoyo a la economía local. La tecnología podría aplicarse a la producción de alimentos urbanos de forma comercial o comunitaria, a escalas industriales o pequeñas; incluso, en los países en desarrollo, pueden ocuparse los sistemas como una forma de educación ambiental y de producción sustentable (Blidariu y Grozea, 2011; König, Junge, Bittsanszky, Villarroel, y Komives, 2016).

Sin embargo, y después de realizar la revisión de documentos, publicaciones y artículos se encontró que debido a la escasez de datos sobre el funcionamiento de los sistemas acuapónicos comerciales, es difícil determinar su viabilidad financiera, por lo que, hasta el momento no existen datos confiables de este tipo sobre los prototipos utilizados en investigación. Por otro lado, los sistemas en desarrollo sólo pueden proporcionar cierto tipo de datos, por lo que se necesita más cooperación con las unidades que están operando actualmente para caracterizar y generar indicadores apropiados y escalables para realizar evaluaciones objetivas (König et al., 2016).

Por lo tanto, con esta investigación se contribuye a documentar el estado actual de la acuaponía, las perspectivas y con base a los indicadores de rentabilidad determinar la factibilidad financiera de los sistemas de producción acuapónicos en México.

Con base en ello, se plantearon las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Cuál es la situación actual de la acuaponía en México?
2. ¿Cuáles son las características de los sistemas acuapónicos, los productores, el enfoque de los investigadores y el nivel de colaboración y reconocimiento entre los actores?
3. ¿Cuál es el tamaño mínimo rentable de un sistema de acuaponía?
4. ¿Cuáles son las perspectivas de la acuaponía desde el punto de vista de los productores e investigadores?

Se planteó un objetivo general y particulares correspondiente a las preguntas de investigación.

Objetivo general

Analizar la situación actual de la acuaponía en México, identificando las zonas de producción y la orientación de las investigaciones desarrolladas, el tipo de productor de acuerdo la unidad de producción y el nivel de interacción entre los investigadores y productores, para proponer una unidad mínima rentable de un sistema acuapónico y definir las perspectivas de la producción frente al desarrollo rural.

1. Describir el estado actual de la acuaponía en México, a través de la revisión de literatura especializada y entrevistas semiestructuradas a

actores clave, para saber dónde se está trabajando, qué tipo de sistemas acuapónicos se están ocupando y con qué finalidad se está produciendo en cada zona.

2. Caracterizar los sistemas de producción de acuaponía, a través de entrevistas semiestructuradas a los actores relacionados con la actividad, para definir el tamaño de los productores, el enfoque y temas de las investigaciones desarrolladas, y el tipo de interacción existente entre investigadores, productores y agentes de financiamiento.
3. Estimar la viabilidad técnica-financiera de una unidad de producción hortícola, acuícola y acuapónica, para proponer una unidad mínima rentable de un sistema de producción de acuaponía.
4. Plantear las perspectivas de la producción de acuaponía desde el punto de vista de los investigadores y productores, y su papel en el desarrollo rural.

Se planteó una hipótesis general en respuesta a las preguntas y objetivos:

Los sistemas acuapónicos se encuentran distribuidos a lo largo del país con sistemas de producción familiar, comercial y experimental, las relaciones entre investigadores y productores son fuertes, se reconocen, pero no hay colaboración entre ellos, se prevé que este sistema de producción tenga un auge a mediano plazo y los sistemas sean viables tanto técnica como financieramente.

2 MARCO CONCEPTUAL

2.1 Análisis de redes sociales

La teoría de la red social analiza las relaciones sociales en términos de nodos y lazos. Los nodos son los actores individuales dentro de las redes y los vínculos son las relaciones entre los actores. Puede haber muchos tipos de vínculos entre los nodos. En su forma más simple, una red social es un mapa de todos los vínculos relevantes entre los nodos que se están estudiando. Estos conceptos a menudo se muestran en un diagrama de red social, donde los nodos son los puntos y los lazos son las líneas (Sanz, 2003).

De acuerdo a Grosser & Borgatti, (2013), a menudo se piensa que los enlaces de la red forman "rutas" o "canalizaciones" a lo largo de las cuales fluyen recursos como: información, creencias y dinero. Las redes sociales pueden verse desde tres niveles: el nivel de nodo, el nivel didáctico y el nivel de red. En el nivel del nodo, los investigadores se centran en cada nodo particular y su posición en la estructura general de la red, este puede analizarle con la centralidad, que es un indicador que describe la posición del nodo.

En el nivel grupal, se pueden centrar en las propiedades de pares de actores. Un ejemplo de indicador es la distancia geodésica (es decir, el número de enlaces en el camino más corto de un nodo a otro). En el nivel de red, los investigadores se centran en la estructura de la red como un todo. Algunas de las propiedades a nivel de red incluyen densidad (número de vínculos que realmente existen de la cantidad máxima de vínculos que podrían existir matemáticamente) y la centralización (el grado en que la red gira en torno a un solo nodo) (Lozares, 1996).

La teoría de la red social produce una visión alternativa, donde los atributos de los individuos son igual de importantes que sus relaciones y lazos con otros

actores dentro de la red. Este enfoque ha resultado útil para explicar muchos fenómenos del mundo real, pero deja menos margen en el desempeño individual, como la capacidad de los individuos para influir en su éxito, porque mucha de esas características descansan dentro de la estructura de su red (Lozares, 1996).

Las redes sociales también se han utilizado para examinar cómo las empresas agropecuarias interactúan entre sí, caracterizando las conexiones informales que vinculan a los agricultores, con las asociaciones y las conexiones entre las diferentes empresas (Lozares, 1996).

El análisis de redes sociales es un método que conjunta instrumentos para ver cómo se conectan los actores (individuos, organizaciones, grupos, empresas, entre otros) con estructuras emergentes que resultan de las relaciones que los actores establecen. Por lo tanto, estudia los tipos de vínculos entre actores y su principal objetivo es detectar e interpretar las relaciones establecidas entre ellos (Aguilar-Gallegos et al., 2016; Velázquez y Aguilar, 2005).

2.2 Indicadores del análisis de las redes sociales

Los indicadores de las redes sociales son medidas para caracterizar y comparar las estructuras de las redes y las posiciones que tienen los actores dentro de ellas.

2.2.1 Densidad

La densidad es una medida que proporciona el número de vínculos existentes en la red del total de vínculos posibles, se debe tener en cuenta los nodos existentes en la red ya que si hay pocos nodos la densidad será alta por el total de relaciones entre ellos, al contrario sostiene una red muy grande este indicador será menor (Aguilar-Gallegos, Martínez-González, & Aguilar-Ávila, 2017).

2.2.2 Centralización

La centralidad es un indicador que mide la posición que cada uno de los actores alcanza en la estructura general de la red, permite conocer en qué grado está dominada la red por un actor. Se pueden utilizar los indicadores de centralización de entrada y salida para poder medir la desigualdad que existe entre los actores dentro de la red (Sanz, 2003; Aguilar-Gallegos et al., 2017).

2.2.3 Grados de entrada y salida

Los grados de entrada y salida son una medida de centralidad donde se indican el número de referencias recibidas por otros actores en el caso de los grados de entrada, los grados de salida indican las referencias que hace un actor hacia los otros actores de la red (Aguilar-Gallegos et al., 2017, 2016).

2.3 Formulación y evaluación de proyectos

2.3.1 Proyecto de inversión

Un proyecto es la exploración de una solución pertinente al planteamiento de un problema, puede haber diferentes opiniones, inversiones de monto distinto, tecnología y metodologías con diversos enfoques, pero todas ellas destinadas a satisfacer las necesidades planteadas, ya sean de educación, alimentación, salud, ambiente, cultura, etcétera (Baca, 2010).

Un proyecto de inversión puede definirse como un plan al que, si se le asigna un monto determinado de capital e insumos de varios tipos, producirá un bien o un servicio, útil a la sociedad (Baca, 2010).

2.3.2 Evaluación de proyectos

La evaluación de proyectos permite medir las bondades de la inversión desde el punto de vista económico, por ello se estiman los probables ingresos y costos en un horizonte de tiempo, la comparación de los valores genera un conjunto de indicadores que muestran la rentabilidad y determinan la conveniencia de ejecutar el proyecto (Andía, 2014).

De acuerdo a Andía (2014) las decisiones de inversión en el campo empresarial son muy importantes porque son el medio para implementar las estrategias y lograr los objetivos que se han propuesto. Un documento básico para la toma de decisión es un proyecto de inversión.

El estudio de la evaluación económica es la parte final de toda la secuencia de análisis de la factibilidad de un proyecto. Al llegar a este punto ya existe un mercado potencial atractivo; un lugar óptimo y el tamaño más adecuado para el proyecto, de acuerdo a las restricciones del medio; se conocerá y dominará el proceso de producción, así como todos los costos en que se incurrirá en la etapa productiva; además, se habrá calculado la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto (Baca, 2010).

2.3.3 Valor Actual Neto (VAN)

Valor Actual Neto (VAN) es un indicador que forma parte del análisis beneficio-costos, que muestra la riqueza adicional que genera un proyecto luego de cubrir todos sus costos en un horizonte determinado de tiempo, es decir, cuando se analiza una inversión, lo mínimo que se debe obtener es: cubrir sus costos, los criterios de evaluación son: si $VAN \geq 0$, acepte la inversión; si $VAN < 0$, recházela (Baca, 2010; Andía, 2014).

2.3.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR es la tasa de descuento por la cual el VAN es igual a cero, es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, es un indicador que en términos generales se interpreta como la tasa máxima de rendimiento que produce una alternativa de inversión dados ciertos flujos de efectivo o la tasa de interés en la cual se cumplen las condiciones buscadas en el momento de iniciar o aceptar un proyecto de inversión, esta tasa tiene que ser mayor que la tasa mínima de rendimiento exigida al proyecto de inversión (Baca, 2010; Nassir Sapag, 2011).

2.3.5 Relación Beneficio-Costo (B/C)

La relación beneficio-costo es una forma alternativa de evaluar económicamente un proyecto, el cual consiste en dividir todos los costos del proyecto sobre todos los beneficios económicos que se van a obtener. Si se quiere que el método tenga una base sólida, tanto costos como beneficios deberán estar expresados en valor presente. No se trata entonces de sumar algebraicamente todos los costos, por un lado, y beneficios del proyecto por otro lado, sin considerar el cambio del valor del dinero a través del tiempo (Baca, 2010)

2.4 Análisis FODA

El análisis FODA es una herramienta que permite en un momento específico saber de manera general como se encuentra una actividad, una empresa o nosotros mismos, este tipo de análisis se ocupa para generar actividades que permitan mejorar la situación encontrada (Ramírez, 2009; Codina, 2010).

Esta herramienta se enfoca en analizar factores internos como: Fortalezas y Debilidades y factores externos como Amenazas y Oportunidades.

Los factores internos nos orientan a ver las actividades que se hacen bien, pero también nos arrojan las actividades que no permiten mejorar la situación actual (Marstio, 1999).

Los factores externos nos muestran las posibilidades que puedan ayudar a mejorar la situación actual, pero también muestran las fuerzas que afectan el desarrollo o mejora que se busca (Marstio, 1999).

2.5 Matriz ERIC

La matriz ERIC es una herramienta analítica de cuatro acciones de fácil aplicación que nos ayuda a generar acciones para lograr los objetivos propuestos:

Eliminar. ¿Qué variables o elementos debemos eliminar por falta de relevancia?

Reducir. ¿Qué variables o elementos debemos reducir en intensidad?

Incrementar. ¿Qué variables o elementos debemos incrementar en intensidad?

Crear. ¿Qué nuevas variables o elementos debemos crear?

Esta matriz puede usarse después de realizar el análisis FODA ya que después de este análisis se tiene un panorama más claro de la situación actual de lo que se está analizando (Chan & Mauborgne, 2005).

2.6 Escalas *Likert*

La escala denominada tipo Likert, es un método de calificación que permite la medición de actitudes y comportamientos. Estas escalas constan de enunciados o ítems (ítem es una frase o proposición que expresa una idea positiva o negativa respecto a un fenómeno que nos interesa conocer) que expresan el mismo rasgo

o actitud y cuyas respuestas se van a sumar en un total que indica dónde se encuentra o cuánto tiene cada sujeto de la variable o característica que pretendemos medir (Guil, 2006; Felipe, Arboleda, Aleida, & Bedoya, 2011).

3 ANTECEDENTES

Como muestra la Figura 2, la acuaponía no es un sistema de producción nuevo, la sinergia que se daba entre los sistemas agrícolas y la acuicultura como una forma de aprovechamiento de la energía y nutrientes tiene antecedentes desde 1600 D.C. en México y en el mundo como en Asia, Europa y Latino América. El interés de los investigadores en los años 70's por retomar el sistema acuapónico se basa en las ventajas que manifiesta el sistema, el ahorro de agua, la producción libre de agroquímicos y la forma amigable con el ambiente de producción, lo cual hizo retomar, mejorar e implementar nuevos elementos de otras técnicas como la hidroponía. El sistema acuapónico ha presentado un mayor desarrollo a partir de los 80's cuando el Dr. Rakocy genera un prototipo base para poder realizar experimentos y a partir de este adaptarlo y mejorarlo de acuerdo al lugar donde se va a implementar. El interés por parte de diferentes instituciones se dio después del año 2000 como forma de educación ambiental, desarrollo comunitario entre otros.

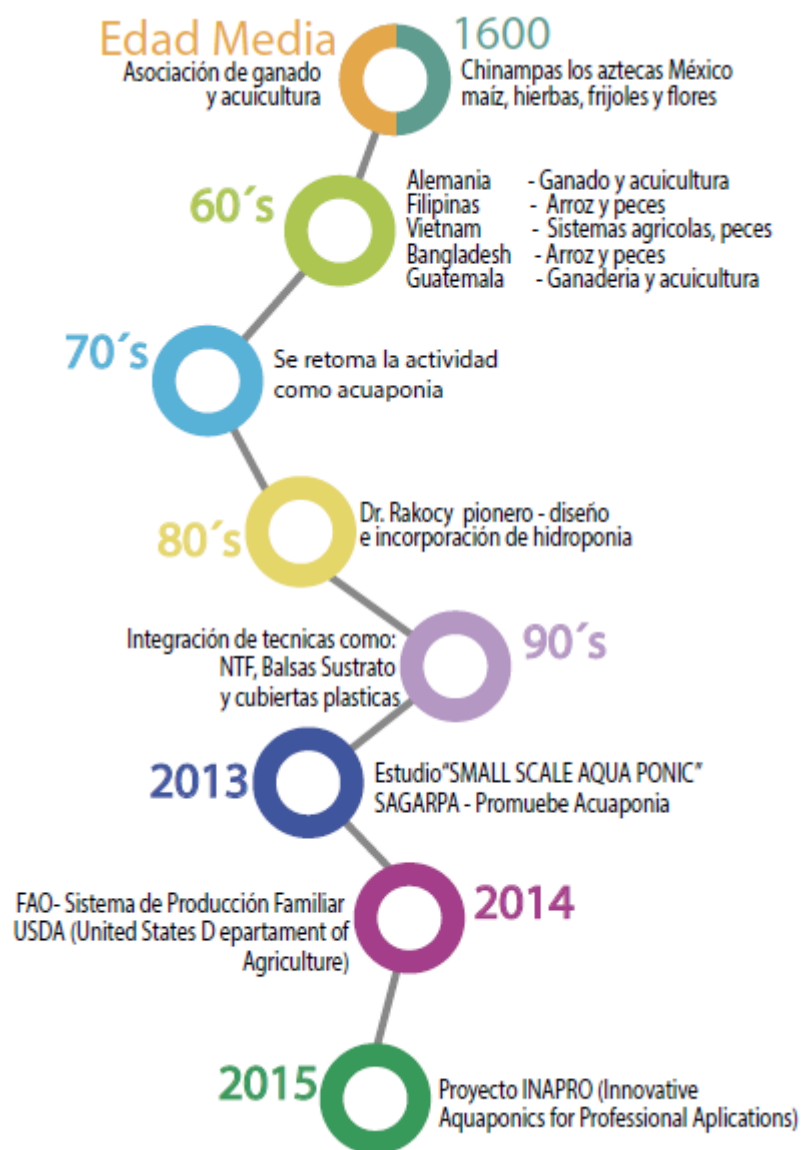


Figura 2. Evolución de la Acuaponía

Fuente: Elaboración propia, 2018

3.1 La integración de la acuicultura y los sistemas de producción en México y el mundo

En México tenemos un ejemplo de la integración de la acuicultura y los sistemas de producción agrícola, este sistema son las islas artificiales largas y estrechas, llamadas chinampas (algunas flotantes y móviles, otras fijas), que fueron desarrolladas por los aztecas al construir capas de pasto, lodo y suelo en la superficie del lago. Se menciona por varios historiadores que las chinampas se desarrollaron por primera vez en un área cerca de lo que hoy se conoce como Ciudad de México (cerca del Lago de Texcoco), donde había una gran cantidad de lagos y ríos, pero poca tierra arable. Aquí, ellos producían maíz, hierbas, tomates, frijoles, chiles, aguacate, guayaba, camote y flores, como las caléndulas (Baeyer Von, n.d.).

