

Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas para el emprendimiento en comunidades de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán.

Innovation proposal in the production of endemic species for entrepreneurship in communities in the lake region of Pátzcuaro, Michoacán.

Martín Tapia-Salazar*

Laura Adame-Rodríguez*

Maricela Villanueva-Pimentel*

Fecha de recepción: 27 de agosto del 2024

Fecha de aceptación: 26 de noviembre del 2024

Fecha de Publicación en línea: 31 de enero del 2025

Abstract: The growing demand for food generated by population growth, combined with climate changes that affect the agri-food sector in Mexico, make new production models necessary that contribute to food security and the quality of life of rural communities. An aquaponics model as an innovative alternative for self-consumption and marketing represents an opportunity for entrepreneurship and sustainable food production with an impact on the economic and social development in the lake region of Lake Pátzcuaro, Michoacán.

The technological transfer of an aquaponics model to the community of Chapultepec, a town in this municipality, is the product of an inter-institutional and interdisciplinary research process between researchers from the Higher Technological Institute of Pátzcuaro and the Regional Center for Aquaculture and Fisheries Research (CRIAP- Pátzcuaro), which by applying a Community Intervention methodology: diagnosis, planning, execution and evaluation, contributes with possible solutions to the problem of contamination and decrease in the water resources of Lake Pátzcuaro, the loss of biodiversity of its endemic aquaculture species and the decrease in fishing practices in the region.

* Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro mtapia@itspa.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-6490-4119>

* Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro ladame@itspa.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0002-6017-5799>

* Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro mwillanueva@itspa.edu.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8508-1433>

The main result of the study was the generation of knowledge about the operation of an acúmara aquaculture production unit as an endemic species that serves as a basis for the redesign of an aquaponic production model at the backyard level for subsequent transfers in other communities in the region.

Clasificación JEL: A13, D41, D81, I10, I12

Resumen: La creciente demanda de alimentos generada por el crecimiento poblacional, aunada a los cambios climáticos que afectan al sector agroalimentario en México, hacen necesarios nuevos modelos de producción que coadyuven a la seguridad alimentaria y a la calidad de vida de las comunidades rurales. Un modelo de acuaponia como alternativa innovadora de autoconsumo y comercialización representa una oportunidad para el emprendimiento y la producción sustentable de alimentos con incidencia en el desarrollo económico y social en la región lacustre del lago de Pátzcuaro, Michoacán.

La transferencia tecnológica de un modelo de acuaponia a la comunidad de Chapultepec, localidad de este municipio, es el producto de un proceso de investigación interinstitucional e interdisciplinaria entre investigadores del Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro y el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera (CRIAP-Pátzcuaro), que aplicando una metodología de Intervención Comunitaria: diagnóstico, planeación, ejecución y evaluación, contribuye con posibles soluciones a la problemática de contaminación y disminución del recurso hídrico del lago de Pátzcuaro, la pérdida de biodiversidad de sus especies acuícolas endémicas y a la disminución en las prácticas de pesquería en la región.

El resultado principal del estudio fue la generación de conocimiento sobre el funcionamiento de una unidad de producción acuícola de acúmara-pez blanco como especies endémicas que sirve de base para el rediseño de un modelo productivo acuapónico a nivel de traspatio para posteriores transferencias en otras comunidades de la región.

Palabras Clave: acuaponia, desarrollo sustentable, emprendimiento, Innovación, transferencia tecnológica

Introducción

En México, una de las actividades productivas con mayor relevancia es la acuicultura por los beneficios sociales y económicos que brinda, además de ser una fuente de alimentación que aporta un elevado valor nutrimental. A pesar de ello, existe poco desarrollo para esta actividad, ya que aproximadamente el 80% de los cultivos que se llevan a cabo son de tipo extensivo de rendimiento bajo. Por lo que se presenta una evidente necesidad de obtener fuentes distintas que garanticen la seguridad alimentaria de manera sustentable, situación que da origen a innovar modelos de producción alimentaria como alternativa viable y amigable con el medio ambiente, y que

además impulsen el emprendimiento en las comunidades para mejorar su calidad de vida.

El lago de Pátzcuaro en el Estado de Michoacán es uno de los lagos naturales más importantes de México, su identidad ecológica, histórica, social, cultural, económica y pesquera le genera atributos y atractivos de reconocimiento Mundial. Sus aguas aprovechadas desde la época precolombina han representado el hábitat de especies únicas en el país y en el Mundo como es el caso del Pez Blanco (*Chirostoma estor*), la Acúmara (*Algansea lacustris*), la Chehua (*Allophorus robustus*), el Tiro (*Goodea atripinnis*) y el Achoque (*Ambystoma dumerilii*).

A pesar de ello, este lago se encuentra bajo una severa presión antropogénica y ha sido sujeto a una explotación irracional que lo ha conducido a un estado acelerado de degradación ecológica (Chacón et al., 1991), este ecosistema es un ejemplo de abuso y deterioro que en la actualidad sufren los recursos acuáticos de México. Razón por la cual, el estudio de sus peces nativos con fines acuícolas ha sido una línea de investigación desarrollada en los últimos años, debido principalmente a la preocupación existente por la conservación de la biodiversidad.

Un modelo de producción acuapónica se presenta como una alternativa innovadora a nivel mundial con un crecimiento acelerado en comparación con cualquier otro modelo productivo para el sector de alimentos (Parada, 2010). Así, esta investigación aporta la oportunidad para desarrollar este tipo de sistemas de producción de alimentos seguros en la región lacustre de Pátzcuaro. Según Goddek, et.al. (2015), las plantas en acuaponía utilizan los nutrientes de manera más eficiente en comparación con sistemas de cultivos convencionales, ya que no se utilizan fertilizantes gracias al sistema de circulación de agua y a que los peces cultivados, proporcionan nutrientes que son indispensables para su crecimiento, por lo tanto, los alimentos de origen animal y vegetal son inocuos y de calidad.

