

Construcción participativa de sistemas acuapónicos para fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria en una comunidad Kogui de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

Collaborative Construction of Aquaponic Systems to Strengthen Food Security and Sovereignty in a Kogui Community of Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

 Juan J. Vaca-González ^a

 Luz Eneida Ochoa Orrego ^a

 Adriana Patricia Muñoz-Ramírez ^b

 Andrés Cabrera Orozco ^c

María Laura Chedraui Rodríguez ^a

Juan Pablo Arias Castilla ^a

Clara Patricia Arias Linares ^a

Raúl Andrés Martínez Torres ^a

Sergio Elías Martínez Solís ^d

^a Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz. Escuela de Pregrado. Dirección Académica

^b Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia. Departamento de Producción Animal. Grupo de Investigación: UN-ACUICTIO

^c Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Facultad de Ciencias, Departamento de Química

^d Centro Etnoeducativo Rural Kaggaba Matshukumake de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia

Cómo citar: Vaca-Gonzalez, J. J., Ochoa Orrego, L. E., Muñoz-Ramírez, A. P., Cabrera Orozco, A., Chedraui Rodríguez, M. L., Arias Castilla, J. P., Arias Linares, C. P., Martínez Torres, R. A., & Martínez Solís, S. E. (2026). Construcción participativa de sistemas acuapónicos para fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria en una comunidad Kogui de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (18), A-010. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202602.A010>



Resumen: La seguridad alimentaria sigue siendo un desafío en comunidades indígenas colombianas, especialmente por el acceso limitado a proteína animal y la dependencia de suministros externos. Este estudio tuvo como objetivo promover la apropiación social del conocimiento mediante la implementación participativa de un sistema acuapónico en el Centro Etnoeducativo Rural Kaggaba Matshukumake, resguardo Kogui Maruámake, Sierra Nevada de Santa Marta. Bajo un enfoque de investigación-acción participativa, estudiantes, docentes, líderes comunitarios e investigadores participaron en su diseño, construcción y puesta en marcha. El sistema integró tanques para cultivo de peces, camas de cultivo y un sistema fotovoltaico para garantizar autonomía energética. Se cultivaron tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*), además de cebollín, frijol, maíz, yuca, arracacha, tomate y cilantro. También se desarrollaron talleres y herramientas didácticas para fortalecer las capacidades locales y el diálogo entre conocimientos científicos y tradicionales. Los resultados evidenciaron la viabilidad técnica, productiva y comunitaria del sistema. Las tilapias alcanzaron un peso promedio de 357.6 g y una longitud de 24.6 cm, mientras que los bocachicos registraron 14.9 g y 10.5 cm. El sistema operó con energía solar y permitió producir simultáneamente proteína animal y hortalizas para complementar la alimentación escolar. Las actividades formativas fortalecieron el aprendizaje y la apropiación de tecnologías para la producción sostenible de alimentos. En conclusión, la acuaponía participativa constituye una estrategia viable para fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria en comunidades indígenas, promoviendo autonomía tecnológica, energías renovables y articulación entre conocimiento científico y saberes ancestrales, con potencial de replicabilidad en territorios similares.

Palabras clave: Acuaponía. Seguridad alimentaria. Soberanía alimentaria. Apropiación social del conocimiento. Comunidades indígenas.

Abstract: Food security remains a challenge in Colombian indigenous communities, particularly due to limited access to animal protein and reliance on external supplies. This study aimed to foster the social appropriation of knowledge through the participatory implementation of an aquaponic system at the Kaggaba Matshukumake Rural Ethno-educational Center, located in the Kogui Maruámake reserve in the Sierra Nevada de Santa Marta. Employing a participatory action research approach, students, teachers, community leaders, and researchers collaborated on the system's design, construction, and commissioning. The system integrated fish-rearing tanks, grow beds, and a photovoltaic system to ensure energy autonomy. Red tilapia (*Oreochromis spp.*) and bocachico (*Prochilodus magdalenae*) were raised alongside crops such as chives, beans, maize, cassava, arracacha, tomatoes, and cilantro. Workshops and educational tools were also developed to strengthen local capacities and facilitate dialogue between scientific and traditional knowledge systems. The results demonstrated the system's technical, productive, and community viability. Tilapia reached an average weight of 357.6 g and a length of 24.6 cm, while bocachico specimens averaged 14.9 g and 10.5 cm. Powered by solar energy, the system enabled the simultaneous production of animal protein and vegetables to supplement school meals. Educational activities enhanced learning and the

adoption of technologies for sustainable food production. In conclusion, participatory aquaponics represents a viable strategy for strengthening food security and sovereignty in indigenous communities by promoting technological autonomy, renewable energy use, and the integration of scientific and ancestral knowledge, with the potential for replication in similar territories.

Keywords: Aquaponics. Food Security. Food Sovereignty. Social Appropriation of Knowledge. Indigenous Communities.

1. Introducción

El pueblo Kogui, con una población aproximada de 9173 personas, habita principalmente la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM), uno de los territorios bioculturales más importantes de Colombia. Su asentamiento más meridional se ubica en el valle del río Guatapurí, Cesar (ONIC, 2025). Su permanencia cultural y conservación ambiental se relacionan con prácticas tradicionales basadas en el cultivo de maíz, plátano y yuca, complementadas con la cría de animales y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales (Consejo Territorial de Cabildos de la Sierra Nevada de Santa Marta, 2019; De la Hoz, 2006). La *verticalidad* del territorio permite diversificar la producción en distintos pisos térmicos, mientras los huertos responden a conocimientos ancestrales sobre el manejo del paisaje y los ciclos ecológicos. Además del autoconsumo, café, caña de azúcar y plátano constituyen productos comerciales (Martínez et al., 2024; Witte, 2020).

A pesar de la riqueza de estos sistemas, existen limitaciones en el acceso a alimentos de alto valor proteico, especialmente de origen animal, que afectan a la población infantil y contribuyen a la vulnerabilidad nutricional (Vanegas et al., 2016). Esta situación se relaciona con la inseguridad alimentaria de numerosos territorios rurales e indígenas, agravada por la pérdida de territorios, degradación de ecosistemas, cambio climático y disminución de la biodiversidad, que han reducido recursos provenientes de actividades tradicionales como la caza y la pesca (Aguirre et al., 2025; Briceño, 2023).

En Colombia, cerca del 48% de la población experimenta algún grado de inseguridad alimentaria, cifra que alcanza el 51.8% en el Cesar, asociada a pobreza y dificultades de acceso a alimentos de calidad (Aguirre et al., 2025). En este contexto, la acuicultura presenta potencial para fortalecer el suministro de proteína animal en comunidades rurales y compensar la disminución de la pesca artesanal, en concordancia con los principios de soberanía alimentaria (Rodríguez, 2022; Prado & Cantillo, 2023). Particularmente, la acuaponía integra peces y plantas mediante la recirculación del agua y el aprovechamiento de nutrientes, combinando producción de alimentos, eficiencia en el uso de recursos y sostenibilidad ambiental (Adeleke et al., 2022; Guarnizo & Contreras, 2023; Ibrahim et al., 2023; Nair et al., 2025).

La acuaponía permite producir simultáneamente pescado y hortalizas, reducir la dependencia de insumos externos y ahorrar hasta un 90% de agua frente a sistemas agrícolas convencionales (Ibrahim et al., 2023; Vasdravanidis et al., 2022). Asimismo, el aprovechamiento de los residuos metabólicos de los peces reduce el uso de fertilizantes y pesticidas. Estas características pueden mejorar la disponibilidad local de alimentos y la resiliencia de comunidades rurales. Los cultivos acuapónicos pueden presentar mayores concentraciones de nutrientes, mientras los peces constituyen una fuente segura de proteína animal (Cifuentes et al., 2023; Turlybek et al., 2025). En Colombia, la producción de animales acuáticos continentales ocupó el puesto 15 mundial entre 2008 y 2022 (FAO, 2024), y la producción acuícola nacional alcanzó 210.516 t en 2024, principalmente de tilapia (56%), cachama (17%) y trucha (15%) (MADR, 2025).

