



Fortalecimiento De Los Sectores Acuícola Y Pesquero De Subsistencia En Dos Municipios De Colombia

Strengthening The Aquaculture And Subsistence Fisheries Sectors In Two Municipalities Of Colombia

***Hleap-Zapata José Igor^{1*}, Mora-Ríos Elizabeth Lorena², Jaramillo-Cruz Carlos Alberto**

¹Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, Facultad de Ingeniería y Administración, Programa de Ingeniería Agroindustrial. Grupo de Investigación en Manejo y Agroindustrialización de Productos de Origen Biológico – Carrera 32 No. 12-00, Tel: 602 2868888, Palmira-Valle del Cauca. Colombia.

*. ✉Correo electrónico: jihleapz@unal.edu.co
 <https://orcid.org/0000-0001-9692-5443>

²Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa Zootecnia. Grupo de Investigación en Manejo y Agroindustrialización de Productos de Origen Biológico – Carrera 32 No. 12-00, Tel: 602 2868888, Palmira- Valle del Cauca. Colombia.

. ✉Correo electrónico: elomorar@unal.edu.co
 <https://orcid.org/0000-0002-0687-082X>

³Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa Zootecnia, Grupo de Investigación Ciencia, Tecnología e Innovación en acuicultura y pesca (ICTIAP) – Carrera 32 No. 12-00, Tel: 602 2868888, Palmira-Valle del Cauca. Colombia

. ✉Correo electrónico: cajaramillocr@unal.edu.co
 <https://orcid.org/0000-0002-0557-7517>

Recibido: junio 20 de 2025; Aprobado: noviembre 02 de 2025; Publicado: diciembre 15 de 2025

RESUMEN

La actividad acuícola y pesquera de subsistencia ha marcado un punto de desarrollo importante para comunidades rurales y costeras de Colombia, caso de los municipios de El Paso (Cesar) y Yotoco (Valle del Cauca). Sin embargo, se presenta un vacío en técnicas modernas de producción acuícola, así como también en la transformación agroindustrial. A partir de dos alianzas estratégicas con gremios de acuicultores y pescadores y a través de una

metodología interdisciplinaria se buscó, como objetivo, aportar a la soberanía alimentaria y al desarrollo social y económico de las comunidades beneficiadas. Se establecieron dos sistemas acuapónicos, uno en cada municipio, en donde se desarrollaron procesos de producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp) y de zapallo (*Cucurbita moschata*) variedad Bolo Verde. Se monitorearon los parámetros del agua: temperatura, pH, oxígeno disuelto, amonio y nitritos disueltos a los 0, 2, 4 y 6 meses después de sembrados los alevinos. Igualmente, con la producción obtenida se estableció un proceso para la elaboración de salchichas de tilapia con adición de harina de zapallo como elemento extensor. Se establecieron cinco formulaciones, con adición de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% de harina de zapallo sustituyendo proporcionalmente la harina de trigo. Se analizaron los parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales de las salchichas elaboradas, dando como resultado que la salchicha con inclusión de hasta 75% de harina de zapallo presentó los mejores resultados. La investigación demostró la viabilidad de los sistemas acuapónicos como estrategia para el desarrollo del sector acuícola y pesquero de subsistencia.

*Autor a quien debe dirigirse la correspondencia José Igor Hleap Zapata E-mail: jihleapz@unal.edu.co



Palabras clave: economía circular, productos pesqueros, sistemas acuapónicos, soberanía alimentaria, tejido social.

ABSTRACT

Subsistence aquaculture and fishing have marked an important development point for rural and coastal communities in Colombia, such as the municipalities of El Paso (Cesar) and Yotoco (Valle del Cauca). However, there is a gap in modern aquaculture production techniques, as

well as in agroindustrial transformation. Through two strategic alliances with aquaculture and fishermen's associations and an interdisciplinary methodology, the objective was to contribute to food sovereignty and the social and economic development of the beneficiary communities. Two aquaponic systems were established, one in each municipality, where red tilapia (*Oreochromis* sp) and Bolo Verde pumpkin (*Cucurbita moschata*) were produced. Water parameters were monitored: temperature, pH, dissolved oxygen, ammonium, and dissolved nitrites at 0, 2, 4 and 6 months after finger stocking. Likewise, a process was established with the resulting production for producing tilapia sausages with the addition of pumpkin flour as an extender. Five formulations were developed, with the addition of 0%, 25%, 50%, 75% and 100% pumpkin flour, proportionally replacing the wheat flour. The physicochemical, microbiological, and sensory parameters of the produced sausages were analyzed, with the sausages containing up to 75% pumpkin flour showing the best results. The research demonstrated the viability of aquaponic systems as a strategy for developing the subsistence aquaculture and fisheries sectors.

Key words: circular economy, fishery products, aquaponic systems, food sovereignty, social fabric.

