

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES
SEDE MANAGUA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA.



Trabajo de Graduación

Para Optar al Título de Licenciatura en Medicina Veterinaria y Zootecnia
“EVALUACIÓN DE SISTEMAS ACUAPÓNICOS CASEROS EN LA ZONA
RURAL DEL MUNICIPIO DE CIUDAD SANDINO MANAGUA, NICARAGUA
2023”

Sustentante(s)

Br. Angie Pamela Pineda Yanes

Br. Leiny Rosmery Pineda Yanes

Asesor(es)

Ing. Jannin Ronaldo Hernández Blandón Msc

Ing. Jolvin Mauricio Mejía Fernández Msc

Managua, Nicaragua. Agosto de 2023

DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de culminación de estudios que conllevó mucho esfuerzo, trabajo y entrega. Principalmente a Dios y a nuestros padres quienes han sido el pilar y motor de cada día vivido para poder llegar a cumplir esta meta tan anhelada y deseada.

AGRADECIMIENTO

Le damos infinitas gracias a Dios, por ser quien nos ha dado las fuerzas, las capacidades, los recursos y todo lo que hemos necesitado en el transcurso de esta hermosa carrera. Gracias a nuestros padres *Ricardo Pineda* e *Hilda Yanes* sin los cuales este logro no fuese posible, ellos han sido siempre nuestro apoyo incondicional y gracias a su esfuerzo hoy somos lo que somos, gracias mamá y papá por confiar en nosotras, por creer que podíamos lograrlo y por siempre mostrarnos su amor y cariño en todo este tiempo.

Agradecemos a nuestro hermano por ser pieza fundamental en nuestra formación, al impulsarnos en todo momento y mostrarnos su respaldo.

Gracias a nuestros amigos y amigas nicaragüenses a quienes Dios puso en nuestro camino y los hizo nuestra familia brindándonos su ayuda en todo momento.

Nuestro profundo agradecimiento para cada docente de nuestra alma mater que a lo largo de estos años nos compartieron valioso conocimiento y valores que nos fueron formando en profesionales de calidad.

Damos gracias a nuestros tutores Ing. Jolvin Mejía e Ing. Jannin Hernández por su apoyo en la realización de este proyecto de tesis, por orientarnos y compartir su valioso conocimiento.

Por último, pero no menos importante agradecemos a los ciudadanos de las comarcas de Ciudad Sandino: Jacqueline Gómez, Colegio Fray Jesús de Pamplona, Ana Orozco, María Orozco, José Rodríguez, Jacob Pérez, Mireya Ríos, Damaris Duarte, Pedro Padilla, William Díaz, Kathy Zeledón, Colegio Santa Rosa, Rosa Blandino y Jarol Orozco, gracias a sus experiencias pudimos recopilar datos importantes que nos ayudaron a mejorar la calidad de la información brindada en este proyecto.

INDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE DE TABLAS	iii
INDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
I. INTRODUCCION	10
II. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo general.....	12
2.2. Objetivos específicos	12
III. MARCO DE REFERENCIA	13
3.1. Antecedentes de la investigación	13
3.2. Bases teóricas de la acuaponía	14
3.2.1. Sistema acuapónico.....	15
3.2.2. Tipos de sistemas acuapónicos	15
3.2.3. Sistema de raíz flotante.....	16
3.2.4. Sistema de lecho de sustrato	16
3.2.5. Sistema NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de Film de Nutrientes)	17
3.2.6. Recirculación de agua y aprovechamiento de nutrientes	17
3.2.7. Optimización de recursos.....	17
3.3. Elementos esenciales de un sistema acuapónico.....	17
3.3.1. Tanque para los peces	18
3.3.2. Cama para las plantas.....	18
3.3.3. Bomba de agua y bomba de aireación	19
3.3.4. Biofiltros	19
3.3.5. Nitrificación	19
3.3.6. Bacterias nitrosomas y nitrobacter.....	20
3.3.7. Parámetros generales físico-químicos del agua	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	23
4.1. Ubicación del área de estudio	23
4.2. Diseño metodológico.....	23

4.2.1.	Tipo de investigación	23
4.2.2.	Fase de campo	23
4.2.3.	Variables a evaluar.....	24
4.2.4.	Recolección de datos.....	26
4.2.5.	Análisis de datos.....	26
4.2.6.	Materiales y equipos	26
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	27
VI.	CONCLUSIONES	41
VII.	RECOMENDACIONES.....	43
VIII.	LITERATURA CITADA.....	45
XI.	ANEXOS.....	50

INDICE DE TABLAS

TABLA	PÁGINA
1. Rangos generales de tolerancia en la calidad de agua.	22
2. Variable de estudio del objetivo específico número 1.	24
3. Variable de estudio del objetivo específico número 2.	25
4. Materiales y equipos a utilizar durante la fase de campo.	26
5. Características generales de los productores que cuentan con un sistema acuapónico casero.	28
6. Porcentaje de sistemas instalados en el área rural de Ciudad Sandino.	30
7. Porcentaje de tenencia y personas que actúan en el SAC.	31
8. Tiempo semanal invertido en el cuidado y mantenimiento del SAC.	34
9. Viabilidad y mortalidad en SAC.	35
10. Promedio de productividad en peces de cada tipo de SAC.	36
11. Promedio de productividad de cultivos en cada tipo de SAC.	37
12. Destino de la producción de peces en los SAC.	38

INDICE DE ANEXOS

ANEXOS	PÁGINA
a. Primera visita de campo	50
b. Adaptaciones a los sistemas	51
c. Encuesta	53
d. Aplicación de la encuesta	56
e. Construcción del sistema acuapónico casero lecho de sustrato	58

RESUMEN

La acuaponía es la unión de la acuicultura y la hidroponía a través de la recirculación de agua, generando simultáneamente producción de peces y cultivos o vegetales. Tanto los peces como las plantas se benefician mutuamente y de forma equilibrada. Esta investigación proporciona una descripción de las experiencias de 15 familias que cuentan con un sistema acuapónico casero, en Nicaragua existen 3 tipos diferentes: lecho de sustrato, raíz flotante y NFT (Técnica de films de nutrientes). Se analizaron las vivencias de los 15 sistemas con el fin de evaluar la viabilidad de los mismos a través de encuestas realizadas a las familias participantes. Este trabajo pasó de la teoría a la práctica al no solo analizar las experiencias de cada productor, sino también llevando a cabo la construcción desde cero de un sistema acuapónico casero de lecho de sustrato, esto permitió obtener el paso a paso en la construcción de dicho sistema. Los resultados obtenidos en la encuesta generan un alto valor en esta investigación, ya que el 100% de los productores recomiendan tener un sistema acuapónico casero, y el 100% ven al SAC (sistema acuapónico casero) como una alternativa para mantener en sus hogares. Además, resaltamos con un 32% la participación de la mujer en este sistema de producción y un 62% la participación del hombre. La presentación de este documento incentivara a los pequeños y grandes productores nicaragüenses, así como también a todo aquel que desee realizar la construcción de un SAC en casa gracias a sus altos beneficios e importancia en la seguridad alimentaria de las familias, de la misma manera a los centros educativos aporta un alto valor en los huertos escolares y los diferentes beneficios que se mencionan a lo largo de la investigación.

PALABRAS CLAVE: Hidroponía, acuicultura experiencias, viabilidad, familias, sistema acuapónico casero, seguridad alimentaria.

ABSTRACT

Aquaponics is the union of aquaculture and hydroponics through the recirculation of water, simultaneously generating fish and crop or vegetable production. Both fish and plants benefit each other in a balanced way. This research provides a description of the experiences of 15 families that have a home aquaponic system, in Nicaragua there are 3 different types: substrate bed, floating root and NFT (Nutrient Film Technique). The experiences of the 15 systems were analyzed in order to evaluate their viability through surveys carried out with the participating families. This work went from theory to practice by not only analyzing the experiences of each producer, but also carrying out the construction from scratch of a homemade substrate bed aquaponic system, this allowed us to obtain the step by step in the construction of said system. The results obtained in the survey generate high value in this research, since 100% of producers recommend having a home aquaponic system, and 100% see SAC (home aquaponic system) as a alternative to keep in their homes. We also highlight the participation of women in this production system at 32% and the participation of men at 62%. The presentation of this document will encourage small and large Nicaraguan producers, as well as anyone who wishes to build a SAC at home thanks to its high benefits and importance in the food security of families, in the same way as educational centers provide high value in school gardens and the different benefits that are mentioned throughout the research.