El incremento del suministro acuícola per cápita pasó de 0,7 a 7,8 kg de los años 1970 al 2008, lo que representó un crecimiento medio anual del 6,6 % (FAO, 2010). Lo anterior pone de manifiesto la relevancia de incidir en conservar las prácticas de pesquería en la región de estudio, pero con alternativas innovadoras como la acuaponía en la que además de conservar el modo de vida de gran parte de los pobladores, se contribuye a la preservación del recurso hídrico, y de especies acuícolas endémicas del lago.

Con el cumplimiento del objetivo principal de esta investigación: desarrollar una propuesta innovadora en la producción de especies endémicas para impulsar el emprendimiento y el desarrollo económico sustentable en comunidades de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán, se destaca la alineación de este tema con la Agenda Estratégica del TecNM para la Autosuficiencia Alimentaria y Rescate del Campo Mexicano con el propósito de impulsar a mejorar la seguridad alimentaria en el país.

Marco teórico

La región lacustre de Pátzcuaro, ubicada al occidente de México en el Estado de Michoacán tiene una superficie total de 1,096 Kilómetros cuadrados, considerando 100 km² de lago con sus respectivas islas y 900 km² de área terrestre, integrada por los municipios de Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan. En la zona se identifican aspectos de desigualdad en el número de habitantes, gobierno, y condiciones sociales, además de una degradación de los recursos naturales, principalmente el hídrico (Goddek, et.al., 2016). Según Lindig-Cisneros, et.al., (2023), estas alteraciones y degradación ambiental han traído graves consecuencias en el equilibrio ecológico, en las comunidades de especies acuícolas y en las poblaciones humanas aledañas al lago al afectar la provisión de servicios ecosistémicos.

En las localidades ubicadas en el área de influencia del cuerpo de agua, la pesca representa una de las actividades económicas más relevantes y la base de su desarrollo comunitario, sin embargo, este lago es un gran ejemplo en el que la presión pesquera ha diversificado las actividades productivas de los pobladores orientando su fuerza de trabajo al turismo, agricultura o ganadería. Al respecto, se destaca que la pesquería del Lago fue en ascenso hasta 1988 y a partir de entonces, existe una tendencia decreciente e incluso una orientación a desaparecer.

Durante el año 2000 la captura total del Lago se constituía por acúmara (32%), tilapia (36%), charal (23%), chehua (5%), pescado blanco (1%), entre otros organismos acuáticos, no obstante, actualmente la disminución se ha vuelto dramática (Ávila & Gómez, 2015), en específico para ciertas especies endémicas que se encuentran en peligro de extinción, tal es el caso del pescado blanco, la acúmara y el achoque, todas ellas de gran importancia ecológica, social y cultural, pues su captura además de los fines comerciales

ha sido para consumo familiar permitiendo así ingresos y/o ahorro en los gastos familiares.

La producción de alimentos a través de sistemas acuapónicos se ha incrementado en fechas recientes, debido principalmente a la generación de alimentos más sanos, controlados en sistemas cerrados y con la reutilización de agua, impactando de manera favorable en la economía y salud de las personas que utilizan estos modelos, el adecuado manejo de estos sistemas, incluye la medición y control de parámetros del agua, entre los que destacan oxígeno disuelto, temperatura y compuestos nitrogenados (Gómez et al., 2022). Lo anterior genera una fuente alternativa de ingresos económicos familiares por la venta de los productos alimenticios no consumidos por el productor.

Estos modelos minimizan los efectos que se generan e impactan al calentamiento global y a la pérdida de biodiversidad, creando beneficios en el entorno con el cuidado del agua y la reducción en el uso de sustancias químicas (Reyes Afanador, 2024). También permiten desarrollar cultivos de un amplio grupo de especies acuícolas y vegetales, generando altos niveles de ingresos por la eficiencia en el rendimiento de área y tiempo de cultivo, beneficio que contribuye con el Objetivo de Desarrollo Sostenible propuesto por la ONU, fin de la pobreza (Cárdenas, et al., 2022).

Considerando que la FAO impulsa de manera notoria el desarrollo de especies nativas en aras de lograr la seguridad alimentaria regional a través de la acuicultura, y que ésta es la única actividad primaria en crecimiento a nivel mundial (7% anual), es importante destacar el gran potencial que representan los sistemas acuapónicos como oportunidad para mitigar el problema de nutrición y la falta de alimentos que se pronostican para el 2050 debido al incremento poblacional que se prevé demandará el doble de la producción actual de alimentos (Grafton et al., 2015).

La producción acuapónica como sistema productivo integral, cultiva productos agrícolas bajo el esquema de hidroponía aprovechando los nutrientes del proceso de crianza de una especie acuícola que permite el crecimiento y calidad de las plantas (Jiménez-Marquez, 2023; Valenzuela-Antelo, 2023). En un estudio comparativo aplicado a la producción acuapónica e hidroponía para el cuidado del medio ambiente, se concluyó que existe factibilidad, fiabilidad y eficiencia como alternativas innovadoras de un proceso productivo en estos sectores (Tovar et al., 2019). Este sistema productivo, es

además versátil al poder implementarse a gran escala con técnicas definidas, y en producción pequeña con sistemas tradicionales (López, 2022).

Un modelo acuapónico contribuye en la soberanía alimentaria de las comunidades y permite la producción efectiva de una especie acuícola y una vegetal como parte de una acción estratégica e innovadora (Fernández-Juárez, 2019). Dentro de las ventajas sobresalientes que ofrece esta producción es disminuir la incertidumbre provocada por la escasez de agua en los procesos productivos ya que su recirculación permite disminuir el consumo de agua e incrementar el rendimiento y rentabilidad de la producción (Albuja et al., 2021), generando utilidades de hasta el 50% posterior a la recuperación de la inversión (Calderón-García et. al., 2019).