Otra experiencia desarrollada en lo que se refiere a la integración de los dos sistemas de producción, es la de Baviera, Alemania, conocido como la producción de carpas en sistemas de producción integrados, donde la acuicultura es practicada en estanques hundidos en la tierra, esta práctica es una parte integral de los sistemas de producción agrícola (FAO, n.d.).

Los estanques ocupados fueron construidos durante la Edad Media sobre tierras de escaso valor agrícola y los principales objetivos perseguidos desde su origen con dichos estanques eran proveer pescados (carpas) para el consumo humano, almacenar agua para abreviar el ganado. Actualmente, estos sistemas integrados de producción siguen en funcionamiento y contribuyen significativamente a la producción de carpas de Baviera (FAO, n.d.).

Los modelos de manejo de la producción de carpas son parte de un sistema de producción integrado y han permanecido sin cambios. El estiércol es utilizado para la fertilización de los estanques. Las carpas son criadas de manera

extensiva, alimentadas con subproductos agrícolas de bajo costo. Aunque, actualmente no sea habitual el drenaje y cultivo del suelo de los estanques de manera periódica, ésta fue una práctica ampliamente difundida para aprovechar y reciclar los nutrientes acumulados en los sedimentos. Los agricultores perciben este sistema extensivo de cría de carpas, como un medio para asegurar un cierto grado de subsistencia, valorizar el trabajo familiar y mantener una actividad productiva que puede revelarse valiosa en épocas de crisis (FAO, n.d.).

Por otro lado, en Filipinas un estudio de la integración demostró que la diversificación de los sistemas de producción, a través de la introducción de la acuicultura, disminuye los riesgos asociados con las actividades agrícolas en pequeña escala. La razón es que los estanques hacen viable, al permitir irrigar los cultivos y abreviar los animales durante la estación seca, la producción agrícola a lo largo del año; además de la producción de peces, la cual aporta producto comestible y de valor en el mercado al sustento familiar, cuando se pasa del monocultivo de arroz al cultivo integrado de arroz y peces (Little, Surintaraseree, e Innes-Taylor, 1996).

Los productores vietnamitas dicen que la actividad más productiva y rentable es la acuicultura, a la cual le sigue la agricultura. Se estima que, en Vietnam, el 30% de los hogares en las áreas rurales poseen estanques acuícolas con propósitos múltiples. En Vietnam, los sistemas agrícolas integrados constituyen una de las estrategias tradicionales de los agricultores más pobres para resolver el problema de la inseguridad alimentaria.

El sistema de acuaponía se puede encontrar en tierras bajas como altas, aptas para la agricultura pluvial, así como en las áreas periurbanas. En las tierras altas, un sistema típico se compone de distintos elementos físicamente próximos para facilitar el reciclaje de sus residuos y subproductos; los más importantes son: el

estanque, el corral de los animales y el huerto familiar. Se cultiva una mezcla de cultivos anuales y perennes, entre los cuales se observan cultivos hortícolas, frutales, caña de azúcar, té, y mandioca.

El estiércol del ganado vacuno, porcino y avícola es utilizado para fertilizar, de acuerdo con las necesidades, una o dos veces por año los cultivos perennes y hortícolas. También, el lodo de los estanques es utilizado como fertilizante cada 3 o 4 años (Little, DC, Surintaraseree e Innes-Taylor, 1996).

Una situación muy parecida sucedió en un proyecto en Bangladesh, donde en un grupo de agricultores, reveló que los beneficios netos de los sistemas de producción integrados, eran superiores en un 20 % a aquellos verificados en los sistemas de monocultivo de arroz; la principal razón de este resultado fue el menor uso de fertilizantes y pesticidas cuando la acuicultura y el arroz aparecen asociados. En general, los beneficios en los sistemas integrados fueron 64 % más altos durante la estación seca y 98 % en la estación húmeda (Gupta, Sollows, MAzid, Hussain, y Dey., 1998).

En Guatemala, como otro ejemplo de la integración de los sistemas, se ha dado como resultado de la colaboración entre La Dirección Nacional de Servicios Ganaderos y otras asociaciones emprendieron un proyecto integrado de producción acuícola. La Universidad de Auburn proporcionó al gobierno de Guatemala, la asistencia técnica necesaria en el área de la producción acuícola. El proyecto fue concebido para mejorar el nivel nutricional y de ingresos de las familias pobres de la costa este y norte de Guatemala. Para ello, basó su acción en la promoción de pequeños estanques integrados a la producción ganadera en las explotaciones agrícolas de propiedad individual (FAO, n.d.).

Con base en lo anteriormente expuesto, el sistema Acuapónico no es nuevo, fue retomado en 1970 por algunos investigadores que veían potencial al sistema. A principios de 1980, el Dr. James Rakocy comenzó su carrera en la Universidad de las Islas Vírgenes (UVI) en los Estados Unidos de América, donde su misión principal era desarrollar la tecnología acuapónica. Hoy en día, la acuaponía es uno de los sistemas alimentarios más interesantes y productivos, es un buen modelo para el desarrollo futuro de la producción comercial en todo el mundo de peces y hortalizas.

A pesar de que la acuaponía se desarrolló desde los años 80's, sigue siendo un método relativamente nuevo de producción de alimentos, solo un pequeño número de centros de investigación y profesionales en todo el mundo se dedican al estudio de este sistema, pero han generado una amplia experiencia en la acuaponía (Gangenes et al., 2015; Goddek et al., 2015).

La acuaponía es la integración de la acuicultura y los sistemas agrícolas, considera elementos de la agricultura protegida para proteger a los cultivos del cambio climático. Se han adoptado cubiertas plásticas como los invernaderos y mallas sombra.

También se han adoptado prácticas de la hidroponía para mejorar el sistema, reducir el uso del agua y diseñar sistemas que pueden adaptarse a cualquier lugar donde se quiera implementar; algunas prácticas son:

1. El Sistema *Nutrient Film Technique* (NFT)
2. El sistema *New Growing System* (NGS)
3. Sistema de raíz flotante
4. La aeroponía

3.1.1 El Sistema Nutrient Film Technique (NFT)

Sistema conocido como “la técnica de la película de nutrientes” fue desarrollado para cultivos de tallo corto o plantas de hojas como la lechuga en sus diferentes variedades, fresa, aromáticas, entre otras. Es una técnica que funciona gracias a la recirculación de la solución nutritiva a través de varios canales de tubos de PVC, que llegan a un contenedor en común y que con la ayuda de una bomba sube nuevamente dicha solución nutritiva a cada canal, en tiempos previamente determinados sobre un *timer* o en funcionamiento continuo. La recirculación suministra los nutrientes necesarios a las plantas por medio de las raíces que cuelgan desde las canastillas del contenedor para que la planta se desarrolle y crezca adecuadamente (Wheeler, Raymond, Cheryl L, Sager, Knott, & Hinkle, 1989; Soria, 2012)

3.1.2 El Sistema New Growing System (NGS)

El sistema NGS es una modalidad de cultivo hidropónico caracterizado por la ausencia de sustrato; es decir, se trata de un cultivo hidropónico puro, en el que las raíces se desarrollan en una disolución nutritiva recirculante que pasa por un circuito cerrado, lo que permite un ahorro significativo de agua y fertilizantes y da a este sistema un carácter ecológico y de respeto al medio ambiente. La solución nutritiva pasa por el interior de un conjunto de láminas de polietileno superpuestas en forma de “V”. La disposición de las láminas se hace de tal forma que, la solución nutritiva, después de recorrer un tramo más o menos largo según los diferentes modelos, pasa o cae a la lámina siguiente por medio de unos agujeros en la parte inferior o en las caras laterales de dichas láminas (Durán, Retamal, y Moratíel, 1991).

La solución nutritiva pone a disposición de las raíces: agua, nutrientes y oxígeno; las raíces, una vez que han superado el cepellón en el que se encuentran cuando

se realiza el trasplante, alcanzan la primera capa; guiadas por el movimiento del agua a favor de la pendiente, son conducidas hacia un agujero que les permite descender a la capa inferior. Este proceso se repite tantas veces como capas interiores tiene la bolsa; de este modo, el sistema se adapta fácilmente a diferentes cultivos como tomate o pepino (Durán et al., 1991).

3.1.3 Sistema de raíz flotante

El cultivo de raíz flotante es ideal para el cultivo de plantas de bajo porte, por ejemplo, algunas plantas aromáticas o lechuga, esta técnica permite maximizar la disponibilidad de nutrientes, ya que se encuentran contenidos en una especie de alberca donde se reduce la competencia entre plantas porque se encuentran dispuestas en placas de unicel con espaciamentos y un arreglo de cultivo adecuado si se les da las condiciones ambientales adecuadas el ciclo de la planta disminuye y se obtienen cosechas desfasadas con mayor precio en el mercado (Soria, 2012).

3.1.4 La Aeroponía

La aeroponía es el sistema hidropónico moderno que permitió crear las denominadas "columnas de cultivo". Una columna de cultivo consiste en un cilindro de PVC, u otros materiales, colocado en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales, por donde se introducen las plantas en el momento de realizar el trasplante. Las raíces crecen en oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire, de ahí el nombre de aeroponía. Por el interior del cilindro, una tubería distribuye la solución nutritiva mediante pulverización media o baja presión (Soria, 2012).

La principal ventaja que aporta la aeroponía es la excelente aireación que el sistema proporciona a las raíces, uno de los factores limitantes con los que cuenta la hidroponía (Hernández Salamanca y Piñeros Muñoz, 2013).

3.2 Actualidad

La acuaponía se ha vuelto un tema de relevancia en México y el mundo, muestra de esto son los estudios que dedica la FAO en el 2013 “SMALL SCALE AQUAPONIC. Food Production” donde da un panorama general de lo que se tratan los sistemas acuapónicos, los componentes y detalles del funcionamiento.

Para el 2014, la FAO publica el Manual “Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and farming” donde además de dar un panorama de lo que es la acuaponía te guía paso a paso para que se pueda replicar en casa un sistema a pequeña escala.

La United States Department of Agriculture (USDA) dentro de su biblioteca también dedica un apartado al tema de la acuaponía donde muestra algunos resultados de sus diferentes experimentos realizados desde el 2006 hasta el 2017 en universidades y centros de investigación.

Algunas universidades como: Universidad del Estado de Iowa, el Centro de acuicultura regional del norte central (NCRAC), reproducen algunos videos relacionados con la acuaponía y de cómo manejar el sistema de recirculación para realizar un sistema en casa. La Universidad de las Islas Vírgenes tiene grandes aportes por parte del grupo liderado por el Dr. James Rakocy quien ha montado entre otros sistemas, el conocido como granja de entrenamiento de donde deriva el modelo base para el desarrollo de los sistemas Acuapónicos. Al igual que en México la acuaponía se maneja de manera experimental y como instrumento de capacitación para otros agricultores acuapónicos.

También se pueden encontrar páginas WEB³ donde muestran un espacio dedicado a esta técnica para aprender cosas técnicas y prácticas del sistema, en este tipo de páginas se puede comprar elementos o sistemas completos para la pequeña producción acuapónica.

En Europa se encuentra el proyecto de colaboración "**INAPRO**" (Acuaponía innovadora para la aplicación profesional) el cual tiene como objetivo desarrollar un modelo productivo y demostrar la aplicación de la acuaponía en áreas rurales y urbanas en Europa.

INAPRO innova los enfoques convencionales para la acuaponía mediante el desarrollo de un modelo demostrativo donde se conjugan las tecnologías de vanguardia para ahorrar agua y optimizar la gestión de la energía y los nutrientes, permite la producción de alimentos saludables, locales y sostenibles de una manera eficiente en recursos, respondiendo al gran desafío del siglo XXI de la seguridad alimentaria.

Este proyecto apunta el desarrollo de una solución modular, escalable y adaptable a las condiciones locales, el cual fortalecerá la estandarización en este campo, el proyecto intenta cubrir toda la cadena de valor: desde la investigación a los mercados, modelado y la investigación experimental, la transferencia, la inclusión al gobierno y el financiamiento para los productores.

Podemos encontrar emprendimientos de esta técnica también en Australia y África, en donde se han interesado en la acuaponía por las ventajas que se han

³ <https://www.acuaponia.com/>
<https://www.theaquaponicsource.com/product-category/educate-yourself/>

encontrado en este sistema, en estos lugares la preocupación por el ahorro del agua, insumos y la obtención de alimentos inocuos se ha priorizado.

4 METODOLOGÍA

En este apartado se describe la metodología para cumplir el objetivo general y los específicos que se plantearon en esta investigación.

4.1 Área de estudios

La investigación se llevó a cabo en el Estado de México, Tabasco, Veracruz, Querétaro, Jalisco y Baja California Sur. Se eligieron estos estados derivado de la búsqueda de información ya que no se cuenta con un padrón de productores al cual acceder, por lo que se consideró a los estados que cuentan con algún proyecto de sistemas de producción de acuaponía en funcionamiento ya sea de forma experimental o productivo.

4.2 Fuentes de información

A través de una revisión de artículos científicos en algunos metabuscadores como: *Scopus*, *Web of Science*, *Google Scholar*, en bibliotecas y páginas de redes sociales como: *Researchgate* donde se pueden encontrar artículos de libre acceso para definir ¿Qué es la acuaponía?, ¿Dónde se desarrolla este sistema de producción?, ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de este sistema productivo?, se identificaron los tipos de sistemas que se están ocupando y con qué finalidad se está haciendo.

Se diseñaron instrumentos de colecta de información diferenciados para cada tipo de actor (Cuadro 1). Se aplicaron entrevistas semiestructuradas a investigadores para ver las perspectivas de la acuaponía en México.

En las entrevistas a los investigadores se preguntaron aspectos relacionaos con los temas de investigación, las relaciones que tienen con otros actores y las perspectivas de la producción de acuapónica: Oportunidades, Debilidades, Fortalezas y Amenazas, para los empresarios y unidades de producción familiar.

Se diseñó una entrevista dirigida a productores para caracterizar el perfil del productor (edad, escolaridad, sexo, localidad), del sistema de producción (tamaño, densidades, cultivos), y se incluyó una sección de preguntas *Likert* para ver la percepción que tienen hacia la acuaponía y puntos de mejora del sistema de producción con relación al diseño y los cultivos (pez o planta).

Cuadro 1. Entrevistas realizadas a investigadores y productores

Estados	Entrevistas realizadas			
	Investigadores		Productores	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Tabasco	3		2	2
Veracruz	2	3	0	0
Estado de México	3		2	
Querétaro		1	3	4
Jalisco	1		1	
Baja California Sur	4			
Total	13	4	8	6

Fuente: Elaboración propia, 2018.