KEYWORDS: Aquaculture, hydroponics, experiences, viability, families, home aquaponic system, food safe.

I. INTRODUCCION

“Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en ingles) en Mesoamérica, Nicaragua fue el país con mayor prevalencia de subalimentación, aproximadamente 1,2 millones de nicaragüenses sufren cierto grado de hambre”(Redacción Central, 2023).”

Es por ello que es necesario desarrollar e implementar planes de seguridad alimenticia, que garantice o permita el acceso a buena alimentación, estos planes de seguridad alimenticia deben ir enfocados en educar a la población y buscar alternativas de solución a la problemática de escasez de agua y aprovechar los recursos que se tienen para que sean usados de forma amigable con el medio ambiente, es decir, que los planes de seguridad alimenticia generen alimento, ingresos económicos y sustenten familias, pero que también no dañen el medio ambiente. (Jiménez, 2013)

Varias opciones productivas se han implementado en los últimos años como forma de ayudar a la producción de alimentos, optimización de recursos y contrarrestar la subalimentación, cabe destacar y resaltar la acuaponía como un sistema que da respuesta a tales problemáticas. (Jiménez, 2013)

“La acuaponía garantiza optimizar recursos muy importantes como por ejemplo el agua, como respuesta a la falta de agua para cultivar peces y la escasez de suelo para el sector agrícola lo cual da buenos resultados productivos y económicos” (Castro, 2020, p.6).

Jubilee House Community a través del proyecto “Producción de Peces y Plantas” en el municipio de Ciudad Sandino ha contribuido por medio de bases teóricas y prácticas el desarrollo socioeconómico de las familias del área rural y urbana instalando hasta el día de hoy 52 proyectos acuapónicos distribuidos en estas dos áreas.

El manejo de los recursos naturales por los productores locales y familiares del municipio de Ciudad Sandino contribuye a un desarrollo sostenible y cuidado del medio ambiente, a través del proyecto “Producción de Peces y Plantas”.

Razón por la cual en esta investigación se analizarán los sistemas acuapónicos caseros implementados en Nicaragua a través de este proyecto y a la vez dar a conocer los beneficios exitosos obtenidos para así incentivar a la población nicaragüense a aprovechar los recursos existentes, informarlos con resultados reales sobre este sistema y su gran ayuda a la sociedad, brindando una guía que les facilite el proceso de implementación de un sistema acuapónico.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la viabilidad de los sistemas acuapónicos caseros implementados en la zona rural del municipio de Ciudad Sandino.

2.2. Objetivos Específicos

Analizar las experiencias en la implementación de sistemas acuapónicos caseros para la seguridad alimentaria y nutricional de las familias.

Elaborar un manual sobre el diseño y construcción de un sistema acuapónico casero funcional de lecho de sustrato.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Antecedentes de la investigación

Los primeros ensayos publicados en acuaponía se remontan a la década del '70, donde se demostró que los desechos metabólicos que los peces generaban podían ser utilizados para el cultivo de plantas, en forma hidropónica. Rakocy es considerado uno de los investigadores más importantes en el área quien desarrollo sistemas funcionales que llevan más de 25 años funcionando. (Lewis, 1978, pp. 92-96)

En su libro Goddek *et. al.* (2019) hace referencia a la acuaponía que nace como un sistema de producción para alimentos que es capaz de condensar y comprimir la producción en espacios y lugares pequeños que normalmente no se usarían para la producción de alimentos. (pp 25-29)

En su trabajo de investigación Kanchi (2013) implementó un sistema acuapónico para la producción complementaria de alimentos en espacios urbanos restringidos, como una respuesta a la escasez de alimentos sanos libres de compuestos tóxicos, así como para contribuir a la economía familiar y obtención de vegetales frescos dando seguimiento a las variables del nodo acuapónico durante los 6 meses que estuvo montado este sistema de producción, específicamente de mayo a octubre del 2011. (p.7)

En Nicaragua la acuaponía es un sistema que se está comenzando a implementar y que se busca desarrollar más, Pérez (2021) menciona la importancia de su implementación generando alimento fresco, obtención de proteína y hortalizas como método alternativo en la producción de alimentos en espacios reducidos, con un esfuerzo relativamente mínimo y con la participación de toda la familia. (p.2)

En su investigación Coral (2015) hace una comparación entre los sistemas de acuacultura e hidroponía como bio-sistema integrado de producción de alimentos. Es una alternativa moderna y sustentable, para la acuicultura tradicional y la hidroponía.

La implementación de sistemas acuapónicos ha traído varios beneficios, con un buen diseño y funcionamiento adecuado reduce en un 90% los requerimientos de agua necesaria para un cultivo normal de peces; puede aumentar los rendimientos y bajar los costos de producción sin la necesidad de contar con grandes extensiones de tierra. (p.1)

Según Cruz *et al* (2019) “como nuevo mecanismo de producción para el autoconsumo de la población nicaragüense se está instaurando la acuaponía, con la que de diferentes regiones se obtienen hortalizas como lechuga, apio e hierba buena” (p.2).

Se dio inicio en el 2020 al proyecto Integración de la Cadena de Valor en la Pesca y la Acuicultura (INCAVPESCA) para poder diversificar la acuicultura en los países del SICA (Nicaragua, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Panamá, Rep. Dominicana y Belice) con la ayuda de la República de China (Taiwán), se llevó a cabo la ejecución de proyectos pilotos de acuaponía con el fin de producir alimento a bajo costo y aportar a la seguridad alimentaria del país. (OSPESCA, 2020)

Martínez y Valle (2021) “en León, hicieron una comparación en su tesis sobre el rendimiento productivo de Tilapia Roja en un sistema acuapónico versus un sistema convencional, concluyendo que un sistema acuapónico brinda mayor rendimiento productivo que uno convencional” (p.34).

3.2. Bases Teóricas de la Acuaponía

La acuaponía tiene raíces antiguas, sin embargo, no está registrado cuando y donde se originó este sistema de producción. Los aztecas cultivaron islas agrícolas conocidas como "chinampas" y para algunos son consideradas como la primera manera de practicar la acuaponía para uso agrícola donde plantas fueron cultivadas en islas estacionarias en partes no profundas de lagos. (Pérez *et al* 2015, p.539)

“Es un tipo de sistema en el cual la acuicultura e hidroponía se unifican para realizar varias funciones, por medio de la acuicultura hay producción de peces y a través de la hidroponía producción de cultivos” (Parker, 2014, p.479).

3.2.1. Sistema Acuapónico

El sistema acuapónico une la recirculación en acuicultura con hidroponía en un sólo sistema de producción. Los residuos de la acuicultura se convierten en fertilizante para los cultivos, estos no se liberan en el medio ambiente, sino que se redirigen a las raíces de las plantas, al mismo tiempo que los nutrientes suministrados a las plantas provienen de una fuente sostenible, rentable y no química debido a que son nutrientes obtenidos de forma natural. (FAO, 2020)

La acuaponía puede ser un sistema más favorable y económicamente más factible en ciertas situaciones, especialmente dónde no hay recursos naturales óptimos como el agua y la tierra. Sin embargo, la acuaponía es complicada y sus costos principales son altos. La alta inversión queda compensada con el incremento en la producción tanto de peces como vegetales o verduras. (Somerville *et al* 2022, p.86)

Según Ramos (2018) la implementación de un sistema acuapónico casero, es una alternativa que podría contribuir a las posibles soluciones de problemáticas socioeconómicas de las familias. Es vista como una alternativa orientada al desarrollo sostenible y amigable con el medio ambiente, como un ejercicio que permite producir en poco tiempo peces y plantas. Se caracteriza porque se pueden utilizar materiales reciclados, el uso del agua es limitado y su ejecución no requiere de grandes espacios. (p.11)

3.2.2. Tipos de Sistemas Acuapónicos

Los sistemas acuapónicos caseros no necesitan de terreno fértil para poder llevarse a cabo, este es uno de los factores por lo cual se han convertido en una gran oportunidad para producir alimentos para el autoconsumo familiar y promover la seguridad alimentaria. La implementación de estos tipos de sistemas son una manera segura de producir diferentes tipos de vegetales a la vez los cuales son considerados como parte fundamental en la dieta saludable alimentaria. (Lujan, 2021)

“Hay diferentes tipos de sistemas acuapónicos; sin embargo, de forma general los sistemas acuapónicos se pueden clasificar en: Sistema de cultivo en aguas profundas, Sistema de cultivo de nutrientes en películas, y Sistema de cultivo de inundado y drenado” (Oviedo *et al* 2020, p.59).