Un estudio realizado en una región de china, caracterizada por una grave erosión del suelo, se identificó que la gestión y restauración ecológica requiere de la colaboración y coordinación de distintos niveles jerárquicos incluyendo a los hogares, empresas y los distintos niveles de gobierno, para la generación de innovaciones en infraestructura en el manejo adecuado de los recursos que favorezcan la interacción del medio ambiente con los seres humanos desde un nivel del hogar (Yurui, 2021).

Los modelos de acuaponía se han desarrollado a nivel mundial en dos escalas comunes: de traspatio o caseros para el autoconsumo y a mayor escala para un nivel comercial. También los hay con tecnologías tradicionales y aquellos con avances de automatización computarizados. En general, todos se pueden implementar en una gran variedad de espacios y condiciones del entorno en cuanto a climas, recursos y necesidades de producción, para impulsar “un desarrollo social, económico y ambiental en lugares afectados por la contaminación, escasez de alimentos nutritivos y saludables en comunidades marginadas o actividad empresarial” (Martínez, 2013).

Tradicionalmente, las familias de la región lacustre de Pátzcuaro conservan la práctica de pesquería por lo que es factible visualizar una adopción de nuevos modelos de producción acuapónica en los que podrían obtener una fuente alimenticia de primera calidad, y una alternativa de empleo y fuente económica que impulse el emprendimiento para un desarrollo local (Alcocer, 2017). El desarrollo local pretende elevar la calidad de vida de las personas, mejorando sus niveles de ingresos pero además enriquecer el grado de participación y equidad social desde y dentro de la comunidad la cual se convierte en la protagonista de su propio desarrollo (Estupiña, et. al., 2017).

Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas

En el desarrollo local se considera que el entorno propicio para enfrentar los retos actuales de sostenibilidad y equidad social es la innovación social y tecnológica en conjunto con una administración participativa de los recursos potenciales que dispone una comunidad en aras de que sus acciones transformadoras contribuyan al crecimiento personal y colectivo.

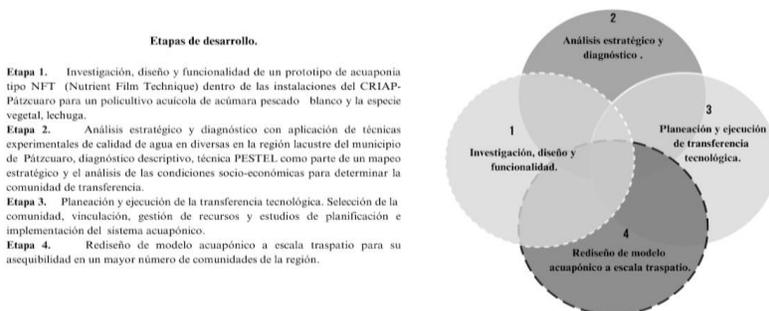
La colectividad en busca del desarrollo sostenible es una preocupación que ha llevado a la ONU a confluir los esfuerzos de los países miembros para establecer en la Agenda 2030 los 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable (ODS). Tarea nada fácil en la que el esfuerzo deberá redundar en políticas y compromisos de Gobierno en todos sus niveles para erradicar la pobreza, el hambre, la injusticia social y el deterioro de los recursos de la biosfera (Gamboa-Bernal, 2015).

Resultados.

Los resultados de la investigación se fundamentaron en un proceso que consistió en cuatro etapas, mismas que se presentan en la imagen siguiente:

Gráfico 1. *Proceso de investigación.*

Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas para el emprendimiento en comunidades de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán



Fuente: Elaboración propia.

A partir de la metodología implementada se describen los resultados obtenidos para cada una de las etapas señaladas.

Etapa 1. Investigación, diseño y funcionalidad:

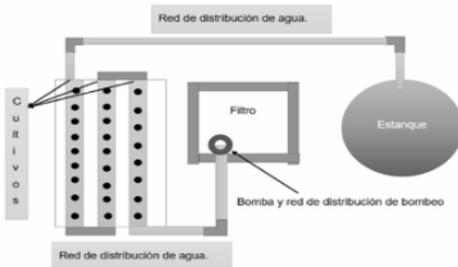
En esta etapa fue crucial el trabajo interdisciplinario e interinstitucional entre el Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro (ITSPA) y del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS),

mediante el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera en Pátzcuaro (CRIAP-Pátzcuaro).

Mediante el trabajo colaborativo se logró el diseño de un modelo acuapónico tipo NF, mismo que además de ser diseñado e implementado, se probó y sistematizó para la producción acuícola de un policultivo de acúmara-pescado blanco (especies endémicas de la región) en un sólo estanque de producción, un sistema en canaletas de PVC para la producción de lechuga y el sistema de filtrado y recirculación de agua (RAS), tal como se muestra en el siguiente gráfico.

Gráfico 2. *Diseño del sistema integrado de Acuaponia tipo NFT y Modelo de acuaponia desarrollado.*

Prototipo NFT



Fuente: Elaboración propia.

Durante la etapa de funcionamiento de este prototipo fue posible la estandarización óptima de los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua (temperatura, pH, nitritos, fosfatos y amonio, entre otros), en los estanques de producción acuícola y vegetal de acuerdo a los requerimientos de las especies manejadas, así como el control de los sistemas de filtrado y recirculación de agua, logrando un ahorro de casi el 85% de este recurso en comparación con un modelo tradicional de producción acuícola.

Etapa 2. Análisis estratégico y diagnóstico:

En esta etapa se aplicó una Metodología de Intervención Comunitaria (IC) que el grupo de investigación ha desarrollado, y se fundamentó en la implementación de un diagnóstico del contexto, en el diseño de una propuesta de prototipo de acuaponía y en la transferencia tecnológica y evaluación de esta.

Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas

Para el diagnóstico se realizó un análisis estratégico que consta de la recolección de datos mediante la técnica PESTEL, en la que se analizaron factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos, Ecológicos y Legales, de acuerdo con el impacto que tienen para la propuesta innovadora, señalados en la siguiente imagen como: muy negativos, negativos, indiferentes, positivos y muy positivos de acuerdo con el estudio realizado.

Tabla 1. Análisis estratégico PESTEL.