INTRODUCCIÓN

Históricamente los sectores de la acuicultura y la pesca en Colombia han estado significativamente marginados desde el punto de vista técnico, social y económico (Jaramillo *et al.*, 2021; OCDE, 2025). Sin embargo, como actividades productivas, se estima que estos sectores generan aproximadamente 1,5 millones de empleos directos e indirectos, abarcando la pesca artesanal, industrial y rural dedicada a la pesca y la acuicultura (FAO, 2022), lo que los convierte en componentes vitales de la sociedad colombiana. Desafortunadamente, diversos factores, como la falta de servicios públicos, la pobreza extrema, la calidad inadecuada del agua para la acuicultura, la sobreexplotación de ciertos recursos pesqueros y el cambio climático, han planteado importantes desafíos para la economía nacional (Maldonado *et al.*, 2022; Saavedra-Díaz *et al.*, 2016). Estos desafíos incluyen el conocimiento limitado, los bajos niveles de avance tecnológico en los procesos de producción, la escasa competitividad y el insuficiente apoyo gubernamental a la investigación, el desarrollo y la innovación (I+D+i). Esta situación es particularmente grave para los

acuicultores de subsistencia y los pescadores artesanales, quienes generalmente presentan un bajo nivel educativo, lo que resulta en sistemas de producción ineficientes y pérdidas económicas significativas (Selvaraj *et al.*, 2023; Bayona Buitrago, *et al.*, 2022). Si bien este es un problema generalizado en todo el país, los departamentos del Valle del Cauca y Cesar han presentado dificultades particulares para desarrollar sistemas de producción eficientes, sostenibles y rentables, lo que afecta la seguridad alimentaria y el bienestar social y económico de estas comunidades. La situación se ve agravada por factores externos como el conflicto social en curso en Colombia, las secuelas de la reciente pandemia y las repercusiones de la inestabilidad global en varios países.

Una alternativa que contribuye a mejorar los procesos de producción primaria de alimentos es la acuaponía, que combina la acuicultura (cría de peces) y la hidroponía (cultivo de plantas sin suelo), lo que permite un uso más eficiente del agua, una menor generación de residuos y, lo más importante, la producción simultánea de

pescado y hortalizas (Cifuentes *et al.*, 2023; Morales *et al.*, 2023). Los sistemas acuapónicos se basan en la relación simbiótica entre peces y plantas, donde el nitrógeno derivado de los desechos de los peces se convierte en nutrientes para las plantas, que a su vez purifican el agua antes de que recircule de nuevo a los acuarios (Vaca *et al.*, 2023). Además, la acuaponía se basa en los principios de la economía circular, que permite la optimización de los recursos materiales y energéticos, fomentando así la producción de alimentos, lo que mejora el bienestar de las comunidades involucradas (Barrera *et al.*, 2025; Maldonado y Cervera, 2024).

En este contexto, el objetivo del estudio fue proponer una estrategia de desarrollo productivo aplicada a sistemas

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la implementación del proyecto se empleó un enfoque interdisciplinario y participativo, integrando metodologías relacionadas con la producción acuícola, junto con actividades agroindustriales, agronómicas y microbiológicas. El proyecto se desarrolló en cinco fases.

Establecimiento de asociaciones

acuapónicos, basada en los principios de la economía circular, como alternativa para optimizar el uso de los recursos locales disponibles en los departamentos del Valle del Cauca y Cesar, Colombia. Además, se establecieron las condiciones para generar productos alimenticios procesados con valor agregado derivados de los recursos producidos y para reducir el impacto ambiental mediante la minimización del uso de agua y la generación de residuos. Paralelamente, se analizaron las implicaciones de los modelos acuapónicos en cuanto a su potencial para respaldar estrategias replicables para el desarrollo sostenible del sector de la acuicultura y la pesca de subsistencia en Colombia.

Para lograr los objetivos propuestos, se estableció una alianza interinstitucional entre las sedes de Palmira, La Paz y Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia. Posteriormente, se formalizaron convenios de cooperación con comunidades de pescadores artesanales del departamento del Cesar, con el apoyo del Centro de Desarrollo Tecnológico del Cesar (CDT-

Cesar), así como con la Asociación Comunitaria para el Desarrollo Sostenible de la Laguna de Sonso – Aguadesonso, ubicada en el municipio de Guadalajara de Buga, Valle del Cauca. Estos convenios de cooperación permitieron integrar el conocimiento académico con las experiencias productivas de los acuicultores artesanales, facilitando la implementación de soluciones mediáticas adaptadas a las necesidades, demandas y condiciones

socioeconómicas específicas de las comunidades beneficiarias.

Diseño e implementación de los sistemas acuapónicos

Para garantizar el desarrollo exitoso del proyecto, se instalaron dos sistemas acuapónicos. El primero se estableció en el municipio de El Paso en el departamento de Cesar, ubicado a 73° 45' 70" longitud oeste y 9° 39' 44" latitud norte, a una altura de 50 metros sobre el nivel del mar y que cubre un área de 864 km². La población local se dedica principalmente a actividades agrícolas y ganaderas, debido a la ubicación estratégica del municipio entre la Sierra Nevada de Santa Marta y las tierras bajas del Caribe, que sirve como una ruta comercial clave para la región (DNP,

2024a). El segundo sistema acuapónico se instaló en el municipio de Yotoco, en el departamento del Valle del Cauca, situado a 76° 23' 00" longitud oeste y 3° 51' 37" latitud norte, a una altura de 972 metros sobre el nivel del mar y que abarca un área de 373 km². Este municipio es predominantemente rural, con una economía basada en la agricultura, la ganadería y la minería, aunque también presenta una producción de peces a pequeña escala, particularmente de tilapia roja, utilizando sistemas de acuicultura convencionales (DNP, 2024b). Ambos sistemas acuapónicos se centraron en la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp) como componente íctico y en el cultivo de zapallo (*Cucurbita moschata*), específicamente la variedad Bolo Verde, como el componente vegetal.