3.2.3. Sistema de Raíz Flotante

De acuerdo con Loor & Mendoza (2018) “en este tipo de sistema, los vegetales o verduras se mantienen flotando en unas planchas de espuma flex en el tanque de peces y están contenidas en vasos térmicos”.

Es por ello que no se requiere de un sustrato sólido y las raíces se mantienen en contacto con el agua la cual se oxigena diariamente de forma manual o mecánica (a través de bombas de aire). A este sistema es necesario agregar un biofiltro y también una salida de agua para la recirculación de la misma. (Enviroment, 2015)

3.2.4. Sistema de Lecho de Sustrato

Se trata de tanques o contenedores llenos de un sustrato sólido e inactivo que sirve para proteger y dar sostén a las plantas. Estos tanques no suelen tener más de 30 cm de profundidad y el agua entra por un extremo y vuelve a salir al tanque por el otro extremo. Se utilizan para todo tipo de plantas, pero son especialmente útiles para plantas que necesitan un buen soporte por su peso, como los tomates. (Calo, 2011, p. 1)

Este sistema utiliza camas de sembrado por lo general entre 8-12" de profundidad rellenas de gravilla de distintos tamaños, ya que este tipo de sustrato es ideal para que se haga las simbiosis necesarias para convertir los desechos de los peces en nitrato para las plantas. Las semillas se siembran directamente en el sustrato. Estas camas se inundan y se drenan periódicamente con agua proveniente del estanque donde habitan los peces, permitiendo al agua enriquecerse de oxígeno y nutrientes. (Millares *et al* 2017, p. 87)

3.2.5. Sistema NFT (Nutrient Film Technique o Técnica de Film de Nutrientes)

Este sistema es muy utilizado en hidroponía, es uno de los sistemas más prácticos a la hora de su instalación, pudiéndose inclusive, diseñar sistemas verticales que permiten un aprovechamiento mayor del espacio en áreas reducidas, obteniendo así, altos rendimientos de producción por superficie. Tiene, además, una ventaja, en cuanto a la buena oxigenación, al estar la película del agua en contacto con abundante aire dentro de las canales. (World Renew y Diaconía Nacional, 2020, p. 21)

3.2.6. Recirculación de Agua y Aprovechamiento de Nutrientes

Lin *et al* (2022) “Concluyeron que las concentraciones de nutrientes en un estanque de peces se desarrollan a medida que se acumulan los residuos de alimentos y los desechos metabólicos de los peces” (p.169).

De acuerdo con Bregnballe (2015) La recirculación del agua en el cultivo de peces se define como el sistema donde el agua pasa por filtros mecánicos y biológicos, luego se oxigena y se elimina el dióxido de carbono, pudiendo así, ser utilizada nuevamente por los peces y los nutrientes son utilizados por las plantas para su crecimiento. (pp. 13-14)

3.2.7. Optimización de Recursos

Se resalta la acuaponía como una técnica para producir cultivos orgánicos altamente eficientes, que no generan aguas residuales tóxicas, con respecto a técnicas agrícolas tradicionales la acuaponía consume considerablemente menos recursos básicos. Cabe destacar que la acuaponía hace un mejor uso del espacio, es más productiva, consume aproximadamente el 5% de agua de un cultivo tradicional y no es necesario contar con maquinaria para su cosecha o su manejo. (Monzón, 2015)

3.3. Elementos Esenciales de un Sistema Acuapónico

“Por definición un Sistema es el que tiene un conjunto de elementos o varios componentes que interactúan entre sí y que no funciona adecuadamente si se retira alguno de estos elementos” (Carlos, 2019).

3.3.1. Tanque para los Peces

Como señalan Ovalle y Solano (2019) el tanque para la producción de peces es un componente indispensable. Sus dimensiones deben ser de acuerdo a la carga de peces. Teniendo en cuenta que estos son más propensos a movilizarse horizontalmente, se debe contar con un tanque que tenga más espacio horizontal que vertical y de material fuerte. Además, el tanque de producción debe ser lo suficientemente grande para asegurar el llenado del sistema acuapónico y al mismo tiempo garantizar un adecuado volumen de agua para que los peces puedan nadar libremente. (p.11)

La especie de peces más utilizados en los sistemas acuapónicos caseros y en la acuaponía en general es la tilapia (*Oreochromis niloticus*), esto es gracias a la gran resistencia a cambios de temperatura y de PH que puedan surgir en el sistema acuapónico, y es una especie con un alto valor de consumo en varios países y ciudades. (Trujillo et al, 2016, p.5)

También Callejas y Pulgarín (2021) “mencionan la resistencia de la *Oreochromis niloticus* a patógenos y parásitos lo que la hacen adaptarse con facilidad a este tipo de sistema de producción” (p.29).

3.3.2. Cama para las Plantas

Son todas aquellas estructuras que posibilitan el cultivo vegetal sin necesidad de tierra o suelo, empleando como sustrato otro tipo de material. Dicha estructura debe permitir el aporte continuo o frecuente de agua rica en nutrientes provenientes de las especies acuáticas, evitando la pérdida de agua y asegurando que las plantas reciben los elementos necesarios para su óptimo crecimiento. Se usan materiales de fontanería o construcción, siempre que reúnan los requisitos necesarios para fines acuapónicos y siempre que sean materiales aptos para uso alimentario. (López, 2019, pp. 73-74)

3.3.3. Bomba de Agua y Bomba de Aireación

Es necesario oxigenar el agua ya que los peces necesitan la presencia de oxígeno disuelto para su desarrollo y producción. El movimiento en el agua y el oxígeno favorece a las raíces de las plantas, evitando así la muerte de los vegetales o plantas. La concentración mínima de oxígeno disuelto varía según la especie cultivada; además es necesario que la bomba de aireación esté funcionando las 24 horas ininterrumpidas. (Gonzales, 2017, p.11)

3.3.4. Biofiltros

Los biofiltros también son conocidos como sistemas de Nitrificación, la función principal se basa en el paso del agua filtrada de sólidos a través de sustratos que sirven como material de fijación para un grupo de bacterias nitrificantes que tienen como función convertir el nitrógeno amoniacal que producen los organismos acuáticos, a nitratos que son menos tóxicos. (León, 2013, pp 32-33)

3.3.4.1. Filtro Mecánico

Según Pérez (2021) “el filtro mecánico tiene como función filtrar (sedimentar los sólidos gruesos de heces y alimento no consumido), el agua que sale del tanque de peces” (p.30).

3.3.4.2. Filtro Biológico

De acuerdo con Ordoñez *et al* (2014) luego de pasar por el filtro mecánico continua el proceso de filtración biológica donde el amoníaco mediante conversión aeróbica a través de bacterias se transforma en nitratos, el cual es utilizado benéficamente por las plantas a este proceso se le conoce como nitrificación. (p.5)

3.3.5. Nitrificación

La nitrificación es la conversión aeróbica de amoníaco a nitratos es una de las funciones más importantes de la acuaponía, porque disminuye la toxicidad y permite que los compuestos de nitrato resultantes sean eliminados por las plantas para su nutrición.

El amoníaco en concentraciones superiores a 0.5 a 1 ppm, son mortales para los peces el amoníaco puede ser convertido en otros componentes nitrogenados a través de poblaciones saludables de Nitrosoma: bacteria que convierte amoníaco en nitritos y Nitrobacter: bacteria que convierte nitritos en nitratos. (Pérez, 2021, p.14)

3.3.6. Bacterias Nitrosomas y Nitrobacter

Las nitrosomonas o nitrosomas convierten el amoníaco, que es altamente tóxico para los peces, a nitrito que es menos tóxico para ellos. En cambio, las nitrobacter convierten el nitrito en nitrato que es relativamente no tóxico para los peces y de fácil absorción para las plantas. El amoníaco es un producto natural del metabolismo de proteína de los peces. Los peces de agua dulce excretan amoníaco por medios de sus branquias y sus heces. Altas concentraciones de amoníaco no ionizado en agua son tóxicos para los peces. (Sink y Masabni, 2018, p.4)

“El papel de las bacterias es convertir las excretas de los peces en compuestos más aprovechables para las plantas y menos tóxicos para los peces” (Callupe, 2019, p.2).