Factor		MATRIZ PESTEL			Impacto
		Corto Plazo (1 mes o menos)	Plazo Mediano (de 1 a 3 años)	Largo Plazo (más de 3 años)	
POLÍTICO	Reformar a la ley de Desarrollo Integral Sustentable del Estado de Michoacán de Ocampo.	X			Muy Positivo
	Negación de la aplicación de la tasa 0% a IVA.		X		Negativo
	IVA tasa 0% a productos hidropónicos.		X		Positivo
ECONÓMICO	Pesca es de las actividades menos redituables en México		X		Negativo
	Cooperativas y organizaciones pesqueras deben de pagar ISR.		X		Muy negativo
SOCIOCULTURAL	La acuaponía es una actividad nueva en México.	X			Muy Positivo
	La seguridad alimentaria y la economía local de Pátzcuaro se vuelven vulnerables.	X			Positivo
	Grupos locales de pesca se aferran a sus costumbres.	X			Muy Negativo
TECNOLÓGICO	Programa de fomento a la Agricultura, Ganadería, Pesca y Acuicultura; componente Recursos Genéticos Acuícolas 2022		X		Positivo
	Científicos checos estudiaron los efectos de			X	Indiferente (hasta

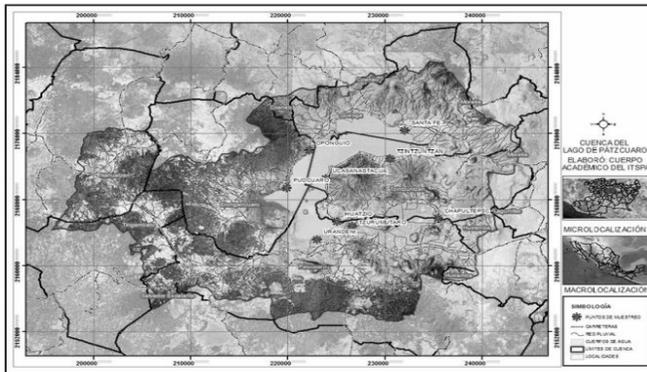
Fuente: Elaboración propia.

Con base en el análisis anterior, se obtuvo un panorama estratégico para la proyección de la transferencia tecnológica, misma que se dió en una etapa posterior.

Por otra parte, para la selección de las comunidades con potencial de transferencia tecnológica e incidencia social, se tomaron en cuenta varios aspectos: cercanía a un cuerpo de agua y su calidad; disponibilidad y características del terreno; potencial de gestión en cuanto a organización comunitaria. Las comunidades seleccionadas para la transferencia fueron: Santa Fe, Tzintzuntzan, Oponguio, Ucazanatacua, Puácuaro, Ihuatzio, Tzurumutaro, Uranden y Chapultepec.

Las comunidades antes señaladas se definieron para efectos de este proyecto como zonas estratégicas de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán mismas que se señalan en el mapa cartográfico (Gráfico 4). De las zonas definidas se realizó un análisis de calidad del agua al 75% de las ocho comunidades consideradas con condiciones adecuadas.

Gráfico 3. *Mapa cartográfico de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán, con las 8 zonas seleccionadas que contienen las condiciones adecuadas para la transferencia del modelo de acuaponía.*



Fuente: Elaboración propia.

La calidad del agua en circulación y de la fuente de entrada es uno de los factores que inciden mayormente en este tipo de sistemas, por lo que cuidar de sus condiciones fisicoquímicas y microbiológicas en el margen de tolerancia de las especies a cultivar es de suma importancia. En este aspecto, el análisis de calidad de agua de la fuente de entrada se realizó a partir de la medida de los siguientes parámetros e instrumentos de medición:

Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas

a) Temperatura, pH, conductividad, turbidez, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, salinidad y resistividad se midieron con un Multiparamétrico HI 9829 y Sonda HI 7629829

b) Amonio, nitritos, nitratos, fosfato, fósforo, hierro, cloro y Demanda Química de Oxígeno (DQO) se midieron con HI 83099 (Cod and Multiparameter Bench Photometer).

Los análisis de calidad de agua se realizaron en siete de las ocho comunidades planteadas como zonas estratégicas, es decir, a un 87.5%: Tzintzuntzan (M-T), Opongio (M-O), Uranden (N-U), Ucazanaztacua (M-U), Tzurumútar (N-T), Chapultepec, (Manantial M-C y Noria N-C) Ihuatzio (P-S), Puácuaro (P-O). En la comunidad de Santa Fe no fué posible la toma de muestras debido a que no se contactaron grupos o personas con interés para la adopción de la transferencia tecnológica.

Etapa 3. Planeación y ejecución de transferencia tecnológica:

A partir del diagnóstico y análisis estratégico anterior, se seleccionó a la comunidad de Chapultepec para hacer la transferencia, algunos factores determinantes fueron: la disponibilidad y calidad del agua en la noria de un particular; la disponibilidad de terreno y sus características de trazado y aplanado; el interés particular y facilidades de gestión para la adopción de transferencia por parte del productor beneficiado.

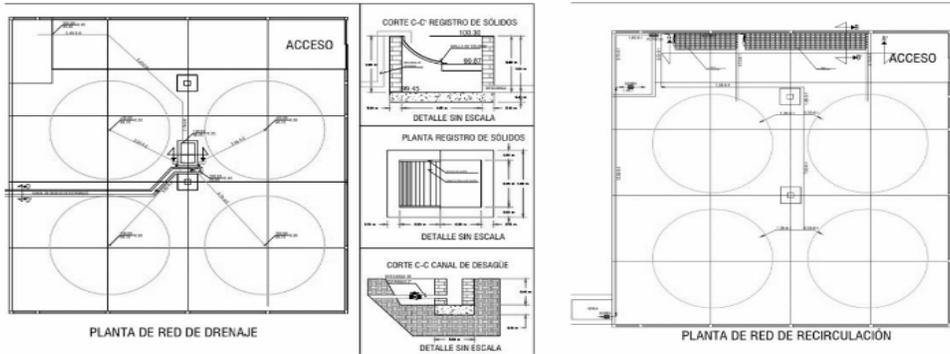
Posteriormente, se diseñaron los planos del modelo acuapónico y de acuerdo con las características del espacio y de los recursos disponibles. En el gráfico 5 se muestra la red de distribución de agua para la proyección de cuatro estanques de producción acuícola.

