

CONTRIBUCIÓN DE LOS SISTEMAS ACUAPÓNICOS EN LOS OBJETIVOS DEL DESARROLLO SOSTENIBLE Y SU RELACIÓN CON EL COVID-19

CONTRIBUTION OF AQUAPONIC SYSTEMS TO THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS AND THEIR RELATIONSHIP WITH COVID-19

David **Valdez-Martínez**¹; Jorge **Soto-Alcalá**² y Pedro **Hernández-Sandoval**^{3*}

Resumen

Los métodos de producción acuapónicos son relativamente nuevos comparados con los métodos agrícolas y acuícolas tradicionales, existe gran diversidad de especies vegetales y animales que pueden ser cultivados en una enorme variedad de diseños y escalas, las cuales varía según las necesidades. Ante los grandes retos que enfrenta la población mundial, la acuaponía tiene el potencial de ser empleada para atender diversas problemáticas, desde la seguridad alimentaria, la disminución de impactos ambientales, el desarrollo económico y el bienestar social. Bajo la necesidad de atender la crisis global,

es creada la Agenda 2030, integrada por 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), que desde el ámbito social, económico, político y ambiental, pretende dar solución a un gran número de problemas que enfrenta la humanidad. El presente trabajo es un análisis de literatura consultada a través de distintas fuentes de datos, sobre proyectos de acuaponía que se han realizado en distintos ámbitos, cuyos objetivos y resultados están alineados de manera directa e indirecta, con algunas metas de los ODS que integran la Agenda 2030, el criterio de selección fue bajo los principios de la acuaponía, el enfoque de la sustentabilidad y tipos de documento. Se

¹ Estudiante del programa de Doctorado en Sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, Sinaloa, México. Departamento Académico de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, Boulevard Macario Gaxiola s/n, 81217, Sinaloa, México. ORCID: 0000-0001-9471-4001, david.martinez@uadeo.mx.

² Profesor Investigador de Doctorado en Sustentabilidad, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, Sinaloa, México. ORCID: 0000-0002-9965-2193, Jorge.soto@uadeo.mx

^{3*} Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, Boulevard Macario Gaxiola s/n, 81217, Sinaloa, México. ORCID: 0000-0001-7005-4555, pedro.hernandez@uadeo.mx. Autor de correspondencia

Recibido: 28 de febrero de 2023. Aceptado: 31 de mayo de 2023.

Publicado como ARTÍCULO CIENTÍFICO en Ra Ximhai 19(3): 83-103.

doi.org/10.35197/rx.19.03.2023.04.dv

identificó que los proyectos de acuaponía, tienen un impacto positivo en 11 de los 17 Objetivos de la Agenda, a través de distintas metas.

Palabras clave: desarrollo económico, medio ambiente, Agenda 2030.

Abstract

The productive methods of aquaponics are relatively new compared to traditional agricultural and aquaculture methods, there is a great diversity of plant and animal species that can be cultivated in a huge variety of designs and scales, which vary according to needs. Given the great challenges facing the world population, aquaponics technology has the potential to be used to address various issues, from food security, reduction of environmental impacts, economic development and social well-being. Under the

need to address the global crisis, the 2030 Agenda is created, made up of 17 Sustainable Development Goals (SDGs), which from the social, economic, political and environmental fields, aims to provide solutions to a large number of problems facing the humanity. The present work is an analysis of the literature consulted through different data sources, on aquaponics projects that have been carried out in different fields, whose objectives and results are aligned directly and indirectly, with some goals of the SDGs that make up the Agenda 2030, the selection criteria was based on the principles of acupony, the sustainability approach and types of documents. It was identified that aquaponics projects have a positive impact on 11 of the 17 objectives of the agenda, through different goals.

Keywords: economic development, environment, 2030 Agenda.

INTRODUCCIÓN

La acuaponía es un sistema integral de producción compuesto de técnicas que consisten en el cultivo de animales (acuicultura) y al mismo tiempo de cultivo de plantas en agua (hidroponía), es reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) como un método de producción de alimentos altamente productivo (Somerville et al., 2022). Es considerada una práctica agrícola y acuícola que presenta ventajas sobre los métodos tradicionales, tal es el caso de los cultivos sin suelo, cuyos principales beneficios están en la menor presencia de patógenos por las condiciones estériles, manejo adecuado para el cumplimiento de los requerimientos de las plantas que se traduce en mayores rendimientos, eficiente uso del agua y facilidad de aplicar el sistema en entornos con poco espacio, por otro lado, en los sistemas acuícolas tradicionales, un problema actual es la generación de aguas residuales con altas cargas de materia orgánica, misma que representa un daño ambiental. Al ser la acuaponía la integración de un sistema de recirculación y producción, es reconocida como un método sostenible especialmente cuando el agua y el suelo son limitados, sin embargo, la eficiencia final dependerá de distintas variables que deben ser validadas, tales como el desarrollo tecnológico aplicado, condiciones climáticas, factores geográficos, comercialización, mercados locales y los requerimientos para el manejo de los tres grupos de organismos, peces,

plantas y bacterias que participan en el sistema (Somerville et al., 2022; Goddek et al., 2015).

La producción de alimentos alrededor del mundo se ha diversificado, el número de especies ha aumentado, así como las técnicas productivas, esto se observa en países de primer mundo y en vías de desarrollo. La actividad acuícola en sistemas tecnológicos sostenibles como la acuaponía representa una alternativa viable ante la creciente demanda de alimentos a nivel mundial derivada de un crecimiento poblacional, además estos productos son considerados como una fuente de alimento con excelente perfil nutricional, al ser rica en proteínas, ácidos grasos, vitaminas, minerales y micronutrientes esenciales (FAO, 2013).

Se estima que los productos acuícolas seguirán siendo la fuerza que impulsará el crecimiento acelerado de la producción pesquera mundial, siguiendo la tendencia desde 1980, alcanzando una producción de los 109 millones de toneladas para el 2030, equivalente a un 32% mayor, con respecto a lo registrado en el 2018 (FAO, 2020). Esto ha generado que la acuicultura se posicione como una actividad prioritaria y estratégica en la producción y suministro de alimentos junto con la producción agrícola, generando empleo y recursos, sin embargo, el reto de los sistemas de producción de alimentos tradicionales, está en los problemas asociados a la contaminación, el cambio climático y las políticas nacionales, que ponen en riesgo la seguridad alimentaria (Llanos y Santacruz de León, 2018).

