

# Diseño e implementación de sistemas acuapónicos de bajo costo para comunidades rurales del estado de Campeche

Xavier Alejandro, Pérez-Luna<sup>1</sup>; Jaime, Bautista-Ortega<sup>1</sup>; Alberto, Santillán-Fernández<sup>1,5</sup>; Adán, Cabal-Prieto<sup>2</sup>; Juan Carlos, Cuevas-Bernardino<sup>3,5</sup>; Zulema Guadalupe, Huicab-Pech<sup>3,4\*</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Campeche. Carretera Federal Haltunchén-Edzná Campeche, km. 17.5. México. C.P. 24450.

<sup>2</sup> Instituto Tecnológico Superior de Huatusco, Veracruz. Av. 25 Poniente N0. 100, Colonia Reserva Territorial, Huatusco, Veracruz. C.P. 94106.

<sup>3</sup> Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. CIATEJ. Subsede SURESTE. Km 5.5, Carretera Sierra Papacal-Chuburna Puerto México. C.P. 97302.

<sup>4</sup> Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI). Programa de Estancias Posdoctorales. Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Demarcación Territorial Benito Juárez. CD. México. C.P. 03940.

<sup>5</sup> Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), Investigadores por México, Av. Insurgentes Sur 1582, Col. Crédito Constructor, Demarcación Territorial Benito Juárez. Cd. de México. C.P. 03940.

\* Autor para correspondencia: zulema\_hp@hotmail.com

**Cómo citar:** Pérez-Luna, X. A., Bautista Ortega, J., Santillán Fernández, A., Cabal Prieto, A., Cuevas Bernardino, J. C., & Huicab Pech, Z. G. Diseño e implementación de sistemas acuapónicos de bajo costo para comunidades rurales del estado de Campeche. *Agro-Divulgación*, 5(4). <https://doi.org/10.54767/ad.v5i4.496>

**Editores académicos:** Dra. Ma. de Lourdes C. Arévalo Galarza y Dr. Jorge Cadena Iñiguez.

Publicado en línea: Febrero 2026.

*Agro-Divulgación*, 5(4). Julio-Agosto. 2025. pp: 65-69.

Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 International

## Problema

Las comunidades de Xmaben, Hopelchén y Santa Cruz de Rovira, Champotón, todas del estado de Campeche, enfrentan una problemática en torno a la producción y diversificación de alimentos. A pesar de ser el hábitat reportado del crustáceo decápodo *Procambarus llamasii*, un alimento importante y fuente de proteína con un sabor característico para la comunidad, su aprovechamiento no es el mejor.

Las metodologías de producción y manejo de esta especie nativa son aún incipientes, lo que limita su aprovechamiento de manera eficiente y sostenible, pese a su reconocido potencial acuícola. Esta situación ha favorecido la subutilización de un recurso estratégico para el autoconsumo y la diversificación de ingresos comunitarios mediante la implementación de sistemas acuícolas integrados, en los que de forma sinérgica se obtiene proteína de origen animal y vegetal.