La implementación de tecnologías sostenibles en territorios indígenas requiere un diálogo intercultural que articule saberes locales y conocimiento científico. La apropiación social del conocimiento favorece la pertinencia, aceptación y sostenibilidad de las innovaciones, además de fortalecer las capacidades locales y la gestión comunitaria. Por tanto, este trabajo tuvo como objetivo promover la construcción participativa de un sistema acuapónico para fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria en una comunidad Kogui de la SNSM.

2. Metodología

2.1 Diseño metodológico

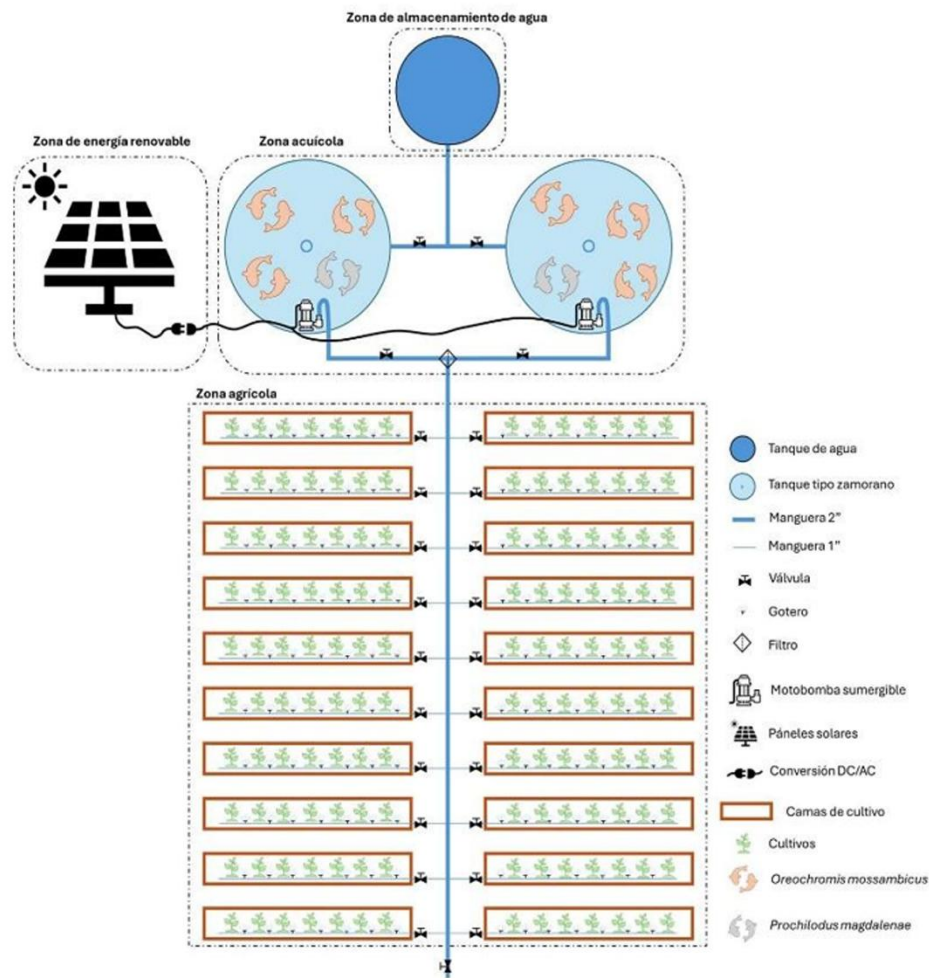
El estudio se desarrolló bajo un enfoque de investigación-acción participativa y apropiación social del conocimiento, orientado a la coconstrucción de soluciones tecnológicas con la comunidad Kogui. La comunidad participó en la identificación de necesidades, selección del sitio, definición del sistema y ejecución de actividades constructivas, formativas y de puesta en marcha. Los participantes, seleccionados concertadamente con las directivas del centro etnoeducativo y autoridades tradicionales, incluyeron docentes, estudiantes y miembros de la comunidad interesados en el proyecto. El proceso comprendió diagnóstico, diseño, construcción, capacitación y seguimiento, desarrollados en cuatro jornadas: (i) selección y adecuación del área para tanques y camas de cultivo; (ii) construcción de tanques e instalación del sistema fotovoltaico; (iii) siembra de peces y cultivos, capacitación y monitoreo; y (iv) cosecha, evaluación participativa y fortalecimiento de capacidades para la operación y mantenimiento. Durante el proceso se promovió el intercambio entre saberes tradicionales y científicos. La información cualitativa se recopiló mediante observación participante, notas de campo y registros fotográficos, y se analizó descriptivamente para identificar aspectos relacionados con la apropiación del sistema, la participación comunitaria y los procesos de aprendizaje.

2.2 Contexto comunitario y población participante

El proyecto se desarrolló en el Centro Etnoeducativo Rural Kaggaba Matshukumake, ubicado en el resguardo Kogui Maruámake, corregimiento de San José, Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia (10.75466954259686, -73.39607769838287). La institución atiende aproximadamente 180 estudiantes indígenas, de los cuales 90 permanecen en internado debido a la distancia entre sus lugares de residencia y el centro, que constituye un espacio fundamental para su formación y alimentación. La alimentación recibe apoyo parcial del Programa de Alimentación Escolar (PAE); sin embargo, la disponibilidad de proteína animal y hortalizas frescas es limitada por la dependencia de suministros provenientes de Valledupar, ubicada a aproximadamente tres horas por vía terrestre. Esta condición dificulta el abastecimiento continuo, especialmente ante restricciones de movilidad o condiciones climáticas adversas. Además, la ausencia de conexión a la red eléctrica limita la conservación de alimentos perecederos. En este contexto, se implementó un sistema acuapónico con energía solar fotovoltaica para contribuir a la seguridad alimentaria y fortalecer la apropiación de tecnologías sostenibles adaptadas al territorio.

2.3 Construcción del sistema acuapónico

El sistema acuapónico se estructuró en cuatro zonas interconectadas: (i) almacenamiento y conducción de agua; (ii) piscicultura, con dos tanques para peces de agua dulce; (iii) sistema fotovoltaico para alimentar las bombas sumergibles y otros requerimientos operativos; y (iv) agricultura, con camas de cultivo en tierra irrigadas por goteo con agua proveniente de los tanques piscícolas (Figura 1).

Figura 1. Esquema conceptual del sistema acuapónico implementado

2.3.1 Selección y ubicación del terreno

La selección del área se realizó participativamente con autoridades tradicionales, docentes e investigadores, considerando los requerimientos técnicos y las dinámicas territoriales y culturales de la comunidad. Con orientación y autorización del Mamü, máxima autoridad espiritual y tradicional del resguardo, se seleccionó un área de 625 m² ubicada en el sector suroriental del centro etnoeducativo (Figura 2A-D), destinada a los tanques piscícolas, camas de cultivo y sistema fotovoltaico. La concertación integró criterios técnicos y saberes locales para favorecer la apropiación comunitaria y la pertinencia del proyecto.

Figura 2. Área seleccionada para la investigación



Nota. A) Recorrido desde la Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz, hasta Guatapurí, Cesar.
 B) Recorrido desde Guatapurí hasta el Centro Etnoeducativo. C) Perímetro del Centro Etnoeducativo.
 D) Área destinada para instalar el sistema. Fuente: Google Maps (2026).

2.3.2 Construcción de tanques Zamorano

La construcción de los tanques se realizó colaborativamente con docentes, estudiantes e integrantes de las comunidades Kogui y Arhuaca. Considerando las orientaciones culturales Kogui sobre el uso de números pares en prácticas constructivas (De la Hoz et al., 2019), se construyeron dos tanques tipo Zamorano (Visión Agroecológica, 2011). Cada tanque tuvo 1.2 m de altura, 2.95 m de radio y una capacidad aproximada de 32.7 m³. La construcción incluyó nivelación del terreno, una base de arena, cemento y piedra, y un sistema de drenaje con 5 m de tubería PVC de 2", destinado al riego de las hortalizas. La estructura circular se conformó con malla electrosoldada de 10×10 cm y 4 mm de espesor, reforzada con varillas de ½" y 1.2 m de altura. Sobre esta se fijaron láminas de zinc de 1.2×0.8 m mediante alambre galvanizado. El borde superior se reforzó con manguera de riego de 2" y la superficie interna se impermeabilizó con bolsas de fibra de polipropileno y plástico calibre N° 8. Finalmente, se instaló un desagüe central de 2" y 90 cm, acoplado a un codo de 2". Los tanques se llenaron progresivamente hasta 70 cm (19.1 m³) para verificar su funcionamiento y estabilidad estructural.