Referente a lo anterior, la creciente problemática ambiental, social, económica y política a nivel mundial, ha ejercido una gran presión generalizada y fue para el año 2012 que se presentó en las Naciones Unidas, una iniciativa para crear objetivos mundiales llamados los ODS, pero fue hasta el año 2015, que se dio paso a una nueva Agenda 2030 (A2030) cuyo alcance y trascendencia es algo sin precedentes, es aceptada por todos los países miembros y es aplicable a todos, tomando en cuenta sus contextos, niveles de desarrollo y respetando políticas e intereses de cada nación, está conformada por 17 ODS de las que derivan en un total de 169 metas (ONU, 2016).

Los ODS, tienen la finalidad de encaminar el trabajo y los esfuerzos a una sola directriz, la de atender y abordar los problemas más urgentes a nivel mundial, tales como la amenaza del cambio climático, la igualdad de género, la nutrición, la salud, la pobreza, la alfabetización, disminuir las desigualdades, propiciar las economías y fomentar la paz. El objetivo es crear un planeta sostenible, seguro y próspero para la humanidad (PNUD, 2016). Sin embargo, a finales del año 2019, el mundo fue azotado por el surgimiento de una nueva enfermedad por coronavirus (COVID-19), motivo por el cual el 30 de enero del 2020, el director general de la Organización Mundial de la Salud (OMS) declaró que el brote de COVID-19, era una emergencia de salud pública de importancia internacional,

esto principalmente por el alto grado de propagación a escala comunitaria en niveles regionales e internacionales, declarándose como una pandemia mundial.

Sin duda, los efectos de la pandemia han traído consigo una serie de consecuencias de gran magnitud que tienen impacto negativo en los ODS, tal es el caso el Objetivo 1, Fin de la pobreza, cuyas metas son establecer medidas de protección social y eliminar la pobreza extrema, pero la crisis generada por la pandemia ha traído impactos económicos que podría incrementar la pobreza en todo el mundo, reflejándose en aproximadamente 500 millones de personas, lo que puede significar un retroceso en la lucha con el cumplimiento de este Objetivo. El Objetivo 2, denominado Hambre cero, tiene como meta poner fin al hambre, lograr la seguridad alimentaria, la mejora de la nutrición y promover la agricultura sostenible, no obstante, según datos del Programa Mundial de Alimentos de la Naciones Unidas (PMA), en 2019, 47.7 millones de personas vivían con hambre solo en América Latina y el Caribe, por lo tanto, el golpe económico provocado por la pandemia, podría duplicar esa cifra, principalmente al disminuir la producción y distribución de alimentos (FAO, 2020). Otros impactos son la crisis sanitaria mundial, provocando efectos devastadores a la salud en todos los niveles de la sociedad en el mundo, afectando el Objetivo 3, Salud y bienestar, además, la pandemia provocó el cierre temporal de muchas escuelas, lo que ha tenido como consecuencia la disminución en la calidad de la enseñanza y limitando el acceso a plataformas digitales y medios electrónicos, donde muchas comunidades tienen poco o nulo acceso a internet, este impacto negativo se ve reflejado en el ODS 4, Educación de calidad.

Al estar todos los ODS interconectados bajo los principios y enfoques de la A2030 (Futuro en Común, 2018), las consecuencias se ven en diferentes escalas y magnitudes, un ejemplo es el incremento de las tasas de desempleo, donde el ODS 8 tiene como meta promover el trabajo decente y crecimiento económico, metas que son cada vez más complicadas de cumplir por los efectos de la pandemia mundial, otro ejemplo son las metas del ODS 6, Agua limpia y saneamiento, cuyo objetivo es crucial para alcanzar la Salud y bienestar (ODS 3), sin agua de calidad para satisfacer las necesidades básicas fisiológicas del ser humano, los problemas de salud pueden acrecentarse (Lara-Figueroa y García-Salazar, 2019).

Con el objetivo de orientar esfuerzos para el cumplimiento de los ODS, mitigar el impacto de los problemas actuales y crear resiliencia, es necesario desarrollar actividades sostenibles y acciones clave para lograr transformaciones satisfactorias hacia la creación de vínculos que se traduzcan en mejorar la seguridad alimentaria y la nutrición, erradicar la pobreza y mejorar el desarrollo socioeconómico. Al implementar sistemas tecnificados de manera óptima y a través de tecnologías como la acuaponía, se promueve una gran solución a las problemáticas actuales que enfrenta el mundo. El presente trabajo tiene como

objetivo identificar a través de un análisis y una revisión bibliográfica, las contribuciones que generan un impacto positivo para el cumplimiento de las metas de los ODS de los distintos sistemas de producción acuapónicos, y que a su vez, fueron desarrollados para atender problemáticas socio-ambientales.

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es un trabajo documental con enfoque metodológico cualitativo de tipo descriptivo, que busca identificar las características de los diversos sistemas de producción de alimentos y describir su funcionalidad con relación a las metas de los ODS. Para la realización de este proyecto fue consultada literatura relacionada con la producción de sistemas acuapónicos y su impacto en los ámbitos económicos, sociales y ambientales. Los criterios de selección para los documentos académicos fueron los siguientes:

- Principios de la acuaponía. Se agruparon todos los documentos que integran en su contenido la utilización de las técnicas de acuaponía, cuyo principio es emplear el cultivo de plantas y animales acuáticos dentro de un mismo sistema de producción.
- Ejes de la sustentabilidad. Se consideraron los documentos que integran en su contenido, el estudio y los aspectos de la sustentabilidad (ambiente, economía y sociedad).
- Tipo de documento. Se hizo referencia al tipo de trabajo de investigación: artículo científico sobre un estudio de caso, estado del arte, tesis de grado, informes gubernamentales o de alguna organización, manuales, libros y capítulo de libros.