*Los sistemas de acuaponía ubicados en la investigación no producen los mismos cultivos, por esta razón en algunos cálculos se utilizó el cultivo de lechuga para poder hacer una comparación.

Para este trabajo se entiende como red de reconocimiento aquella donde los actores se referencian, pero el actor referenciado no sabe que está siendo referenciado, no hay colaboración entre ellos.

Se desarrolló trabajo de campo en los meses de mayo a julio del 2017.

4.3 Análisis de la información

Como primer paso se realizó una búsqueda de artículos con las palabras: Acuaponía, Acuaponia, Aquaponics y Sistemas agrícolas para identificar a los actores principales.

Posteriormente, con la información proporcionada a través de las entrevistas a productores, se analizó el perfil de los sistemas y productores involucrados en esta técnica, mediante estadística descriptiva.

Paralelamente se realizó un Análisis de Redes Sociales (ARS) para identificar las redes de reconocimiento y colaboración. Se ocupó un generador de nombres “conoce a alguien más que esté realizando esta práctica” e “intercambian información”, a través del *software Ucinet* versión 6.85 para *Windows* para generar las redes y calcular los indicadores de centralidad, densidad, grados de entrada y grados de salida con el programa *NetDraw*.

Se determinó la viabilidad técnica y financiera de un sistema acuapónico, a través de indicadores de rentabilidad como el VAN, TIR y Relación B/C, a través del *Software Microsoft Excel*, en un primer momento se analizó un invernadero ya establecido, con una superficie de 1225 m², equipado con sistema de riego tecnificado y con paneles solares. De manera paralela se estimó la viabilidad técnica y financiera de una unidad de producción acuícola de 1000 m², con capacidad para producir 8,624 kg de pescado. Con base en los resultados se propone el tamaño de la unidad mínima rentable de acuaponía para producir alimentos para autoconsumo y un excedente para la venta, sin considerar financiamiento alguno.

Por último, se definen las perspectivas del sistema de acuaponía de acuerdo a lo emitido por los productores, a través del análisis de las respuestas de las preguntas *Likert* aplicadas a los empresarios y pequeños productores. Se formuló un índice de “aceptación de la acuaponía”, donde se tenía una categoría con ocho *ítems* cada uno calificado con cinco como más favorable y uno menos favorable. El puntaje máximo que se podía obtener era de 40, significando que este productor tenía una aceptación total por la técnica.

Los investigadores enlistaron Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas para determinar las perspectivas de los sistemas acuapónicos. Con apoyo de la matriz ERIC se enlistan actividades para poder potencializar la acuaponía.

5 RESULTADOS

En este apartado se describe las investigaciones de acuaponía desarrolladas en México; posteriormente se caracteriza a los productores y se clasifica a las unidades de producción de acuerdo a su tamaño; se describe el nivel de articulación o relacionamiento de los actores relacionados con la actividad; se analiza la viabilidad técnica y financiera de la producción de acuaponía; finalmente se presentan las perspectivas de la acuaponía en México y su papel en el desarrollo rural.

5.1 La acuaponía

La acuaponía es una alternativa viable, que se puede integrar a los sistemas de recirculación cerrada en la acuicultura, haciendo un uso eficiente del agua, reduciendo en un 90% el uso en la producción de peces y el uso de fertilizantes químicos para la producción de cultivos. Es una alternativa viable para la

reducción de costos y, para la diversificación productiva de las unidades de acuicultura (Aguilera-Morales et al., 2012).

La acuaponía es una excelente alternativa para combatir la pobreza, el hambre y la malnutrición; es una forma sustentable de producción de alimentos orientada a las zonas de alta marginación y con dificultad para la obtención de alimentos, sin embargo, aún requiere de una mayor investigación para establecer procedimientos de producción más sencillos para los pequeños productores (Gómez-Merino, Ortega-López, Sánchez-Páez, Salazar-Marcial, & Salazar-Ortiz, 2015; Mateus, 2009).

5.2 La acuaponía en México: principales investigaciones

De acuerdo a Gómez-Merino et al., (2015), en México desde hace años se iniciaron pruebas y emprendimientos de sistemas experimentales y comerciales de acuaponía en centros de investigación, universidades y de forma empresarial.

En la Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG) se desarrollan experimentos con los efluentes de tilapia desde el año 2001; los desechos pasan por las camas de arena o grava con plantas de pepino y tomate, con el fin de estudiar la eficacia de la extracción del amoníaco por éstas (Gómez-Merino et al., 2015).

En el 2004, la empresa Acuicultura del Desierto S.P.R. de R.L. inició operaciones en Baja California Sur, produce tilapia y trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) en combinación con hortalizas orgánicas de porte bajo y especies aromáticas como albahaca, sin embargo, en el 2017 dejó de funcionar la parte acuícola (DIASIETE.COM, n.d.).

A partir del 2005, en el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora (CESUES) se ha venido investigado la integración agrícola-acuícola,

produciendo lechuga, tomate, pepino europeo y forraje con los efluentes de la tilapia (Gómez-Merino et al., 2015).

En el 2006 la empresa BOFISH inicia actividades en Tlaquepaque, Jalisco, cultivando inicialmente tilapia nilótica, lechuga y albahaca; para el 2016 ya se cultivaba fresa (*Fragaria sp.*), tomate cherry, betabel (*Beta vulgaris*), acelga (*Beta vulgaris variedad cicla*), espinaca, brócoli (*Brassica oleracea italica*), pepino, calabaza (*Cucurbita sp.*), cebollín (*Allium schoenoprasum*), y cilantro (*Coriandrum sativum*) en un sistema de hidroponía con sustratos de fibra de coco y tezontle. En el 2018 la empresa no registró producción hortícola sólo acuícola por cambios de domicilio (BOFISH, 2016). Es importante señalar que en ésta empresa se lleva a cabo investigación y cursos relacionados con el sistema de producción de acuaponía.

En el 2009 el Colegio de Postgraduados Campus-Veracruz instaló un módulo acuapónico donde se evalúan diversas especies aromáticas, medicinales y hortícolas junto con la producción de tilapias en aguas salobres (Campos-Pulido, Alonso-López, Asiain-Hoyos, Reta-Mendiola, & Avalos-De la Cruz, 2015; Rosa Campos-Pulido, Alonso-López, Avalos-de la Cruz, Asiain-Hoyos, & Reta-Mendiola, 2013).

Por su parte, en la Universidad Autónoma Chapingo se ha trabajado con el sistema acuapónico de manera experimental desde el 2010, para determinar dosis adecuadas de alimento suministrada a los peces para alcanzar a satisfacer los nutrimentos que demanda cada cultivo, haciendo evaluaciones de rendimiento, calidad y postcosecha. En éste sistema, se han probado cultivos de tomate, lechuga, pepino, acelgas, fresa, cilantro y flores de corte como el lilis (Pineda, Pérez G, García A, Miranda V, y Ramírez A, 2014). Paralelamente, a partir de ese año, en la Universidad Autónoma de Querétaro se trabaja con la

acuaponía en temas de ahorro de agua, generando un diseño y transferencia del sistema como un conjunto de las ecotecnias que se manejaban en la comunidad de La Carbonera Santa Rosa, Jáuregui, Querétaro (Duarte-Fernández, Torres-Ávila, Fabiola, y Liliana, 2017).

El Colegio de Postgraduados Campus Montecillos, también desarrolla investigación en este tema con aspectos de nutrición y rendimientos de los cultivos (Gómez-Merino et al., 2015).

En el 2012, el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE) experimentó con éxito 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, 2016). En el mismo año, en el Instituto Tecnológico de Boca del Río se realizaron estudios de producción hidropónica y acuapónica con albahaca y langostino malayo (*Macrobrachium rosenbergii*), además se tienen algunos trabajos con tilapia gris (*Oreochromis niloticus*) y hortalizas para la evaluación del rendimiento (Gómez-Merino et al., 2015; Ronzón, Hernández, & Pérez, 2015).

En el Colegio de Postgraduados Campus-Córdoba se ha venido caracterizando los sistemas acuapónicos cerrados y abiertos que se pusieron en marcha en la zona centro del estado de Veracruz, donde se evalúa el comportamiento con distintos sustratos, riegos, y rendimientos (Gómez-Merino et al., 2015; Ortega-López, Trejo-Téllez, Gómez-Merino, Alonso-López, & Salazar-Ortiz, 2015).

En el Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) Unidad Villahermosa, Tabasco, desde el 2013 se ha trabajado con el diseño y la transferencia de un sistema denominado “Sistema Acuapónico de Bajo Impacto (SABI)”, este sistema se diseñó para abastecer las necesidades alimenticias de una familia, se puede

tener en el traspaso de sus casas (Iriarte-Rodríguez, Mendoza-Carranza, & Gómez, 2017).

En el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S.C. (CIBNOR) durante el periodo del 2015-2020 se trabaja en un proyecto denominado “Desarrollo de acuaponía combinada con cultivo a cielo abierto adaptado a regiones áridas para la producción sustentable de alimentos” junto con la Universidad de Tottori (Conacyt prensa, 2016).

Bajo este contexto, en México se clasifica a la acuaponía en tres grandes ramas: experimental, producción y mixto (Figura 3).

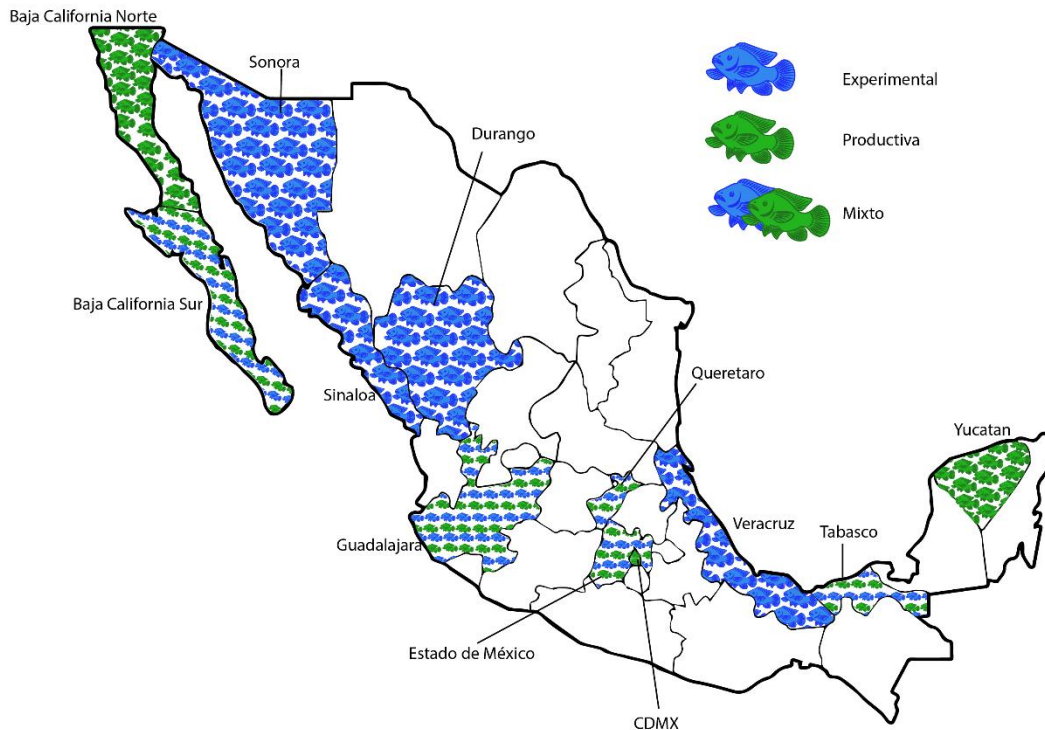


Figura 3. Estados donde se desarrolla acuaponía en México

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La acuaponía no es exclusiva de una región, en la Figura 3 se observa que ésta actividad va cobrando interés en varios Estados del país. La demanda de alimentos y la escasez de agua hace que este modelo de producción sea viable como sistema convencional de producción.

5.3 Caracterización de los sistemas de producción de acuaponía y sus actores

En este apartado se presenta la caracterización de los sistemas de producción de acuaponía ubicados en México, así como los actores relacionados con la actividad (productores e investigadores) y sus relaciones entre sí.

5.3.1 Diseños implementados en la acuaponía

Los sistemas de producción de acuaponía han tomado relevancia en los últimos años, debido a sus ventajas en los dos componentes de la producción. En su implementación es importante el diseño del sistema, ya que de éste depende la funcionalidad.

En los sistemas de producción de acuaponía además de tener los estanques de producción de peces (tilapia, o la variedad que se ocupe), se puede implementar camas flotantes, sustrato y sistemas NFT para los cultivos (Cuadro 2). El tamaño de los sistemas es muy heterogéneo, desde 9 m² hasta 1,000 m², con capacidad diferente de producción, desde 100 a 10,000 plantas de lechuga por ciclo de producción.

El área destinada a la producción es dividida en 50% para la producción hortícola y el 50% para la producción acuícola. Los estanques para los peces tienen en promedio 2.66 m de diámetro, con capacidad para 30 peces por m² en promedio.

En Tabasco, algunos estanques tienen un tercer componente para la producción de una variedad de caracol tote.

Cuadro 2. Tamaño de los sistemas de producción de acuaponía

	Tamaño de la unidad m ²	Tamaño del área de cultivo m ²	Tamaño del área de peces m ²	Tamaño de estanques m diámetro	Número de estanques
Mínimo	9	3	1	0.50	1
Máximo	1000	500	500	5.0	6
Media	164.50	81.50	80.50	2.66	1.64
CV %	179.71	181.87	184.85	84.21	87.80

N= 14

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el Cuadro 3 se muestra los sistemas de producción identificados con relación al tipo, tamaño, costo, funcionalidad, destino de la producción y estado en el que se produce.

Cuadro 3. Sistemas de producción de acuaponía identificados en México

Sistema	Tipo	Tamaño	Costo	Funcionalidad	Destino de la Producción	Estado
SABI (Tabasco)	NFT	Mediano	Medio	Alta	Autoconsumo	Experimental/productivo
COLPOS (Veracruz)	Balsa flotante	Pequeño	Bajo	Alta	Autoconsumo	Experimentación
COLPOS (Montecillo)	Balsa flotante	Mediano	Medio	Alta	Comercial	Experimentación
Universidad Autónoma Chapingo	Sustrato	Pequeño	Bajo	Alta	Autoconsumo	Experimentación
Querétaro	NFT	Pequeño	Bajo	Baja	Autoconsumo	Experimental/productivo
Baja California	Sustrato	Grande	Alto	Alta	Comercial	Experimentación
Jalisco	Balsa flotante	Medio	Alto	Media	Comercial	Experimental/productivo
Ecatepec	Balsa Flotante	Grande	Alto	Alta	Comercial	Productivo

Fuente: Elaboración propia con información de fase de campo (verano 2017)

Existen tres componentes de la hidroponía que pueden emplearse en la acuaponía; 1) la técnica en sustrato para dar soporte a las raíces de las plantas, que funge como un filtro mecánico (retiene las partículas gruesas) y como un filtro biológico; 2) la técnica de película de nutrientes (NFT), donde la plántula tiene expuesta la raíz dentro de tubos, la solución nutritiva pasa por intervalos de tiempo y las raíces absorben de esta delgada película de agua; y 3) la técnica de balsa flotante, es un método que implica la suspensión de las plantas en una placa de poliestireno con sus raíces inmersas en la solución nutritiva todo el tiempo del cultivo (Irriarte Rodriguez, 2017).

El tamaño de los sistemas acuícolas varía, se ubican pequeños (9 m²), medianos (30 m²) y grandes (1,000 m²). La funcionalidad varía según el diseño y éste tiene que ser de fácil manejo, debe operarse por una persona que desarrolle actividades relacionadas con el manejo y la sanidad, sin asumir riesgo alguno.