3.3.7. Parámetros Generales Físico-Químicos del agua

Los parámetros físico-químicos del agua en la acuaponía contribuyen directamente con los 3 componentes principales en la acuaponía: peces, plantas y bacterias. Razón por la cual se debe priorizar a la medida de lo posible una calidad de agua compatible con este sistema, mismos que se describen a continuación. (PROAIN, 2020)

3.3.7.1. Potencial de hidrogeno (pH)

El pH tiene un efecto fundamental para que muchos procesos se lleven a cabo, como la conversión de nitritos a nitratos. El equilibrio del pH de un sistema acuapónica es de 7,0. Esta cifra se refiere al equilibrio permitido tanto para los peces como para las plantas y las bacterias.

Para los peces es de 6.5 – 8.0, las plantas requieren un equilibrio de 5.0 a 7.0 y las bacterias requieren un equilibrio de 6.0 a 8.0. El pH debe medirse de 3 a varias veces por semana con una unidad de prueba de equilibrio del pH. (Baldomero, 2021)

3.3.7.2. Oxígeno

El oxígeno debe estar disuelto, la carencia o ausencia puede causar la muerte de los peces y plantas. El nivel de aireación adecuado es el que está por encima de 3mg/L, así que lo ideal es 5mg/L o un poco más. (Cortez, 2022, p.4)

3.3.7.3. Nitritos

La concentración de nitritos en el sistema generalmente es de 1 ppm, las altas concentraciones de este subproducto de la nitrificación son extremadamente peligrosa para los peces, ya que puede causar enfermedades importantes en el sistema acuático y vegetal, poniendo en riesgo la producción pecuaria. (Martínez y Paz 2016, p.24)

3.3.7.4. Nitrato (NO₃)

Para medir el nitrato en agua se puede hacer uso del Kit “API” y obtener los valores de concentración presentes en la solución nutritiva. Este parámetro se analiza detenidamente, debido a que es el nutriente más requerido por las plantas para su fertilización, crecimiento y nutrición. La deficiencia de los nitratos en las plantas causa desequilibrio en la captación de otros nutrientes, además de un desarrollo débil en el tallo. (Callejas, 2021, p.49)

3.3.7.5. Temperatura

Según Hernández (2017) “se debe de realizar las mediciones durante el día para identificar la temperatura según las variaciones climatológicas del lugar, normalmente a las 4 am se encuentra en temperatura baja y a la 1 pm temperatura alta” (p.58).

3.3.7.6. Amonio (NH₄)

De acuerdo con Martínez y Paz (2016) las concentraciones a considerar dentro del estanque no deben superar las 2 ppm, debido a que el amonio se convierte en amoniaco, que es el compuesto más toxico. (p.22)

Tabla 1.*Rangos generales de tolerancia en la calidad de agua*

Tipo de organismo	Temp (°C)	pH	NAT	NO3	OD
Peces de aguas cálidas	22-32	6-8.5	<3	<400	4-6
Peces de aguas frías	10-18	6-8.5	<1	<400	6-8
Plantas	16-30	5.5-7.5	<30	-	>3
Bacterias nitrificantes	14-34	6-8.5	<3	-	4-8

Nota. Se aprecian los rangos de tolerancia para peces, plantas y bacterias en cuanto a calidad de agua. Fuente: Somerville (2014, p.22).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del Área de Estudio

El estudio se realizó en la ciudad de Managua, esta se localiza al occidente de la Republica de Nicaragua, en la costa suroeste del lago Xolotlán o Managua, siendo la ciudad más grande del país en términos de población y extensión geográfica. Es una de las ciudades más grandes de América central. Como ubicación central se seleccionó Ciudad Sandino, Managua. Tiene una extensión de 51.11 km² y se localiza entre las coordenadas 12° 9' 32" de latitud norte y 86° 20' 39" de longitud oeste, a una altitud de 23 m s. n. m.

4.2. Diseño Metodológico

4.2.1. Tipo de Investigación

La investigación es cualitativa de tipo documental-transversal ya que se realizó un estudio en el cual se recolectó la información de 15 productores con respecto a sus experiencias en cuanto a los sistemas acuapónicos caseros y su efectividad según dichas experiencias; a su vez se instaló un sistema acuapónico casero con el fin de documentar dicha instalación con la cual se redactó un manual detallando el procedimiento de la instalación para así facilitar este proceso a futuros productores que deseen instalar su sistema acuapónico casero.

4.2.2. Fase de campo

En nuestra fase de campo se llevó a cabo la visita a 15 productores de Ciudad Sandino, casa a casa, se hizo el recorrido en el lugar donde ellos tienen su sistema acuapónico casero, escuchamos y documentamos sus experiencias de contar en su hogar con un sistema acuapónico casero funcional y procedimos a realizar a cada uno de ellos una encuesta mixta, es decir, con preguntas cerradas y abiertas. También nuestra fase de campo consistió en documentar la instalación de un sistema acuapónico casero con el fin de realizar un manual didáctico, práctico y entendible para futuros productores.

4.2.3. Variables a evaluar

A continuación, se detallarán mediante tablas las variables de realización de acuerdo a los objetivos específicos de esta investigación.

Tabla 2.

Variable de estudio del objetivo específico número 1

Objetivo	Variable	Definición conceptual	Indicador	Instrumento
Analizar las experiencias en la implementación de sistemas acuapónicos caseros para la seguridad alimentaria y nutricional de las familias.	Experiencia de los productores	La experiencia es el conocimiento que se adquiere mediante el hecho de haber presenciado, sentido o conocido algo a través de vivencias u observaciones	<ul style="list-style-type: none"> • porcentaje de viabilidad del sistema acuapónico (tiempo invertido, experiencias, cantidad de personas a cargo de un sistema acuapónico, producción de peces y biomasa) • porcentaje de mortalidad en peces 	Encuesta Excel

Nota: Se aprecian detalles a evaluar de la variable número uno del objetivo específico número uno. Elaboración propia.

Tabla 3.*Variable de estudio del objetivo específico número 2*

Objetivo	Variable	Definición conceptual	Indicador	Instrumento
Elaborar un manual sobre el diseño y construcción de un sistema acuapónico casero funcional de lecho de sustrato.	Elaboración de Manual.	Un manual es un libro o folleto en el cual se recopilan los aspectos básicos y esenciales que nos permiten comprender el funcionamiento de algo o acceder de manera concisa y ordenada al conocimiento de algún tema o materia.	Estructura del manual Construcción del sistema (funcional)	Imágenes y texto (80% imágenes 20% texto) Instrumentos utilizados en la construcción del sistema: tablas, tanque de 1,000 litros, plástico calibre 1,000, clavos, sustrato, tubos, bomba sumergible, plantas, peces.

Nota: se aprecian detalles a evaluar de la variable número dos del objetivo específico número dos. Elaboración propia.

4.2.4. Recolección de Datos

Se visitó a cada uno de los productores haciendo un recorrido en el área donde está instalado el sistema acuapónico casero, luego se procedió a realizar la documentación de experiencias y aplicar la encuesta para la recolección de datos. Dicha encuesta se elaboró en Word, posteriormente a imprimirla y aplicarla a los dueños de sistemas acuapónicos caseros de la zona rural de Ciudad Sandino. Posteriormente los datos fueron procesados.

4.2.5. Análisis de Datos

Todos los datos obtenidos mediante la encuesta mixta se analizaron a través del programa de Microsoft office Excel, realizando un análisis de frecuencia buscando el mejor valor evaluado. Aunque inicialmente los datos serian procesados con el programa spss, se decidió llevarlo a cabo en Excel por la cantidad de información y por una mejor facilidad de manejo.

4.2.6. Materiales y equipos

Tabla 4.

Materiales y equipos utilizados durante la fase de campo

Materiales y equipos por utilizar	
sistemas acuapónicos caseros	Bomba sumergible de hp
Botas de hules	Lápices
Tablas de campo	Borrador
Balanza electrónica	Cámara fotográfica
Taladro	Celular
Tubos pvc	Cinta métrica
Codos lisos pvc	Peces tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)
T lisas pvc	Tanque capacidad 1000 litros
Plástico calibre 1000	Marco y sierra metálica
Piedra volcánica	Plantas
Clavos	

Fuente: Elaboración propia

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Experiencias en la implementación de sistema acuapónico casero

5.1.1. Características generales de los productores que cuentan con un sistema acuapónico casero gracias al proyecto de Jubilee House Community “Producción de Peces y Plantas”.