Adicionalmente se realizó la consulta a diversos sitios web oficiales de las ONU y la FAO, con actualizaciones constantes donde se publica la descripción de los ODS, las metas, datos de interés, panorama general con datos estadísticos, informes de otras organizaciones, datos destacables, noticias relacionadas, entre otros (NU, 2023; FOA, 2023). Esto permitió una comprensión más detallada de cada una de las metas de los ODS y posteriormente crear una reflexión sobre aquellos Objetivos, en donde los sistemas acuapónicos pueden tener una incidencia directa o indirecta. La búsqueda de documentos fue a través de las bases de datos Scielo, Scopus, Google Scholar, seleccionando como palabras claves en español; Acuaponía, ODS, Agenda 2030, sustentabilidad, sin especificar rango de año de publicación. Se realizó una consulta a más de 80 documentos que cumplieron con los criterios de selección antes mencionados, citando solo aquellos con una asociación directa a las metas de los ODS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Desarrollo económico, emprendimiento e inclusión social

Con el fin de mantener la prosperidad y el bienestar social, es necesario establecer una respuesta enfocada al desarrollo económico, esto implica un análisis detallado del contexto de cada región e involucra a las políticas fiscales y la administración pública de recursos, sin embargo, las economías globales se han visto afectadas por la pandemia del COVID-19, que ha creado una recesión histórica reflejada en una crisis humanitaria, que se traduce en carencias, desempleo, desaceleración económica, aumento en los índices de pobreza extrema, rezagos en la calidad de los servicios públicos, brechas de género e incluso, aumento de la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático (Podestá, 2020). Ante estos escenarios, el emprendimiento se convierte en una forma para impulsar el desarrollo económico y puede ser promotor de una transformación social, siendo de manera sustentable e incluyente. La incidencia de los ODS en términos de crecimiento económico, se pone de manifiesto principalmente a través del ODS 8, que establece promover en distintos ámbitos el crecimiento económico sostenible a través el empleo, trabajo decente y productivo, con innovación e inclusión, sin embargo, son las metas 8.3 y 8.5, las que proponen desarrollar actividades económicas formales, el emprendimiento y el crecimiento de las empresas, generando trabajo para hombres, mujeres, jóvenes y personas con discapacidad. La acuaponía tiene incidencia directa en estas metas, a través de la variedad de diseños y tamaños que pueden ser implementados, desde sistemas de pequeña escala con acuarios, hasta sistemas de recirculación (RAS) con tecnología de última generación y de grandes volúmenes, todo en función a la disponibilidad de recursos de las personas, empresas o comunidades que desarrollen el proyecto, con fines económicos y de autoempleo, además, la producción acuapónica puede variar en cuanto a los organismos y plantas cultivadas, implicando diversidad en la oferta de productos y por ende, en la adquisición de insumos como semillas, alevines, alimento, suplementos, equipos, etc., propiciando una cadena de valor diversa entre diferentes actores del sector agrícola y acuícola (Colorado y Ospina, 2019).

Por otro lado, destaca el ODS 1, que establece poner fin a la pobreza en todas sus formas y en todo el mundo, busca a través de 7 metas (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.a y 1.b) erradicar la pobreza extrema, crear sistemas, políticas y medidas de protección social, garantizar derechos de acceso a recursos económicos, naturales, servicios básicos, de propiedad y tecnologías, también, fomentar la resiliencia y crear marcos normativos sobre las estrategias de desarrollo encaminadas a erradicar la pobreza, todo lo anterior a favor de los más pobres y

vulnerables. En este ámbito, la acuaponía es considerada un emprendimiento social, al ser sistemas que integran aspectos socioeconómicos, generan un bien común y crean un interés general, propiciando de manera sustentable un valor social sostenible, económico y humano, características claves de los emprendimientos sociales (Guzmán y Trujillo-Dávila, 2008).

Los ODS tienen en sus metas, promover la inclusión social, lo cual se pone de manifiesto en el ODS 5, que integra a la inclusión como la búsqueda de una igualdad de género, la eliminación de la discriminación y el empoderamiento de mujeres y niñas, con derechos legítimos para obtener recursos económicos, bienes, servicios y oportunidades laborales. En este escenario, Millares et al., (2017), mencionan que en Cuba, se han desarrollado sistemas acuapónicos a escalas comunitarias, con enfoques de género y humanizando el manejo, para generar productos saludables y de consumo familiar. También es considerada una alternativa de producción viable en términos de autoconsumo, además, una vez en marcha, es fácil de operar por cualquier persona, lo que permite ser implementado en los hogares (Martínez, 2013), prueba de ello, son los diversos manuales disponibles en la web que ofrecen un guía detallada para desarrollar sistemas de producción acuapónicos, tales como el “Manual de producción del sistema acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola” publicado por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA (Garrido, Guevara y Martínez, 2020) o el documento técnico de la FAO, titulado “Producción de alimentos de acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas”, que se enfoca en la producción a pequeña escala (Somerville et al., 2022).

Otro caso particular es la propuesta realizada por Maldonado-Balaguera (2018), como parte de una tesis de investigación, ella propone establecer los componentes y las actividades que integran los sistemas de producción de acuaponía, para ser contemplados en los presupuestos públicos de inversión y en futuras administraciones gubernamentales, como parte de proyectos con enfoque social e incluyente que generen empoderamiento y mejora en la calidad de vida. En su estudio, identificó a través de un diagnóstico y encuestas, que la población de mujeres de la región de Yopal-Casanare, en Colombia, que han sido víctimas de un conflicto armado en el municipio (periodo 2013-2017), tienen la disponibilidad y desean ser parte activa de proyectos con estos enfoques.

Por otro lado, Goddek et al., (2015), menciona que la acuaponía tiene un gran potencial para el desarrollo económico a futuro, ya que la disponibilidad de recursos como la energía, los fertilizantes, insumos, etc., puede ser limitada y los costos del mercado tienden a aumentar, por ello, al desarrollar sistemas que implican ahorro y optimización de recursos, los beneficios al margen del proyecto acuapónico irán en aumento, es decir, entre más caro el insumo, mayor valor económico tendrá el recurso ahorrado, añadido a esto, existen políticas gubernamentales que fomentan la sostenibilidad y cuidado del medio ambiente,

convirtiendo a proyectos como la acuaponía, susceptibles de recibir incentivos fiscales.