En general, el destino de la producción de los sistemas acuapónicos es para autoconsumo por el tamaño de los estakes. Sin embargo, en el modelo de transferencia en fase de prueba, hay granjas como la de Jalisco y Estado de México que tienen mayores dimensiones y un diseño funcional que les permite producir para vender con un valor diferenciado en el mercado.

La mayor parte de los sistemas se encuentran en fase de experimentación, ya que no se ha encontrado un modelo óptimo de financiamiento para poder establecer un nivel de producción.

5.3.2 Perfil de los productores de acuaponía

La edad promedio de los productores de acuaponía es de 43.64 años; el nivel de educación es de 10 años en promedio, pero también se ubican productores que

no tienen estudio; se observa que es una actividad nueva para la mayoría de los productores, un año en promedio (Cuadro 4).

Cuadro 4. Atributos de los productores

Variables	Edad (años)	Escolaridad (años)	Tiempo en la actividad (años)
Mínimo	26	0	0.3
Máximo	58	16	3
Media	43.64	9.93	1.09
CV %	20.93	55.18	88.99

N= 14

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los productores se clasificaron de acuerdo al tamaño de la unidad de producción, el 50% son pequeños productores (7) y se ubican en Querétaro. La unidad de producción La Carbonera, Santa Rosa Jáuregui, Querétaro, tiene una superficie de 9 m², con capacidad de producción de 45 peces por ciclo y 360 cabezas de lechuga*. Éste sistema de autoconsumo se está convirtiendo en una comunidad sustentable (Cuadro 5).

Cuadro 5. Tipos de productor de acuerdo al tamaño de la unidad de producción

Estado	Tipo productor	Número de productores	%
Querétaro	Pequeño	7	50
Tabasco	Mediano	4	29
Edo México	Grande	3	21
Total		14	100

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El 29% son medianos productores (3) se ubican en el estado de Tabasco, el sistema de producción es mediano (30 m²), con capacidad de 460 peces y 900 cabezas de lechuga*; y el 21% son grandes productores (3) en el Estado de México, con superficie de hasta 1,000 m² (50% para la producción acuícola y 50% para producción hortícola), la capacidad de producción es de una tonelada de pescado y 6,000 cabezas de lechuga*.

5.3.3 Investigadores involucrados en la acuaponía

La acuaponía es una actividad de reciente implementación en México, por lo que los investigadores juegan un papel muy importante en el desarrollo de esta técnica, generando y transfiriendo el conocimiento, y las investigaciones realizadas.

Los investigadores involucrados en la actividad llevan al menos tres años trabajando con el tema, la mayoría cuenta con el grado de Doctor en Ciencias, pero también hay técnicos y estudiantes que han realizado trabajos de investigación en temas como: evaluación de rendimiento, eficiencia energética, mejora de alimentos balanceados para peces, nutrición vegetal, cultivos que se adaptan mejor a una zona determinada y variedades de peces aptas para un sitio específico.

Las investigaciones realizadas tienen una amplia aplicación, debido a que el sistema de producción acuícola es visto como una forma integral de producción de autoconsumo y para la venta. Para el 2020, se tendrá una demanda insatisfecha de 30 millones toneladas de pescados y mariscos en el mundo, y la acuicultura es una actividad que podría ser desarrollada para cubrir esa brecha en la demanda estimada (Cai & Leung, 2017).

El enfoque de las investigaciones realizadas está en función de la ubicación geográfica en donde se ubican las unidades de producción acuícola. Los investigadores de la zona centro del país se enfocan en temas de nutrición y evaluaciones de rendimiento de variedades hortícolas, en el sur las investigaciones se enfocan hacia pesquerías y mejoras acuícolas; y en el norte el tema es el manejo del agua salubre y estrés en los cultivos y peces (Cuadro 6).

Cuadro 6. Temas de investigación de la producción de acuaponía

Zona	No. de Investigadores	Tema de estudio	Investigaciones particulares	Retos
Sur	8	Desarrollo rural Hortalizas Nutrición acuícola Economía Pesquerías	Desarrollar sistemas que apoyen al abasto familiar	Transferir la técnica como ayuda al ingreso de las familias tabasqueñas
Centro	5	Desarrollo rural Nutrición de cultivos Diseños de sistemas comerciales	Manejo de efluentes	Transferir la técnica como una más de las ecotecnias que pueden manejar los productores
Norte	4	Manejo de agua y suelo Nutrición vegetal Fisiología acuática acuicultura	Estrés Sanidad	Transferir la técnica para combatir los problemas de inseguridad alimentaria

Fuente: Elaboración propia con datos de campo, 2018.

La producción de acuaponía en cada zona tiene sus particularidades por lo que no se puede abordar los mismos aspectos en la evaluación. Sin embargo, el objetivo común de las investigaciones realizadas es la transferencia de la técnica de producción para ayudar a los productores a hacer más eficiente el uso de los recursos, generar ganancias y mejorar la calidad de vida.

5.3.4 Red de reconocimiento y colaboración entre productores e investigadores

Para analizar el nivel de interacción y colaboración entre los productores e investigadores se retomó la información recaba en las entrevistas. La información se procesó en el software NetDraw. En el Cuadro 7, se observa el catálogo de actores de la red, entre ellos: investigadores, productores e instituciones de financiamiento.

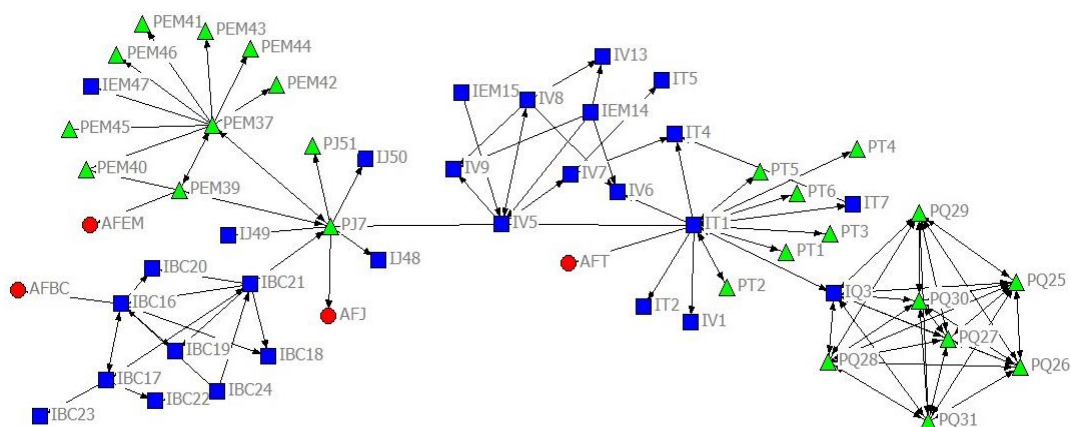
Cuadro 7. Catálogo de actores de la red de reconocimiento en la producción de acuaponía

Acrónimo	Significado
IBC	Investigador de Baja California Sur
IQ	Investigador de Querétaro
IT	Investigador de Tabasco
IV	Investigador de Veracruz
IEM	Investigador del estado de México
IJ	Investigador de Jalisco
PT	Productor de Tabasco
PQ	Productor de Querétaro
PEM	Productor del estado de México
PJ	Productor de Jalisco
AFT	Agente Financiador de Tabasco
AFBC	Agente Financiador de Baja California
AFEM	Agente Financiador del Estado de México

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De acuerdo a la estructura e integración de la red de reconocimiento (Figura 4), la colaboración entre los investigadores, productores y agentes de financiamiento es casi nula. La mayoría de los productores se referencian entre sí y mencionan al investigador que les transfirió la técnica de producción para implementar el sistema acuapónico.

De acuerdo a lo expresado por los investigadores la relación mostrada en la red, se basa únicamente en la consulta del material emitido o publicado en los diferentes centros de estudio. No hay colaboración e intercambio de información entre los investigadores de diferentes instituciones.



Densidad de red: 4 % Centralidad de salida: 20.33 % Centralidad de entrada: 9.99 %

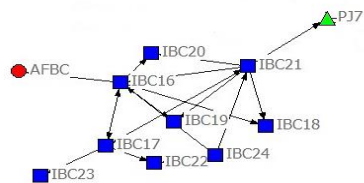
Figura 4. Red de reconocimiento y colaboración entre investigadores, productores y agentes de financiamiento en la producción de acuaponía.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

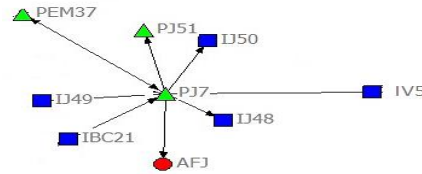
La densidad de la red (4%) indica que la relación entre los actores es mínima, los vínculos presentes son muy débiles, esto hace que el flujo de la información sea muy lenta o casi nula ya que se queda a nivel de comunidad. Existen actores que son dominantes en los vínculos de salida como: IT1, IEM37, IQ3, PQ30, PJ7, PQ25, PQ26, PQ29, PQ31, PQ27, PQ28. Los actores dominantes con grados de entrada o referencias son: IT1, IQ3, PQ30, PQ25, PQ26, PQ29, PQ31, PQ27, PQ28. En general se observa que sólo los investigadores de Tabasco y Querétaro transfieren e intercambian la información generada.

Analizando las redes de colaboración y reconocimiento por estado se observa que existe una limitada interacción entre investigadores y productores (Figura 4), las redes muestran más grados de salida que, de entrada, e indica que los actores referencian a otros que reconocen, pero no hay ningún intercambio de información.

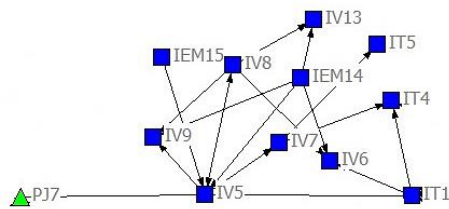
En el estado de Baja California Sur y Veracruz la colaboración existe entre los investigadores y con un solo productor. En el caso de Baja California Sur colaboran entre sí debido a que trabajan en un proyecto integrador; en la primera fase, se prueba la densidad de peces por m², la eficiencia del alimento y los cultivos adecuados para el uso de agua salubre; en la segunda fase, el sistema acuapónico será transferido a productores de la región para su validación. En este estado se cuenta con el apoyo del gobierno de Japón como agente financiador. En la Figura 5a, sólo figura un productor, debido a que se está reincorporando a productores que habían sido apoyados en algún momento para colocar sistemas acuapónicos y se abandonaron, por lo que, con éste proyecto se pretende dar seguimiento a esas unidades de producción.



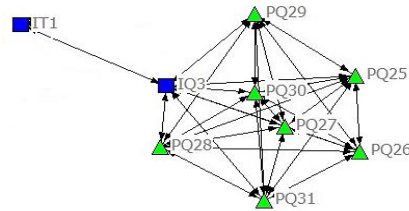
a) Baja California Sur
Densidad 16 %
Centralidad de salida: 48 %
Centralidad de entrada: 17 %



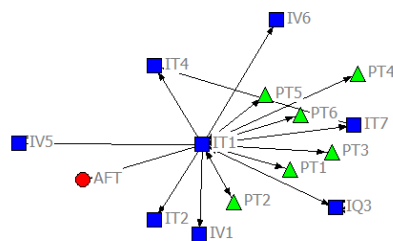
b) Jalisco
Densidad 12%
Centralidad de salida: 51%
Centralidad de entrada: 34%



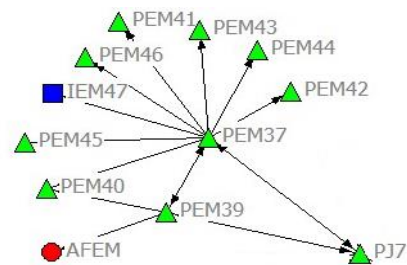
c) Veracruz
Densidad 13%
Centralidad de salida: 30%
Centralidad de entrada: 19%



d) Querétaro
Densidad 79%
Centralidad de salida: 23%
Centralidad de entrada: 9%



e) Tabasco
 Densidad 8%
 Centralidad de salida: 84%
 Centralidad de entrada: 31%



f) Estado de México
 Densidad 10%
 Centralidad de salida: 87%
 Centralidad de entrada: 8%

Figura 5. Redes de colaboración en la producción de acuaponía entre estados

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los investigadores de Veracruz colaboran entre sí, no hay interacciones con los productores; los avances con relación a técnica de producción son mínimos, solo se da una relación de reconocimiento.

En Jalisco existen una pequeña red de investigadores y productores en sistemas acuapónicos, pero sólo se interactúa con un productor (PJ7), quien ha sido pionero en los sistemas de producción de acuaponía en México, este productor es referenciado por varios actores dentro y fuera de Jalisco, sin embargo, él no reconoce a investigadores de otros estados.

En el estado de Tabasco varios productores tienen interacción con un solo investigador y este con otros investigadores; los productores no se conocen entre ellos, pero el investigador difunde las actividades realizadas en otras unidades de producción. En esta entidad se ubica la participación de CONACYT como agente financiador, con el apoyo del Consejo Tabasco ganó el premio INOVARTIS en 2017 con el proyecto SABI (Sistema Acuapónico de Baja Intensidad) el cual se transfirió y se evaluó dando resultados favorables a las familias beneficiadas.

La red de reconocimiento de Querétaro muestra más grados de salida que, de entrada, e indica que todos los actores interactúan entre sí, comparten experiencias y mejoran prácticas de producción en conjunto. Se ubicó a un agente financiador no referenciado “Fundación Río Arronte”, a través del cual fue posible la transferencia de sistemas acuapónicos a la comunidad La Carbonera, Santa Rosa Jáuregui.

En el Estado de México existe un investigador de sistemas acuapónicos y éste a su vez colabora con un productor que es referido por otros productores, la transferencia de la técnica es incipiente a pesar de contar con un agente financiador.

Lo antes expuesto coincide con Casas (2009), quien señala que en una red de colaboración se pueden encontrar cinco tipos de interacciones: 1) academia-gobierno, 2) academia-empresa, 3) gobierno-empresa, 4) empresa-empresa y 5) academia-empresa-gobierno.

En el Estado de México, Tabasco y Baja California Sur se da el tipo de interacción uno “academia-gobierno”, a través de instituciones tales como: gobierno federal, CONACYT, SAGARPA-CONAPESCA y gobiernos estatales.

El tipo de interacción dos “academia-empresa”, es una interacción que se da poco en la producción acuapónica, debido a que las empresas no acuden a instituciones de investigación y desarrollo. Sin embargo, se ubicó un caso en Querétaro, en donde la implementación de los sistemas acuapónicos fue a través de instituciones de investigación.

El tipo de interacción tres “gobierno-empresa” no se identificó en las redes analizadas.

La interacción cuatro “empresa-empresa”, se ubica en Querétaro y Estado de México.

El tipo de interacción cinco “academia-empresa-gobierno” es concebida como aquella que involucra a los actores de las instituciones educativas, al sector productivo y al gobierno; implícitamente este tipo de interacción no está reconocida en la red, sin embargo, en Baja California Sur las instituciones académicas tienen vínculos con el gobierno y con los productores para poder transferir el sistema de producción, con énfasis al manejo integral del agua salobre.

5.4 Viabilidad financiera del sistema acuapónico

En este apartado se analiza la viabilidad financiera de la producción de tomate bajo invernadero, de la producción de tilapia y de manera conjunta. Posteriormente se propone una unidad mínima rentable de acuaponía.