Tabla 5.

Características generales de los productores que cuentan con un sistema acuapónico casero

	%(H)	%(M)	Mínimo	Máximo	Promedio
Género	62	38			
Edad (años)			17	72	49
Propiedad	100	100			

Elaboración propia

Los datos generales del total de la población encuestada determinan que de los productores encuestados en la zona rural del municipio de Ciudad Sandino se identificó el porcentaje de los propietarios de la siguiente manera: 38% de mujeres y un de 62 % de hombres como se puede observar en la Tabla 5.

Las edades de los propietarios en este estudio oscilan entre una media de 49 años, la edad mínima fue de 17 años y la edad máxima de 72 años lo que quiere decir que hay personas de diferentes edades involucradas en este tipo de producción y tanto una persona joven como adulta puede hacerse cargo de un sistema acuapónico casero. Todos los padres o madres de familias nos comentaban que sus niños ayudaban con el mantenimiento del sistema.

El 100% de las personas encuestadas manifestaron ser dueños del sistema acuapónico casero.

La tenencia de sistemas acuapónicos beneficia a los alumnos de los centros educativos, existen varios sistemas ubicados en centros educativos en Ciudad Sandino, según Álvarez (2022) Nicaragua busca fortalecer la soberanía alimentaria, siendo que el país produce 90% de su comida, por lo que se hace este esfuerzo desde el plano educativo a través de estrategias como la de huertos escolares y el enriquecimiento de la merienda escolar. Plan de huertos escolares es un proyecto nacido de la necesidad de proyectarse a la comunidad y contribuir en la mejora de la merienda.

Un docente instaló un sistema acuapónico dentro de un aula de clases en donde había 25 niños, sin dimensionar el impacto que haría en la vida de sus alumnos y demás docentes. El sistema permitió la inclusión de las familias, así como al alumnado y profesorado de educación primaria del centro. Al final del curso escolar, los niños/as del centro tenían una versión bastante aproximada a la realidad del funcionamiento del sistema, eran capaces de manejarlo y algo que suele pasar desapercibido, se emocionaron aprendiendo. (Muñoz y Jiménez, 2017, p. 31)

La implementación de sistemas acuapónicos en los hogares y centros educativos es una excelente manera de promover la autosuficiencia alimentaria, la alimentación saludable y el cuidado del medioambiente. Además, fomenta el aprendizaje y la conciencia sobre la importancia de la producción sostenible de alimentos.

En Honduras en los departamentos de Valle y Choluteca se llevó a cabo un proyecto en el cual muchas familias fueron beneficiadas con un sistema acuapónico. Se realizaron encuestas a todas las familias y se dieron a conocer los resultados: 28.77% de la población con un sistema acuapónico expresaron que todos en la familia cuidan del sistema, el 34.25% son mujeres que lo atienden y dan el mantenimiento, el 26% comentaban que como pareja asisten el sistema, el 10% de la población son hombres que cuidan del sistema y el 17.8% de las familias encuestadas dijeron que quienes se encargan del sistema son los hijos. (Zúniga, 2020, p. 34)

La implementación de sistemas acuapónicos en los hogares y centros educativos es una excelente manera de promover la alimentación saludable y el cuidado del

medioambiente. Además, fomenta el aprendizaje y la conciencia sobre la importancia de la producción sostenible de alimentos.

Al involucrar a todos los miembros de la familia, sin importar su edad o género, se crea un ambiente de aprendizaje inclusivo donde todos pueden participar y aprender juntos.

Así mismo brindar a los niños la oportunidad de interactuar con el sistema acuapónico, se les enseña la importancia del trabajo en equipo y la responsabilidad. También les ayuda a comprender que tanto los niños como las niñas pueden estar involucrados en el mantenimiento y cuidado de un sistema acuapónico, rompiendo estereotipos de género y fomentando la igualdad. A medida que los niños crecen y se convierten en adultos, llevarán consigo los conocimientos y habilidades adquiridos al trabajar con recursos en sus hogares. Esto promoverá una mentalidad de utilizar lo que tienen de manera creativa, sostenible y respetuoso con el medio ambiente.

5.1.2. Características referentes al sistema acuapónico casero

Tabla 6.

Porcentaje de sistemas acuapónicos instalados en el área rural de Ciudad Sandino

Tipo de SAC	% de tenencia
Lecho de sustrato	33
Sistema de raíz flotante	60
NFT (técnica de films de nutrientes)	7

Elaboración Propia

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas aplicadas a los 15 productores que cuentan con sistemas acuapónicos caseros en la zona rural del municipio de Ciudad Sandino el 33% de los sistemas son de lecho de sustrato, el 60% de sistemas son de raíz flotante y el 7% de los sistemas es de NFT (técnica de films de nutrientes), dando como resultado que el sistema acuapónico casero más usado es el de raíz flotante como lo podemos ver en la tabla anterior.

La información acerca de sistemas acuapónicos en Nicaragua es limitada o ambigua.

Para obtener información acerca de SAC se ha recopilado información de otros países donde han realizado investigaciones y han llevado a cabo tesis sobre sistemas acuapónicos.

Sin embargo, con esta investigación se pretende fomentar la lectura en Nicaragua acerca de los beneficios e importancia de los sistemas acuapónicos en las familias.

En España se realizó un doctorado en el cual se valoró la producción acuapónica, se aplicó encuesta a los diferentes propietarios para ver principalmente que tipo de sistema estaban utilizando, como resultados se observó que el 54.7% de los propietarios utilizan la técnica de la película de nutrientes (NFT), raíz flotante con un porcentaje de 45,3% donde se produce cultivos de hortalizas de hoja, el 39,6% utilizan el sistema lecho de sustrato y el 5.7% de los propietarios cuentan con otros tipos de sistemas. La tilapia fue la especie de pez más frecuente empleada en los sistemas acuapónicos. (Suarez, 2021, p. 62)

La comparación o relación entre los tres diferentes tipos de sistemas nos demuestran como en algunos países y familias existe la preferencia de un tipo de sistema en específico. En el caso de Ciudad Sandino, Nicaragua hay un mayor porcentaje de sistemas de raíz flotante (Tabla 6) debido a que la organización que donaba los sistemas brindaba ese tipo en específico, pero, tiempo después la organización donaba solo sistema del tipo de lecho de sustrato porque este tiene menor costo y así la organización podía ayudar a más familias.

Tabla 7.

Porcentaje de tenencia y personas que actúan en el SAC

	Tenencia de SAC	Cantidad de personas que apoyan en el SAC
Promedio	1 año	2 personas
Mínimo	4 meses	1 persona
Máximo	2 años y 3 meses	5 personas

Elaboración Propia

De los productores encuestados el promedio de años que tienen de contar con su SAC es de 1 año, la tenencia del sistema como mínimo es de 4 meses y como máximo 2 años y 3 meses (Tabla 7).

Aunque los 15 productores se declararon dueños del sistema acuapónico, el 100% recibe ayuda de sus familiares siendo así una actividad que involucra a la familia sin importar la edad.

La ayuda de los familiares en tareas como la limpieza del tanque, la alimentación de los peces, la poda de las plantas y el mantenimiento del nivel de agua, no solo fortalece los lazos familiares, sino que también fomenta la responsabilidad compartida y el cuidado del medio ambiente. El promedio de personas que ayudan al mantenimiento y cuidado del sistema es de 2 personas, como mínimo 1 y como máximo 5 personas (Tabla 7).

El sistema acuapónico casero es una forma sostenible y beneficiosa de producción de alimentos que promueve la autosuficiencia y la protección del entorno. No solo brinda alimentos saludables y frescos para toda la familia, sino que también permite generar ingresos adicionales a través de la venta de peces y cultivos. El SAC contribuye al cuidado del medio ambiente debido a que en comparación con otros métodos de cultivos este sistema recircula el agua y la utiliza de manera eficiente, reduciendo así la cantidad de agua necesaria para los cultivos.

5.1.3. Mantenimiento del sistema acuapónico

Tabla 8.

Tiempo semanal invertido en el cuidado y mantenimiento del SAC

Tiempo semanal invertido en mantenimiento de SAC	
Promedio:	3 horas
Mínimo:	1 hora
Máximo:	6 horas

Elaboración propia.