Lucha contra el hambre: alternativas

El problema del hambre en el mundo sigue siendo de los mayores retos en la Agenda 2030, el panorama global y la tendencia hacia el futuro no es positiva, según datos publicados el 2022, en un informe sobre la seguridad alimentaria y nutrición en el mundo, se tiene una estimación de 702 a 828 millones de personas en condiciones de subalimentación en el año 2021, equivalente en promedio a 103 millones más, con respecto al año 2019 y 2020, y se estima que para el 2030, el 8% de la población mundial padecerá hambre, lo que representa un retroceso en el cumplimiento del ODS 1 (FAO; FIDA; OMS; PMA; UNICEF; 2022). Por otro lado, existe el problema de la malnutrición, que se ve incrementada por la gran cantidad de alimentos considerados comida chatarra, disponibles ampliamente en el mercado y caracterizados por su bajo contenido de nutrientes y alta cantidad de azúcares, sal y grasas (Orjuela, 2017). La importancia de dietas saludables en el consumo de alimentos radica, entre muchas cosas, en la defensa contra enfermedades como la diabetes, las cardiopatías, e incluso el cáncer, así mismo, son necesarias para satisfacer las necesidades nutricionales del ser humano, que requiere proteínas de origen animal y vegetal, fibras, vitaminas y minerales. Es entonces, que se puede hablar de soberanía y seguridad alimentaria, cuando existe la disponibilidad de alimentos adecuados, acceso a los mismos y la permanencia de su consumo a lo largo del tiempo (Mariscal, Ramírez y Pérez, 2017). Una fuente importante son los productos alimenticios obtenidos del sector acuícola, que cuentan con los nutrientes esenciales necesarios para el consumo humano, esta actividad se ha extendido por el mundo y existe gran variedad de especies cultivadas, como en las formas de hacerlo, se calcula que hay cerca de 580 especies acuáticas que son utilizadas, todas susceptibles de emplearse en acuaponía, además, es una práctica llevada a cabo por personas en países de primer mundo como países en vías de desarrollo (FAO, 2013).

Ahora bien, una dieta equilibrada puede variar en función al contexto cultural, hábitos alimenticios y diversidad de los productos, sin embargo, los requerimientos y características para el consumo saludable son los mismos, tener acceso a frutas, verduras, cereales y proteínas. Ante los grandes retos que se enfrenta el mundo, el ODS que aborda esta problemática de manera directa es el número 2, cuyas metas van desde el 2.1 al 2.5 y 2.a, 2.b y 2.c, con un total de 8 metas, pero el resultado del análisis permitió identificar cuatro metas como las más importantes en términos de soberanía alimentaria, la meta 2.1, tiene como objetivo poner fin al hambre y asegurar el acceso de todas las personas a una alimentación sana, nutritiva y suficiente, durante todo un año, en particular, a las

personas en situación de pobreza y vulnerabilidad, la meta 2.2, es poner fin a todas las formas de malnutrición, la 2.3 trata de duplicar la productividad agrícola y los ingresos de los productores de alimentos en pequeña escala, en particular de las mujeres, los pueblos indígenas, los agricultores familiares, los pescadores, entre otros, y la meta 2.4, que procura asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres. Cabe señalar, que la acuaponía contribuye al tema de la soberanía alimentaria al ser una tecnología que es transferida a minorías étnicas y poblaciones que, por carecer de algún servicio público o el acceso a los mercados, son consideradas vulnerables (Colorado y Ospina, 2019). Además, los cultivos a pequeña escala pueden ser implementados en espacios reducidos de zonas urbanas, permitiendo ser aplicado en condiciones ambientales locales, cuya producción contribuye a la seguridad alimentaria de cualquier persona de la sociedad (Sarmiento-Guevara, 2020). Dentro del potencial de la acuaponía, se tiene el aprovechamiento de especies autóctonas, que permiten incrementar la viabilidad técnica y económica de los cultivos, a través de la diversificación de productos, tal el caso de la producción de peces como el Pacú (*Piaractus mesopotamicus*) que ha resultado una alternativa para la producción en acuaponía (González et al., 2021), y de gran variedad plantas, principalmente de hoja, donde se ha documentado la eficiencia de su crecimiento, siendo más de 150 especies vegetales diferentes que han demostrado buenos resultados (Emerenciano et al., 2015).

Se han realizado trabajos con el objetivo de comparar la producción acuapónica con otras tecnologías como la hidroponía, tal como lo hizo Quispe et al. (2018), quien demostró que el cultivo de lechuga acuapónica puede tener mayor rendimiento y menor concentración de nitratos en las hojas, lo que convierte a la planta en algo más saludable, además, la obtención de carne de pescado, convierte al sistema acuapónico en una tecnología más eficiente y productiva.

La acuaponía como agente para una educación de calidad

La educación y la enseñanza tienen un gran impacto al combatir la pobreza, la desigualdad, incluso es esencial para cumplir con los demás ODS, por ello la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura (UNESCO), comprende la alfabetización no solo como un conjunto de competencias de lectura, escritura y cálculo, si no como algo que permita la identificación, comprensión, interpretación, creación y comunicación de una sociedad cada vez más informada, cambiante y digitalizada, contribuyendo a

empoderar a la población al permitir mejorar su desarrollo en el ámbito laboral, mejorar calidad de vida, reducir la pobreza, las desigualdades e incrementar las oportunidades de desarrollo sostenible y medios de subsistencia (UNESCO, 2022).

De tal modo, se hace indispensable incluir en los procesos de alfabetización las competencias científicas y tecnológicas que mejoren la realidad y el desempeño de la sociedad, a través de herramientas educativas con enfoque transversal y en modelos experimentales, donde se puedan interrelacionar las disciplinas de la Química, la Biología, Matemáticas, Geografía y Tecnología.

El Objetivo 4 de los ODS, es garantizar una enseñanza inclusiva y equitativa de calidad y promover oportunidades de aprendizaje permanente para todos, está desarrollado a través de 10 metas, enumeradas del 4.0 al 4.7 y del 4.a al 4.c. Dentro del análisis de la contribución de los sistemas acuapónicos a las metas del ODS 4, se pueden resaltar las siguientes: 4.4, cuyo propósito es aumentar las competencias necesarias, en particular técnicas y profesionales en el mayor número posible de jóvenes y adultos, y la meta 4.7, que tiene como objetivo asegurar que todos los alumnos indistintamente del nivel educativo, adquieran los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para promover el desarrollo sostenible, cultura de paz, no violencia, los estilos de vida sostenible, diversidad cultural y ciudadanía mundial (ONU, 2020).