5.4.1 Caso 1. Cuando se tiene un invernadero

Unidad de producción de tomate bajo invernadero

La unidad de producción está ubicada en San Luis Huexotla, Texcoco Edo de México. El invernadero cuenta con ventilación cenital en batería de 35 m de largo por 35 m de ancho, la altura máxima al cenit es de 6.3 m con 1,225 m² para la producción de hortalizas con sistema de carga de 35 kg m²; cuenta con un cabezal y sistema de riego de diez líneas regantes con goteros auto compensados. Es importante señalar que la capacidad del sistema de riego está subvalorado ya que con facilidad puede regar hasta cuatro hectáreas. Tiene una bomba de 1.5 H.P., un manómetro, un sistema de filtración, tres depósitos de 1,100 litros para pre mezcla de solución nutritiva. Además, se cuenta con un sistema de generación de energía con paneles solares, controles, baterías y un

módulo de conexión a motorreductores para levantar cortinas, y es la vía de arranque del sistema de riego; éste sistema tiene la capacidad de regresar energía a la red pública.

El monto total de las inversiones para adquirir el invernadero, el sistema de riego y su cabezal alcanza y el sistema de energía fotovoltaica es \$ 1,054,055.68. Mientras que destinaron \$130,769 para adecuar las instalaciones eléctricas e hidráulicas, así como para adquirir equipos para el control de plagas y enfermedades y poscosecha. La inversión diferida es igual a \$ 1, 400 (Cuadro 8). Mientras que el capital de trabajo necesario para operar hasta obtener los primeros ingresos es de \$ 66,333.34.

Cuadro 8. Inversión fija, diferida y capital de trabajo del invernadero

Conceptos	Cantidad	Unidad	Costo/Unid (\$)	Monto total (\$)
Activos Fijos				1,054,055.68
Equipo de proceso				923,287
Invernadero (1225 m ²)	1,225	m ²	282.00	345,450
Equipo de fertigación automatizado	1	Lote	375,500.00	375,500
Sistema de riego	1	Lote	22,560.00	22,560
Sistema de ventilación motorizado con energía solar	1	Lote	163,360.22	163,360
Tensiómetro	1	Pza	3602.82	3,603
Herramientas	1	Lote	2313.88	2,314
Ganchos para tutoreo	3,000	Pza.	3.50	10,500
Instalaciones y equipo de servicios				130,769
Servicio de energía eléctrica				77,089
Sistema de producción y consumo en planta eléctrica solar autónoma	1	Lote	77,088.96	77,089
Cisterna	1	Lote	20,000	20,000
Tubería, válvulas, controles	1	Lote	4,320	4,320
Bomba 1.5 HP	1	Pza.	1,200	1,200
Sopladora 40cc	1	Pza.	4,135	4,135

Conceptos	Cantidad	Unidad	Costo/Unid (\$)	Monto total (\$)
Boquilla p/aspersor (de 2 salidas)	1	Pza.	225	225
Bascula Torrey	1	Pza.	3,800	3,800
Cuarto de control				20,000
Inversión Diferida				1,400
Análisis de agua				800
Análisis de suelo				600
Capital de Trabajo				66,333.34
Total				1,121,789.02

Fuete: Elaboración propia, 2018.

Las fuentes de financiamiento son: Usuario: \$ 314,016.14, SAGARPA: \$193,550.00. Subsidio equivalente al 50 % del costo del invernadero y el sistema de riego.

Los costos de producción que incluyen la preparación del suelo, la plántula (semilla y germinación), manejo agronómico y control de plagas y enfermedades, así como los costos de administración, la renta del predio y energía para el bombeo suman la cantidad de \$128, 356.55 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Costos variables y fijos de producción variables

Concepto	Monto (\$)
Costos Variables	128,356.55
Preparación del suelo	4,944.00
Formación de camas	1,865.00
Acolchado	775.00
Semillas, Servicios de Germinación, Trasplante	5,313.75
Mejoradores de suelo	655.00
Colocación de tutores	410.00
Fertilizante	34,687.69
Promotores de crecimiento (hormonas)	1,940.00
Control de plagas	2,777.50
Control de solución (ácidos)	330.00
Control de enfermedades	3,201.00
Inducción de la polinización	5,040.00

Mano de obra (limpieza, tutorio, raleo, podas)	66,417.61
Costos Fijos	13,836.00
Administración y ventas	5,500.00
Renta	6,664.00
Energía para bombeo	1,672.00

Fuente: Elaboración propia, 2018.

En el invernadero se desarrolla el cultivo de tomate todo el año, se producen 12 racimos por planta equivalente a 36 toneladas por ciclo, el tomate se vende por calidades, con un precio que varía de \$ 9.00-10.00 /Kg de fruto, el ingreso total es de aproximadamente de 350,055.20 pesos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Producción de tomate.

Calidad	Volumen (kg)	Valor de la producción (\$)
Extra grande	1,648.0	25,660.1
Primera	22,023.0	223,995.8
Segunda	3,815.0	34,106.1
Tercera	500.5	3,608.1
Revuelto	6,655.5	55,966.7
Papel	319.0	1,608.4
Ripio	1,262.5	5,555.0
Total	36,223.5	350,500.2

Fuente: Elaboración propia con datos de campo, 2018.

La utilidad anual del proyecto, derivados de la venta de jitomate fresco una vez descontados los costos variables, los costos fijos, la depreciación de las construcciones, maquinaria y equipo, y los impuestos es de 120 mil 194 pesos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Utilidad neta de las inversiones

Conceptos	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
(+) Ventas	356,055.2	356,055.2	356,055.2	356,055.2	356,055.2
Costos fijos	20,315.0	20,315.0	20,315.0	20,315.0	20,315.0
Costos variables	123,633.4	123,633.4	123,633.4	123,633.4	123,633.4

(-) costos totales	143,948.4	143,948.4	143,948.4	143,948.4	143,948.4
(=) utilidad bruta	212,106.8	212,106.8	212,106.8	212,106.8	212,106.8
(-) Depreciación	78,557.0	78,557.0	78,557.0	78,557.0	78,557.0
(=) Utilidad antes de impuestos	133,549.8	133,549.8	133,549.8	133,549.8	133,549.8
(-) Impuestos	13,355.0	13,355.0	13,355.0	13,355.0	13,355.0
(=) Utilidad del ejercicio	120,194.9	120,194.9	120,194.9	120,194.9	120,194.9

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

La inversión total del proyecto se recupera a partir del cuarto de año de operaciones, siempre y cuando se mantengan las condiciones de producción y precios de mercado. Al termino de cinco años la empresa tendrá un valor de 987 mil 067 pesos (Cuadro 12).

Cuadro 12. Flujo de efectivo.

Conceptos / año	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
(+) Ventas	356,055.20	356,055.20	356,055.20	356,055.20	356,055.20
(+) Valor de rescate					774,960.39
(=) Ingresos totales	356,055.20	356,055.20	356,055.20	356,055.20	1,131,015.58
Costos fijos	20,315.00	20,315.00	20,315.00	20,315.00	20,315.00
Costos variables	123,633.40	123,633.40	123,633.40	123,633.40	123,633.40
(=) Costos totales	143,948.40	143,948.40	143,948.40	143,948.40	143,948.40
Compra de activo fijos	1,054,055.68				
Compra de activo diferidos	1,400.00				
Compra capital de trabajo	66,333.34				
(=) Saldo final	- 909,682.23	212,106.79	212,106.79	212,106.79	987,067.18

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Al evaluar financieramente la producción de tomate bajo invernadero se obtuvieron los siguientes indicadores; la relación beneficio costo es de 0.84 e indica que por cada peso invertido en la producción de tomate se recupera sólo 84 centavos; el valor actual neto y la TIR son negativos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Indicadores financieros del invernadero de tomate.

Indicador	Valor
VAN	- \$265, 439
TIR	- 2.73 %
B/C	0.84

Fuente: Elaboración propia, 2018.

El invernadero con la poca superficie en funcionamiento no amortigua los costos fijos, eso hace que los datos de la evaluación financiera sean negativos y cuando inviertes haya una pérdida.

Unidad de producción acuícola

La unidad acuícola es modelada y tiene 12 tinas con un diámetro 4.5 m y una altura de 1.20 m, cada tina tiene una capacidad de 19 m³ con una densidad de 40 peces por m³, equivalente a 18,240 peces por ciclo que van a obtener una talla comercial de 400 g.

Se tiene un sistema de protección con malla sombra para evitar que las aves se coman los alevines. La especie de pez que se maneja en la unidad acuícola es la tilapia (*Rocky mountain*), ya que esta especie se adapta a un rango amplio de temperaturas y soporta condiciones adversas como baja oxigenación (Cutiño, C, & Pablo, 2018).

El ciclo de producción de la tilapia es de seis meses, logrando dos ciclos por año, la venta de los peces puede ser a partir de los cuatro meses con un peso de 200 a 250 g, a los seis meses el peso promedio es de 450 g.

El monto total de las inversiones en los estanques de peces y la protección anti pájaros es de \$ 355,170.92. Mientras que destinaron \$232,435.17 para para los activos fijos. La inversión diferida es igual a \$ 33,000.00 (Cuadro 14). Mientras

que el capital de trabajo necesario para operar hasta obtener los primeros ingresos es de \$ 89,735.75.

Cuadro 14. Inversión fija, diferida y capital de trabajo de la unidad acuícola

Conceptos	Cantidad	Unidad	Costo/Unid (\$)	Monto total (\$)
Activo Fijo				232,435.17
Terreno para colocación de estanques	0.5	Ha	65,000.00	65,000.00
Compresor de aire 1 hp	1	Pza.	4432.25	4,432.25
Manguera para aire 38 x 50	1	Pza.	240.89	240.89
Motobomba jet 3/4 hp 115/230 v	3	Pza.	4335.5	13,006.50
Tela mosquitero 32"	1	Pza.	8.84	8.84
Bascula digital de cocina 5 kg	1	Pza.	280	280
Bascula de reloj con charola cap. 10 kg	1	Pza.	782	782
Motobomba autocebante honda 4x4 13 hp ac-101	1	Pza.	20384	20,384.00
Manguera de succión 4 "	30	Pza.	264.5	7,935.00
Pichancha de bronce de 4"	1	Pza.	1464.7	1,464.70
Conector de fierro 4" macho para manguera	1	Pza.	202.15	202.15
Conector rápido de aluminio 4" mxm "F"	1	Pza.	295	295
Conector rápido de aluminio 4" c h. x mang.	2	Pza.	403.1	806.2
Compresor 2 hp, 20 gal	1	Pza.	6809.48	6,809.48
Filtro de aire en línea	2	Pza.	521.56	1,043.12
Bomba de agua centrifugada 1 hp	2	Pza.	2090.52	4,181.04
Tubo hidro cem. 25 mm 3 metros	10	Pza.	34.4	344
Tee PVC	10	Pza.	77.59	775.9
PVC 1 mtxs	10	Pza.	5.18	51.8
T	10	Pza.	34.05	340.5
Coupling pvc 1 sxs	10	Pza.	5.18	51.8
Tina de líquido con geomembrana de .80 mm. dimensiones: diámetro 4.5 m / altura 1.20 m / capacidad 19 m ³	12	Tina	4000	48,000.00
Geomembrana para base de laguna de desagüe. dimensiones: diámetro 12 m / profundidad 1.50 m / capacidad 85 m ³	1	Laguna	20000	20,000.00
Construcción de malla sombra	1	Costo	36,000.00	36,000.00

Activo Diferido				122,735.75
Elaboración de estudio y Asistencia Técnica	1	Servicio	24,000.00	24,000.00
Permisos y licencias	1	Permiso	3,000.00	3,000.00
Instalación de estanquerías	1	Presupuesto	6,000.00	6,000.00
Capital de Trabajo	1	Presupuesto	89,735.75	89,735.75
Total				355,170.92

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los ingresos que se obtienen en la unidad de producción acuícola ascienden a 390,759.161 pesos en el primer año de producción, en un año se consideran dos ciclos de producción (Cuadro 15).

Cuadro 15. Ingresos de la unidad acuícola

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio \$	Total Por Ciclo	Año 1
Producto	Kg	8,684	45.00	8,684	8683.5369
Venta de Tilapia	Kg	4,342	45.00	195,379.58	390759.161
Total de Ingresos				195,379.58	390759.161

Fuente: elaboración propia, 2018.

La utilidad anual del proyecto, derivados de la venta de la tilapia una vez descontados los costos variables, los costos fijos, la depreciación de las construcciones, maquinaria y equipo, y los impuestos sobre la renta es de 5, 895.97 pesos (Cuadro 16).

Cuadro 16. Utilidad neta de las inversiones

Conceptos	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
(+) Ventas	390759.16	410297.12	430811.97	452352.57	474970.20
Costos Fijos	140600.00	147630.00	155011.50	162762.08	170900.18
Costos Variables	161959.62	170057.60	178560.48	187488.51	196862.93
(-) Costos Totales	302559.62	317687.60	333571.98	350250.58	367763.11
(=) Utilidad Bruta	88199.54	92609.52	97239.99	102101.99	107207.09
(-) Depreciación	29239.86	30701.85	32236.95	33848.79	35541.23
(=) Utilidad Antes De Impuestos	58959.68	61907.66	65003.05	68253.20	71665.86

(-) Impuestos	5895.97	6190.77	6500.30	6825.32	7166.59
(=) Utilidad	53063.71	55716.90	58502.74	61427.88	64499.27

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La inversión total del proyecto se recupera a partir del cuarto de año de operaciones, siempre y cuando se mantengan las condiciones de producción y precios de mercado. Al termino de cinco años la empresa tendrá un valor 193,442.96 pesos (Cuadro 17).

Cuadro 17. Flujo de efectivo de la unidad acuícola

Conceptos	Año 0 \$	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
(+) Ventas		390759.16	410297.12	430811.97	452352.57	474970.20
(+) Valor De Rescate						86235.87
(=) Ingresos Totales		390759.16	410297.12	430811.97	452352.57	561206.07
Costos Fijos		140600.00	147630.00	155011.50	162762.08	170900.18
Costos Variables		161959.62	170057.60	178560.48	187488.51	196862.93
(=) Costos Totales		302559.62	317687.60	333571.98	350250.58	367763.11
Compra Activo Fijo	232435.17					
Compra Activo Diferido	33000.00					
Compra Capital De Trabajo	89735.75					
(=) Saldo Final	355170.92	88199.54	92609.52	97239.99	102101.99	193442.96

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Con relación a los indicadores financieros de la unidad de producción acuícola, se obtuvo un Valor Actual Neto (VAN) de 20.79 mil pesos, una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 11.15% y una relación Beneficio Costo (B/C) de 1.01, e indica que por cada peso invertido se obtiene 0.01 pesos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Indicadores financieros de la unidad acuícola

Indicador	Valor
VAN	\$20,789.66
TIR	11.15%
B/C	1.01

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los valores de los indicadores de la unidad acuícola son positivos y se puede decir que es un proyecto rentable.

Unidad de producción de acuaponía

La unidad de producción acuapónica cuenta con 12 tinas de producción acuícola con capacidad de 19 m³ y 1,225 m² para la producción de tomate, conservando la misma tecnología.

El área del cultivo de tomate pasa de una producción en suelo a camas con sustrato (Tezontle), con este sustrato se tiene un mejor agarre y menor dificultad con el manejo de la producción de tomate, ya que se necesita un sistema de recirculación cerrada.

El objetivo de combinar los sistemas de producción es el de ahorrar agua y fertilizantes, para producir el mismo e incluso un mayor rendimiento de peces y tomate, que de manera independiente.

El monto total de las inversiones en la sinergia de la unidad acuícola y la producción hidropónica es de \$ 1,116.278.86. Mientras que destinaron \$ 995.667.23 para para los activos fijos. La inversión diferida es igual a \$ 10,400.00 (Cuadro 19). Mientras que el capital de trabajo necesario para operar hasta obtener los primeros ingresos es de \$ 110,212.

Cuadro 19. Inversión fija, diferida y capital de trabajo de la unidad acuaponica.