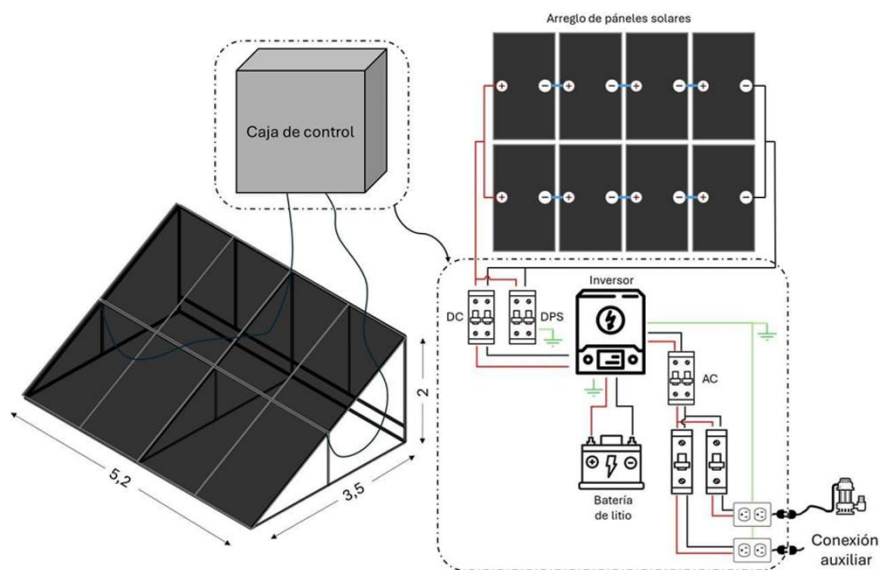
2.3.3 Construcción de camas de cultivo e instalación de sistema de riego

En un área de 25×25 m se construyeron 20 camas de cultivo en tierra, estructuradas en guadua, de 10×1.4 m y separadas 0.8 m para facilitar su manejo. El sistema de riego condujo el agua de los tanques piscícolas hacia las hortalizas. Cada tanque contó con una bomba sumergible de 0.6 Hp (Humboldt, XKS-500P) conectada a un filtro de anillos de 2". El agua se impulsó por una tubería principal de 2" y se distribuyó mediante líneas secundarias de 1" con válvulas manuales. La irrigación se realizó por goteo con goteros autocompensantes de 2 L/h, instalados cada 50 cm (Figura 1).

2.3.4 Construcción e instalación de sistema fotovoltaico

Se implementó un sistema fotovoltaico para alimentar las bombas de recirculación y suministrar energía al centro etnoeducativo (Figura 3). La estructura metálica, construida con ángulos de hierro de 1½"×¼", tuvo 2 m de altura, 5.2 m de ancho y 3.5 m de longitud, con una inclinación de 30° para la captación solar. Se instalaron ocho paneles de 460 W (Jinko Solar Co., Ltd.), organizados en dos arreglos en paralelo de cuatro paneles en serie, con salida de 190 V y 20 A. La instalación incluyó un breaker DC, un dispositivo de protección contra sobretensiones (DPS), un inversor-cargador bifásico de 6000 W (Must, PV6048-TLV) y una batería de litio de 51.2 V y 100 Ah (Must, LP18-48100). Se establecieron dos circuitos independientes de 110 V: uno para las bombas del sistema acuapónico y otro para el centro etnoeducativo. Las conexiones incorporaron breakers AC y puesta a tierra.

Figura 3. Conexión del sistema fotovoltaico



2.3.5 Siembra de alevinos y biometría

Se utilizaron alevinos de tilapia roja (*Oreochromis spp.*) y bocachico (*Prochilodus magdalenae*), de 2-5 g, provenientes de la granja piscícola Varas Blancas (Cesar, Colombia). La primera siembra incluyó 200 tilapias para evaluar su adaptación al sistema; posteriormente, se sembraron 140 tilapias y 60 bocachicos, seleccionados por su importancia alimentaria y disponibilidad regional. Los peces fueron alimentados tres veces al día con concentrado comercial para tilapia (45% de proteína cruda), ajustando la cantidad según la biomasa estimada durante los monitoreos y las recomendaciones de la tabla HANNA® Instruments para sistemas semiintensivos.

El crecimiento se evaluó mediante biometrías de una muestra aleatoria del 10% de los peces de cada tanque. El peso individual se determinó con una balanza digital (± 0.01 g) y la longitud estándar con un ictiómetro. Para la primera siembra se realizaron tres biometrías intermedias y una final, y para la segunda, dos. En cada jornada se determinaron el peso y la longitud promedio ($\pm$ desviación estándar) y se estimó la biomasa por tanque para ajustar la alimentación. Además, se monitoreó diariamente la temperatura del agua y se realizó un recambio parcial diario.

2.3.6 Cultivo de hortalizas

Se sembraron hortalizas tales como cebollín (*Allium fistulosum*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), maíz (*Zea mays*), yuca (*Manihot esculenta*), arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*), tomate (*Solanum lycopersicum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*). La siembra contó con la participación de estudiantes, docentes y miembros de la comunidad. Las camas se irrigaron con agua de los tanques piscícolas, aprovechando los nutrientes generados por los peces.

2.4 Apropiación social sobre sistemas acuapónicos

Como parte de la estrategia de apropiación social, se desarrollaron actividades pedagógicas diferenciadas por edad sobre el funcionamiento de los sistemas acuapónicos, la producción sostenible de alimentos y el valor nutricional de peces y hortalizas. Con los niños de 7-11 años ($n=74$) se realizaron actividades lúdicas sobre biodiversidad acuática, morfología básica de los peces, estructuras de las plantas y su importancia alimentaria. Con los jóvenes de 14-19 años ($n=75$) se abordaron los ciclos biogeoquímicos, las interacciones ecológicas, el papel de los peces en la nutrición humana y la integración de la acuicultura e hidroponía para optimizar el uso del agua. Como recursos pedagógicos interculturales, se diseñó un juego de cartas bilingües (español-kogui) con términos asociados al sistema, entre ellos agua (*Ni*), tanque (*Waxachuk*), acuaponía (*Jishbawaxe*), pez (*Waxa*), energía (*Dluna*) y planta (*Kadla*). También se elaboró una maqueta tridimensional mediante impresión 3D para facilitar la comprensión de las interacciones entre los componentes del sistema. Como cierre del proceso formativo, se realizó una

jornada comunitaria de pesca y cosecha con estudiantes, docentes, investigadores y miembros de la comunidad. Previamente, se socializaron los procedimientos técnicos, medidas de bioseguridad y prácticas de bienestar animal. Durante la jornada se registraron el peso y la longitud estándar de los peces para seleccionar los individuos que alcanzaron la talla de cosecha. Estos fueron sacrificados mediante choque térmico con hielo, siguiendo recomendaciones para el manejo de organismos acuáticos destinados al consumo.

3. Resultados y discusión

3.1 Sistema acuapónico

Como resultado del proceso participativo se implementó un sistema acuapónico adaptado al centro etnoeducativo que integró producción piscícola, agrícola y generación de energía renovable (Figura 4).