El diseño de los sistemas acuapónicos siguió la metodología propuesta por Clemente *et al.* (2020) y consistió en un pez, un sistema de aireación para suministrar oxígeno a los peces, un filtro de sólidos, un sistema de bombeo, un biofiltro con un medio poroso y un lecho de cultivo para la producción vegetal. El tanque de pescado, que sirvió como contenedor primario para la producción de peces, se

construyó a partir de polietileno opaco de alta densidad, proporcionando tanto la impermeabilidad como la durabilidad, con un volumen interno de 1.000 litros. Esto corresponde a una densidad de almacenamiento aproximado de 20 kg pescado por 1.000 litros de agua, como lo indican Álvarez *et al.* (2024). Se agregó una bomba de aire al tanque para mejorar la oxigenación del agua y la nitrificación, optimizando así las condiciones para el crecimiento y desarrollo de peces y plantas. Se instaló un filtro de sólidos para evitar que las partículas extrañas ingresen al sistema acuapónico. Además, se incorporó un sistema de bombeo para circular el agua desde el tanque de pescado al biofiltro y posteriormente a las camas de cultivo de las plantas. El biofiltro se cargó con partículas plásticas porosas para apoyar la formación de bacterias responsables de convertir el amoníaco en nitritos y posteriormente en nitratos, que luego son absorbidos por las plantas. Finalmente, se instalaron camas de crecimiento para el cultivo de material vegetal. Estas camas consistieron en tuberías de cloruro de polivinilo (PVC) con ventanas espaciadas a aproximadamente 20 cm de distancia, donde se colocaron plántulas seleccionadas. Las plantas

crecieron en estas camas, con las raíces absorbiendo los nitratos del biofiltro. Se usaron mangueras convencionales flexibles para el transporte del agua.

Para el correcto funcionamiento del sistema acuapónico, la calidad del agua es fundamental. Por lo tanto, fue necesario monitorear continuamente los parámetros clave que podrían afectar el rendimiento del sistema: el oxígeno disuelto (OD) que no debe ser inferior a 5 mg/l, el pH debe mantenerse entre 6 y 7, la temperatura debe mantenerse entre 18 y 30 °C, el nitrógeno total y la alcalinidad del agua deben estar entre 30 y 100 mg/l como CaCO_3 . Estos parámetros se midieron con un dispositivo multiparamétrico (HI 9829, Hanna Instruments, USA), de acuerdo con los procedimientos descritos por Krastanova *et al.* (2022).

Los peces utilizados en el estudio fueron suministrados por productores comerciales de tilapia ubicados en las áreas de desarrollo del proyecto y transportados en bolsas plásticas con suministro de oxígeno desde los estanques de alevinos hasta los sitios designados de los sistemas acuapónicos desarrollados para la investigación. Los peces fueron introducidos

a los sistemas acuapónicos con un peso promedio inicial de 4,15 g. La densidad de siembra al momento de la introducción fue de 6 peces/m². La dieta proporcionada consistió en un alimento comercial extruido flotante formulado para la fase de engorde con un tamaño de partícula de 4,6 mm, conteniendo 32% de proteína y 6% de grasa. El alimento fue suministrado manualmente a la tilapia dos veces al día, una en la mañana a las 9:00 a.m. y otra en la tarde a las 3:00 p.m. La cantidad de alimento fue calculada con base en la tasa de conversión alimenticia, definida como la relación entre el alimento total suministrado y la ganancia total de biomasa lograda durante el período experimental.

Evaluación de los recursos

Para monitorear eficazmente los procesos establecidos, se evaluaron y caracterizaron los recursos generados en los sistemas acuapónicos en términos de cantidad, de calidad y disponibilidad. Para ello, se realizaron análisis fisicoquímicos tanto en los pescados como en los vegetales utilizando técnicas de laboratorio internacionalmente aceptadas. Específicamente se determinó la composición proximal (humedad, proteína,

grasa, cenizas y carbohidratos) y el valor calórico mediante el método calorimétrico de la bomba Berthelot-Malher, tanto para la tilapia como para el zapallo producidos, siguiendo las metodologías aprobadas por la AOAC (AOAC, 2016). Además, se evaluó el rendimiento de cada proceso en términos de producción total de biomasa durante el estudio, tanto para el pescado como para el zapallo. Estos análisis se llevaron a cabo en el Instituto de Ciencia y tecnología de Alimentos (ICTA de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá y en un laboratorio comercial certificado ubicado en la ciudad de Cali, Colombia.

Utilización de los recursos generados

Como complemento al proceso implementado, se desarrollaron estrategias para potenciar el valor de los productos acuapónicos mediante la generación de productos agroindustriales con mayor valor agregado. Para lograrlo, se elaboraron salchichas a partir de filetes de tilapia roja con adición de harina de zapallo (HZ) como extensor, materias primas obtenidas en los sistemas acuapónicos establecidos. La HZ se preparó en el Laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira,

adaptando la metodología propuesta por Hleap *et al.* (2020). Utilizando una metodología y una formulación desarrollada en la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira (Hleap-Zapata y Velasco-Arango, 2012), las salchichas se elaboraron en el Laboratorio de Tecnología de Carnes de la misma institución. Se establecieron cinco formulaciones, variando los niveles de inclusión de HZ y las cantidades de nitratos y nitritos, con el objetivo de sustituir parcialmente estos últimos por HZ. Este enfoque buscó mejorar las condiciones sensoriales y nutricionales de las salchichas (Luna-García *et al.*, 2024), al mismo tiempo reducir los posibles riesgos para la salud asociados a los nitratos y nitritos, como el cáncer y enfermedades cardiovasculares o degenerativas, sin comprometer las características de calidad de los productos finales a base de pescado.