Conceptos	Cantida d	Unidad	Costo/Unid (\$)	Monto total (\$)
Activos Fijos				995667.23
Terreno para colocación de estanques e Invernadero	5000	m ²	13.00	65000.00
Compresor de aire 1 hp	1	Pza.	4432.25	4432.25
Manguera para aire 38 x 50	1	Pza.	240.89	240.89
Motobomba jet 3/4 hp 115/230 v	3	Pza.	4335.50	13006.50
Tela mosquitero 32"	1	Pza.	8.84	8.84

Bascula digital de cocina 5 kg	1	Pza.	280.00	280.00
Bascula de reloj con charola cap. 10 kg	1	Pza.	782.00	782.00
Motobomba autocebante honda 4x4 13 Hp ac-101	1	Pza.	20384.00	20384.00
Manguera de succión 4 "	30	Metro	264.50	7935.00
Pichancha de bronce de 4"	1	Pza.	1464.70	1464.70
Conector de fierro 4" machjo para Manguera	1	Pza.	202.15	202.15
Conector rápido de aluminio 4" mxm npt "F"	1	Pza.	295.00	295.00
Conector rápido de aluminio 4" c h. x Manguera	2	Pza.	403.10	806.20
Compresor 2 hp, 20 gal	1	Pza.	6809.48	6809.48
Filtro de aire en línea	2	Pza.	521.56	1043.12
Bomba de agua centrifugada 1 hp	2	Pza.	2090.52	4181.04
Tubo hidro cem. 25 mm 3 metros	10	Pza.	34.40	344.00
TEE pvc	10	Pza.	77.59	775.90
PVC 1 mtxs	10	Pza.	5.18	51.80
Tubería abs 30 m	10	Pza.	34.05	340.50
Coupling pvc 1 sxs	10	Pza.	5.18	51.80
Tina de líquido con geomembrana de .80 mm. dimensiones: diámetro 4.5 m / Altura 1.20 m / capacidad 19 m ³	12	Tina	4000.00	48000.00
Geomembrana para base de laguna de Desagüe. dimensiones: diámetro 12 m / Profundidad 1.50 m / capacidad 85 m ³	1	Laguna Presupuest	20000.00	20000.00
Construcción de malla sombra	1	o	36000.00	36000.00
Invernadero	1225	m ²	400.00	490000.00
Sistema de riego	1	Pza.	50000.00	50000.00
Paneles solares y automatización	1	Pza.	157452.06	157452.06
Ganchos	3000	Pza.	3.50	10500.00
Bomba para extracción de agua	1	Pza.	1200.00	1200.00
Cisterna	1	Lote	20000.00	20000.00
Ductos, conductores y controles.	1	Lote	1600.00	1600.00
Tubería, válvulas y controles	1	Lote	4320.00	4320.00
Sopladora	1	Pza.	4135.00	4135.00
Boquilla para aspersor	1	Pza.	225.00	225.00
Bascula Torrey	1	Pza.	3800.00	3800.00
cuarto de control	1	Lote	20000.00	20000.00

Activos Diferidos				10400.00
Análisis de agua	1	Servicio	800.00	800.00
Análisis de suelo	1	Servicio	600.00	600.00
Permisos y licencias	1	Permiso	3000.00	3000.00
		Presupuest		
Instalación de estanqueras	1	o	6000.00	6000.00
Capital de Trabajo				110211.63
Total				1116278.86

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los ingresos que se obtienen en la unidad de producción acuaponica ascienden a 931375.977 pesos en el primer año de producción, en un año se consideran dos ciclos de producción de tilapia y uno de tomate (Cuadro 20)

Cuadro 20. Ingresos de la unidad acuaponica

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio \$	Año 1 \$
Ventas de peces	Kg	10855	50	542750
Ventas de Jitomate	kg	43.18066406	9000	388625.977
Total				931375.977

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La evaluación financiera de la unidad de producción de acuaponía se muestra en el Cuadro 21. El VAN es negativo, la TIR de 9.44% y la relación beneficio costo de 0.96, es decir, por cada peso invertido en la producción acuícola se pierden 0.04 pesos.

Cuadro 21. Indicadores financieros de la producción acuícola, tomate y sistema acuapónico

Indicadores	Valores		
	Tomate	Acuícola	Acuapónico
VAN	- \$265, 439	\$20,789.66	\$-78,569
TIR	- 2.73 %	11.15%	9.44%
B/C	0.84	1.01	0.96

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Los indicadores obtenidos de la evaluación financiera acuícola de esta investigación son similares a los reportados por Rakocy, Bailey, Shultz, & Cole (1997) quienes analizaron una unidad de 12 tinajas para producir tilapia, y obtuvieron un VAN de -\$60,208 y una TIR de 17.90%, ellos recomiendan que se tengan 24 tinajas para que los valores de los indicadores financieros sean positivos.

Al realizar la producción de tilapia y de tomate de manera conjunta se esperaba que los indicadores fueran mejores, sin embargo, el nivel de equipamiento del invernadero no está ocupado al 100% de su capacidad, por lo que el costo por unidad producida es elevado. El 82% de los costos totales de la unidad de producción de acuaponía son costos fijos, el 9.12% y 9% son costos variables y costos diferidos, respectivamente (Cuadro 12). Por ello, cada unidad tilapia o tomate producida asume un costo fijo elevado. Dentro de los costos variables totales el 33% es de mano de obra y electricidad.

Cuadro 22. Costos de producción en invernadero, en la unidad acuícola y acuapónica

Capital	Valores en pesos		
	Tomate	Acuícola	Acuapónico
Fijos	1,054,055.68	140,600.00	995,667.00
Variables	1,400.00	161,959.62	111,828.84
Diferidos	128,356.55	33,000.00	110,212.00
Total	1,183,812.23	335,559.62	1,217,708.84

Fuente: Elaboración propia, 2018.

De acuerdo a Tokunaga, Tamaru, Ako, & Leung (2015), la acuaponía requiere una inversión inicial alta, aproximadamente el 50% de la inversión se utiliza para adecuar las instalaciones con el equipo necesario, entre ellos: estanques de peces y construcción de camas de cultivo para vegetales. Se debe considerar que la vida útil del equipo en promedio es de cinco años, por lo que pasando ese tiempo se tendrá que ir reemplazando el equipo necesario.

5.4.2 Caso 2. Propuesta de una unidad mínima rentable de un sistema acuapónico

La unidad mínima rentable de producción acuapónica propuesta es para que una familia obtenga productos de autoconsumo y un excedente para la venta.

El sistema de producción sugerido considera un invernadero tipo cenital de 2,500 m² para la producción de planta, con balsas flotantes y lechugas de la variedad francesa, se estima una producción mensual de 27,600 plantas (ciclos de 30 días en invernadero). Para la producción acuícola se plantea una superficie de invernadero tipo túnel de 500 m² (22.36 m de ancho x 22.36 m de largo); cuatro estanques de geomenbrana de 6 m de diámetro x 1.2 m de alto, cubierto por túneles para proporcionar las condiciones necesarias de temperatura y protección para las fases juveniles de la tilapia; con este sistema se estima una producción mensual de 1,400 kg al mes de tilapia (Cuadro 23).

El monto total de las inversiones para adquirir los invernaderos, los estanques, las camas de cultivo es \$ 3109407.84 (Cuadro 23). Mientras que el capital de trabajo necesario para operar hasta obtener los primeros ingresos es de \$ 75264.07.

Cuadro 23. Inversión fija, diferida y capital de trabajo de la unidad mínima

Conceptos	Cantidad	Unidad	Costo/Unid (\$)	Monto total (\$)
Activos Fijos				3109407.84
Blower de 3 hp	4	Pza.	19000.00	76000.00
Canaletas de cultivo de 23 m x 1.25 m x 0.4 m	48	Pza.	16800.96	806446.08
Placas de poliestireno de 2.5 m x 1.20 m x 0.05 m	442	Pza.	850.00	375700.00
Mochilas con moto bomba de 15 litros	2	Pza.	3400.00	6800.00
Potenciometros	2	Pza.	5500.00	11000.00
Carretillas	5	Pza.	1300.00	6500.00

Cajas de plástico para cosecha	1000	Pza.	150.00	150000.00
Charolas de 200 cavidades	138	Pza.	40.00	5520.00
Estructuras de 5.5m de largo x 1.40 de ancho x 0.8m de altura acero	4	Pza.	2000.00	8000.00
Sistema de riego por nebulización	1	Pza.	15000.00	15000.00
Mochila de aplicación de 15 litros	1	Pza.	800.00	800.00
Palas	2	Pza.	150.00	300.00
Estanques de geomenbrana de 6 m de diámetro x 1.2 m de alto	4	Pza.	16000.00	64000.00
Sedimentadores tipo cono de 4 m de diámetro x 1.2 m de alto.	4	Pza.	20000.00	80000.00
Mineralizadores de 10 m3 cada uno	2	Pza.	10000.00	20000.00
Desmasificado de 5000 litros	1	Pza.	6000.00	6000.00
Malla anti pájaros.	3400	Pza.	13.00	44200.00
Oxímetro	1	Pza.	500.00	500.00
Cajas de plástico para la cosecha de peces	200	Pza.	150.00	30000.00
Clarificadores (1.8 X 1.2+1.1 X 45°)	2	Estanque	3500.00	7000.00
Filtros y tanque de degasificación (1.8 X 0.75 X 0.6)	5	Unidad	2000.00	10000.00
Polietileno de alta densidad (HDPE) de 0.5 mm	20	Kg	50.00	1000.00
Tanque receptor (1.2 X 0.91)	1	Pza.	1000.00	1000.00
Tanque para añadir base (0.6*0.91)	1	Pza.	600.00	600.00
Respaldo eléctrico	1	Unidad	38000.00	38000.00
Laboratorio calidad de agua	1	Unidad	26000.00	26000.00
Bomba de agua 0.5 Hp	1	Pza.	1500.00	1500.00
Aireador para peces 1.5 Hp	1	Pza.	3500.00	3500.00
Aireador para plantas 1 Hp	2	Pza.	2500.00	5000.00
Difusores de aire (peces)	440	Pza.	20.00	8800.00
Difusores de aire (hidroponía)	500	Pza.	20.00	10000.00
Plancha de unicel	260	Pza.	80.00	20800.00
Charolas para germinación (200 cavidades)	9	Pza.	40.00	360.00
Macetas de malla	6,800	Pza.	5.00	34000.00
Sustrato (peat moss) saco de 107 lt	1	Paca	300.00	300.00
Tramo	1	PVC 3/4"	8.88	8.88
Bulkhead	2	PVC 3/4"	30.00	60.00
Codo	2	PVC 3/4"	2.08	4.16
Válvula	1	PVC 3/4"	38.00	38.00
Tramo	1	PVC 1¼"	17.76	17.76

Bulkhead	3	PVC 1½"	60.00	180.00
Codo	2	PVC 1½"	4.16	8.32
Válvula	1	PVC 1½"	76.00	76.00
Tramo	6	PVC 3"	25.06	150.36
Bulkhead	1	PVC 3"	90.00	90.00
Codo	4	PVC 3"	55.14	220.56
Válvula	2	PVC 3"	500.00	1000.00
Tramo	10	PVC 4"	57.34	573.40
Bulkhead	20	PVC 4"	160.00	3200.00
Tee	2	PVC 4"	54.88	109.76
Cruz	2	PVC 4"	68.60	137.20
Codo	32	PVC 4"	73.35	2347.20
Válvulas	11	PVC 4"	813.00	8943.00
Tramo	41	PVC 6"	123.59	5067.19
Bulkhead	32	PVC 6"	250.00	8000.00
Codo	43	PVC 6"	340.38	14636.34
Tee	5	PVC 6"	625.97	3129.85
Válvula	14	PVC 6"	1788.60	25040.40
Cemento Rexolit (480 ml)	2	Bote	96.69	193.38
Invernadero tipo túnel	65	m ²	250.00	16250.00
Invernadero tipo túnel	500	m ²	250.00	125000.00
Invernadero tipo cenital	2500	m ²	400.00	1000000.00
Cisterna	5	m ³	700.00	3500.00
Bodega	24	m ²	700.00	16800.00
Capital De Trabajo				75264.07

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Con el sistema de producción acuapónico se estima una producción anual de 17 toneladas de pescado a partir del segundo año de funcionamiento y 40 toneladas de cultivo desde el primer año.

Los ingresos que se obtienen en la unidad de producción acuícola ascienden a 2,925,000.00 pesos en el primer año de producción, en un año se consideran dos ciclos de producción (Cuadro 24)

Cuadro 24. Ingresos de la unidad mínima

Concepto	Unidad	Cantidad	Precio \$	Año 1 \$
Ventas de peces	Kg	9800	45	441000
Ventas de lechuga	Pza.	248400	10	2484000
Total				2925000

Fuente: Elaboración propia, 2018.

La inversión total del proyecto se recupera a partir del cuarto de año de operaciones, siempre y cuando se mantengan las condiciones de producción y precios de mercado. Al termino de cinco años la empresa tendrá un valor de 2,965,592.3 pesos (Cuadro 25).

Cuadro 25. Flujo de efectivo de la unidad mínima.

Concepto	Año 1 \$	Año 2 \$	Año 3 \$	Año 4 \$	Año 5 \$
(+) Ingresos	2925000	3488400	3799440	4139694	4511988.9
(-) Costos Variables	-979679.628	-1991029.86	-1991029.86	-1991029.86	-1991029.86
(-) Costos Fijos	-329292.524	-329292.524	-329292.524	-329292.524	-329292.524
(-) Administración y Venta	-360240	-360240	-360240	-360240	-360240
(-) Depreciación					
Utilidad Después de Impuestos	1255787.85	807837.616	1118877.62	1459131.62	1831426.52
Flujo de Caja	1255787.85	807837.616	1118877.62	1459131.62	1831426.52
Periodo de Recuperación	-2251681.07	-1443843.45	-324965.835	1134165.78	2965592.3

Fuente: Elaboración Propia, 2018.

Bajo este escenario, la evaluación financiera del sistema propuesto se muestra en el Cuadro 26. El Valor Actual Neto esperado es de 1,698,701.16 pesos, una Tasa Interna de Retorno de 30.24 %, y una relación Beneficio Costo de 1.38, es decir además de recuperar le peso invertido se espera un ingreso de 0.38 pesos.

Cuadro 26. Indicadores financieros del sistema acuapónico propuesto

Indicador	Valor
VAN	\$1,698,701.16
TIR	30.24%
B/C	1.38

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Esta evaluación financiera se realizó sin subsidios y se está considerando introducir a mercados diferenciados el producto.

5.5 Perspectivas de la acuaponía

En este apartado se aborda las perspectivas de la producción de acuaponía desde el punto de vista de los productores e investigadores involucrados en la actividad.

5.5.1 La acuaponía desde el punto de vista de los productores

El índice de aceptación de los productores hacia la técnica de producción en general es positivo y aceptable. Los medianos productores tienen un índice de aceptación mayor, seguido de los pequeños y grandes productores. A pesar de ser un sistema que requiere una alta inversión inicial, con técnicas de producción complejas; el sistema acuapónico es rentable, amigable con el medio ambiente, permite incrementar los rendimientos e ingresos de las familias y obtener hortalizas de mejor calidad (Figura 6).

De acuerdo a Irriarte-Rodríguez (2017), la integración de la agricultura y la acuacultura en zonas rurales, permiten el incremento de los ingresos familiares (entre 15% y 30%), además de aumentar el consumo de pescado, lo que se traduce en una mejor alimentación e incremento de la calidad de vida.