Figura 4. Sistema acuapónico integrado

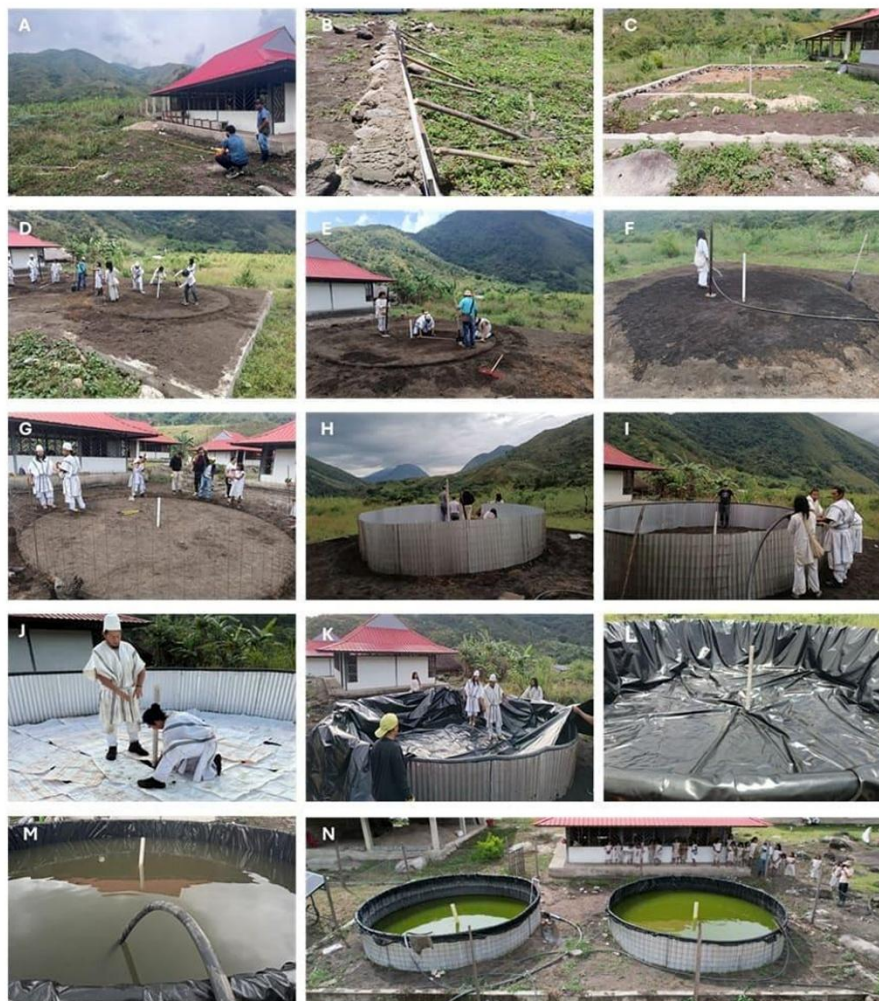


Nota. A) Sistema acuapónico. B) Tanques Zamorano. C) Camas de cultivo. D) Sistema fotovoltaico. Fotografías: James León Parra Monsalve, profesor de la Universidad Nacional de Colombia, Sede La Paz, y líder del Semillero de Investigación Sentipensantes.

3.1.1 Tanques tipo Zamorano

La construcción participativa de los dos tanques se completó con la participación de docentes, estudiantes y miembros de las comunidades Kogui y Arhuaca, estos últimos con experiencia en infraestructura piscícola, bajo las orientaciones de las autoridades tradicionales (Figura 5).

Figura 5. Tanques tipo Zamorano



Nota. Proceso de construcción de los tanques. Fotografías tomadas con la colaboración de James León Parra Monsalve y autores.

El proceso promovió el intercambio de conocimientos y la apropiación comunitaria de la infraestructura. La construcción comprendió la nivelación del terreno, conformación de la estructura cilíndrica, instalación de malla electrosoldada y láminas de zinc, impermeabilización y montaje del sistema de desagüe (Figuras 5A-L). Finalmente, los tanques fueron llenados para evaluar su estabilidad estructural, sin evidenciar fugas durante las pruebas de funcionamiento (Figuras 5M-N).

3.1.2 Camas de cultivo y sistema de riego

La construcción de las camas con materiales locales y de bajo costo favoreció la sostenibilidad y replicabilidad del sistema (Figura 6A-F). El uso de guadua redujo la inversión inicial y facilitó el mantenimiento comunitario frente a estructuras prefabricadas (Adeleke et al., 2022; Babatunde et al., 2023). Asimismo, el riego por goteo permitió reutilizar el agua enriquecida con nutrientes de los tanques piscícolas,

optimizando su uso y reduciendo la necesidad de fertilizantes externos. Esta estrategia coincide con estudios que reportan ahorros de hasta 90% de agua frente a la agricultura convencional, asociados a la recirculación y al aprovechamiento de los residuos metabólicos de los peces (Ibrahim et al., 2023; Pomoni et al., 2023).

Desde una perspectiva socioambiental, el uso de materiales locales y el diseño adaptado al territorio y a las capacidades técnicas de la comunidad redujeron los costos de construcción y mantenimiento y favorecieron la apropiación social, sostenibilidad y replicabilidad del sistema (Babatunde et al., 2023; Schoor et al., 2023; Nair et al., 2025). Frente a estructuras prefabricadas, esta estrategia facilitó el transporte, montaje y mantenimiento (Adeleke et al., 2022). Asimismo, la recirculación del agua y su aprovechamiento para riego pueden alcanzar eficiencias de hasta 90% frente a la agricultura convencional, mientras que los residuos metabólicos de los peces aportan nutrientes y reducen la necesidad de fertilizantes y plaguicidas químicos (Ibrahim et al., 2023; Pomoni et al., 2023; Nair et al., 2025; Schoor et al., 2023). La producción integrada de peces y vegetales también puede mejorar la viabilidad de sistemas agrícolas comunitarios (Adeleke et al., 2022; Babatunde et al., 2023).

Figura 6. Instalación de camas de cultivo y sistema de riego



Nota. A, B) Instalación de camas para cultivo. C, D, E, F) Instalación y prueba del sistema de riego.

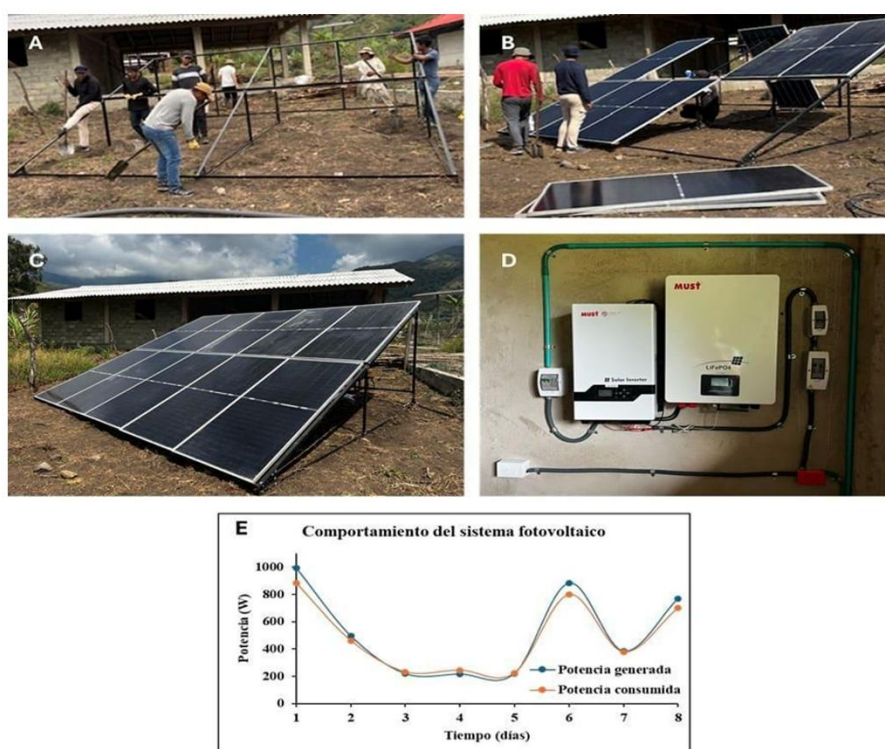
3.1.3 Sistema fotovoltaico

La implementación del sistema fotovoltaico garantizó el suministro energético para la operación del sistema acuapónico y contribuyó al abastecimiento del centro etnoeducativo (Figura 7). La estructura metálica permitió orientar y estabilizar los paneles, y las pruebas posteriores a la puesta en marcha evidenciaron un funcionamiento estable durante el periodo de evaluación (Figuras 7A-D). El sistema registró una

generación aproximada de 1000 W frente a un consumo de 900 W (Figura 7E), suficiente para mantener la operación de las motobombas y el riego, favoreciendo la autonomía del sistema en un territorio sin acceso permanente a la red eléctrica.