Bajo este escenario, la acuaponía es reconocida como un sistema estratégico educativo de enseñanza interdisciplinaria, que permite integrar en las estrategias pedagógicas, contenidos y técnicas novedosas de un modelo de producción sustentable real, propiciando una interacción entre los factores de aprendizaje en las dimensiones cognitivas, afectivas y psicomotoras, tal como lo señalan Martínez-Yáñez y Albertos-Alpuche (2014), quienes afirman que la acuaponía tiene ventajas al ser empleada como herramienta de aprendizaje en los niveles de educación medio superior y superior, debido a que su construcción, operación, mantenimiento y productos obtenidos, permiten desarrollar competencias tales como matemáticas, instrumentales, de comunicación, digitales, sociales e incluso el tratamiento de información. Por otro lado, Scaglione y Cerutti (2021), documentaron que el desarrollo de sistemas acuapónicos, junto con el uso de tecnologías de la información y comunicación (TIC) en el ámbito universitario, genera un proceso de aprendizaje intergeneracional, donde la docencia se constituye como un trabajo interdisciplinario que produce conocimiento especializado y a su vez, motiva a los estudiantes a realizar nuevas prácticas de investigación desde diferentes áreas del conocimiento (Biotecnología, Calidad del Agua, Producción Agroalimentaria, etc.).

Por su parte, Jiménez (2016), expone los grandes alcances que tiene la acuaponía como herramienta educativa aplicada en las escuelas desde nivel primaria, secundaria, centros de estudios técnicos e institutos tecnológicos, ya

que permite un estudio transversal de diversas ciencias como la Biología, Química, Física, entre otras, de una forma vivencial y encaminado a la conservación del medio ambiente. Además, los distintos diseños que se pueden implementar para un sistema acuapónico requieren el estudio y conocimiento de procesos naturales como el ciclo del agua, del carbono, del nitrógeno, entre otros, así como el desarrollo y aprendizaje teórico de leyes como la física, las interacciones ecológicas, procesos químicos y cálculos matemáticos, permitiendo a los estudiantes poner de manera práctica el conocimiento (Colorado y Ospina, 2019).

Salud y medio ambiente

El desarrollo social y económico traen consigo el aumento en la demanda de alimentos, para atender esta necesidad, se han incrementado las actividades productivas del sector primario, tales como la agricultura y la acuicultura. Estas actividades generan un aprovechamiento desmedido de los recursos naturales y cuando son realizadas a través de métodos tradicionales, los impactos ambientales pueden ser muchos y muy variados. En el caso de la agricultura, ha sido necesario el aumento de hectáreas para cultivo, provocando impactos como la deforestación, erosión del suelo, agotamiento de acuíferos, emisión de gases efecto invernadero derivado del consumo de combustibles, pérdida de la diversidad genética y el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas (Reyes-Palomino y Ccoa, 2022), por otro lado, la acuicultura puede causar efectos negativos al ambiente como resultado de la acumulación de subproductos metabólicos de las especies cultivadas en grandes volúmenes de agua, tales como el nitrógeno total, nutrientes que posteriormente impactan a cuerpos receptores como lagunas costeras, marismas, ríos, lagos, presas, causando procesos de eutrofización, derivando en alteraciones de calidad del agua, afectando la biodiversidad (Ovando, 2013; González, Duque y Sánchez, 2022). Para disminuir los impactos ambientales sin comprometer la producción de alimentos, es necesario desarrollar nuevos enfoques que integren las tecnologías como la acuaponía, que permitan lograr productividad con un impacto ambiental mínimo (Martins et al., 2010).

Con respecto a los ODS, la salud y el cuidado del medio ambiente y su asociación con la acuaponía, se expone a través de 6 objetivos de la Agenda 2030, el primero es el ODS 3, que busca garantizar y promover los bienes y la vida sana de todas las personas, haciendo referencia a las enfermedades y muertes asociadas con la contaminación del agua, el suelo, el aire, así como el uso de productos químicos peligrosos, otro ODS es el 6, que trata sobre la gestión sostenible del agua, su disponibilidad y el saneamiento, todo a través de la reducción de la contaminación, de minimizar emisiones de químicos y materiales

peligrosos, aumentar el reciclado y tratamiento de aguas, de reducir las aguas residuales sin tratar, aumentar el uso eficiente el agua, disminuir el estrés hídrico y proteger los cuerpos de aguas naturales, tales como ríos, lagos, embalses, etc. El ODS 11, tiene como objetivo lograr que los asentamientos humanos y las ciudades sean más resilientes y sostenibles, y sus metas se dirigen a reducir el impacto ambiental asociado a los desechos y la calidad del aire.

Por otro lado, el ODS 12, busca generar modalidades de consumo y producción sostenibles a través el uso eficiente de los recursos naturales, promover el reciclado, la reutilización y los estilos de vida con armonía hacia la naturaleza, el ODS 14, tiene dentro de sus metas, prevenir y reducir la contaminación mariana en cualquiera de sus formas, y por último, el ODS 15, que menciona a la protección, el restablecimiento y la promoción del uso sostenible de los ecosistemas terrestres, que incluye detener la degradación de suelos, la pérdida de biodiversidad y la desertificación.

La acuaponía, atiende en sus diversos diseños y características, alguna de las metas de los objetivos antes mencionados y se han documentado tales aportaciones, por ejemplo, un trabajo publicado por Tomlinson (2016), discute el potencial de la acuaponía como una opción para la agricultura urbana, argumentando que la revitalización de estructuras abandonadas genera un beneficio a la salud pública, y hace hincapié que es responsabilidad de los gobiernos promover ordenanzas de zonificación y códigos de construcción, que permita incorporar a la acuaponía como agente generador de bienestar para la comunidad, en este trabajo se expone a la acuaponía como tecnología que contribuye a crear asentamientos humanos más sostenibles.

En cuanto al uso eficiente de los recursos, los sistemas acuapónicos de recirculación reducen el desperdicio de agua, al funcionar como sistemas de tratamiento a través de los biofiltros, se evitan las descargas de nutrientes que pueden resultar en daños ecológicos graves, tales como la eutrofización, que afectan ríos, lagos y aguas costeras, provocando zonas muertas incluso en los océanos (Dybas, 2005), además, para algunas regiones, disminuir la demanda de agua, implica bajar la presión de consumo sobre acuíferos, es por esto que el ahorro comparado con la agricultura convencional, puede ser mayor al 90%, y el impacto ambiental puede ser casi nulo. Cabe señalar que esto varía en función a las condiciones climáticas, el tipo de cultivo y la eficiencia del sistema, sin embargo, la acuaponía es una práctica segura y sostenible (Bernstein, 2011).