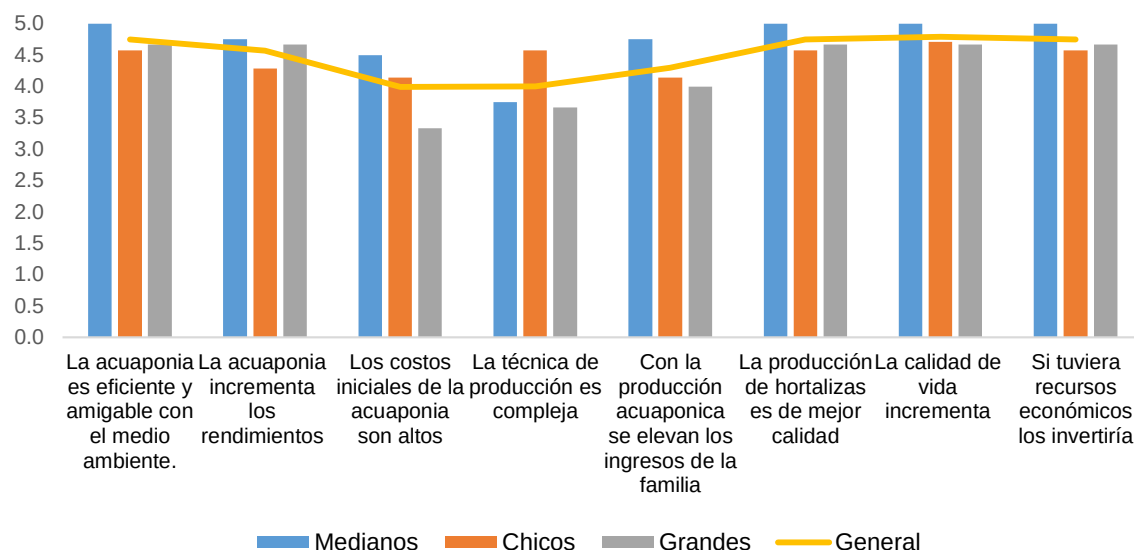


Figura 6. Índice de aceptación de la acuaponía por los productores.

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Con el sistema de producción propuesto, los pequeños productores podrán generar alimentos para autoconsumo en una primera fase, posteriormente cuando se hayan familiarizado con las técnicas de producción, podrán pasar o implementar un sistema de producción de mediana y gran escala.

Los productores que ya manejan un sistema de producción de mediana escala, generan la producción necesaria para autoconsumo y un excedente para intercambiarlo o comercializarlo localmente, obteniendo ingresos adicionales a otras actividades desarrolladas.

En el caso de los grandes productores, la acuaponía es una técnica conocida y si integran buenas prácticas de producción diferenciadas, pueden aprovechar nichos de mercado obteniendo precios especiales, contribuyendo a satisfacer la demanda de la región.

5.5.2 La visión de los investigadores hacia la acuaponía

Los investigadores de Baja California Sur, Querétaro, Tabasco, Veracruz, Estado de México y Jalisco con base a su experiencia señalaron algunas Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la producción de acuaponía (Figura 7):

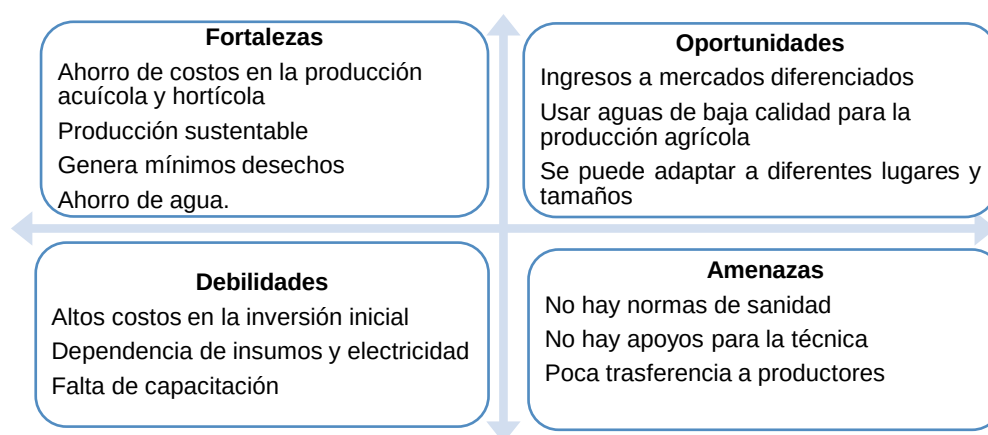


Figura 7. Análisis FODA de la acuaponía

Fuente: Elaboración propia con datos de campo, 2017.

Fortalezas: es una producción sustentable, ya que el sistema es capaz de ahorrar hasta el 90% de agua si se compara con una producción acuícola convencional, con relación al sistema de producción hortícola se ahorra 40% en fertilizantes. Ante la demanda actual por alimentos naturales y con técnicas de producción sin el uso excesivo de productos químicos, la acuaponía representa una alternativa de producción para generar alimentos de calidad e inocuos.

Debilidades: el sistema de producción requiere una inversión inicial alta, depende de insumos constantes como el alimento para la producción acuícola y electricidad, ya que son aspectos esenciales para el desarrollo de la actividad. Para implementar un sistema de producción acuícola es necesaria la asesoría

técnica de especialistas para la instalación y puesta en marcha de los módulos de producción.

Oportunidades: el sistema de producción puede adaptarse al lugar en donde se quiera producir; se puede ocupar aguas de baja calidad para la producción convencional, por ejemplo, aguas salubres ya que hay peces y plantas que se adaptan a este tipo de agua; los productos obtenidos se pueden comercializar en mercados diferenciados y adquirir precios preferenciales por la forma de producción.

Amenazas: hasta el momento no hay una certificación de inocuidad y orgánica de la producción; inexistencia de normas de calidad que respalden al producto en los mercados diferenciados.

Después del análisis FODA se realizó una matriz ERIC (Eliminar, Reducir, Incrementar y Crear), a través de la cual se identificaron acciones clave como: ¿Qué factores de la acuaponía se han realizado sin resultados por mucho tiempo y se deberían de eliminar?; ¿Qué factores se deberían de reducir por debajo del estándar planta y pez?; ¿Qué factores se deberían incrementar por arriba del estándar planta y pez?; ¿Qué factores se deberían crear para mejorar el sistema acuapónico? (Figura 8).

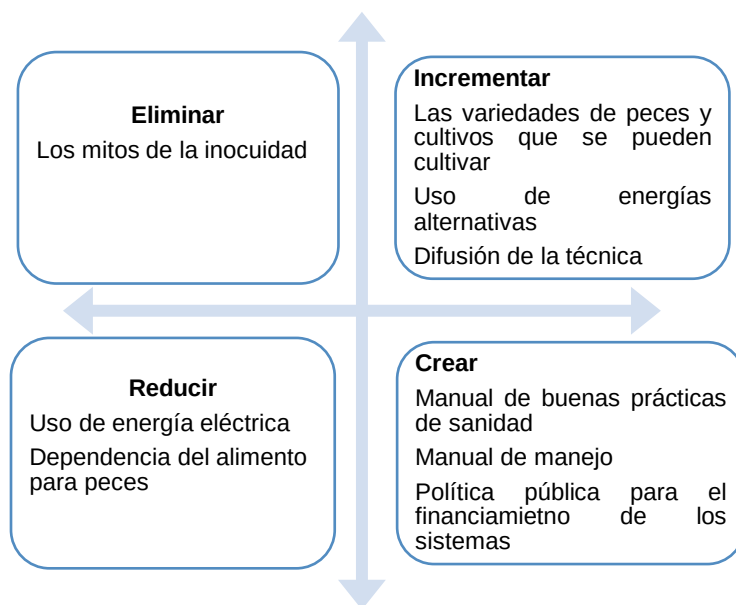


Figura 8. Matriz ERIC de la producción de acuaponía

Fuente: Elaboración propia con datos de campo, 2018.

De acuerdo a la matriz ERIC, las acciones necesarias para desarrollar a la acuaponía como un sistema de producción comercial son:

1. Desarrollar una campaña informativa describiendo la técnica de producción y enfatizando en la inocuidad del proceso, para que los consumidores conozcan la calidad de los productos que se obtienen bajo este sistema.
2. Generar manuales de procedimientos de buenas prácticas acuícolas y las medidas de inocuidad que debe tener el proceso de producción.
3. Diseñar una propuesta considerando la evaluación técnica, financiera y ambiental de la producción acuícola, dirigida al gobierno federal, con el objetivo de acceder a recursos públicos para la inversión inicial (instalación del sistema y la asesoría técnica).

4. Proponer dietas alternativas para la alimentación de los peces y el suministro de insumos para los cultivos, basada en las investigaciones desarrolladas por las universidades, y centros de investigación y desarrollo de las diferentes regiones. Así, como especies de peces y variedades de cultivos aptas para cada región.

De acuerdo a lo emitido por los investigadores la técnica de producción será adoptada por personas capacitadas en alguno de los componentes ya sea en acuicultura o hidroponía; a las personas sin conocimiento alguno le será más difícil implementar el sistema de producción.

La acuaponía en México se encuentra en fase de desarrollo, es una técnica que cobrará importancia por sus ventajas, entre ellas; amigable con el medio ambiente, es una alternativa de producción para elevar los ingresos de la familia y la calidad de vida en las zonas rurales. Hasta el momento las investigaciones desarrolladas se han enfocado en temas relacionados con la producción, rendimientos, densidad de población de peces y plantas, uso de alimentos especializados, entre otros. Los investigadores proyectan que en 30 años la acuaponía será una técnica de producción como lo es cualquier otro sistema de producción de alimentos actualmente.

5.6 El papel de la acuaponía en el desarrollo rural

De acuerdo a Lozano-Toledano (2016), en México actualmente más del 75% de la población rural está conformada por agricultores de subsistencia, en condiciones de pobreza y pobreza extrema por insuficiente acceso a recursos y oportunidades para desarrollar sus capacidades productivas, limitando su capacidad de generar mejores condiciones de vida. En este contexto, el sistema acuapónico ha demostrado grandes cualidades para contribuir a la construcción de estrategias encaminadas a promover el desarrollo rural, ya que puede aportar

beneficios desde distintos puntos de vista, tal como los mostrados en el Cuadro 27.

Cuadro 27. Enfoques y beneficios de la acuaponía en México

Ambientales	Seguridad alimentaria	Desarrollo comunitario
• Reduce la presión de las pesquerías • Requiere una fracción del agua requerida para el cultivo • Evita daños ocasionados por los desechos de la acuacultura • La producción local reduce la huella ecológica del transporte de mercancías	Provee alimento fresco y local en condiciones de: • Poca agua • Suelos contaminados • Suelos no aptos • Zonas sin accesos • Zonas sin o poca pesca	• Herramienta práctica para la docencia • Proporciona una formación ecológica • Permite el encuentro comunitario • Proporciona una capacidad laboral • Provee empleo

Fuente: Irriarte Rodríguez, (2017).

Para contribuir en el desarrollo rural el sistema de acuaponía se puede transferir con el Modelo de Campesino – Campesino, que es una parte fundamental de la participación y el empoderamiento como elementos intrínsecos del desarrollo sostenible; en donde se consideran principios para que el sistema tenga éxito en la transferencia, tales como: partir de las necesidades de los campesinos; trabajar con los recursos locales; avanzar paso a paso de manera gradual, se enseña con el ejemplo, entre otros.

5.6.1 Propuesta a programas públicos

De acuerdo a Gómez-Merino et al., (2015), la producción acuícola se puede considerar en algún programa público para inducir la implementación de los sistemas que se prueban en los centros de investigación y universidades. Con los sistemas acuapónicos se podría dar atención a más de 12 millones de personas en situación de pobreza extrema y los más de 27 millones en situación

de carencia por acceso a la alimentación si se implementarán sistemas pilotos en comunidades estratégicas para después reproducir el modelo en localidades que deben que ser atendidas.

5.6.2 Como integración social

Los sistemas acuapónicos se están situando en zonas urbanas o peri-urbanas, en unidades de producción conformadas por grupos de familiares o amigos, cuando se visitan estos lugares, es notoria la integración que se genera entre ellos y la gente que los rodea, ya que las conversaciones y acciones giran en torno a un contexto basado en sustentabilidad y salud. Aunado a ello, se generan empleos directos e indirectos con personas o vecinos cercanos a la producción, lo que provoca que, en algunos casos, formen grupos o “clubs” basados en el mismo sentimiento sustentable. En los sistemas formados por familias, hijos, padres y abuelos, conviven de una manera singular y participan en la producción y comercialización de los productos, lo que genera una emocionante convivencia familiar.

5.6.3 Educación básica y avanzada

La acuaponía como base para la educación es atractiva para niños de preescolar hasta de nivel doctorado, debido a los procesos que involucra. En la educación básica, sirve como un modelo para dar a conocer cómo funciona un ciclo natural de producción de alimentos. Las escuelas o centros educativos, deben involucrar a sus alumnos en actividades de alimentación, siembra, cosecha, lo que hace que las clases de biología, química, y otras ciencias naturales, tomen vida y sentido. Por otro lado, en educación superior, como licenciaturas y posgrados, representa un reto el hecho de saber que existen un sin número de variables en las que se tiene oportunidad de incursionar, cuestiones biológicas, ingenieriles, informáticas y otras.

Nota: En la medida de lo posible, la información de los cuadros no debe quedar cortada o separada en páginas diferentes.

6 CONCLUSIONES

La acuaponía es una actividad con auge en los últimos años, por ser una alternativa de producción que permite la reducción de descargas de efluentes, la reducción en el uso de insumos de síntesis química y por tanto una mejora en el cuidado al ambiente de los sistemas de producción en invernadero. Aunado a ello, en pequeña escala permite incrementar la calidad de vida de las familias que utilizan pequeños sistemas de producción con acuaponia, produciendo productos de autoconsumo y excedentes para su venta, incrementando los ingresos de las familias.

Por su parte, el enfoque de las investigaciones desarrolladas por universidades, institutos tecnológicos, colegios y centros de estudios está en función de la ubicación geográfica de las unidades de producción. En el centro del país los temas abordados son la nutrición y evolución de rendimientos de variedades hortícolas; en el sur la pesquería y mejoras acuícolas; y en la zona norte el uso del agua salobre y estrés en los cultivos y peces.

La red de reconocimiento y colaboración en la producción acuícola difiere en cada región. En este caso, se ubicaron interacciones débiles de tipo empresa-empresa, academia-gobierno y academia-empresa-gobierno, lo que indica que la difusión del conocimiento aún es incipiente.

El sistema acuapónico se comporta de forma diferente para cada tipo de productor que la adopta como: Los pequeños productores pueden generar alimentos vegetales y proteína sanos, libres de agroquímicos para su autoconsumo; los medianos pueden generar alimentos para su autoconsumo como los pequeños productores, pero tendrán un excedente para poder intercambiar o vender. Para los grandes productores pueden ingresar a nichos de mercado y obtener un valor diferenciado por sus productos.

Es importante considerar el tamaño y la capacidad de producción de una unidad mínima rentable al momento de incursionar en la actividad, ya que el objetivo de fusionar los sistemas productivos (acuícola y hortícola), es reducir los costos de producción y obtener los mismos e incluso mayores rendimientos comparados a la producción de manera independiente.

La unidad mínima rentable para que un productor pueda reinvertir y generar ganancias es de 2,500 m² para el área hortícola y 500 m² para la acuícola, con producción anual de 17 toneladas de pescado y 40 toneladas de cultivo.

Con respecto a las perspectivas del sistema de producción acuícola, se considera que es un sistema viable para producir alimentos de calidad e inocuos, amigable con el medio ambiente, permite incrementar los rendimientos e ingresos de las familias, mejorar la calidad de vida, es una actividad recreativa, contribuye a la seguridad alimentaria, a la generación de empleos e integración rural.

7 LIMITACIONES

El muestreo que se ocupó en esta investigación fue no probabilístico, debido a que aún no existe un padrón de productores con sistemas acuapónicos; tampoco existe un directorio de investigadores que abordan este sistema de producción. Por lo anterior, se optó por un muestreo dirigido por conveniencia, utilizando la técnica bola de nieve. En este sentido, la información recabada en esta investigación fue a través de entrevistas dirigidas a los productores e investigadores de diferentes regiones que se lograron localizar, por lo cual los resultados obtenidos solo pueden hacer inferencia a los casos reportados.