La integración de energía fotovoltaica favoreció la sostenibilidad del sistema al garantizar la recirculación del agua y el riego, además de ampliar la disponibilidad energética del centro etnoeducativo. Este resultado coincide con Zainal et al. (2022), quienes señalan que la integración fotovoltaica mejora la estabilidad operativa y reduce la dependencia de fuentes convencionales. En contextos rurales e indígenas, la combinación de acuaponía y energías renovables puede fortalecer la autonomía energética, la producción local de alimentos y la sostenibilidad ambiental (El Saeidy et al., 2023; Rony et al., 2024). En este estudio, su implementación permitió adaptar la tecnología al territorio y favorecer la apropiación comunitaria de una alternativa productiva basada en energía limpia.

Figura 7. Instalación del sistema fotovoltaico



Nota. A) Instalación de la estructura. B, C) Instalación de paneles solares. D) Instalación del inversor y batería.
E) Comportamiento del sistema fotovoltaico.

3.2 Siembra de alevinos y biometría

La siembra y manejo de los peces se realizaron con participación de estudiantes, docentes y miembros de la comunidad Kogui, fortaleciendo las capacidades locales para la operación del sistema (Figuras 8A-B). Durante los ocho meses de cultivo, el seguimiento biométrico permitió evaluar el crecimiento y ajustar la alimentación según el aumento de

la biomasa (Figuras 8C-G). La temperatura del agua se mantuvo cercana a 24 °C en ambos tanques (Figura 8H), condición adecuada para el cultivo de tilapia roja y bocachico.

Figura 8. Siembra y biometría realizada a los peces cultivados



Nota: A, B) Aclimatación de los alevinos. C) Registro de peso. D, E) Cosecha final. F) Registro de longitud. G) Pesaje de alimento. H) Registro de temperatura.

El seguimiento biométrico evidenció un crecimiento progresivo (Tabla 1). En la primera biometría, las tilapias presentaron marcada heterogeneidad entre los tanques 1 y 2, con grupos de 25.7 ± 15.6 y 94.3 ± 37.3 g de peso vivo y 8.2 ± 1.9 y 12.7 ± 1.8 cm de longitud estándar, respectivamente. Para reducir la competencia por alimento, los individuos fueron redistribuidos en dos tanques según su talla. En la segunda biometría, los peces de los tanques 1 y 2 alcanzaron 112 ± 27.4 y 162 ± 58.4 g, y 15.5 ± 1.6 y 18.4 ± 1.9 cm, respectivamente. En la tercera, estos valores aumentaron a 232.2 ± 62 y 378 ± 93.3 g, y 22.2 ± 2.6 y 25.2 ± 2.58 cm. Finalmente, antes de la cosecha, las tilapias alcanzaron 357.6 ± 100.4 g y 24.6 ± 2.3 cm. En la segunda siembra se utilizaron 140 alevinos de tilapia roja y 60 de bocachico, con pesos iniciales de 2-6 g y longitudes de 1-6 cm. En la biometría de seguimiento, las tilapias alcanzaron 73.9 ± 20.3 g y 15.2 ± 1.6 cm, mientras que los bocachicos registraron 14.9 ± 3.6 g y 10.5 ± 0.8 cm, evidenciando adaptación al sistema. Al finalizar el primer ciclo, el consumo acumulado fue de 112.1 kg de alimento, con una conversión alimenticia de 2.0 y una biomasa eviscerada de 55.6 kg (Tabla 2).

Estos resultados evidenciaron condiciones favorables para el crecimiento de ambas especies. La redistribución de las tilapias según su talla permitió manejar la heterogeneidad inicial y reducir la competencia intraespecífica. La acuaponía integra peces, plantas y bacterias mediante un ciclo de nutrientes (Kasozi et al., 2021). En este estudio, la tilapia roja y el bocachico fueron seleccionados por su adaptación, disponibilidad local y aceptación comunitaria, y sus residuos metabólicos fueron aprovechados para el cultivo de cebollín, frijol, maíz, yuca, arracacha, tomate y cilantro (Atique et al., 2022). Otras especies reportadas para sistemas acuapónicos en Sudamérica, como pacú (*Piaractus mesopotamicus*), jundiá (*Rhamdia quelen*) y cachama negra (*Colossoma macropomum*), presentan ventajas productivas, pero no fueron consideradas por su disponibilidad limitada en el país y, en el caso de la cachama, por el riesgo de deteriorar el recubrimiento plástico de los tanques (Pinho et al., 2021). La producción integrada de peces y hortalizas permite complementar el aporte de proteína, fibra, vitaminas y minerales (Atique et al., 2022; Duarte & Cerozi, 2024).

Tabla 1. Datos obtenidos de la biometría de tilapia roja para la primera y segunda siembra

	Medición	Tanque 1				Tanque 2			
		Peso (g)	Longitud (cm)	Peces (Nº.)	Biomasa (g-%)	Peso (g)	Longitud (cm)	Peces (Nº.)	Biomasa (g-%)
Primera siembra	1	25.7±15.6	8.2±1.9	100	2570-5.4	94.3±37.3	12.7±1.8	100	9430-3.1
	2	112±27.4	15.5±1.6	97	10864-3	162±58.4	18.4±1.9	95	15390-2.4
	3	232.2±62	22.2±2.6	97	22526-2	378±93.3	25.2±2.58	95	35910-1.4
Segunda siembra	Medición	Tanque 1				Tanque 2			
		Peso (g)	Longitud (cm)	Peces (Nº.)	Biomasa (g-%)	Peso (g)	Longitud (cm)	Peces (Nº.)	Biomasa (g-%)
	1	6	2	140	840-7.5	2	1	60	120-9
	2	73.8±20.3	15.2±1.6	153	11293-3.2	14.9±3.6	10.5±0.8	53	791-7.8
Cosecha final	Medición	Peces sacrificados (Tilapia roja)							
		Peso (g)		Longitud (cm)		Peces (Nº.)		Biomasa con vísceras (g-%)	
		357.6±100.4		24.6±2.3		172		61510-1.5	

Tabla 2. Indicadores productivos del cultivo de tilapia roja y bocachico en el sistema acuapónico

Periodo	Días cultivo	Alimento consumido/día (g)	Alimento consumido (g)	Alimento consumido total (g)	Biomasa cosechada eviscerada (g)	Conversión alimenticia
1	114	60	6840	112 084	55 600	2.0
2	46	340	15 644			
3	61	556	33 930			
4	73	763	55 670			

En comunidades indígenas, la acuaponía puede contribuir a la soberanía alimentaria, seguridad nutricional y resiliencia mediante sistemas adaptados al territorio que diversifiquen la dieta y reduzcan la dependencia de insumos externos (Lakhier et al., 2025; Nair et al., 2025; Rodríguez, 2022; Rowe et al., 2024). Asimismo, puede favorecer la adaptación frente a la pérdida de biodiversidad y el cambio climático (Mešić et al., 2024). Su implementación en el centro etnoeducativo resulta especialmente relevante para la población escolar al favorecer la disponibilidad de alimentos nutritivos y su articulación con procesos de aprendizaje (Kluczkovski et al., 2024).

3.3 Cultivos de hortalizas

La implementación del componente agrícola permitió el establecimiento de las especies cultivadas, con germinación homogénea y adecuado desarrollo durante las primeras semanas (Figuras 9A-C). El riego con agua de los tanques piscícolas favoreció el crecimiento y una coloración foliar uniforme (Figuras 9D-F), evidenciando el aprovechamiento de los nutrientes generados por los peces y la integración de los componentes acuícola y agrícola.

Figura 9. Hortalizas cultivadas en el sistema acuapónico



Nota. A) Semillero de plantas. B, C, D, E, F) Cultivos de frijol, arracacha, cebollín y maíz.