Otros beneficios sobre el medio ambiente que la acuaponía presenta, es sobre el uso del suelo, ya que este, en algunos casos, es sustituido por sustratos, y según la técnica empleada, el espacio es optimizado evitando requerir grandes extensiones, además, al desarrollarse el cultivo sobre agua o sustratos inundados, se evitan problemas como la salinización y el anegamiento de tierras de cultivo, también se reduce el uso de fertilizantes y plaguicidas, lo que implica beneficios

a la salud por obtener una producción orgánica y saludable (Colorado y Ospina, 2019).

Algunos trabajos han demostrado que, en función al espacio, la producción acuapónica puede ser siete veces mayor comparado con la agricultura tradicional evitando de manera indirecta la deforestación. Los sistemas acuapónicos, en sus condiciones óptimas de funcionamiento, evitan impactos que se generan por las actividades acuícolas y agrícolas convencionales, además, pueden ser un elemento decorativo y de gran atractivo visual (Martínez, 2013).

En la Tabla 1 se muestra el listado de los ODS (11 en total) mencionados en el presente documento y algunas características de los proyectos de acuaponia que tienen incidencia.

Tabla 1. Identificación de los impactos positivos de la acuaponia, en los ODS

ODS	Características de la acuaponia
ODS 1: Fin de la pobreza	<ul style="list-style-type: none"> • Puede ser creado como un emprendimiento social: genera un bien común, propiciando de manera sustentable un valor social sostenible, económico y humano. • Es considerada una alternativa de producción viable en términos de autoconsumo.
ODS 2: Hambre cero	<ul style="list-style-type: none"> • Contribuye al tema de la soberanía alimentaria al ser una tecnología que es transferida a minorías étnicas y poblaciones vulnerables. • Los cultivos a pequeña escala pueden ser implementados en espacios reducidos de zonas urbanas. • Permite el aprovechamiento de especies autóctonas. • Existe gran variedad plantas vegetales que pueden ser cultivables en acuaponia. • La obtención de carne de pescado convierte al sistema acuapónico en una tecnología más eficiente y productiva.
ODS 3: Salud y bienestar	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede producir alimentos orgánicos (sin el uso de fertilizantes y plaguicidas). • Obtención de productos más saludables (concentración de nitratos en las hojas).
ODS 4: Educación de calidad	

- Es reconocida como un sistema estratégico educativo de enseñanza interdisciplinaria, permite integrar en las estrategias pedagógicas, contenidos y técnicas novedosas de un modelo de producción sustentable real propiciando una interacción entre los factores de aprendizaje en las dimensiones cognitivas, afectivas y psicomotoras.
- Tiene ventajas como herramienta de aprendizaje que permite desarrollar competencias de matemáticas, instrumentales, de comunicación, digitales, sociales y de tratamiento de información.
- Se pueden complementar con tecnologías de la información y comunicación (TIC) y generar un proceso de aprendizaje intergeneracional.
- Como herramienta educativa aplicada, permite un estudio transversal de diversas ciencias como la Biología, Química, Física, entre otras, de una forma vivencial y encaminado a la conservación del medio ambiente.
- Su implementación requiere el estudio y conocimiento de procesos naturales como el ciclo del agua, del carbono, del nitrógeno, el desarrollo y aprendizaje teórico de leyes como la física, las interacciones ecológicas, procesos químicos y cálculos matemáticos.
- Permite poner en práctica el conocimiento especializado y realizar nuevas prácticas de investigación desde diferentes áreas del conocimiento (Biotecnología, Calidad del Agua, Producción Agroalimentaria, etc.).

ODS 5: Igualdad de género

- Puede ser desarrollado a escalas comunitarias, con enfoques de género y humanizando el manejo, para generar productos saludables y de consumo familiar.
- En función al diseño, puede ser fácil de operar por cualquier persona, lo que permite ser implementado en los hogares.
- Los componentes y actividades que integran su construcción, operación y mantenimiento, pueden contemplarse en presupuestos de inversión públicos, con fines de inclusión social.
- Existen manuales disponibles en la web de forma gratuita, que facilitan el aprendizaje, construcción, operación y mantenimiento de sistemas acuapónicos.

ODS 6: Agua limpia y saneamiento

- Los sistemas acuapónicos de recirculación (RAS), reducen el desperdicio de agua.
- La implementación de sistemas de tratamiento (biofiltros) reduce la contaminación del agua.

ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico

- Se pueden implementar con fines económicos y de autoempleo a través de la variedad de diseños y tamaños, desde sistemas de pequeña escala con
-

acuarios, hasta la implementación de tecnología de última generación a gran escala.

- La producción puede variar en cuanto a los organismos y plantas cultivadas, lo que implica diversidad en la oferta de productos.
- La implementación de sistemas acuapónicos requiere la adquisición de insumos como semillas, alevines, alimento, suplementos, equipos, etc., propiciando una cadena de valor y de suministro diversa.
- Tiene un gran potencial para el desarrollo económico a futuro, debido al ahorro de recursos, los beneficios al margen del proyecto pueden ir en aumento.

ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

- Es una opción de agricultura urbana y puede integrarse a ordenanzas de zonificación y códigos de construcción, contribuyendo a crear asentamientos humanos más sostenibles.
- A través de sus diversos diseños y características, puede ser un elemento decorativo y de gran atractivo visual.

ODS 12: Producción y consumo responsables

- La disminución en la demanda de recursos como el agua, implica baja presión de consumo, con ahorro del 90% comparado con sistemas productivos convencionales.
- En términos de espacio, la producción de vegetales acuapónicos puede ser siete veces mayor, comparada con técnicas de cultivo agrícolas tradicionales.
- El requerimiento de insumos como fertilizantes y plaguicidas, puede ser nulo.

ODS 14: Vida Submarina

- Se pueden evitar las descargas de agua residuales, que pueden resultar en daños ecológicos graves, tales como la eutrofización, que afectan aguas costeras, provocando zonas muertas incluso en los océanos.
- Los sistemas controlados, disminuyen la posibilidad de introducir plagas y enfermedades a ecosistemas marinos.

ODS 15: Vida de ecosistemas terrestres

- El uso de suelo con fines agrícolas puede ser menor, comparado con la agricultura tradicional, evitando de manera indirecta la deforestación.
 - El desarrollo de cultivos sobre agua o sustratos inundados (fracción hidropónica, dentro de la acuaponía), pueden evitar problemas como la salinización y el anegamiento de tierras de cultivo.
 - La disminución en el uso de espacios, recursos hídricos y generación de residuos, evita la contaminación y permite la conservación de ecosistemas terrestres.
-

- La producción acuapónica disminuyen la posibilidad de introducir especies exóticas invasoras que afectan la biodiversidad.
-

Fuente: Elaboración propia, a través de investigación documental citada en el presente documento.