En el modelo acuapónico transferido, solamente se implementaron dos estanques de producción acuícola dados los recursos financieros con los que se contaba.

Etapa 4. Rediseño de modelo acuapónico a escala traspatio:

A partir de la evaluación del modelo de transferencia tecnológica se rediseñó el modelo de acuaponía para hacerlo más asequible a su implementación en más de las localidades de la región de estudio. La propuesta es que dicho modelo de producción sea a un nivel de traspatio y que represente una propuesta de emprendimiento para producción y abastecimiento de alimentación y negocio familiar.

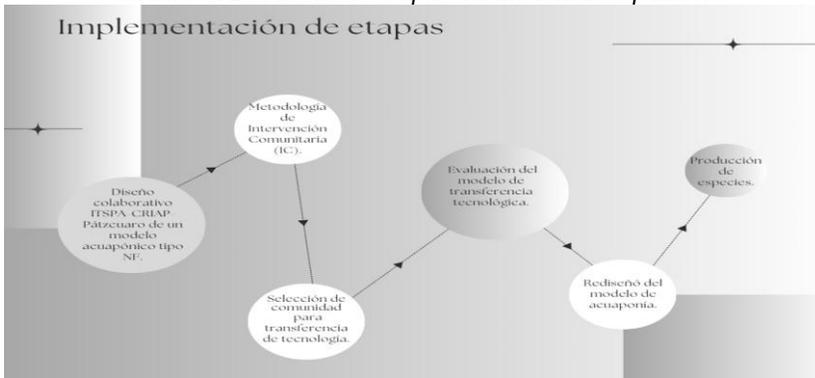
Gráfico 4. Planos de planta de red de drenaje y red de recirculación. Elaborados por ITSPA-CA-1.



Fuente: Elaboración propia.

Las etapas desarrolladas para la elaboración de la propuesta de innovación incluyen actividades que se muestran en el gráfico 6, en la que se observan el diseño del modelo, realizado en un trabajo colaborativo con instituciones de gobierno y especialistas en cuidado y reproducción de especies acuícolas endémicas de la región, participando investigadores del Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera CRIAP Pátzcuaro. Los trabajos posteriores de diagnóstico de la región, selección de la comunidad para transferencia tecnológica, evaluación y rediseño del modelo, fueron implementadas por docentes investigadores del cuerpo Académico ITSPA 1.

Gráfico 5. Desarrollo de etapas del modelo acuapónico.



Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas

Fuente: Elaboración propia.

En las diferentes etapas que incluye la investigación se utilizaron diversas técnicas y herramientas, en la tabla 1, se presenta un resumen de los medios que sirvieron de apoyo para el desarrollo de las actividades.

Tabla 2. *Técnicas y herramientas utilizadas en el proceso metodológico.*

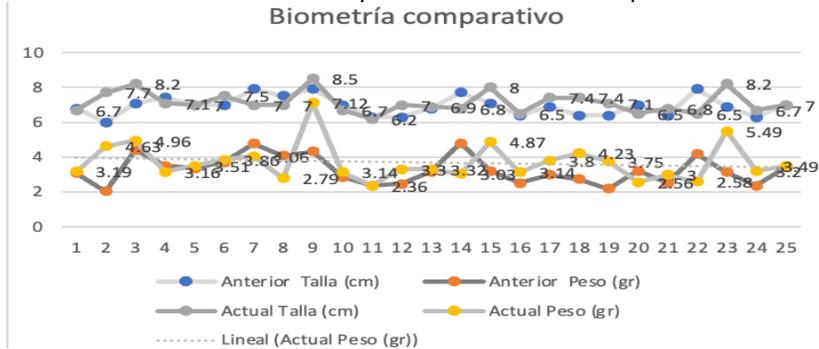
Etapa	Técnicas y herramientas utilizadas.
Diagnóstico	Metodología de Intervención Comunitaria (IC) para realizar un diagnóstico del contexto. Recolección de datos mediante la técnica PESTEL. Identificación de zonas estratégicas de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán utilizando mapa cartográfico.
Planificación	Trabajo interdisciplinario e interinstitucional entre el Instituto Tecnológico Superior de Pátzcuaro (ITSPA) y del Instituto Mexicano de Investigación en Pesca y Acuicultura Sustentables (IMIPAS), mediante el Centro Regional de Investigación Acuícola y Pesquera en Pátzcuaro (CRIAP-Pátzcuaro). Diseño e implementación de un modelo acuapónico tipo NF. Sistematización y pruebas de funcionamiento del modelo para la producción acuícola de un policultivo de acómara-pescado blanco en un estanque de producción. Estandarización óptima de los parámetros fisicoquímicos de calidad de agua (temperatura, pH, nitritos, fosfatos y amonio, entre otros).
Ejecución	Selección de una de las ocho comunidades analizadas (Chapultepec) para realizar proceso de transferencia tecnológica. Instalación de modelo acuapónico. Control de parámetros mediante análisis biométricos periódicos de las especies en producción. Control de producción acuícola.
Evaluación	Análisis de calidad de agua y parámetros de control de producción. Análisis y determinación de eficiencia de producción de especies acuícolas. Rediseño del modelo de acuaponía orientado a la implementación en más localidades de la región de estudio. La propuesta de un modelo de producción a nivel de traspatio.

Fuente: Elaboración propia.

El seguimiento del proceso productivo de las especies endémicas se monitorea de forma periódica con análisis biométricos, en los que se mide la

talla y peso de los peces. En el gráfico 7 se observa un comparativo de dos periodos de evaluación y la línea de tendencia de desarrollo.