Finalmente, las salchichas producidas fueron sometidas a análisis microbiológico, el cual fue contratado con un laboratorio comercial certificado ubicado en la ciudad de Cali, Colombia. Se evaluaron los siguientes parámetros: recuento total de aerobios mesófilos (UFC/g-ml), recuento total de coliformes (UFC/g-ml), recuento de *Escherichia coli* (UFC/g-ml), recuento de

esporas de *Clostridium* sulfito-reductor (UFC/g-ml), recuento de *Staphylococcus* coagulasa-positivo (UFC/g-ml), detección de *Salmonella* en 25 g y detección de *Listeria monocytogenes*. Además, para evaluar las características sensoriales de las salchichas, se realizó un panel sensorial con la participación de 85 panelistas no entrenados de ambos sexos, con edades entre 18 y 62 años. Previamente a la participación, se obtuvo el consentimiento informado de todos los panelistas (García-Jerez, *et al.*, 2025). Se utilizó una escala hedónica de siete puntos para evaluar atributos como sabor, olor, color, textura y aceptación general, donde 1 = me disgusta muchísimo y 7 = me gusta muchísimo (Voitsekhivska-Liubov; *et al.*, 2024; Rey Rodríguez y Ortiz Zamora, 2024).

Fortalecimiento de las capacidades de acción de las comunidades

Con el fin de garantizar la transferencia de los conocimientos adquiridos a las comunidades de pescadores y acuicultores de subsistencia de las regiones de aplicación del proyecto y en general a otros actores interesados en estos procesos, se desarrollaron varias actividades con participación directa de los mismos. Estas

actividades incluyeron, entre otras: capacitaciones técnicas sobre el manejo de los sistemas acuapónicos, producción piscícola y hortícola y economía circular; apoyo en la formación e investigación aplicada a estudiantes de la Universidad Nacional de Colombia a través de semilleros de investigación intersedes e interfacultades, y, desarrollo de diplomados y talleres prácticos con la participación

comunitaria tanto de actores del municipio de El Paso como del municipio de Yotoco en donde se socializaron los resultados del proyecto. Con estas acciones se buscó evaluar la viabilidad de los sistemas acuapónicos en el contexto colombiano, así como también generar productos agroindustriales innovadores y fortalecer la capacitación de actores claves en el sector acuícola y pesquero de subsistencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La elección de la tilapia roja (*Oreochromis* sp) para el desarrollo de la investigación obedeció, entre otras, a las siguientes razones: es la especie de mayor producción acuícola en Colombia, representa el 58% de la producción total de peces en el país (ONUFI, 2021; Quintero-Sánchez *et al.*, 2024) y está ampliamente difundida entre los pequeños productores acuícolas de diferentes regiones de Colombia; posee una amplia adaptabilidad a diversas condiciones ambientales y sistemas de cultivo; es un pescado fácil de producir y de alta rentabilidad, ya que en espacios cortos se puede obtener una alta producción con relativamente bajas inversiones; posee una buena resistencia a enfermedades y a la manipulación, lo que repercute en menores

pérdidas; es tolerante a bajas concentraciones de oxígeno y altos niveles de amonio; es un pez que crece relativamente rápido en comparación con otras especies, llegando a tallas comerciales a los 6 – 9 meses; presenta una buena conversión alimenticia; se pueden alcanzar altas densidades de siembra; y, por último, es muy atractiva para el consumidor final por su excelente sabor, textura y coloración (Abwao *et al.*, 2023; Watanabe *et al.*, 2002).

Por otro lado, para los dos sistemas establecidos en los municipios de El Paso y Yotoco, el material vegetal elegido fue el zapallo o ahuyama (*Cucurbita moschata*) variedad Bolo Verde desarrollada en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la

Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. El zapallo es una hortaliza muy apetecida debido a sus cualidades nutricionales, sus usos en la agroindustria, su fácil adaptación a diversas condiciones de cultivo y su alto aporte en sustancias bioactivas necesarias para el buen funcionamiento del organismo y para la prevención de la formación de radicales libres conducentes a enfermedades de tipo cancerígeno

Durante el desarrollo del proyecto se monitoreó permanentemente la calidad del agua utilizada en los sistemas acuapónicos. La tabla 1 muestra los valores promedio de los parámetros característicos del agua en cada uno de los sistemas acuapónicos medidos a los 0, 2, 4 y 6 meses de funcionamiento. A partir de los datos obtenidos se pudo observar que la calidad del agua se mantuvo en niveles óptimos para la producción simultánea de los peces y las

Tabla 1. Valores promedio de los parámetros del agua medidos a los 0, 2, 4 y 6 meses de funcionamiento del sistema acuapónico.

Valor promedio (meses)	Temperatura (°C)	pH	OD (mg L ⁻¹)	Amoniaco (mg L ⁻¹)	NO ₂ (mg L ⁻¹)	NO ₃ (mg L ⁻¹)
Sistema acuapónico aplicado en el municipio de El Paso (Cesar)						
0	28	7,2	> 5	< 3	< 1	< 350
2	29	7,2	> 5	< 3	< 1	< 350
4	28	7,3	> 6	< 3	< 1	< 350
6	30	7,3	> 5	< 2	< 1	< 350
Sistema acuapónico aplicado en el municipio de Yotoco (Valle del Cauca)						
0	26	7,2	> 5	< 3	< 1	< 350
2	25	7,3	> 5	< 3	< 1	< 350
4	25	7,3	> 5	< 3	< 1	< 350
6	24	7,3	> 4	< 3	< 1	< 350

plantas. Los datos obtenidos concuerdan con los anotados por Rivas-García *et al.* (2021) y por Somerville *et al.* (2014), autores en cuyos trabajos desarrollaron sistemas acuapónicos integrando la

producción de peces de aguas cálidas con vegetales de hoja.