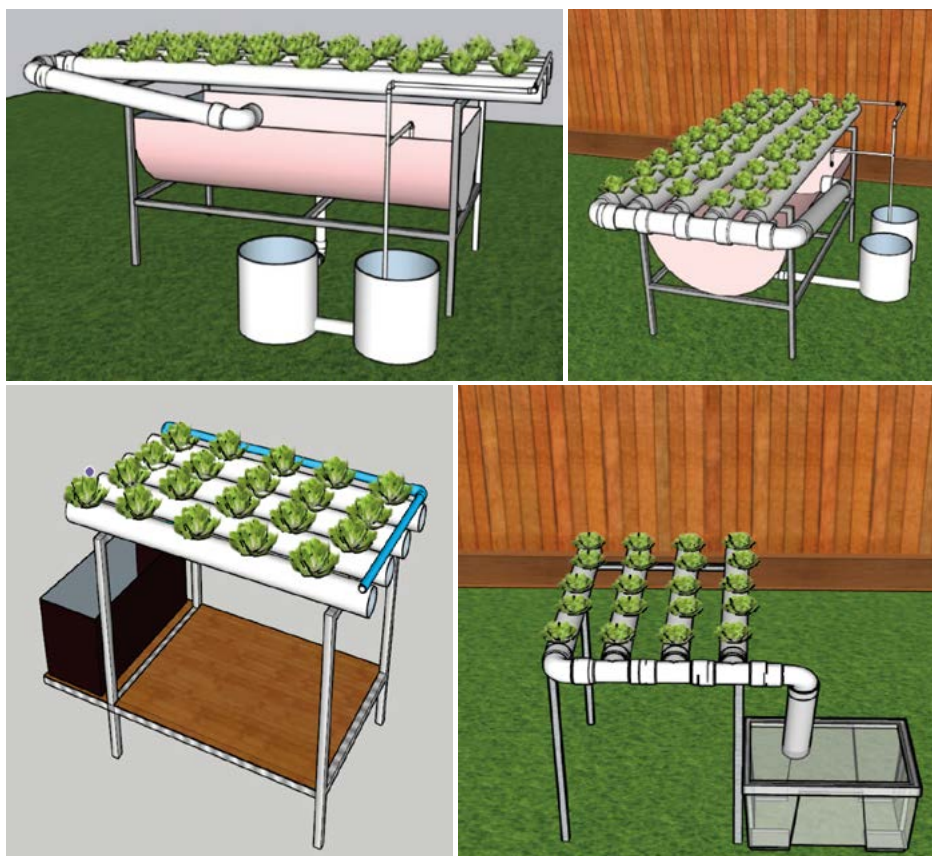
La problemática se intensifica por factores adicionales, como las restricciones de espacio y la posible contaminación antropogénica de los drenes agrícolas en la comunidad de colecta, condiciones que incrementan la vulnerabilidad y la inseguridad alimentaria.



Asimismo, la carencia de herramientas educativas prácticas y de tecnologías apropiadas para el desarrollo de sistemas de producción de alimentos frescos y de calidad en entornos urbanos, periurbanos y comunitarios limita la autodeterminación alimentaria y reduce la resiliencia de la población frente a las fluctuaciones del mercado, la disponibilidad de alimentos y las presiones ambientales.

### Solución planteada

La implementación y optimización de sistemas acuapónicos en la comunidad de Xmaben, Hopelchén y Santa Cruz de Rovira Champotón, con un enfoque particular en la cría del crustáceo nativo, acocil *Procambarus llamasí*, así como el cultivo de lechuga como fuente vegetal. Estos sistemas integran el cultivo del acocil con la hidroponía, creando un ciclo donde los desechos metabólicos son biotransformados en nutrientes para el cultivo de plantas sin suelo. Esta recirculación hídrica minimiza el consumo de agua y la generación de residuos, permitiendo una producción dual de alimentos con una eficiencia de recursos mejorada. Se subraya que la variabilidad de los costos está ligada a factores como la zona geográfica, la calidad de materiales empleados y las especificidades del cultivo seleccionado. A pesar de ello, el costo estimado corresponde al diseño ilustrado en la Figura 1.



**Figura 1.** Diseños de sistemas acuapónicos de bajo costo. Diseños elaborados con el software SketchUp® 2022 y Autodesk 3ds Max® 2025.

Por lo anterior, se conceptualizan y presentan tres prototipos de sistemas acuapónicos diseñados para ser accesibles y adaptables a las condiciones locales, utilizando materiales comúnmente disponibles en tlapalerías y/o ferreterías (Cuadro 1). Los sistemas poseen cinco componentes clave; bomba sumergible, tuberías para cultivo, sistema de riego, contenedor para los organismos acuáticos y biofiltros. La flexibilidad en el diseño busca consolidar a los habitantes para que adapten los sistemas a sus recursos y creatividad, optimizando la productividad y diversificando sus fuentes de ingreso y consumo de alimentos a nivel de traspatio familiar. Cabe señalar que los diseños propuestos se estructuran con materiales de bajo costo, que permitan a pequeños productores invertir un mínimo recurso para la producción de ambas especies (proteína animal y vegetal).