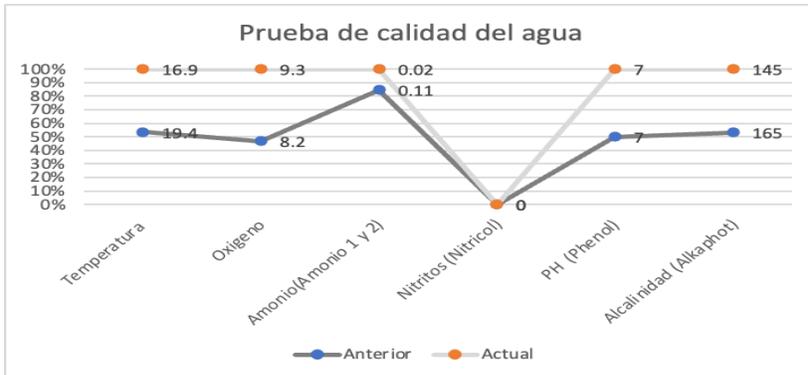
Gráfico 6. Resultados pruebas de biometrías especie acuícola.



Fuente: Elaboración propia.

El sistema propuesto requiere de análisis constantes de la calidad de agua, se realizan pruebas constantes de parámetros de temperatura, oxígeno, amonio, nitratos, PH y alcalinidad. En el gráfico 8 se observa el resumen de resultados de un periodo de evaluación.

Gráfico 7. Resultados de las pruebas de Calidad de agua.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

El trabajo colaborativo desarrollado como parte de esta investigación fue fundamental para el alcance de los objetivos planteados, acción necesaria en

la generación de saberes y en la interrelación entre los agentes academia, sociedad, estado y empresas (Guerra, 2017). Es así, cómo se generan nuevos conocimientos, que son aplicados en la creación de nuevos procesos innovadores y la gestión de estos, encaminados a la atención de las necesidades del contexto actual, para la construcción de proyectos con incidencia social (Tapia-Salazar et al., 2023), como el que se presenta en este estudio.

El impacto generado de esta investigación es de alto grado de incidencia social, al transferir los conocimientos teóricos y experimentales a un modelo acuapónico probado para una comunidad indígena de la zona lacustre de Pátzcuaro, considerando que la transferencia de tecnología es “el conjunto de procesos que utiliza el conocimiento generado en los laboratorios de investigación de las universidades desde los procesos de la ciencia hasta la aplicación en la tecnología y la comercialización” (Zulueta-Cuesta et al., 2015). Con un modelo acuapónico probado se contribuye en la mejora de las condiciones de vida, en la seguridad alimentaria y en la generación de ingresos al ser una alternativa para la producción y comercialización de alimentos con alto valor nutricional.

Con lo anterior, se da cumplimiento en lo que se establece como finalidad de una transferencia de tecnología, que como cita Sabater (2010, p. 30), “El objetivo de la transferencia de una determinada tecnología es posibilitar que el receptor utilice la tecnología en las mismas condiciones y con los mismos beneficios que el proveedor, para sus propósitos de innovación tecnológica”. Por otro lado, para Danish et al., (2021) la acuaponía forma parte de la industria primaria, con una tendencia creciente que proporciona condiciones ambientales y socioeconómicas positivas, estos sistemas y modelos se presentan como un circuito cerrado de producción animal y vegetal innovando con la recirculación del agua y nutrientes.

Aunado a lo anterior, en este estudio como parte de la etapa de evaluación se realiza un análisis y determinación de eficiencia de producción de especies acuícolas, y se rediseña el modelo acuapónico como propuesta de un modelo de producción traspatio como emprendimiento sostenible, basado en lo señalado por Abbasi (2021) la acuaponía es un cultivo que no toca la tierra, no utiliza pesticidas ni fertilizantes, además de que el agua necesaria es mínima, por lo que el diseño del área se encuentra condicionado al tipo de cultivo requerido.

El modelo acuapónico transferido a la comunidad indígena de Chapultepec se diseña como un modelo tipo NF, sistematizado con pruebas de funcionalidad para la producción acuícola de un policultivo de especies endémicas de la región (acúmara y pescado blanco), estandarizado con parámetros óptimos fisicoquímicos de calidad del agua, adaptado a las condiciones ambientales y del entorno. Si bien, es un modelo básico, este mostró condiciones favorables en el proceso productivo de las especies antes mencionadas.

En la actualidad existen modelos sistematizados a mayor escala productiva, como los presentados en: el estudio del modelo híbrido de Red Neuronal Recurrente de Memoria a Largo Plazo (LSTM-RNN) y Bosque Aleatorio (RF) para mejorar el potencial transformador de los modelos híbridos e impulsar la previsión de energías renovables y promover la sostenibilidad agrícola (Dewi et al., 2025); Así como el estudio del modelo basado en biofloc con cocultivo microbiano para favorecer en los nutrientes e impactar en la reducción de consumo de alimentos y los filtros mecánicos o biológicos (Pinho, 2022). Ambos favorecen el proceso productivo, pero además contribuyen en aspectos ecológicos, económicos y sociales.

En palabras de Hairabedian et al. (2024), el modelo productivo acuapónico contribuye en la transición de la sostenibilidad al considerar aspectos ambientales, sociales y económicos en relación al objetivo de alimentación, cuidado de la tierra y del recurso hídrico, pues al ser un sistema de recirculación del agua (RAS), el gasto de la misma es sólo para reemplazar las pérdidas por la absorción de las plantas, la evaporación o en la generación de la propia biomasa producida en el sistema, resultando en un ahorro de entre el 80-90% comparando con sistemas acuícolas.

Existen diversas ventajas en los sistemas de acuaponía que los hacen modelos alternativos para el cuidado del medio ambiente, en la producción de alimentos sanos y como impulso a una economía circular, resaltando a esta como un ciclo de desarrollo constante positivo que conserva e incrementa el capital natural, optimiza los rendimientos de los recursos y minimiza los peligros del sistema, gestionando stocks finitos y flujos renovables; que a su vez funciona de forma efectiva a cualquier escala (Cerdá, et., al., 2016; Agudelo, 2021).