Para el sistema acuapónico instalado en El Paso la supervivencia fue del 93,3% con un peso promedio de 374 g y una conversión

alimenticia de 1,46, mientras que en el sistema ubicado en Yotoco la supervivencia fue del 92,8% con un peso promedio de 366 g y una conversión alimenticia de 1,35. Estos datos coinciden con los anotados por Martínez y Martínez (2019), quienes desarrollaron la investigación con tilapia roja en un sistema acuapónico instalado en la región caribe colombiana. El rendimiento final se calculó con base en el factor de conversión alimenticia establecido por la relación entre el total de alimento suministrado y la ganancia total de biomasa obtenida durante la experimentación. Los cálculos realizados mostraron un rendimiento final de 10,46 y 11,02 kg/m³ respectivamente para El Paso y para Yotoco.

Con relación a la producción de zapallo, se obtuvo una biomasa promedio de 3,2 kg/mes. No se evidenciaron diferencias nutricionales o propias del crecimiento de las plantas y no fue necesario el uso de ningún tipo de fertilizante o suplementación foliar durante el tiempo de la experimentación.

En la Tabla 2 se aprecia la composición química proximal y el valor calórico de los dos productos obtenidos por los sistemas acuapónicos establecidos en cada uno de los sitios de desarrollo del proyecto.

Tabla 2. Composición química proximal y valor calórico de la tilapia roja (filete) y del zapallo (pulpa).

Parámetro	El Paso	(Cesar)	Yotoco	(Valle del Cauca)
	Tilapia roja	Zapallo	Tilapia roja	Zapallo
Humedad (%)	79,94	93,22	79,18	94,12
Proteína (%)	17,83	0,86	18,42	0,80
Grasas (%)	1,26	0,27	1,35	0,21
Cenizas (%)	0,92	0,43	1,01	0,45
Fibra cruda (%)	0,00	1,10	0,00	1,04
Carbohidratos (%)	0,05	5,22	0,04	4,52
Valor calórico (kcal/100g)	112,35	31,66	111,98	36,13

Los datos obtenidos para la tilapia en la presente investigación concuerdan con los mostrados por Hernández-Orellana *et al.*

(2022) en tilapias producidas en tres lagos de El Salvador, por los anotados por Biscalchin-Gryschek *et al.* (2003) en un

trabajo en donde compararon los resultados de producción de tilapia roja y tilapia nilótica, y por Cruz de Carmo *et al.* (2025) en una comparación entre tilapias criadas en agua dulce y agua salobre. Sin embargo, para el presente trabajo, las grasas mostraron un valor inferior y una humedad ligeramente mayor a lo obtenido por Perea *et al.* (2008), así como también se observó un mayor valor de proteína en el trabajo desarrollado por Izquierdo *et al.* (2000), lo cual se puede atribuir a las variedades de tilapia utilizadas y a los sistemas de producción aplicados.

Con relación al zapallo, los valores obtenidos coinciden con los anotados por

Algahtany, (2025), Valdés *et al.* (2010), Rössel *et al.* (2018) y Rodríguez *et al.* (2018) sin embargo, es notorio que algunos parámetros de la composición química difieren entre los diferentes autores debido a la alta versatilidad en las variables que afectan el proceso de producción de los zapallos.

Como complemento al trabajo desarrollado, se utilizó la biomasa producida (tilapia roja y zapallo) para el desarrollo de un producto alimenticio transformado como fue la elaboración de salchichas de tilapia con adición de harina de pulpa de zapallo, cuyos parámetros bromatológicos se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Análisis químico proximal de la harina de pulpa de zapallo

Parámetro analizado	Harina de pulpa de zapallo Var. Bolo Verde
Humedad (%)	12,40
Proteína (%)	13,80
Grasas (%)	2,60
Cenizas (%)	4,34
Fibra dietaria total (%)	32,00
Carbohidratos (%)	66,86
Valor energético (kcal/100g)	346,00

Para el desarrollo de las salchichas, se varió en cantidades proporcionales, la inclusión de Harina de zapallo (HZ) y harina

de trigo (HT), buscando obtener la salchicha de mayor aceptación por sus características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas. Para esto se utilizó un

diseño experimental simple completamente aleatorizado, en el cual los niveles fueron los siguientes: F₁ – 0,00% de HT y 100% de HZ; F₂ – 25,00% de HT y 75,00 % de HZ; F₃ – 50,00% de HT y 50,00% de HZ; F₄ – 75,00% de HT y 25,00% de HZ; y F₅ – 100,00% de HT y 0,00% de HZ, esta última actuando como formulación control. Por sus

características fisicoquímicas, las salchichas que mostraron mejores

resultados comparadas con la salchicha control fue la que contenía 25,00% de HT y 75,00% de HZ. Para las cinco formulaciones se realizaron análisis microbiológicos, los cuales se muestran en la Tabla 4. A partir de los datos obtenidos, se puede concluir que las cinco salchichas desarrolladas se enmarcan dentro de los parámetros de aceptación microbiológica establecidos por las normas colombianas.

Tabla 4. Análisis microbiológico de las salchichas elaboradas

Parámetro analizado	Método	Valor normativo	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅
Recuento Total de Aerobios Mesófilos, UFC/g-ml	NTC 4519	< 100.000	2.000	2.300	2.000	2.200	2.300
Coliformes totales, UFC/g-ml	NTC 4458	500 Max	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Recuento de <i>Staphylococcus aureus</i> coagulasa positiva, UFC/g-ml	NTC 4779	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100	< 100
Recuento de esporas <i>Clostridium sulfito reductor</i>, UFC/g-ml	INVIMA, 1988	100 Max	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Detección de <i>Salmonella</i> en 25 g	NTC 4574	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
Detección de <i>Escherichia coli</i>, UFC/g-ml	NTC 4458	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Detección de <i>Lysteria monocytogenes</i>	INVIMA, 1988	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Con relación al análisis sensorial, la salchicha de mayor aceptación fue la correspondiente a la F₂ (25,00% de HT y 75,00% de HZ), destacada primordialmente por el parámetro color, el cual resalta el color rojo-anaranjado de la harina de zapallo adicionada como elemento extensor. Los demás parámetros sensoriales sabor, olor, textura y aceptación general, no mostraron diferencias significativas entre las diferentes formulaciones analizadas.