La mayoría de propietarios expresaban su conformidad ante el tiempo dedicado al sistema, los dueños o sus familias casi siempre pasan en casa, eso les facilita dedicarle el tiempo adecuado al sistema.

Las actividades que hacen para darle mantenimiento al sistema acuapónico es en primer lugar limpieza de la cama de siembra, seguidamente limpieza del tanque de los peces, cambio periódico de agua y la alimentación diaria a los peces. Como está representado en la tabla 8 podemos observar que el promedio de tiempo invertido por semana es de 3 horas, mínimo 1 hora y máximo 6 horas.

López (2019) nos dice que para el mantenimiento de un sistema acuapónico se tiene que observar en primer lugar el estado de salud y buen aspecto de los peces, retirar ejemplares muertos o con mal aspecto de la misma forma con las plantas. Verificar que el sistema funcione adecuadamente, si no es así, proceder a una revisión y encontrar la causa para poder repararlo, así como la preparación del alimento, recoger los restos no consumidos, limpieza de desechos y superficies. Comprobar la limpieza, orden e higiene general de toda la instalación y material. (p. 159)

Según Zuniga 2020, en su proyecto de acuaponía para la seguridad alimentaria familiar, menciona que el promedio de familias dedica 5 horas al día en el cuidado del sistema siendo la media una hora. Hablando en porcentaje el concluyo que el 98.63% de los propietarios dedican la mañana para atender el sistema, un 93.15% la tarde y un 80% el medio día. (p.49)

Para el funcionamiento correcto del sistema es necesario dar tiempo para su maduración. La maduración es cuando las bacterias Nitrobacter y nitroso-monas están trabajando en el sistema, siendo el momento, de realizar la siembra. Según World Renew y Diaconía Nacional (2022), para favorecer el cultivo de las bacterias, habrá que poner a funcionar la bomba sumergible para la recirculación de agua durante 4-6 días sin peces ni plantas, para que proliferen las bacterias y microorganismos, colonizando de esta forma el SAC. Se puede acelerar la maduración de bacterias, incorporando concentrado para provocar el crecimiento bacteriano. (p.50)

Existen instrumentos específicos para realizar la medición de parámetros en un sistema acuapónico, pero, en el caso de los sistemas instalados en Ciudad Sandino no se utilizan debido al costo o a la alta inversión que se tendría que hacer.

Es por ello que el monitoreo de parámetros del agua en estos casos solo se hace por medio de observación del comportamiento de los peces al comer y durante el día, también sentir el olor del agua, si hay o no olor desagradable.

Parte del mantenimiento es la limpieza del SAC, limpiar el fondo del tanque de agua y eliminar los excesos de sólidos, así como también podar las plantas según su tipo, en nuestra experiencia la mayoría siembra hierba buena, de la cual se obtiene cosecha aproximadamente cada 2.5 meses y durante la cosecha se deben eliminar las hojas o ramas secas. Todos los días observar si los peces están o no en la superficie y oler el agua. Nunca se debe de sacar toda el agua, solo se debe rellenar el agua que se evapora o se elimina al limpiar los sólidos. La alimentación diaria es 3 veces, 8:00am, 11:00am y 3:30pm.

El manejo de los peces al trasladarlos de un lugar a otro y el problema con la luz eléctrica son razones en común que provocan la muerte, sin embargo, son causas que tienen solución. Ya que mejorando el protocolo de movilización de los peces podemos preservar la vida de los mismos. Realizando una técnica de caída de agua hacia el tanque donde están los peces se puede oxigenar el agua para los peces y bacterias en ocasiones cuando se corta la energía eléctrica por algunas horas o algunos días.

En esto se puede observar que no hay un tiempo específico para darle mantenimiento al sistema, algunos pueden hacerlo más rápido que otros, sin embargo, la finalidad siempre será la misma, mantener en condiciones óptimas al SAC, ya que de esto dependerá la vida y reproducción tanto de los peces como de los cultivos.

5.1.4. Experiencias de las familias con el uso del sistema acuapónico

Dentro de los muchos beneficios que nos compartían las familias acerca de sus experiencias con la tenencia de un SAC, se puede decir que lo más importante es que ayuda y apoyan no solo al propietario o a los padres, este sistema beneficia a todos los integrantes de la familia, desde el más pequeño hasta el más grande. Es por eso que el 100 % de los participantes de Ciudad Sandino recomienda el uso de SAC.

La facilidad de manejo y la participación de toda la familia son aspectos importantes. Además, el hecho de garantizar un autoconsumo saludable a través de una alimentación orgánica es fundamental para el bienestar de todos. La promoción del aprendizaje en todas las edades, el comercio de plantas y peces, así como el cultivo de plantas en casa, demuestran que los sistemas acuapónicos no solo generan beneficios económicos, sino que también enriquecen la vida cotidiana de las personas. A continuación, se describen las expresiones obtenidas con respecto a las experiencias de cada una de las personas encuestadas que están al frente del mantenimiento y cuidado del sistema.

“Se me ha hecho fácil, la venta de plantas le gusta a mi hijo y lo he visto interesado en sembrar más plantas” -Nohelia Mayorga.

“Comenta la propietaria que no lo ha sentido difícil, siente que ha sido una experiencia nueva y bonita porque ha aprendido algo que no sabía” -Jacqueline Gómez.

“Es una experiencia bonita el ir incluyendo a los niños de secundaria en el manejo y mantenimiento. El objetivo es que ellos se enamoren de alguna carrera agronómica y que se apasionen por cuidar animales” - Docente del colegio Fray Jesús de Pamplona.

“El sistema no tiene dificultad, es cómodo su mantenimiento, lo más que se hace es la limpieza y alimentación” – Ana Orozco Rodríguez

“El manejo y mantenimiento se hizo más fácil porque ya contaba con la experiencia ya que me hago cargo del SAC del colegio Fray Jesús” – María Orozco.

“Es bonito, me gusta” – José Rodríguez.

“Comenta el propietario que ha aprendido mucho y le gusta interactuar con los peces”
– Jacob Pérez.

“Comenta la propietaria que fue bonito mientras lo tuvieron pero que es necesario contar con luz y agua permanente” – Mireya Ríos.

“He tenido una experiencia bonita, el manejo no es difícil solo es dedicarle algo de tiempo. Ha sido bonito ver a mi hijo involucrarse en el cuidado” – Damaris Duarte.

“Comenta el propietario que ha sido de fácil mantenimiento porque los peces son manejables. Lo único malo es que se escasea la comida para peces y cuando esto sucede hemos podido darle pan tostado o bolillo y han logrado mantenerse hasta que encontramos comida” – Pedro Padilla.

“Es un sistema bonito y mejor, sin mucho mantenimiento, se me ha facilitado ya que yo tengo mucha experiencia con peces y he recibido cursos de acuicultura y como elaborar alimento casero” William Diaz.

“Comenta la propietaria que se entretiene todas las mañanas viéndolos. Es productivo porque a cualquier hora puede disponer de comer peces o plantas” – Kathy Zeledón.

“La experiencia con el sistema acuapónico ha sido muy buena porque es de mucho aprendizaje ya que los peces tienen que alimentarse correctamente y en el tiempo determinado para que ellos puedan crecer. Es buena experiencia ya que hasta la misma agua que se le cambia se aprovecha como abono para otras plantas” – Docente del colegio de Santa Rosa.

“Comenta que es delicado ya que no es cualquier comida que se le puede dar, no se le puede dar otro alimento que no sea su alimento y hay que tener cuidado con la limpieza y estarlos revisando” – Rosa Blandino.

5.2. Viabilidad en los sistemas acuapónicos caseros

Tabla 9.

Viabilidad y mortalidad en SAC

Viabilidad	Mortalidad
93%	7%

Elaboración propia

En los 15 SAC instalados mediante el proyecto de Jubilee House Community en Ciudad Sandino se sembraron 60 peces por sistema con distintos cultivos, entre ellos la hierba buena, insulina Y culantro. A la fecha en los 15 sistemas se han cosechado 1996 peces, de los cuales el 84% son del sistema de raíz flotante, el 10% de lecho de sustrato y el 6% NFT.

Conforme a los datos obtenidos en las encuestas pudimos concluir que del 100% de los peces el 7% de ellos mueren. Algunos de los propietarios de los sistemas expresaban que las pérdidas de peces no son tan frecuentes, casi siempre sucede cuando se corta la energía eléctrica por varios días. Se Observó que esa es la causa principal de la mortalidad en los peces, seguida por la causa que involucra a la minoría de las personas que cuentan con un sistema, la cual es, la falta de mantenimiento como la limpieza del tanque y poda de los cultivos.