Con este proyecto, las instituciones vinculadas, desarrollaron y aplicaron el conocimiento para realizar una transferencia tecnológica de un modelo de

acuaponía visualizando transferencias posteriores para mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región lacustre del Municipio de Pátzcuaro, Michoacán. Con ello se contribuye a la acumulación del conocimiento científico en proyectos amigables con el medio ambiente y que impulsen la economía en regiones rurales en las que se visualicen inversiones financieras potenciales con propuestas sustentables que mejoren la calidad de vida de sus habitantes, pues como lo cita Wang & Wang (2021), las finanzas verdes son mecanismos para brindar apoyo financiero a proyectos verdes, que promueven el progreso tecnológico y faciliten el desarrollo sostenible de una economía, tendencia actual que de acuerdo a Lv, et al., (2021) es la base de un sistema de índice de desarrollo financiero verde orientado a políticas y mercados locales.

El sistema acuapónico desarrollado en esta investigación, es una propuesta viable como alternativa de transferencia tecnológica (Tapia, et al., 2023) para la producción de alimentos acuícolas y vegetales de calidad; la preservación del recurso hídrico (ahorro de casi el 85% comparativamente con un sistema acuícola tradicional), y la contribución de conservación para dos especies endémicas del lago de Pátzcuaro (acúmara y pescado blanco), representando así, un proyecto amigable con el medio ambiente y con incidencia social al impulsar la mejora de la calidad de vida de los habitantes de la región lacustre de Pátzcuaro, Michoacán, a partir de un trabajo colaborativo, interdisciplinario e interinstitucional.

Referencias

- Agudelo, W. (2021) Propuesta de un sistema de acuaponía para promover la agricultura sostenible y mejorar la economía del municipio de Tibacuy, caso de estudio Finca Los Naranjos. [Tesis para la obtención del grado de Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque. Bogotá, Colombia]
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/52716?show=full>
- Abbasi, R., Martínez, P., & Ahmad, R. (2021). An ontology model to support the automated design of aquaponic grow beds. *Procedia CIRP*, 100, 55-60. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2021.05.009>
- Albuja, V., Andrade, J., Lucano, C., & Rodríguez, M. (2021). Comparación de las ventajas de los sistemas hidropónicos como alternativas agrícolas en zonas urbanas. *Minerva*, 2 (4), 45-54. <https://doi.org/10.47460/minerva.v2i4.26>
- Alcocer, P. (2017) Diseño y Construcción de dos sistemas acuapónicos horizontales para la producción conjunta de peces dorados y lechugas. Tesis para obtener el Grado de Ingeniero Agrícola. Universidad de Sevilla. España
- Ávila, K. S., & Gómez, Y. C. (2015). Incidencia de la pesquería del Lago de Pátzcuaro en el desarrollo territorial. *REALIDAD ECONÓMICA*.19(42)

- Calderón-García, D. M., Olivas-García, J. M., Luján-Álvarez, C., Ríos-Villagómez, S., Hernández-Salas, J. (2019). Factibilidad económica y financiera de un sistema de producción acuapónico de tilapia, lechuga y langostino de río en Delicias, Chihuahua, México. *Investigación y Ciencia*, 27 (77), 5-11 <https://www.redalyc.org/journal/674/67459697001/67459697001.pdf>
- Cárdenas, D., Torres, A. y Gómez, E. (2022). Identificación de aceites esenciales y parámetros productivos de *Mentha spicata* cultivada en sistemas acuapónicos y camas contenidas. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 13(2), 149 – 163. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.4704>
- Cerdá, E. y Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401, 11-20 <https://www.mintur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/401/CERD%C3%81%20Y%20KHALILOVA.pdf>
- Chacón, T. A., Pérez, M. R., Muzquiz, I. E. (1991). Síntesis Limnológica del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Biología Acuática*. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, México [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/251570937_Sintesis_limnologica_del_lago_de_Patzcuaro_Michoacan_Mexico
- Danish, M. S. S., Senjyu, T., Sabory, N. R., Khosravy, M., Grilli, M. L., Mikhaylov, A., & Majidi, H. (2021). A forefront framework for sustainable aquaponics modeling and design. *Sustainability*, 13(16), 9313. <https://doi.org/10.3390/su13169313>
- Dewi, T., Mardiyati, E. N., Risma, P., & Oktarina, Y. (2025). Hybrid Machine learning models for PV output prediction: Harnessing Random Forest and LSTM-RNN for sustainable energy management in aquaponic system. *Energy Conversion and Management*, 330, 119663. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.119663>
- Estupiña, J., Batista, N., Torres, I., Toapanta, V., Oviedo, F. (2017). La perspectiva ambiental en el desarrollo local. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*. 4(2) <http://www.dilemascontemporaneoseduccionpoliticaayvalores.com/>
- FAO. (2010). *The State of World Aquaculture*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Department, Rome. [Archivo PDF]. <https://www.fao.org/4/i1820e/i1820e.pdf>
- Fernández-Juárez, E., Navarro-Rodríguez, M., Landero-Torres, I., Gómez-Merino, F. C., Pérez-Sato, J. A. (2019). La acuaponia rústica: una alternativa para contribuir a la soberanía alimentaria en comunidades rurales. *Agroproductividad*, 12 (12), 93-98. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1557>
- Gamboa-Bernal, G. (2015). Los objetivos del desarrollo sostenible: Una perspectiva bioética. *Revista on-line Pers.bioét.* 19(2). <https://doi.org/10.5294/pebi.2015.19.2.1>
- Goddek, S., Adelaide, B., Mankasingh, U., Vala Ragnarsdottir, K., Jijakli, H. & Thorarinsdottir, R. (2015). Desafíos de sostenibilidad y comercial. *Aquaponics, sustentabilidad*, 7 (4), 4199-4224. <https://www.mdpi.com/96014>
- Goddek, S., Espinal, C. A., Delaide, B., Haissa Jijakli, M., Schmautz, Z., Wuertz, S. y Keesman, K. (Julio 2016). Navigating towards decoupled Aquaponic System: A system dynamics design approach. DOI:10.3390/w8070303
- Gómez, M. A. C., Marchena, M. H., González, J. A. L., Buitrago, I. D. L., Bernal, R. A. B., & Pombo, J. R. (2022). Los sistemas acuapónicos como fuente de alimento con la