Finalmente, se realizaron diferentes actividades conducentes a garantizar una acertada transferencia de conocimientos. Las actividades desarrolladas se enmarcaron en el ofrecimiento de un diplomado denominado “Diplomado para el fortalecimiento de las capacidades agroindustriales de las capacidades agroindustriales de los sistemas productivos piscícolas, campesinos familiares y comunitarios de los departamentos del Valle del Cauca y Cesar”, en el cual se abordaron los temas relacionados con: producción, cosecha, bienestar y beneficio en la

piscicultura; conceptos de manipulación y reglamentación aplicada a los alimentos; tecnología aplicada a la industria de transformación cárnica y pesquera; transformación agroindustrial de productos y subproductos acuícolas y pesqueros; calidad aplicada a los productos pesqueros; y, costos y comercialización de productos pesqueros transformados. El diplomado se complementó con dos talleres prácticos de dos días cada uno, el primero aplicado en las instalaciones de una planta de procesamiento ubicada en El Paso (Cesar) y el segundo en el Laboratorio de Tecnología de Carnes de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira. Es de anotar que la ejecución tanto del diplomado como de los talleres fueron conducidos por profesores de la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira y apoyados por estudiantes de los últimos semestres de los programas de Ingeniería Agroindustrial y de Zootecnia. Como resultado se capacitaron 30 acuicultores y pescadores de subsistencia de cada una de las sedes de aplicación del proyecto.

CONCLUSIONES

El proyecto desarrollado tuvo implicaciones significativas en diversos aspectos relacionados con la seguridad alimentaria, la sostenibilidad, el desarrollo económico y el fortalecimiento social de las comunidades de acuicultores y pescadores de subsistencia de los municipios de El Paso (Cesar) y Yotoco (Valle del Cauca). En general, los sistemas acuapónicos desarrollados demostraron ser una alternativa viable para la producción de alimentos en el contexto colombiano, aportando, además beneficios ambientales, sociales y económicos. La producción simultánea de alimentos de origen animal (peces) y vegetal (hortalizas) permitió a los beneficiarios del proyecto reducir la dependencia de insumos externos y fortalecer la autonomía alimentaria.

En cuanto al desarrollo sostenible, se fortalecieron los principios de la economía circular, ya que se optimizó el uso de los recursos hídricos y se redujo la producción de residuos orgánicos, mejorando la calidad del agua en comparación con los sistemas tradicionales de acuicultura e hidroponía, lo que redundó en una menor presión sobre los recursos naturales. Igualmente, la

diversificación de la producción en asocio con la transformación de los productos acuapónicos en productos alimenticios de mayor valor agregado, permitió sembrar las bases para la creación de núcleos productivos y, por lo tanto, nuevas fuentes de ingresos. Estos productos alimenticios fueron evaluados en términos de su calidad nutricional, microbiológicos y sensorial, mostrando un alto potencial para su comercialización. Este proceso no solo mejoró la competitividad de las comunidades en los mercados locales, sino que también facilitó la inserción de los productores en nuevas redes comerciales y mejoró sus capacidades productivas.

En conclusión, el proyecto desarrollado demostró ser un modelo integral en el ofrecimiento de soluciones sostenibles para la producción acuícola y agrícola, además de aportar un impacto positivo en la seguridad alimentaria y el desarrollo económico y social de las comunidades involucradas. Los resultados obtenidos subrayan la importancia de la colaboración interdisciplinaria e interinstitucional en la implementación de soluciones innovadoras



y escalables para enfrentar los desafíos del sector acuícola en Colombia

DECLARACIÓN DE AUTORES

Autor principal: José Igor Hleap-Zapata;

Autor correspondencia: José Igor Hleap-Zapata

Coautores: Elizabeth Lorena Mora-Ríos;

Carlos Alberto Jaramillo-Cruz.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Colombia – Sede Palmira por la

financiación del proyecto HERMES 57832, proyecto del cual se deriva este artículo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abwao, J.; Jung'a, J.; Barasa, J.E.; Kyule, D.; Opiyo, M.; Awuor, J.F.; Ogello, E.; Munguti, J.M. & Keya, G.A. (2023). Selective breeding of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* a strategy for increased genetic diversity and sustainable development of aquaculture in Kenya. *Journal of Applied Aquaculture*, 35(2), 237-256.

<https://doi.org/10.1080/10454438.2021.1958728>

Algahtany, N. (2025). Bioactive compounds and nutritional composition of butternut

pumpkins (*Cucurbita moschata*) cultivated in Saudi Arabia (Hassawi Popper). *Journal of Future Foods*, In Press. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2024.08.015>

Álvarez, M.; Zerpa, M.; Bohórquez, G. y Crispo, C. (2024). Diseño y construcción de un sistema acuapónico a pequeña escala para la producción de alimentos. 22nd LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Press, San José, Costa Rica. <https://laccei.org/LACCEI2024->

[CostaRica/papers/Contribution_891_final
a.pdf](#)

Association of Official Analytical Chemists – AOAC. (2016). Official methods of analysis of AOAC international (20th ed.), Maryland, USA.