La construcción y manejo de las camas se desarrollaron participativamente con docentes, estudiantes y miembros de la comunidad Kogui, fortaleciendo el aprendizaje y la apropiación del sistema (Figura 9). El aprovechamiento de los residuos metabólicos de los peces permitió reducir la dependencia de fertilizantes externos y optimizar el uso del agua, ventajas reconocidas de la acuaponía (Atique et al., 2022; Kasozi et al., 2021). Esta integración permitió diversificar la producción mediante la obtención simultánea de pescado y hortalizas, contribuyendo a la seguridad y soberanía alimentaria de la comunidad educativa. La incorporación de estos alimentos en la alimentación escolar resulta relevante por su aporte nutricional. El pescado proporciona proteínas de alta digestibilidad, ácidos grasos omega-3, hierro y zinc, mientras que las hortalizas aportan vitaminas A, C, K y del complejo B, además de minerales como calcio, magnesio y potasio (Pilecky et al., 2021; Fernández et al., 2023; Phogat et al., 2022; Kluczkowski et al., 2024). En conjunto, estos alimentos pueden contribuir a mejorar la nutrición infantil y favorecer el desarrollo y rendimiento escolar en comunidades indígenas (Maulu et al., 2021).

3.4 Apropiación de conocimiento sobre sistemas acuapónicos

Las estrategias pedagógicas favorecieron la apropiación de los principios de funcionamiento del sistema acuapónico y la participación de estudiantes y miembros de la comunidad (Figuras 10A-C). Los niños reconocieron características morfológicas de los peces y su función en el ecosistema, mientras que los jóvenes fortalecieron conocimientos sobre ciclos biogeoquímicos, interacciones ecológicas y aporte nutricional de las especies cultivadas (Figura 10D). Asimismo, los participantes comprendieron la interacción entre los componentes acuícola y agrícola y el aprovechamiento de nutrientes para la

producción sostenible de alimentos (Figura 10E). Como estrategia de apropiación cultural, se realizó un taller de pintura de piedras con representaciones del ecosistema y elementos de la cosmovisión Kogui, posteriormente dispuestas alrededor de los tanques (Figuras 10F-G). Un juego didáctico y una maqueta tridimensional complementaron estas actividades y facilitaron la comprensión de las interacciones entre peces, plantas y microorganismos (Figuras 10H-I).

Durante la jornada de cierre se capturaron 172 peces, con un peso de 357.6 ± 100.4 g y una longitud de 24.6 ± 2.3 cm (Figuras 11A-C). La participación de estudiantes y docentes en la cosecha permitió involucrarlos en el proceso productivo y reforzó la apropiación del sistema (Figuras 11D-F). La construcción participativa de esta tecnología evidenció la integración de conocimientos científicos y saberes ancestrales. La participación de las comunidades Kogui y Arhuaca en la planeación, diseño, construcción y seguimiento favoreció la toma conjunta de decisiones y la pertinencia cultural del sistema (Adefila et al., 2004; Akalibey et al., 2024). A su vez, los conocimientos sobre el territorio, los ciclos climáticos y la biodiversidad complementaron el conocimiento técnico de la acuaponía, promoviendo un aprendizaje colectivo (Luque & Rodríguez, 2018). Las estrategias de comunicación intercultural contribuyeron a fortalecer la confianza y cohesión social necesarias para la continuidad del sistema (Velásquez, 2024).

Figura 10. Jornadas de apropiación del conocimiento sobre el aprendizaje de sistemas acuapónicos



Nota. A, B, C, D, E, F) Talleres sobre peces, hortalizas y sistemas acuapónicos. G) Decoración del área de los tanques. H, I) Actividad recreativa con juegos lúdicos.

Las actividades pedagógicas vincularon nutrición, sostenibilidad y producción de alimentos con experiencias prácticas, promoviendo la construcción colectiva de conocimientos y el reconocimiento de la acuaponía como herramienta comunitaria para fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria (Amadou & Lawali, 2022; Kuhnlein & Chotiboriboon, 2022). En conjunto, los resultados evidencian que la articulación entre conocimiento científico y saber ancestral favoreció el desarrollo de capacidades para el manejo de tecnologías apropiadas, la educación ambiental y la implementación de un modelo productivo adaptado al contexto social, cultural y ambiental del territorio (Borges et al., 2025).

Figura 11. Actividad de cierre del proyecto



Nota. A, B, C) Cosecha de peces. D, E, F) Almuerzo de cierre del proyecto.

4. Conclusión

La implementación participativa del sistema acuapónico, complementada con energía fotovoltaica, permitió establecer una infraestructura funcional para la producción integrada de peces y hortalizas en la comunidad Kogui. Durante el periodo de estudio, las especies cultivadas se adaptaron al sistema y se obtuvo producción de alimentos para el centro etnoeducativo, mientras que la participación de estudiantes, docentes, líderes comunitarios e investigadores favoreció la apropiación social del conocimiento y el diálogo entre saberes científicos y ancestrales. Aunque el sistema evidenció viabilidad técnica, productiva y educativa durante el periodo evaluado, su sostenibilidad y replicabilidad a largo plazo dependerán de la capacitación comunitaria continua, la disponibilidad de alevinos y alimento, el mantenimiento de la infraestructura y el monitoreo de variables críticas de calidad del agua y producción. La experiencia constituye así una base para implementar sistemas acuapónicos en territorios rurales e indígenas con condiciones similares, contribuyendo a la seguridad y soberanía alimentaria, la autonomía comunitaria y el desarrollo sostenible desde un enfoque culturalmente pertinente.

Referencias

- Abisha, R.; Krishnani, K.; Sukhdhane, K.; Verma, A.; Brahmane, M. & Chadha, N. (2022). Sustainable development of climate-resilient aquaculture and culture-based fisheries through adaptation of abiotic stresses: a review. *Journal of Water and Climate Change*, 13(7), pp. 2671-2689. <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.045>
- Adefila, A.; Ajayi, O.; Toromade, A. & Sam, J. (2004). Integrating traditional knowledge with modern agricultural practices: A sociocultural framework for sustainable development. *World Journal of Biology Pharmacy and Health Sciences*, 20(2), pp. 125-135. <https://doi.org/10.30574/wjbphs.2024.20.2.0850>
- Adeleke, B.; Cassim, S. & Taylor, S. (2022). Pathways to low-cost aquaponic systems for sustainable livelihoods and economic development in mp communities: defining critical success factors. *Aquaculture International*, 30(3), pp. 1575-1591. <https://doi.org/10.1007/s10499-022-00865-z>
- Aguirre, S.; Simanca, R. & Piraneque, N. (2025). Departamento del Cesar, Colombia, y la lucha contra el hambre en las escuelas rurales. *Entramado*, 21(41), pp. 1-16. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.11489>
- Akalibey, S.; Hlaváčková, P.; Schneider, J.; Fialová, J.; Darkwah, S. & Ahenkan, A. (2024). Integrating indigenous knowledge and culture in sustainable forest management via global environmental policies. *Journal of Forest Science*, 70(6), pp. 265-280. <https://doi.org/10.17221/20/2024-JFS>
- Amadou, I. & Lawali, S. (2022). Smart Management of Malnutrition Using Local Foods: A Sustainable Initiative for Developing Countries. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, pp. 1-8. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.725536>
- Atique, F.; Lindholm, P. & Pirhonen, J. (2022). Is Aquaponics Beneficial in Terms of Fish and Plant Growth and Water Quality in Comparison to Separate Recirculating Aquaculture and Hydroponic Systems? *Water*, 14(9), pp. 1-18. <https://doi.org/10.3390/w14091447>
- Babatunde, A.; Deborah, R.; Gan, M. & Simon, T. (2023). Economic viability of a small scale low-cost aquaponic system in South Africa. *Journal of Applied Aquaculture*, 35(2), pp. 285-304. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1958729>
- Borges, A.; Zárate, J.; Coca, R. & Osorio, R. (2025). Integración de saberes ancestrales en el desarrollo de tecnologías sostenibles: estrategias participativas y su impacto en comunidades rurales. *Revista Multidisciplinar Epistemología de Las Ciencias*, 2(2), pp. 208-224. <https://doi.org/10.71112/qhz0q948>
- Briceño, L. (2023). *Estrategias para la recuperación alimentaria en el Cesar, desde la seguridad alimentaria, la soberanía y la autonomía, en el contexto histórico de producción agropecuaria del período 1990-2020. Una experiencia sistematizada*. Pontificia Universidad Javeriana.
- Cifuentes, A.; Leguizamón, A.; Zambrano, J. & Landines, M. (2023). Factores clave y tendencias en los sistemas acuapónicos: revisión de literatura. *Revista de La Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 70(3), pp. 1-13. <https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107673>
- Consejo Territorial de Cabildos de la Sierra Nevada de Santa Marta (2019). *El derecho de los Pueblos Indígenas a sus economías tradicionales”: aportes desde la Sierra Nevada de Gonawindúa*. ONIC. <https://www.ohchr.org/sites/default/files/documents/issues/indigenouspeoples/emrip/cfis/study-trad-eco/subm-indigenous-their-traditional-indi-peop-consejo-territorial-cabildos-si-arta.PDF>
- De la Hoz, E.; Pacheco, J. & Trujillo, O. (2019). Números y universo en las comunidades indígenas: kogui, arhuaca, wiwa y kankuama de la Sierra Nevada de Santa Marta. *Revista Latinoamericana de Etnomatemática*, 12(3), pp. 40-58. <https://doi.org/10.22267/relatem.1692.1>
- De la Hoz, J. V. (2006). Sierra Nevada de Santa Marta: economía de sus recursos naturales. En J. V. De la Hoz (Ed.). *Subregiones productivas del Caribe colombiano* (pp. 53-122). Banco de la República.
- Duarte, S. & Cerozi, B. (2024). Enhancing plant growth in aquaponic systems via potassium manipulation in fish feeds: A pilot study of tailored feeds bridging nutritional gaps in aquaponics. *Agricultural Systems*, 218, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2024.104001>
- El Saeidy, E.; Eissa, H.; Omar, M.; Elgeziry, A. & Elsisy, S. (2023). Effectiveness of applying solar energy in the aquaponic system for saving energy. *The Egyptian Journal of Agricultural Engineering*, 40(4), pp. 435-452. <https://doi.org/10.21608/mjae.2023.224549.1109>