Propuesta de innovación en la producción de especies endémicas

- implementación de nuevas tecnologías. *Revista Internacional de Pedagogía e Innovación Educativa*, 2(1), 245-256.
- Grafton, C. Daugbjerg, ME., Qureshi. (2015). Towards food security by 2050. *Food Security*, 7(2): 179-183. IUCN. (2016). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. <www.iucnredlist.org>. Consultado el 04 May 2017.
- Hairabedian, G., Maitre-Ekern, E., Hess-Erga, O. K., Ribeiro, A. L., & Meland, S. (2024). Environmental, social and economic sustainability considerations of aquaponics. The case of an aquaponic system at a Norwegian high school. *NIVA-rapport*. <https://hdl.handle.net/11250/3129600>
- Jiménez, M. O., Pérez, G. A. R. (2023). Acuaponia: una forma potencial y sustentable de cultivar de manera eficiente y sustentable alimentos. *Journal of Agricultural Sciences Research*, 4(1), 1-19. DOI 10.22533/at.ed.973312222128
- Lindig-Cisneros R. Barajas-Arroyo M., Gómez-Pineda E., Arroyo-Robles G., Punzo-Díaz J. (2023). Una aproximación integral a la restauración ambiental ante el cambio climático, la identidad cultural y el patrimonio arqueológico. El caso de Tzintzuntzan, Michoacán, México. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)* 57(2): 1-24 DOI: <https://doi.org/10.15359/rca.57-2.3>
- López, A. P. (2022). Diseño y construcción de sistemas acuapónicos en la comunidad de San Felipe Coapexco, municipio de Cohuecan, Puebla [Archivo pdf] <http://hdl.handle.net/10521/4889>
- Lv, C., Bian, B., Lee, C. C., & He, Z. (2021). Regional gap and the trend of green finance development in China. *Energy Economics*, 102, 105476. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105476>
- Martínez, R. (2013). La acuaponia como alternativa de producción agropecuaria sostenible ¿Una posibilidad para tener en casa? REDICINaYSA Revista de divulgación de la Universidad de Guanajuato en colaboración con el Observatorio Universitario de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guanajuato. *Investigación y ciencia*. 2(5).
- Molina, R. A. (2017). ¿Formación para la investigación o investigación formativa? La investigación y la formación como pilar común de desarrollo. *Revista Boletín Redipe*. 6 (1), 2266-1536 <https://revista.redipe.org/index.php/1/article/view/180>
- Parada, G. (2010). Acuicultura: situación mundial y tendencias. *Transacciones filosóficas de la Royal Society of London. Ciencias biológicas*. [Archivo PDF]. https://www.researchgate.net/publication/255484640_TENDENCIAS_DE_LA_ACUICULTURA_MUNDIAL_Y_LAS_NECESIDADES_DE_INOVACION_DE_LA_ACUICULTURA_CHILENA
- Pinho, SM, Flores, RMV, David, LH, Emerenciano, MG, Quagrainie, KK y Portella, MC (2022). Comparación económica entre sistemas de acuaponía convencional y FLOCponics. *Acuicultura*, 552, 737987 <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737987>
- Reyes Afanador, G. D. (2024). *Aquaponics Planner: Herramienta para el diseño de acuapónicos a pequeña escala*.
- Sabater, J. G. (2011). *Manual de transferencia de tecnología y conocimiento*. [Archivo PDF]. http://www.buenaspracticassots.unam.mx/interiores/herramientas/TT/Manual_TransferenciaTecnologiayConocimiento.pdf

- Tapia-Salazar, M., Adame-Rodríguez, L., & Villanueva-Pimentel, M. (2023). Metodológica para la gestión de innovación y su transferencia tecnológica: incidencia en la zona lacustre de Pátzcuaro, Michoacán. *Vinculatégica EFAN*, 9(2), 169–181. <https://doi.org/10.29105/vtga9.2-362>
- Tovar Campos, E., Alcocer Anaya, M. M., Castillo Suárez, D. D., Cap González, S. del P., Nava Pérez, N., & González Guerra, G. M. (2019). Estudio y aplicación de fuentes alternas para el cuidado ambiental, específicamente obtención de biodiesel y fabricación de un sistema de acuaponía. *JÓVENES EN LA CIENCIA*, 5(1). <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3040>
- Valenzuela-Antelo, A., Sandoval-Villa, M., Almaraz-Suárez, J. J., Alcántar-González, G., & Bórquez-López, R. (2023). Efecto de la granulometría del tezontle en tomate (*Solanum lycopersicum* L.), pepino (*Cucumis sativus* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) en acuaponía. *Terra Latinoamericana*, 41, 1-11. e1598. <https://doi.org/10.28940/terra.v41i0.1598>
- Yurui, L., Xuanchang, Z., Zhi, C., Zhengjia, L., Zhi, L., & Yansui, L. (2021). Towards the progress of ecological restoration and economic development in China's Loess Plateau and strategy for more sustainable development. *Science of the Total Environment*, 756, 143676. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143676>
- Wang, X., & Wang, Q. (2021). Research on the impact of green finance on the upgrading of China's regional industrial structure from the perspective of sustainable development. *Resources Policy*, 74, 102436. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2021.102436>
- Zulueta-Cuesta, J. C., Medina-Leon, A., & Negrin-Sosa, E. (2015). La integración del conocimiento en la transferencia tecnológica universitaria: modelo y procedimiento. *Ingeniería Industrial*, 36(3), 306-317. <http://scielo.sld.cu/pdf/rrii/v36n3/rrii08315.pdf>