Barrera, Z.; Beltrán, R.; Aguilar, J.; López, P.; Arce, O. y Lucho, C. (2025). Cultivos hidropónicos bajo un enfoque de economía circular. *PADI*, 13(25), 1-7.
<https://doi.org/10.29057/icbi.v13n25.2025>

Bayona Buitrago, C. A.; Cepeda; Lexy, M. F.; León Castrillo, C. (2022). Aprovechamiento de los subproductos agroindustriales de la cadena productiva de la yuca (*Manihot esculenta*): Una Revisión, Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 20 N° 1. Pp: 111 – 131.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v20i1.1658>

Biscalchin-Gryschek, S; Oetterer, S. & Gallo, C. (2003). Characterization and frozen storage stability of minced Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and red tilapia (*Oreochromis* sp). *Journal of Aquatic Food Product Technology*,

12(3):57-69.

https://doi.org/10.1300/J030v12n03_06

Cifuentes, A.; Leguizamón, A.; Zambrano, J. y 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), e107673.
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v70n3.107673>

Clemente, D.; Rosas, A.; García, A.; Cruz, N. y Ramos, E. (2020). Conceptualización de Sistema acuapónico aplicando herramienta del diseño concurrente. *Designia*, 8(1), 17-49.
<https://doi.org/10.24267/22564004.521>

Cruz de Carmo, F.; Dias, R.; Figueiredo, J.; Owatari, M. & Belletini, F. (2025). Physicochemical characterization and sensory acceptability of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets farmed in fresh or brackish water. *Journal of Food Composition and Analysis*, 139, 107095.
<https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.107095>

Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2024a). Ficha de caracterización, Municipio de El Paso (Cesar). Bogotá, Colombia.

https://terridata.blob.core.windows.net/fichas/Ficha_20250.pdf

Departamento Nacional de Planeación – DNP. (2024b). Ficha de caracterización, Municipio de Yotoco (Valle del Cauca). Bogotá, Colombia.
https://terridata.blob.core.windows.net/fichas/Ficha_76890.pdf

García-Jerez A.; Quintana-Fuentes, L. F.; Rodríguez-Silva L. G.; Coronado-Silva, R. (2025). Selección de candidatos para crear un panel de evaluadores expertos para la evaluación del licor de cacao: fase I. (2025). @limentech, *Ciencia Y Tecnología Alimentaria*, 23(1), 133-154. <https://doi.org/10.24054/limentech.v23i1.4226>

Hernández-Orellana, A.; Martínez-Hernández, E. y Carranza- Estrada, F. (2022). Determinación del análisis bromatológico proximal y minerales en tilapias (*Oreochromis* sp) cultivadas en tres lagos de El Salvador. *Agrociencia*, 5(21):24-33.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.10602401>

Hleap-Zapata, J. y Velasco-Arango, V. A. (2012). Parámetros fisicoquímicos durante el almacenamiento de salchichas

elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 42-50. Retrieved February 26, 2026, from

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000100006&lng=en&tlng=es.

Hleap-Zapata, José Igor, Cruz-Rosero, Jherlyn Daniela, Durán-Rojas, Lady Tatiana, Hernández-Trujillo, Daniela, Reina-Aguirre, Luis David, & Tilano-Pemberthy, Natalia. (2020). Evaluation of pumpkin flour (*Cucurbita moschata* Duch.) added as a meat extender in Frankfurt-type sausages. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 52(2), 395-404. Recuperado en 26 de febrero de 2026, de https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1853-86652020000200032&lng=es&tlng=en.

Izquierdo Córser, Pedro, Torres Ferrari, Gabriel, Barboza de Martínez, Yasmina, Márquez Salas, Enrique, & Allara Cagnasso, María. (2000). Análisis proximal, perfil de ácidos grasos, aminoácidos esenciales y contenido de minerales en doce especies de pescado

de importancia comercial en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50(2), 187-194. Recuperado en 26 de febrero de 2026, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000200013&lng=es&tlng=es.

Jaramillo, L.; Acero, A.; Forero, S.; Muñoz, S.; Angulo, J.; Bonilla, S.; Cuervo, L. y Caldas, J. (2021). Marco legal de la acuicultura en Colombia. Bogotá, Colombia. [https://www.conservation.org.co/media/Marco legal de la acuicultura en Colombia web hojas individuales compressed.pdf](https://www.conservation.org.co/media/Marco%20legal%20de%20la%20acuicultura%20en%20Colombia%20web%20hojas%20individuales%20compressed.pdf)

Krastanova, M.; Sirakov, I.; Ivanova-Kirilova, S.; Yarkov, D. & Orozova, P. (2022). Aquaponic systems: biological and technological parameters. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 36(1), 305-316. <https://doi.org/10.1080/13102818.2022.2074892>

Luna-García. N.; Rueda-Paéz. E.; Rodríguez-N. A. (2024). Determinación De Las Propiedades Nutricionales, Fisicoquímicas Y Sensoriales De Mermelada Light A Partir De Gulupa Endulzada Con Stevia. *Revista*

@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125 - ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 2. Pp: 5 – 17. <https://doi.org/10.24054/limentech.v22i2.3195>

Maldonado, L. y Cervera, A. (2024). La economía circular en los procesos productivos: una fuente de sostenibilidad para crear valor en el sector pesquero. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 1-22. <https://doi.org/10.31637/epsir-2024-334>

Maldonado, J.H.; Moreno-Sánchez, R.; Vargas-Morales, M.E. & Leguizamón, E. (2022). Livelihoods characterization of a small-scale fishing community in the Colombian Caribbean (Colombian Caribbean SSF Livelihoods). *Marine and Fishery Sciences*, 35(2), 181-210. <https://doi.org/10.47193/mafis.3522022010504>