Para analizar la viabilidad financiera del sistema de producción en invernadero, se tomó la información a la que se tuvo acceso en una unidad de producción con producción de tomate en camas con sustrato. Se tomó esta alternativa debido a que las unidades de producción visitadas no proporcionaron información a detalle relacionada con sus ingresos y costos de producción.

A sí mismo, la unidad acuapónica mínima propuesta está en fase es a nivel de prototipo, ya que no se reporta un sistema de producción de estas dimensiones en funcionamiento. Por ello, en futuras investigaciones se recomienda analizar la viabilidad financiera de unidades de producción de pequeños, medianos y grandes productores, con diferentes sistemas de producción en cuanto a diferentes cultivos y especies de peces, lo cual requerirá convencer a los productores para que brinden información económica a detalle.

8 LITERATURA CITADA

- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., & Aguilar-Ávila, J. (2017). *Análisis de Redes Sociales: conceptos clave, calculo de indicadores* (Volumen 5). México: Universidad Autónoma Chapingo (UACH), Centro de Investigaciones Economicas, Sociales y Tecnologicas de la Agroindustria y la Agricultura Mundial (CIESTAAM).
- Aguilar-Gallegos, N., Martínez-González, E. G., Aguilar-Ávila, J., Santoyo-Cortés, H., Muñoz-Rodríguez, M., & García-Sánchez, E. I. (2016). Análisis de redes sociales para catalizar la innovación agrícola: de los vínculos directos a la integración y radialidad. *Estudios Gerenciales*, 32, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.estger.2016.06.006>
- Aguilera-Morales, M. E., Hernández-Sánchez, F., Mendieta-Sánchez, E., & Herrera-Furtes, C. (2012). Producción integral sustentable de alimentos. *Ra Ximhai*, 8(3), 71–74.
- Andía, W. (2014). Indicador de Rentabilidad de Proyectos: el Valor Actual Neto (VAN) o el Valor Económico Agregado (EVA). *Industrial Data*, 14(1), 015. <https://doi.org/10.15381/idata.v14i1.6204>
- Baca, G. (2010). *Evaluación de Proyectos* (Séptima ed). México. Retrieved from <https://es.slideshare.net/Luchos1959/evaluacin-de-proyectos-5519920>
- Baeyer Von, E. (n.d.). The Development and History of Horticulture. *Encyclopedia of Life Support Systems*.
- Blidariu, F., & Grozea, A. (2011). Increasing the economical efficiency and sustainability of indoor fish farming by means of aquaponics. *Animal Science and Biotechnologies*, 44(2), 1–8.
- BOFISH. (2016). Acuaponia. Retrieved from <http://www.acuaponiamx.com/>
- Cai, J., & Leung, P. (2017). *Short-term projection of global fish demand and supply gaps. Food And Agriculture Organization of the United Nations* (Vol. 607). Roma. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i7623e.pdf>
- Campos-Pulido, R., Alonso-López, A., Asiain-Hoyos, A., Reta-Mendiola, J. L., & Avalos-De la Cruz, D. A. (2015). La Acuaponía, Diversificación Productiva Sustentable. *Aquaponics: Sustainable Productive Diversification.*, 8(3), 66–70. Retrieved from <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=10861751>

- 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 acuaponia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 939–950.
- Casas, R. (2009). Redes y flujos de conocimiento en la acuacultura en el Noroeste de México. *Redes.Revista Hispana Para El Análisis de Redes Sociales*, 17(December 2009), 137–162. Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/40765371> Redes
- Chan, W., & Mauborgne, R. (2005). *La Estrategia del Oceano Azul*. Bogotá.
- Codina, A. (2010). Deficiencias En El Uso Del Foda Causas Y Sugerencias Shortcomings in the Use of the Swot Analysis Causes and Suggestions. *Revista Ciencias Estratégicas*, 19(25), 89–1794. Retrieved from <https://revistas.upb.edu.co/index.php/cienciasestrategicas/article/viewFile/1105/1304>
- Conacyt prensa. (2016). CONACYTPRENSA. Retrieved from <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/10548-desarrolla-cibnor-sistema-de-acuaponia-con-agua-salobre>
- Cutiño, V. B., C, I. J., & Pablo, S. (2018). *Acuaponia como alternativa productiva social*. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.
- DIASIETE.COM. (n.d.). Más vida en el desierto. 502, 41–47. Retrieved from https://cmsdata.iucn.org/downloads/mas_vida_en_el_desierto___erick_falcon___es_1.pdf
- Duarte-Fernández, A. M., Torres-Ávila, Fabiola, M., & Liliana, G.-E. (2017). Acuaponia una ecotecnia para el ahorro del agua en la producción de alimentos. In I. González Mlora, E. Ríos Patrón, J. M. Rivas, E. Cantoral Uriza, E. Luna Sanchez, R. Romero Ramirez, & U. Torres Garcia (Eds.), *COMPROMISO SOCIAL UNIVERSITARIO: TEJIENDO LA IDENTIDAD UNIVERSITARIA DE LA UAQ* (pp. 150–156). Mexico.
- Durán, J. M., Retamal, M., & Moratiel, R. (1991). *NGS®: Un nuevo sistema de cultivo hidropónico*.
- FAO. (n.d.). *Aquaculture and Farming Systems Development. Aquaculture and Farming Systems Development*.

- Felipe, A., Arboleda, A., Aleida, S., & Bedoya, R. (2011). Como me preguntes, respondo. El efecto del cambio en la redacción de las preguntas en una escala tipo Likert sobre las respuestas de visitantes al MIEPM.
- Gangenes, S. L., Liltved, H., Kledal, P. R., Høgberget, R., Björnsdottir, R., Homme, J. M., ... Seljåsen, R. (2015). Aquaponics NOMA. New Innovations for Sustainable Aquaculture in the Nordic Countries. *Nordic Innovation*, (May), 108. Retrieved from <http://www.nordicinnovation.org/publications>
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., & Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of Sustainable and Commercial Aquaponics. *Sustainability*, 7(April). <https://doi.org/10.3390/su7044199>
- Gómez-Merino, F. C., Ortega-López, N. E., Sánchez-Páez, R., Salazar-Marcial, E., & Salazar-Ortiz, J. (2015). La acuaponía: alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos de México. *Agroproductividad*, 8(3), 60–65.
- Grosser, T. J., & Borgatti, S. P. (2013). Network Theory/Social Network Analysis. In *Theory in Social and Cultural Anthropology: An Encyclopedia* (SAGE Publi, pp. 595–597). Thousand Oaks. <https://doi.org/10.4135/9781452276311.n196>
- Guil, M. (2006). Escala Mixta Likert-Thurstone. *Guil Bozal, Manuel*, nº 5, 81–96. Retrieved from http://institucional.us.es/revistas/anduli/5/art_6.pdf
- Gupta, M. v., Sollows, john D., MAzid, M. A. A. R., Hussain, M. G., & Dey., M. M. (1998). *Integrating Aquaculture With Rice Farming in Bangladesh: Feasibility an Economic Viability, Its Adoption an Inpact*. (J. R. A. E. and C. S. S. T. E. T. and M. G. B. L. A. A. C. and M. M. C. D. A. Contemprate, Ed.) (55th ed.). Bangladesh.
- Hernández Salamanca, C. J., & Piñeros Muñoz, J. S. (2013). *Diseño de un prototipo de un sistema de producción tipo aeropónico*.
- Iriarte-Rodríguez, F. V., Mendoza-Carranza, M., Gómez Álvarez, R., Cornelis van der Wal, J., & Perera García, M. A. (2017). Viabilidad técnica-financiera de un Sistema Acuapónico de Baja Intensidad (SABI) para la seguridad alimentaria familiar. In *Aplicación del Saber: Casos y Experiencias* (Vol. 3, pp. 1429–1434).
- Iriarte, F. V. (2017). *Producción Acuapónica Sustentable en el traspatio tabasqueño*. El Colegio de la Frontera Sur Producción (ECOSUR).

- Konig, B., Junge, R., Bittsanszky, A., Villarroel, M., & Komives, T. (2016). On the sustainability of aquaponics. *Ecocycles*, 2(1), 26–32. <https://doi.org/10.19040/ecocycles.v2i1.50>
- Little, DC, Surintaraseree, P., & Innes-Taylor, N. (1996). Fish culture in rainfed rice fields of northeast Thailand. *Aquacultura*, 4, 295–321.
- Little, D. C., Surintaraseree, P., & Innes-Taylor, N. (1996). Fish culture in rainfed rice fields of northeast Thailand. *Aquaculture*, 140(4), 295–321. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(95\)01208-7](https://doi.org/10.1016/0044-8486(95)01208-7)
- Love, D. C., Fry, J. P., Li, X., Hill, E. S., Genello, L., Semmens, K., & Thompson, R. E. (2015). Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture*, 435, 67–74. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.09.023>
- Lozano Toledano, A. (2016). Las Escuelas Capecinas (ESCAMP) en México: una opción de desarrollo Regional. In J. Aguilar-Ávila & V. H. Santoyo-Cortrés (Eds.), *Modelos Alternativos de capacitación y extensión comunitaria* (Primera, p. 197). Mexico.
- Lozares, C. (1996). La teoría de redes sociales. *Papers: Revista de Sociologia*, (48), 103–126. <https://doi.org/10.5565/rev/papers/v48n0.1814>
- Marstio, T. (1999). *Manual para escribir un plan de negocios*. Retrieved from http://descom.jmc.utfsm.cl/proi/PLANIFICACION/busplan_esp.pdf
- Martinez-Yáñez, R. (2013). Acuaponía: ¿Una posibilidad para tener en casa? *Revista de Divulgación Científica de Nutrición Ambiental y Seguridad Alimentaria*, 2(Septiembre-Octubre). Retrieved from <https://www.researchgate.net/publication/261098703>
- Mateus, J. (2009). Acuaponía: Hidroponía Y Acuacultura, Sistema Integrado De Producción De Alimentos. *Red Hidroponía*, (44), 7–10.
- Nassir Sapag, C. (2011). *Proyectos de Inversión Formulación y evaluación* (2ª edición). Chile: Pearson Educación.
- Ortega-López, N. E., Trejo-Téllez, L. I., Gómez-Merino, F. C., Alonso-López, A., & Salazar-Ortiz, J. (2015). 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.*, 8(3), 20–25. Retrieved

from

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fap&AN=108617507&site=ehost-live>

- Palm, H. W., Seidemann, R., Wehofsky, S., & Knaus, U. (2014). Significant factors affecting the economic sustainability of closed aquaponic systems. Part I: System design, chemo-physical parameters and general aspects. *AACL Bioflux*, 7(1), 20–32.
- Pineda, P. J., Pérez G, E., García A, I. N., Miranda V, I., & Ramírez A, A. (2014). Sistemas de Producción en Acuaponia. In D. Juárez R, O. Romero A, & J. C. Patron I (Eds.), *Manejo Agroecológico de sistemas* (pp. 87–102). Puebla: Benemérita Uiniversidad Autónoma de Puebla.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Shultz, K. a, & Cole, W. M. (1997). Evaluation of a commercial-scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. *4th International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, 603–612. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ramírez, J. L. (2009). Procedimiento para La Elaboración de un Análisis FODA omo una Herramienta de Planeación Estratégica en las Empresas. *Ciencia Administrativa*, 2, 54–61. <https://doi.org/10.1093/mnrasl/slv177>
- Ronzón, M., Hernández, M. P., & Pérez, C. I. (2015). Aquaponic production of three vegetables in systems associated to semi-intensive growth of grey tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Agroproductividad*, 8(3), 36–32.
- Rupasinghe, J. W., & Kennedy, J. O. S. (2010). Economic Benefits of Integrating a Hydroponic-Lettuce System Into a Barramundi Fish Production System. *Aquaculture Economics & Management*, 14(2), 81–96. <https://doi.org/10.1080/13657301003776631>
- Sanz, L. (2003). Análisis de redes sociales: o cómo representar las estructuras sociales subyacentes. *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, 7, 10. <https://doi.org/10.1007/s10588-006-7084-x>
- Soria, J. A. (2012). *6° Curso De Hidroponía Basica Para Principiantes*.
- Tokunaga, K., Tamaru, C., Ako, H., & Leung, P. (2015). Economics of small-scale commercial aquaponics in hawai'i. *Journal of the World Aquaculture Society*, 46(1), 20–32. <https://doi.org/10.1111/jwas.12173>
- Velàzquez, A., & Aguilar, N. (2005). *Manual Introductorio al Analisis de Redes*

Sociales. Mexico. Retrieved from http://cemusstudent.se/wp-content/uploads/2012/02/YIN_K_ROBERT-1.pdf%5CnISBN978-1-412296099-1

Wheeler, Raymond, M., Cheryl L, M., Sager, J. C., Knott, W. M., & Hinkle, R. (1989). Potato growth and yield using nutrient film technique (NFT). *American Potato Journal*, 67(3), 177–187. <https://doi.org/10.1007/BF02987070>

9 ANEXOS

9.1 Entrevista para Investigadores



Universidad Autónoma Chapingo

Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial

Análisis y perspectivas de la acuaponía en México

Investigadores



Nombre: _____

Estado: _____ Localidad: _____

Nombre de la institución o empresa: _____

Cargo que ostenta que en la institución o la empresa: _____

Cuantos años tiene: _____ Grado académico: _____

¿Cuánto tiempo lleva realizando la actividad?

- A) 1-3
- B) 3-5
- C) 5+

¿Es factible el sistema de producción acuapónico?

- 1. Económico, Técnico y Ambiental
- 2. Solo: Económico y Técnico
- 3. Solo: Económico y ambiental
- 4. Solo: Técnico y ambiental
- 5. No, en ningún aspecto

¿Indique tres características que debe tener una persona que quiera incursionar en la acuaponía?

- 1.
- 2.
- 3.

¿Qué tipo de productores son más propensos a la adopción de esta técnica?

- 1. Los productores hortícolas
- 2. Los productores piscícolas
- 3. Ambos
- 4. Ninguno
- 5. Otros

Mencione 3 restricciones del sistema acuapónico desde su punto de vista

- 1.
- 2.
- 3.

Mencione 3 ventajas del sistema acuapónico

- 1.
- 2.
- 3.

Lugares donde considera que se podría adoptar esta técnica

¿Considera que el sistema acuapónico tiene perspectivas de crecimiento?

1) SI 2) NO
¿Por qué?

9.2 Entrevista a Productores



Universidad Autónoma Chapingo
Maestría en Ciencias en Estrategia Agroempresarial
Análisis y perspectivas de la acuaponía en México



Datos del Productor							
Nombre:				Edad:	Escolaridad:		
Cargo que ostenta dentro de la explotación:				Tiempo que lleva realizando la actividad:			
Ubicación							
Estado:			Municipio:		Localidad:		
Sistema de producción							
tamaño de unidad	Tamaño de estanques	Tamaño de producción de cultivos:	Sistema ocupado: 1) Balsas flotantes 2) NFT 3) NGS 4) Sustrato 5) Otro			Modificaciones al sistema:	
Asociación de cultivos							
Asociación de cultivos	Peso final del pez	Densidad de pescados m ³	Peso final del cultivo	Densidad de plantas m ²	Utiliza algún tipo de fertilización adicional	Dieta que maneja	m ³ de agua utilizados por ciclo del pescado

Precio por Kg de pescado vendido:	Precio por cultivo vendido:	Considera que el sistema acuapónico tiene perspectivas de crecimiento	Mencione 3 restricciones del sistema acuapónico desde su punto de vista	Mencione 3 ventajas del sistema acuapónico
		1. Si 2. No	1. 2. 3.	1. 2. 3.
Relaciones				
Conoce a otras personas que hagan lo mismo:			Nombre e Institución:	
Se apoya de alguna persona en especial para hacer consultas:				
Da algún tipo de asesoría y capacitación:				