### Retribución social

Se genera capital social y humano, al fomentar una economía circular regenerativa al integrar la cría de *Procambarus llamas* y cultivos sin suelo, diversificando proteínas y promoviendo la transferencia de tecnología inversa. Esto impulsa a la ingeniería de adaptación *in situ* y la capacitación en tecnologías sostenibles, elevando la alfabetización técnico-cien-

**Cuadro 1.** Conceptos y costos para la implementación de un Sistema Acuapónico.

Concepto	Descripción Breve	Detalles	Costo Estimado (MXN y US\$)
Bomba Sumergible	Permite movilizar el agua entre los diferentes componentes del sistema (ej. del contenedor a los biofiltros o tuberías de cultivo)	Considerar caudal (L/h), altura de elevación (metros) y consumo de energía. Hay bombas de bajo consumo para acuarios no mayores a los \$400.00 MXN	\$350.00 (US \$19)
Tuberías para Cultivo	Conductos para transportar el agua y nutrientes a las plantas. Pueden ser PVC	Diámetro por lo general de 2 a 3", longitud no mayor a 6 metros. Se usan en sistemas NFT	\$210.00 (US \$11)
Sistema de Riego	Componentes para la distribución eficiente del agua a las plantas (mangueras, conectores, codos, válvulas, selladores, etc.)	Depende del tipo de cultivo y la accesibilidad de los materiales, a pequeña escala se pueden usar materiales de plomería	\$139.00 (US \$7.5)
Contenedor para Organismos Acuáticos	Tanque, estanque o pecera donde se criarán los organismos acuáticos	Material (plástico, fibra de vidrio, geomembrana, etc.), la capacidad está influida por el número de organismos	\$239.50 (US \$13)
Biofiltros	Componente para la depuración del agua, donde las bacterias nitrificantes transforman los desechos de los organismos en nutrientes para las plantas	Material del filtro (medios plásticos, arcilla expandida, esponjas, roca volcánica)	\$400.00 (US \$21)
Otros Materiales Complementarios	Herramientas básicas, sustratos para plantas, nutrientes adicionales, aireadores, piedras difusoras	Pequeños gastos que suman al total. Es importante preverlos	\$200.00 (US \$11)
Mano de Obra (Instalación)	Costo asociado a la instalación del sistema, si no lo realiza uno mismo.	Puede ser un costo significativo si se contrata personal especializado	\$500.00 (US \$26)
Materiales Estructurales (Soporte)	Madera, metal o PVC para construir estructuras de soporte para las tuberías de cultivo o el contenedor	Varía según el diseño, materiales y la estabilidad requerida para el sistema	\$1200.00 (US \$64)
Consumibles Iniciales	Semillas, alevines, alimento, kits de prueba de agua, manejo de plagas y enfermedades	Gastos recurrentes, pero es importante considerarlos en la inversión inicial	\$800.00 (US \$42)
<b>Costo Total Estimado</b>			<b>\$4,038.50 (US \$212)</b>

tífica local y el empoderamiento de los pobladores con una nueva forma de producción de alimentos (Figura 2). Dicha autodeterminación alimentaria reduce la vulnerabilidad socioeconómica y fortalece la resiliencia alimentaria endógena mediante la innovación distribuida y seguridad alimentaria.

### Agradecimientos

Al proyecto CONV\_PROTTINS\_20\_25\_01\_02 del Colegio de Postgraduados Campus Campeche y Estancias Posdoctorales por México–Inicial Mujeres Indígenas 2023(1) con CVU 330223.



**Figura 2.** Sistemas acuapónicos y capacitación a productores cooperantes de zonas rurales del estado de Campeche.

### Innovaciones, impactos e indicadores

Nivel de Innovación	Descripción	Transferido	Impacto		Indicador General de políticas públicas	Indicadores Específicos	Subindicador
			Sector	Ámbito			
Innovación sostenible	Desarrollo de un sistema de acuicultura para traspatio que contribuyan a la economía familiar	Asociaciones de Productores Gobierno de los Estados Productores independientes	Primario: Acuicultura y pesca, agricultura Procesos de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i)	Social Económico Ambiental Conocimiento	Ciencia y Tecnología Económico Educación Responsabilidad Ambiental	Competitividad Recursos Humanos Comercio Generación de empleos Capacitación	Número de publicaciones Número de familias beneficiadas Transferencias tecnológicas Aplicación de técnicas y conocimientos tecnológicos para el desarrollo social y económico
Innovación frugal	Implementación de estrategias de bajo costo para la implementación de un sistema acuapónico y cultivo de hortalizas.						