- FAO (2024). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cd0683es>
- Fernández, V.; Suárez, G.; Pérez, L.; Lobillo, J. & Gross, J. (2023). Contribution of Household Aquaponic Production to a Low Price Healthy Mediterranean Diet in an Economically Depressed Community. *Agronomy*, 13(2), pp. 1-12. <https://doi.org/10.3390/agronomy13020498>
- Guarnizo, N. & Contreras, A. (2023). La acuaponía urbana: fomentando la agricultura sostenible en entornos urbanos. *Revista Nodo*, 18(35), pp. 20-29. <https://doi.org/10.54104/nodo.v18n35.1616>
- Ibrahim, L.; Shaghaleh, H.; El-Kassar, G.; Abu-Hashim, M.; Elsadek, E. & Alhaj, Y. (2023). Aquaponics: A Sustainable Path to Food Sovereignty and Enhanced Water Use Efficiency. *Water*, 15(24), pp. 1-36. <https://doi.org/10.3390/w15244310>
- Kasozzi, N.; Abraham, B.; Kaiser, H. & Wilhelmi, B. (2021). The complex microbiome in aquaponics: significance of the bacterial ecosystem. *Annals of Microbiology*, 71(1), pp. 1-13. <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01613-5>
- Kluczkowski, A.; Ehgartner, U.; Pugh, E.; Hockenhull, I.; Heaps, R.; Williams, A.; Thomas, J. M.; Doherty, B.; Bryant, M. & Denby, K. (2024). Aquaponics in schools: Hands-on learning about healthy eating and a healthy planet. *Nutrition Bulletin*, 49(3), pp. 327-344. <https://doi.org/10.1111/nbu.12689>
- Kok, C.; Kusuma, I.; Koh, Y.; Tang, H. & Lim, A. (2024). Smart Aquaponics: An Automated Water Quality Management System for Sustainable Urban Agriculture. *Electronics*, 13(5), pp. 1-19. <https://doi.org/10.3390/electronics13050820>
- Kuhnlein, H. & Chotiboriboon, S. (2022). Why and How to Strengthen Indigenous Peoples' Food Systems With Examples From Two Unique Indigenous Communities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 6, pp. 1-20. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.808670>
- Lakhiar, I.; Yan, H.; Syed, T.; Zhang, C.; Shaikh, S.; Rakibuzzaman, M. & Vistro, R. (2025). Soilless Agricultural Systems: Opportunities, Challenges, and Applications for Enhancing Horticultural Resilience to Climate Change and Urbanization. *Horticulturae*, 11(6), pp. 1-47. <https://doi.org/10.3390/horticulturae11060568>
- Luque, J. & Rodríguez, M. (2018). Saberes ancestrales indígenas: una cosmovisión transdisciplinaria para el desarrollo sustentable. *Novum Scientiarum*, 3(7), pp. 71-82.
- MADR (2025). *Dirección de Cadenas Pecuarias, Pesqueras y Acuícolas*. <https://www.minagricultura.gov.co/ministerio/direcciones/Paginas/Direccion-de-Cadenas-Pecuarias.aspx>
- Martínez, J.; Turizo, R. & Mindiola, R. (2024). Servicios ecosistémicos del río ranchería e identidad cultural de la población Wiwa asentada en Caracolí - Guajira. *Libros IC*, 4(9), pp. 119-128. <https://doi.org/10.15765/librosic.v4i9.48>
- Maulu, S.; Nawanzi, K.; Abdel-Tawwab, M. & Khalil, H. S. (2021). Fish Nutritional Value as an Approach to Children's Nutrition. *Frontiers in Nutrition*, 8, pp. 1-10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.780844>
- Mešić, A.; Jurić, M.; Donsì, F.; Maslov, L. & Jurić, S. (2024). Advancing climate resilience: technological innovations in plant-based, alternative and sustainable food production systems. *Discover Sustainability*, 5(423), pp. 1-30. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00581-z>
- Mihrete, T. & Mihretu, F. (2025). Crop Diversification for Ensuring Sustainable Agriculture, Risk Management and Food Security. *Global Challenges*, 9(2), pp. 1-13. <https://doi.org/10.1002/gch2.202400267>
- Nair, C.; Manoharan, R.; Nishanth, D.; Subramanian, R.; Neumann, E. & Jaleel, A. (2025). Recent advancements in aquaponics with special emphasis on its sustainability. *Journal of the World Aquaculture Society*, 56(1), pp. 1-39. <https://doi.org/10.1111/jwas.13116>
- ONIC (2025). *Pueblo Kogui - Guardianes de la armonía del corazón del mundo*. ONIC. <https://www.onic.org.co/pueblos/1115-kogui>
- Phogat, S.; Dahiya, T.; Jangra, M.; Kumari, A. & Kumar, A. (2022). Nutritional Benefits of Fish Consumption for Humans: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12(12), pp. 1443-1457. <https://doi.org/10.9734/IJECC/2022/v12i121585>