CONCLUSIONES

La población mundial fue azotada por una pandemia que dejó daños sin precedentes, causó afectaciones a la economía y el desarrollo social, sin mencionar los efectos sanitarios, puso de manifiesto la vulnerabilidad socioeconómica global. Además, el mundo atraviesa un cambio climático, que incluye serios impactos ambientales negativos, acrecentando los efectos de la pandemia en todos los ámbitos. La necesidad de atender estas problemáticas y disminuir los efectos de estas crisis, requieren aún más el cumplimiento de la A2030 y los 17 ODS, el reto ahora, es desarrollar las formas para contribuir a la observancia de sus metas, una estrategia es el desarrollo de tecnologías sostenibles como la acuaponía, que, por sus características, puede ser empleada en muchos ámbitos de la vida humana, impactando de manera positiva en los ODS. También tienen el potencial de ser integrados en planes y programas regionales de acción a corto, mediano y largo plazo, dirigido a territorios indígenas, especialmente a la Región Yoreme, que tiene confluencia con el sur de Sonora, suroeste de Chihuahua y el norte de Sinaloa, y son un sector de la población significativamente vulnerable, considerando las continuas sequías que se han presentado en esta región, donde, además, no se tienen antecedentes del uso de esta tecnología acuapónica.

Aún existe un vacío de conocimiento sobre la diversidad de sistemas acuapónicos que se pueden desarrollar, ya que su diseño, componentes y objetivos, varía en función a los factores que influyen en su eficiencia, aun así, la competitividad como medio de producción de alimentos, herramienta de enseñanza y desarrollador económico, está comprobado.

AGRADECIMIENTOS

David Valdez Martínez es becario de Doctorado de CONACyT. Pedro Hernández-Sandoval desea agradecer a la Universidad Autónoma de Occidente por uso de instalaciones y facilidades.

LITERATURA CITADA

- Bernstein, S. (2011). *Aquaponic Gardening: A Step-by-Step Guide to Raising Vegetables and Fish Together*. Gabriola Island, BC, Canada: New Society Publishers.
- Colorado, G. M. A. y Ospina, O. M. (2019). *La acuaponía como herramienta de formación en tiempos de paz*. Mosquera, Colombia: SENA, Centro de Biotecnología Agropecuaria.
- Dybas, C. L. (2005). Dead zones spreading in world oceans. *BioScience*, 55(7), 552-557. DOI: [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2005\)055\[0552:DZSIWO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2005)055[0552:DZSIWO]2.0.CO;2)
- Emerenciano, M. G., Mello, G. L., Pinho, S. M., Molinari, D., y Blum, M. N. (2015). *Aquaponia: uma alternativa de diversificação na aquicultura*. *Panorama da Aquicultura*, 25(147), 24-35.
- FAO, FIDA, OMS, PMA y UNICEF. 2022. *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2022. (Adaptación de las políticas alimentarias y agrícolas para hacer las dietas saludables más asequibles.)*. Roma. DOI: <https://doi.org/10.4060/cc0639es>
- Futuro en Común. (2018). *Una Agenda 2030 transformadora para las personas y el planeta. Propuestas para la acción política. (Informe desde la sociedad civil)*. Recuperado de: <https://futuroencomun.net/informe-de-la-agenda-2030-una-mirada-desde-la-sociedad-civil/>
- Garrido W. E. R., Guevara R. C. P. y Martínez, L. M. (2020). *Manual de producción del sistema acuapónico del Centro Agroempresarial y Acuícola*. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. ISBN: 978-958-15-0712-2.
- Goddek, S., Delaide, B., Mankasingh, U., Ragnarsdottir, K. V., Jijakli, H., y Thorarinsdottir, R. (2015). Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability*, 7(4), 4199-4224. DOI: <https://doi.org/10.3390/su7044199>
- González, A. O., González, L., Comolli, J. A., Santinón, J. J., Agüero, C., y Roux, J. (2021). *Parámetros Productivos de dos Especies de Peces Autóctonos (Piaractus mesopotamicus y Prochilodus lineatus) en un Sistema Acuapónico con Lechuga (Lactuca sativa sp)*. *Agrotecnia*, (31), 43-55. DOI: <http://dx.doi.org/10.30972/agr.0315815>
- González, L. A. E., Duque, N. G., y Sánchez, D. I. Á. (2022). *Cambios ambientales en agua y sedimentos por acuicultura en jaulas flotantes en el Lago Guamuez, Nariño, Colombia*. *Acta Agronómica*, 71(1). <https://doi.org/10.15446/acag.v71n1.98924>

- Guzmán V. A. y Trujillo-Dávila, M. A. (2008). Emprendimiento social-revisión de literatura. *Estudios gerenciales*, 24(109), 105-123.
- Jiménez, A. (2016). Acuaponía: Herramienta educativa para el aprendizaje transversal de las ciencias. *Ciencia y desarrollo*, 16(2), 83-90. DOI: <http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v16i2.1113>
- Lara-Figueroa, H. N. y García-Salazar, E. M. (2019). Prevalencia de enfermedades asociadas al uso de agua contaminada en el Valle del Mezquital. *Entreciencias*. 7(21): 91-106. DOI: <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2019.21>
- Llanos Hernández, L., & Santacruz de León, E. E. (2018). La soberanía alimentaria y el riesgo ambiental en la construcción social del territorio rural en San Juan Ixtenco, Tlaxcala. *Textual: análisis del medio rural latinoamericano*, (72), 67-100. DOI: 10.5154/r.textual.2017.72.006
- Maldonado-Balaguera, N. Y. (2018). Proyecto de seguridad alimentaria soportado en la producción agropecuaria sostenible (caso: mujeres víctimas del conflicto armado en el municipio de Yopal-Casanare, período 2013-2017) (Tesis maestría). Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Yopal, Casanare.
- Martínez-Yáñez, R., y Albertos-Alpuche, P.J. (2014). La acuaponía como herramienta didáctica para la enseñanza de la ciencia y la tecnología. En *memorias del IV Congreso Internacional de Educación Superior*. Universidad de Chiapas, CECAR, SEP, AUDI, etc. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, Noviembre 19-21, 212-222. DOI: 10.13140/2.1.2680.9129
- Martínez, Y. R. (2013). La Acuaponía como alternativa de producción agropecuaria sostenible ¿Una posibilidad para tener en casa? *REDICINySA*®, 2(5), 16.
- Mariscal M. A., Ramírez M. C. A., y Pérez S. A. (2017). Soberanía y Seguridad Alimentaria: propuestas políticas al problema alimentario. *Textual: análisis del medio rural latinoamericano*, (69), 9-26.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C., Heinsbroek, L. T., Schneider, O., Blancheton, J. P., y Verreth, J. A. J. (2010). New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Aquacultural engineering*, 43(3), 83-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2010.09.002>
- Millares, N., Pérez, L., Ceballos, B. J., Flores, E. R., y Isla, M. (2017). Un método alternativo para incrementar la productividad en el cultivo acuícola-agrícola en proyectos comunitarios con enfoque de género: la acuaponía. *Revista Cubana de Investigaciones Pesqueras*. vol. 34, No. 2.