Martínez, A. & Martínez, A. (2019). Acuaponía intensiva en la región caribe colombiana, oportunidad de desarrollo. Agrotech Adacol, Colombia. [https://www.academia.edu/101065387/Acuapon%C3%8da Intensiva En La Regi%](https://www.academia.edu/101065387/Acuapon%C3%8da%20Intensiva%20En%20La%20Regi%C3%83n%20Caribe%C3%83nola)

[C3%93n Caribe Colombiana_Oportunida d_De_Development](#)

Morales, G.; Serna-Lagunes, R. y Cebada-Merino, M. (2023), La acuaponía y su implementación con un escenario de aprendizaje. *Bioagrociencias*, 16(1), 48-56.
<https://doi.org/10.56369/BAC.4814>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO. (2022). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Hacia la transformación azul, Roma, Italia.
<https://doi.org/10.4060/cc0461es>

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial – ONUDI. (2021). Proyecto GMAP Colombia, análisis de mercados de acuicultura en Colombia, Bogotá, Colombia.
<https://www.colombiaproductiva.com/PTP/media/documentos/Sectoriales/PuntoAqua/Capacitaciones/Analisis-de-mercados-Acuicultura-GMAP-Colombia-VNoviembre-4.pdf>

Organization for Economic Co-operation and Development – OECD. (2025). Regulatory policy outlook, OECD Publishing, Paris, France.
<https://doi.org/10.1787/56b60e39-en>

Perea, Aide, Gómez, Elieth, Mayorga, Yamile, & Triana, Cora Yohanna. (2008). Caracterización nutricional de pescados de producción y consumo regional en Bucaramanga, Colombia. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 58(1), 91-97. Recuperado en 26 de febrero de 2026, de
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100013&lng=es&tlng=es.

Quintero-Sánchez, Y.; Sánchez-Portillo, S.; Bracho-Colina, E.; Salazar-Sánchez, M.; Pereira, L. y Hernández-Martínez, I. (2024). Evaluación de la producción de tilapia roja (*Oreochromis* sp) criados con Tecnología biofloc. *Revista EIA*, 21(42), 1-23.
<https://doi.org/10.24050/reia.v21i42.1761>

Rey Rodríguez, J. F.; Ortiz Zamora, A. F. (2024). Estrategias técnicas y tecnológicas en el desarrollo de productos cárnicos saludables: una revisión de literatura y análisis bibliométrico. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*. ISSN Impreso 1692-7125 ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22 N° 2. Pp: 281-304.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i2.3>

657

Rivas-García, T.; González-Estrada, R. y Murillo-Amador, B. (2021). De la nitrificación al control de enfermedades. *Recursos Naturales y Sociedad*, 7(3), 7-17.

<https://doi.org/10.18846/renaysoc.2021.07.07.03.0003>

Rodríguez, R.; Valdés, M. y Ortiz, S. (2018). Características agronómicas y calidad nutricional de los frutos y semillas de zapallo *Cucurbita* sp. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 10(1), 86-97.
<https://doi.org/10.24188/recia.v10.n1.2018.636>

Rössel, D.; Ortiz, H.; Amante, A.; Durán, H. y López, L. (2018). Características físicas y químicas de las semillas de Calabaza para mecanización y procesamiento. *Nova Scientia*, 10(21).
<https://doi.org/10.21640/ns.v10i21.1467>

Saavedra-Díaz, L.; Pomeroy, R. & Rosemberg, A. (2016). Managing small-scale fisheries in Colombia. *Maritime Studies*, 15(6), 1-21.
<https://doi.org/10.1186/s40152-016-0047-z>

Selvaraj, J.; Rosero-Henao, L. & Cifuentes-Ossa, M. (2023). Small-scale fisheries in the Colombian pacific: understanding the impact of climate change on fishermen's livelihoods. *Fishes*, 8(9), 453.
<https://doi.org/10.3390/fishes8090453>

Somerville, C.; Cohen, M.; Pantanella, E.; Stankus, A. & Lovatelli, A. (2014). Small scale aquaponic food production – integrated fish and plant farming. FAO, Rome, Italy.
<https://openknowledge.fao.org/items/e4d11efd-d97a-4959-8ae2-8b7d3fd32c5e>

Vaca, S.; García, O. & Colorado, M. (2023). Design and construction of an automated system for NFT aquaponic culture of Red Carp and Crespa Lettuce. *Visión Electrónica*, 17(1), 19-40.
<https://doi.org/10.14483/22484728.18887>

Valdés, M.; Ortiz, S.; Baena, D. y Vallejo, F. (2010). Evaluación de poblaciones de zapallo (*Cucurbita moschata*) por caracteres de importancia Agroindustrial. *Acta Agronómica*, 59(19):91-96.

Voitsekhivska-Liubov; Verbytskyi, Sergii; Nedorizaniuk, Liana; Patsera, Natalia. (2024). Desarrollo de un Aditivo Multifuncional Para la Producción de



Salchichas Frankfurt: Conceptos Básicos y
Resultados Prácticos. Revista
@limentech, Ciencia y Tecnología
Alimentaria. ISSN Impreso 1692-7125
ISSN Electrónico 2711-3035. Volumen 22
N° 1. Pp: 248-265.
<https://doi.org/10.24054/limentech.v22i1.3174>

Watanabe, W.O.; Losordo, T.M.;
Fitzsimmons, K. & Hanley, F. (2002).
Tilapia production systems in the
Americas: technological advances, trends
and challenges. *Reviews in Fisheries
Science*, 10(3-4), 465-498.
<https://doi.org/10.1080/20026491051758>