- Pilecky, M.; Závorka, L.; Arts, M. & Kainz, M. (2021). Omega-3 PUFA profoundly affect neural, physiological, and behavioural competences – implications for systemic changes in trophic interactions. *Biological Reviews*, 96(5), pp. 2127-2145. <https://doi.org/10.1111/brv.12747>
- Pinho, S.; David, L.; Garcia, F.; Keesman, K.; Portella, M. & Goddek, S. (2021). South American fish species suitable for aquaponics: a review. *Aquaculture International*, 29(4), pp. 1427-1449. <https://doi.org/10.1007/s10499-021-00674-w>
- Pomoni, D.; Koukou, M.; Vrachopoulos, M. & Vasiliadis, L. (2023). A Review of Hydroponics and Conventional Agriculture Impact on Energy and Water Consumption, Environmental Impact, and Land Use. *Energies*, 16(4), pp. 1-26. <https://doi.org/10.3390/en16041690>
- Prado, A. & Cantillo, D. (2023). Caminos de la mar tensiones por la apropiación del maritorio en Taganga, un pueblo indígena del Caribe colombiano. *Jangwa Pana: Revista de Ciencias Sociales y Humanas*, 22(2), pp. 1-12. <https://doi.org/10.21676/issn.1657-4923>
- Rodríguez, J. (2022). *Análisis de los sistemas de agro acuicultura integrada en Colombia bajo el enfoque de arquetipos de modelo de negocio sostenible*. Universidad de los Andes.
- Rony, J.; Akter, A.; Ahmed, K.; Ustun, T. & Mansur, A. (2024). Integrated Agrivoltaics and Aquaponic System for Urban Rooftop Farming: A Case Study in Dhaka, Bangladesh. *6th International Conference on Sustainable Technologies for Industry 5.0*, pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/STI64222.2024.10951152>
- Rowe, S.; Brady, C.; Sarang, R.; Wiipongwii, T.; Leu, M.; Jennings, L.; Peterson, T.; Boston, J.; Roach, B.; Phillips, J. & Conrad, Z. (2024). Improving Indigenous Food Sovereignty through sustainable food production: a narrative review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 8, pp. 1-18. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2024.1341146>
- Schoor, M.; Arenas, A.; Torres, I.; Guevara, R. & Rico, E. (2023). A Review of Sustainable Pillars and their Fulfillment in Agriculture, Aquaculture, and Aquaponic Production. *Sustainability*, 15(9), pp. 1-20. <https://doi.org/10.3390/su15097638>
- Turlybek, N.; Nurbekova, Z.; Mukhamejanova, A.; Baimurzina, B.; Kulatayeva, M.; Aubakirova, K. & Alikulov, Z. (2025). Sustainable Aquaculture Systems and Their Impact on Fish Nutritional Quality. *Fishes*, 10(5), pp. 1-25. <https://doi.org/10.3390/fishes10050206>
- Vanegas, L.; Vliet, N.; Cruz, D. & Sandrin, F. (2016). Contribución proteica de animales silvestres y domésticos a los menús de los contextos rurales, periurbanos y urbanos de varias regiones de Colombia. *Biota Colombiana*, 17(1), pp. 26-43. <https://doi.org/10.21068/C2016v17r01a03>
- Vasdravanidis, C.; Alvanou, M.; Lattos, A.; Papadopoulos, D.; Chatzigeorgiou, I.; Ravani, M.; Liantas, G.; Georgoulis, I.; Feidantsis, K.; Ntinis, G. & Giannitsis, I. (2022). Aquaponics as a Promising Strategy to Mitigate Impacts of Climate Change on Rainbow Trout Culture. *Animals*, 12(19), pp. 1-27. <https://doi.org/10.3390/ani12192523>
- Velásquez, M. (2024). *Estrategias de comunicación intercultural: Una herramienta para fortalecer los procesos de aprendizaje en interacción con estudiantes indígenas*. Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Visión Agroecológica (2011). *Tanque artesanal Zamorano*. <https://visionagroecologica.blogspot.com/2011/06/tanque-artesanal-zamorano.html>
- Witte, F. (2020). La estructura que sostiene la vida: Alimento e intercambio entre los KOGI. *Tabula Rasa*, 36, pp. 101-129. <https://doi.org/10.25058/20112742.n36.04>
- Zainal, M.; Kamaruddin, M.; Adzila, S.; Nordin, N. & Othman, R. (2022). Solar-powered aquaponics prototype as sustainable approach for food production. *Materials Today: Proceedings*, 65, pp. 2953-2959. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.530>
- Zamnuri, M.; Qiu, S.; Rizalmy, M.; He, W.; Yusoff, S.; Roeroe, K.; Du, J. & Loh, K. (2024). Integration of IoT in Small-Scale Aquaponics to Enhance Efficiency and Profitability: A Systematic Review. *Animals*, 14(17), pp. 1-20. <https://doi.org/10.3390/ani14172555>

Financiamiento

Este trabajo fue financiado por la Dirección Nacional de Extensión, Innovación y Propiedad Intelectual de la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad Nacional de Colombia, mediante la Convocatoria Nacional de Extensión Solidaria 2023 (proyecto HERMES 59273).

Agradecimientos

Los autores agradecen a Guney Maku Durán, Juan Carlos Durán, Rafael Mindiola Romo y demás miembros de la comunidad indígena Arhuaca por sus aportes de conocimiento ancestral a la implementación del proyecto. Asimismo, agradecen a los Mamü y a la comunidad del resguardo Kogui, así como a los docentes y miembros del Centro Etnoeducativo, por sus conocimientos ancestrales y académicos y su participación en la ejecución del proyecto.

Declaración de uso de herramientas de IA

Este artículo fue escrito íntegramente por los autores con la asistencia de herramientas de IA. Se utilizó ChatGPT para la corrección del texto. Luego de utilizar la herramienta mencionada, los autores han revisado y verificado la validez de los datos presentados y asumen plena responsabilidad de los contenidos publicados.

Declaración de posibles conflictos de intereses

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

Rol de cada autor en la investigación según la clasificación (CRediT)

- **Juan Jairo Vaca González:** Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de financiamiento, investigación, metodología, administración de proyectos, supervisión, validación, visualización (realización de la Figura 1, Figura 2, Figura 3, Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11), redacción-borrador original, redacción-revisión y edición.
- **Luz Eneida Ochoa Orrego:** Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción-revisión y edición.
- **Adriana Patricia Muñoz-Ramírez:** Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción-revisión y edición.
- **María Laura Chedraui Rodríguez:** Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, validación, redacción-revisión y edición.
- **Juan Pablo Arias Castilla:** Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, validación, redacción-revisión y edición.
- **Clara Patricia Arias Linares:** Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, validación, redacción-revisión y edición.
- **Raúl Andrés Martínez Torres:** Curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, validación, redacción-revisión y edición.
- **Sergio Elías Martínez Solís:** Investigación, metodología, validación.

Juan Jairo Vaca González

Ingeniero en Automatización, Magíster en Ingeniería Biomédica y Doctor en Ciencia y Tecnología de los Materiales. Es profesor asistente de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz.

Correo: jjvacag@unal.edu.co

Luz Eneida Ochoa Orrego

Bióloga-ictióloga, con Máster en Zoología y Doctorado en Ciencias Biológicas, Área de concentración genética. Es profesora asistente de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz.

Correo: leochao@unal.edu.co

Adriana P. Muñoz Ramírez

Zootecnista, Especialista, Máster y Doctora en Acuicultura. Profesora asociada y Coordinadora del Laboratorio de Nutrición Acuícola de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá. Con experiencia en sistemas agroacuícolas integrados con comunidades vulnerables.

Correo: apmunozr@unal.edu.co

Andrés Cabrera Orozco

Químico, Doctor en Ciencias de Materiales. Es profesor asociado de la Universidad Nacional, Facultad de Ciencias, Sede Bogotá.

Correo: ancabreraor@unal.edu.co

María Laura Chedraui Rodríguez

Estudiante de Biología de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz.

Correo: mchedraui@unal.edu.co

Juan Pablo Arias Castilla

Ingeniero Mecatrónico por la Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz.

Correo: juariasca@unal.edu.co

Clara Patricia Arias Linares

Ingeniera Ambiental por la Universidad Popular del Cesar y Bióloga por Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz.

Correo: cariasl@unal.edu.co

Raul Andrés Martínez Torres

Gestor Cultural y Comunicativo de la Universidad Nacional de Colombia, Sede de La Paz.

Correo: rmartinezto@unal.edu.co

Sergio Elías Martínez Solís

Director del Centro Etnoeducativo Rural Kaggaba Matshukumake.

Correo: sergioeliasmartinez81@gmail.com

Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente.

N° 18 julio – diciembre 2026. E-ISSN: 2709 – 3689

Cómo citar: Vaca-Gonzalez, J. J., Ochoa Orrego, L. E., Muñoz-Ramírez, A. P., Cabrera Orozco, A., Chedraui Rodríguez, M. L., Arias Castilla, J. P., Arias Linares, C. P., Martínez Torres, R. A., & Martínez Solís, S. E. (2026). Construcción participativa de sistemas acuapónicos para fortalecer la seguridad y soberanía alimentaria en una comunidad Kogui de la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. *Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente*, (18), A-010. <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202602.A010>