De acuerdo con Millares *et al*/2023 En los sistemas acuapónicos generalmente son las tilapias las seleccionadas por ser resistentes, soportar altas densidades, poseer hábitos alimentarios que les permiten aceptar el alimento natural (agua verde) y artificial, su rápido crecimiento y soportar condiciones adversas, además de poder ser cultivadas en agua dulce y marina. (p.85)

Según Espinoza *et al* 2018 las herbáceas como la albahaca (*Ocimum basilicum* L.), la menta (*Mentha piperita* L.) y la hierbabuena (*Mentha spicata* L.), tienen gran demanda por sus propiedades medicinales y aromáticas. La investigación demuestra que las

plantas herbáceas pueden ser una excelente opción para cultivar en sistemas acuapónicos, tanto por su valor comercial como por su capacidad de actuar como filtro biológico para el mantenimiento de la calidad del agua. La hierba buena en particular parece ser una buena opción debido a su alta productividad y eficiencia en la absorción de nutrientes. (p.1)

En su tesis Peralta (2019) indica que el 85% de los participantes que cuentan con un SAC manifestó haber tenido muerte de peces posterior a la siembra. De 60 peces por sistema familiar el promedio de muerte fue de 12.25 peces siendo la media de 5.50 peces por sistema.

Unas de las causas es el maltrato (mal manejo) de los peces con la red o golpes en el transporte, la falta de aireación (producto de los cortes de energía eléctrica) representó un 20.5% de muerte. En unos sistemas se murieron completamente, un 15.07% por otras razones, pero en especial por tormenta eléctrica. (p. 36)

Al comparar el sistema de Peralta con los sistemas de Ciudad Sandino, podemos notar que una de las causas de mortalidad de los peces en ambos casos está relacionada con los cortes prolongados de la luz eléctrica. Esto causó un ligero incremento en la tasa de mortalidad en el sistema de Peralta en comparación con nuestro estudio.

Tabla 10.

Promedio de productividad en peces de cada tipo de SAC

TIPO SAC	No. PROMEDIO COSECHAS DE PECES	CANTIDAD PROMEDIO DE PECES COSECHADOS
Lecho de sustrato	2	49
Sistema de raíz flotante	5	187
NFT (Técnica de films de nutrientes)	4	120

Nota: de los 15 SAC solo 1 era NFT por lo tanto los datos de este sistema están en base a un solo sistema. Elaboración propia.

La tabla 10 muestra el promedio de cosechas de diferentes métodos de cultivo. Específicamente, se mencionan 4 cosechas de lecho de sustrato, 6 cosechas de raíz flotante y 3 cosechas de NFT (técnica de flujo de nutrientes). Estos números representan la cantidad promedio de cosechas obtenidas en cada método de cultivo.

En cuanto a la siembra de cultivos Peralta (2019) sembró en el sistema 40 plantas de hoja verde, en este caso espinaca, en un solo ciclo de producción y se consideró un 10% de pérdida desde la siembra a la cosecha, por lo que la producción final fue de 36 plantas de espinaca. Se sembraron 60 peces por sistema familiar por metro³ (1,000 litros) que es el espacio del tanque. (p.36)

Tabla 11.

Promedio de productividad de cultivos en cada tipo de SAC

Tipo de sistema acuapónico	No. de cosechas promedio de cultivo
Lecho de sustrato	4
Sistema raíz flotante	6
NFT (técnica de films de nutrientes)	3

Nota: de los 15 SAC solo 1 era NFT por lo tanto los datos de este sistema están en base a un solo sistema. Elaboración propia.

5.2.1. Destino de la producción de peces y cultivos obtenidos en los sistemas acuapónicos caseros.

Tabla 12.

Destino de la producción de peces en los SAC

Venta	Consumo propio
33%	67%

Elaboración propia

Tomando en cuenta las respuestas obtenidas por parte de los productores de los sistemas acuapónicos el destino de la producción en su totalidad de cultivos es mixto, es decir, para el consumo propio y para la venta. En la tabla 11 está representado el porcentaje de la producción de peces, el 33% es destinado a la venta y el 67% para el consumo propio.

La mayoría de sistemas acuapónicos caseros se hacen con la función principal de sustentar alimentariamente a la familia, es decir que todo lo que produce el sistema es para el hogar, aunque, hay familias pequeñas que no logran consumir toda la cosecha de peces y cultivos, lo que hacen es vender y así generar ganancias económicas. Los sistemas que están en escuelas o iglesias, benefician a toda la aldea o comunidad, ya que la producción de peces y cultivos son para ellos.

Según Somerville *et al* 2022, las unidades de acuaponía con tanques de peces de cerca de 1,000 litros y un espacio para cultivo de cerca 3 m² son considerados de pequeña escala, y son apropiados para la producción doméstica de una familia. Las unidades de este tamaño han sido probadas con gran éxito en muchas regiones del mundo. El principal propósito de estas unidades es la producción de alimento para la subsistencia y uso doméstico. (p.8)

Suarez (2021) concluyó que la mayoría de los productos obtenidos a partir de la acuaponía 73,6% se destinaron al autoconsumo. Además, el 32,1% se vendió y el 26,4% se intercambié. Por otro lado, el 13,3% restante declaró haber utilizado los productos para donación, conservación de especies, educación o como ornamental. Estos datos sugieren que la acuaponía no solo es una práctica sostenible y eficiente para la producción de alimentos, sino que también puede fomentar la economía local al proporcionar oportunidades de venta e intercambio. (p.61)

5.2.2. Tipos de cultivos utilizados en el SAC.

La mayoría de personas en Ciudad Sandino cultivan hierba buena, junto con otras plantas como insulina, orégano, tilo, ajeno, guanislama, ajo, tomate, menta, culantro, chiltoma, albahaca y lechuga.

El SAC fomenta la tenencia y producción de plantas medicinales y aromáticas como la insulina, el tilo y la menta, lo utilizan para preparar té y la producción de plantas como orégano, culantro y menta para acompañar sus comidas.

Según lo señalado por Pérez, 2021 a diferencia de los cultivos hidropónicos las plantas producidas en acuaponía pueden obtener certificación orgánica puesto que los nutrientes son suministrados por los desechos de los peces las plantas que más se recomiendan en este sistema son las hortalizas de hoja (lechuga) y las plantas aromáticas (albahaca, menta, orégano), debido a que son cultivos de ciclos cortos. (p.25)

Pérez, 2021 continua diciendo que la recolección de la hierba buena se realiza cerca a los dos meses después de plantación en la cama hidropónica antes que la planta entre en plena floración, se obtienen de dos a cinco cosechas al año, cada 35 o 45 días se puede realizar un corte, este se realizará cuando la planta tenga una medida de 20 o 25cm de altura, cortando las plantas y haciendo manojos la planta rebrotara con gran fuerza produciendo fuertes ramificaciones. (p. 36)

En la investigación hecha por Zuniga (2020) nos relata que los principales cultivos sembrados por las familias fueron: chile dulce, tomate, zapallo, pepino, cilantro (culantro de castilla). Posteriormente las familias fueron diversificando los cultivos dentro de las bandejas agregando: Frijol, melón, Okra, ayote, camote, maíz, albahaca, sandía, tomatillo, tomate indio, hierba buena, piña y ajo. (p.50)

Basado en los resultados de diferentes autores, se puede concluir que no existen límites estrictos en cuanto a los cultivos que se pueden utilizar y beneficiar en los sistemas acuapónicos. Muchos de los propietarios reutilizaban el agua del SAC para rosearle agua a los cultivos que tenían alrededor del sistema como: maíz, plátanos, papaya y limones. Aunque es común sembrar hierba buena (menta), también hay otras opciones disponibles. La elección de los cultivos dependerá de factores como las condiciones ambientales, los requerimientos nutricionales y las preferencias personales del productor.

VI. CONCLUSIONES

En Nicaragua la acuaponía es un método de producción que aún no se ha desarrollado como debería, con esta investigación se concluye el gran impacto socio-económico que podría tener esta actividad en las familias nicaragüenses gracias a su alta viabilidad y los múltiples beneficios que ofrece contar con un sistema acuapónico casero, siendo su principal objetivo producir de forma sostenible alimentos de alta calidad totalmente orgánicos y que aporten autonomía a las familias.