- Naciones Unidas (2023). Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- Ovando, S. M. (2013) La acuicultura y sus efectos en el medio ambiente. *Espacio I+D Innovación más Desarrollo*, 2 (3), 61-80. doi: 10.31644/IMASD.3.2013.a04
- Organización de las Naciones Unidas (2016). Objetivos de Desarrollo del Milenio. <https://www.onu.org.mx/agenda-2030/objetivos-de-desarrollo-del-milenio/>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Objetivos y metas de desarrollo sostenible. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-development-goals/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, Ciencia y la Cultura. (2022, 24 de junio). Que debes saber sobre la alfabetización. <https://www.unesco.org/es/literacy/need-know>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2013). Papel de la FAO en la acuicultura: Desarrollo de la acuicultura. Recuperado de <https://www.fao.org/fishery/en/aquaculture>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). La FAO y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. <https://www.fao.org/home/es/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción. Roma. DOI: <https://doi.org/10.4060/ca9229es>
- Orjuela, R. (2017). ¿Qué es la comida chatarra? *Asociación colombiana de educación al consumidor*, 4(1), 4-5.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2016, 10 de septiembre). Objetivos de Desarrollo Sostenible: Antecedentes. <https://www.undp.org/content/undp/es/home.html>
- Podestá, A. (2020). Gasto público para impulsar el desarrollo económico e inclusivo y lograr los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Santiago, España.
- Quispe, E. W. A., Tapia, M. L., Pezoa, A. B., Laguna, O. T., Gonzales, J. W., y Contreras, V. H. E. (2018). Evaluación de la concentración de nitratos, calidad microbiológica y funcional en lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en los sistemas acuapónico e hidropónico. In *Anales científicos*. 79 (1). DOI: <https://doi.org/10.21704/ac.v79i1.1145>
- Reyes-Palomino, S. E., y Cano-Ccoa, D. M. (2022). Efectos de la agricultura intensiva y el cambio climático sobre la biodiversidad. *Revista de*

- Investigaciones Altoandinas, 24(1), 53-64.
<https://doi.org/10.18271/ria.2022.328>.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A. y Lovatelli, A. (2022). Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala – Cultivo integral de peces y plantas. FAO Documento Técnico de Pesca y Acuicultura. No. 589. FAO, Roma. DOI: <https://doi.org/10.4060/i4021es>
- Sarmiento-Guevara, G. A. (2020). Acuaponia Implementación de un modelo acuapónico para el control y monitoreo mediante herramientas TIC´S e IOT en un cultivo modular en Villavicencio. Documentos de Trabajo ECBTI, 1(2).
- Scaglione, M. C., y Cerutti, R. D. (2021). E-Extensión universitaria, una herramienta para difundir el modelo acuapónico para contribuir a la innovación en la producción de alimentos orgánicos, con baja huella de carbono y agua. Universidad en Diálogo: Revista de Extensión, 11(2), 11-30. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/udre.11-2.1>
- Tomlinson, L. (2015). Aquaponia cubierta en edificios abandonados: una posible solución a los desiertos de alimentos. Sustainable Development Law & Policy, 16, 23.

SÍNTESIS CURRICULAR

David Valdez Martínez

Egresado de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, con el Título de Ingeniero Ambiental y Maestro en Ciencias en Recursos Naturales y Medio Ambiente por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional. Profesor adscrito al Departamento de Ingeniería y Tecnología, en el programa educativo de Ingeniería Ambiental. Actualmente estudiante del programa de Doctorado en Sustentabilidad de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, programa dentro del PNPC del Conacyt. Correo: david.martinez@uadeo.mx.

Jorge Soto Alcalá

Profesor de Tiempo Completo adscrito al Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas y al Programa Educativo de Biología de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Guasave, es Biólogo por la Universidad de Occidente, cuenta con Maestría en recursos Naturales y Medio

Ambiente en el área de Biotecnología agrícola por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN) y doctorado por la Universidad Autónoma de Sinaloa y CIIDIR IPN dentro del programa de posgrado en recursos acuáticos (CONACYT) en el área de biotecnología acuícola (2015-2019). Es miembro honorífico del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT), es Candidato al Sistema Nacional de Investigadores (SNI-C), perfil deseable PRODEP. Jorge.soto@uadeo.mx.

Pedro Hernández Sandoval

Profesor de Tiempo Completo adscrito al Departamento Académico de Ciencias Naturales y Exactas y al Programa Educativo de Biología de la Universidad Autónoma de Occidente, Unidad Regional Los Mochis, es Biólogo acuático por el Instituto Tecnológico de Los Mochis, con Maestría en recursos Naturales y Medio Ambiente en el área de Acuacultura por el Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Sinaloa del Instituto Politécnico Nacional (CIIDIR-IPN) y Doctorado en Ciencias Biológico Agropecuarias en el área de Pesquerías otorgado por la Escuela Nacional de Ingeniería Pesquera de la Universidad Autónoma de Nayarit. Es miembro del Sistema Sinaloense de Investigadores y Tecnólogos (SSIT), del Sistema Nacional de Investigadores (S.N.I. 1), perfil deseable PRODEP, y miembro del Cuerpo Académico Ciencia Ambiental y Aprovechamiento Sustentable de Recursos Naturales. pedro.hernandez@uadeo.mx.