La acuaponía, al combinar la acuicultura con la hidroponía, ofrece una forma eficiente y sostenible de producción de alimentos. Además, al ser implementada a nivel casero, permite a las familias acceder a alimentos frescos y nutritivos, así como a una fuente adicional de ingresos. Los sistemas acuapónicos caseros implementados en el área rural de Ciudad Sandino han demostrado ser viables y beneficiosos para las familias y comunidades locales. El hecho de que estos sistemas puedan cumplir con la función principal de proporcionar alimentos a las familias y, al mismo tiempo, generar ingresos económicos a través de la venta de cosechas demuestra su utilidad ante las necesidades.

A través de las experiencias compartidas por los dueños de sistemas acuapónicos, se puede concluir que poseer un sistema de este tipo aporta numerosos beneficios a la familia, entre los cuales se destaca que la presencia de un sistema acuapónico en el hogar garantiza la disponibilidad de alimentos seguros y saludables para todos los miembros de la familia. El sistema acuapónico fomenta la participación de todos los integrantes del hogar, sin importar su género o edad. Es importante reconocer el papel esencial que desempeñan las mujeres en el cuidado y mantenimiento del sistema, lo cual refleja un equilibrio y colaboración familiar.

Esta investigación impulsa la promoción de la acuaponía en los hogares de las familias nicaragüenses, especialmente considerando la satisfacción que experimentan los propietarios al implementar este sistema.

El manual será de gran ayuda para que más familias nicaragüenses se animen a implementar este método de producción en sus hogares. El manual que explica de manera clara y sencilla el diseño, construcción e instalación de un sistema acuapónico casero funcional de lecho de sustrato será de gran ayuda para que más familias nicaragüenses se animen a implementar este método de producción en sus hogares.

VII. RECOMENDACIONES

Recomendaciones de mantenimiento general:

Monitoreo del agua: el color y olor del agua es crucial para un buen funcionamiento del sistema. Si hay mal olor en el tanque de peces es posible que sea por el exceso de alimento o porque no hay suficientes plantas en el sistema. Si el tanque está de color verde, se debe a la formación de algas al fondo del tanque debido al exceso de nitrógeno en el agua. En ambos casos lo recomendable es limpiar el tanque de peces, eliminar el exceso de alimento de los peces y limpiar el fondo del tanque.

Plantas: una vez por semana se debe dar mantenimiento a los cultivos o plantas, eliminar las partes secas y si hay alguna planta que esta seca sacarla de la caja.

Alimentación de peces: es necesario alimentar a los peces tres veces al día. 8:00am, 11:00am y 4:00pm. No hay una cantidad exacta, se tiene que ir depositando en el tanque según lo que los peces coman, poco a poco.

Limpieza del tanque: se limpia normalmente una vez por semana, se sacan las algas del fondo o alrededor del tanque con una manguera que por gravedad absorbe el agua eliminando la suciedad.

Costo de mantenimiento del sistema: La mayor inversión del sistema se basa en la buena alimentación que se da a los peces. En Nicaragua la libra de alimento cuesta aproximadamente C\$32.00. Para que el pez logre alcanzar una libra de peso que es lo ideal para su cosecha, consume una libra y media de alimento. Esto quiere decir que durante los cinco meses que se espera para ser cosechado el consumo por mes equivale a C\$576.00 al mes por los 60 peces.

No instalar el sistema directamente al sol, ya que esto generaría muchas algas y el sistema necesitaría limpieza con más frecuencia.

Es importante tener precaución al momento de transportar y sembrar peces y plantas para evitar daño o pérdidas. Para el traslado de los peces se recomienda hacerlo aproximadamente en una hora, si se excede el límite de tiempo de traslado de los peces se deberá usar oxígeno larvario, se transportan en bolsas de 20 litros de agua y el traslado preferiblemente hacerlo por la mañana.

Recomendaciones a la población nicaragüense

Incentivar a las entidades universitarias a promover la investigación sobre la acuaponía en Nicaragua para de esta forma expandir la información a nivel nacional, ya que una de las limitantes es la escasa información sobre este tema.

A próximos tesisistas elaborar un manual de manejo y mantenimiento en uno o varios tipos de sistemas acuapónicos caseros dirigido al pueblo nicaragüense.

A los egresados zootecnistas y agrónomos incentivar la aplicación de la acuaponía en el país con el fin de mejorar las condiciones socioeconómicas de las familias nicaragüenses contribuyendo con la seguridad alimentaria a nivel nacional.

VIII. LITERATURA CITADA

- Álvarez, C. (2022, mayo 17). *Huertos escolares y merienda escolar, aliados de la educación en Nicaragua*. El 19 digital. <https://www.el19digital.com/articulos/ver/titulo:128128-huertos-escolares-y-merienda-escolar-aliados-de-la-educacion-en-nicaragua>
- Baldomero, L. (2021). *Sistema de acuaponía plantas Tomo 1. Amazon KDP*
- Bregnballe, J. (2015). *A Guide to Recirculation Aquaculture An introduction to the new environmentally friendly and highly productive closed fish farming systems*. FAO, edition 2015, pp 13-14
- Callejas, D., Pulgarín P. (2021). *Diseño y evaluación de un sistema acuapónico como estrategia de seguridad alimentaria en zonas urbanas deprimidas en Pereira, Risaralda* "Tesis de Administración Ambiental no publicada". Universidad Tecnológica de Pereira Facultad de Ciencias Ambientales, Pereira, Colombia.
- Callupe, R., Ninahuanca, G., Nuñez, E., Rua, J. (2019, noviembre). *Acuapónica automatizada*. *INGENIUM* (Revista de la facultad de ingeniería. P. 2.
- Calo, P. (2011). *Introducción a la Acuaponía*. En *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca* (p. 1). Dirección de Acuicultura.
- Carlos. (2019, octubre 24). *Acuaponía, ¿Cuál Es El Componente Más Importante De Un Sistema Acuapónico? Acuaponía Para Todos*. <https://acuaponiaparatodos.com/el-componente-mas-importante-en-un-sistema-acuaponico/>
- Castro, E., Mayorga, G y Paredes, O. (2020). *Evaluación de la capacidad de absorción de nutrientes usando lechuga (Lactuca sativa L) en un sistema acuapónico de cultivo de tilapia (Oreochromis niloticus* "Tesis de ingeniería acuícola no publicada". UNAN-León, Nicaragua.
- Coral, D. (2015). *Diseño de un sistema acuapónico en la Unidad de Agricultura Orgánica* "Tesis de licenciatura en ciencia y producción agropecuaria no publicada". Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.
- Cortez, D. (2022). *La acuaponía como generación de alimentos*. Universidad Nacional de Cajamarca.
- Cruz, M., Flores, P., Núñez, E. (2019). *Estudio de Prefactibilidad para la Creación de la Empresa Aquaponic Greenhouse System AGS* "Tesis de Ingeniería industrial no publicada". Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua.
- Enviroment, H. (2015, Julio 1). *Guía: Acuaponía*. Hydro enviroment. https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=147

- Espinosa, A., Álvarez, A., Alpuche, P., Guzmán, R., Martínez, R. (2018, mayo 23). *Growth and development of herbaceous plants in aquaponic systems*. Acta Universitaria, doi:10.15174/au.2018.1387, ISSN online:2007-9621.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2020). *Diseño de un sistema acuapónico*. The Food and Agriculture Organization of the United Nations FAO TECA. <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/1616278/>
- Goddek, S., Joyce, A., Kotzen, B. Burnell, G. (2019). *Aquaponics Food Production Systems*. Simón Goddek.
- Gonzales, A. (2017, Julio). *Diseño, construcción y análisis de funcionamiento inicial de un sistema de acuaponía que combina un estanque ornamental con un jardín vertical exterior*. "Tesis de ingeniería agrícola no publicada". Universidad de Sevilla escuela técnica superior de ingeniería agrónoma, Sevilla, España.
- Hernández, L. (2017). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia Roja (Oreochromis Mossambicus) y Lechuga Crespa (Lactuca Sativa)* "Tesis de ingeniería no publicada". Universidad Nacional de Colombia, Bogotá DC, Colombia.
- Jiménez, A. (2013, febrero 4). *Acuaponía como estrategia del desarrollo sustentable*. Gestipolis. <https://www.gestipolis.com/acuaponia-como-estrategia-del-desarrollo-sustentable/>
- Kanchi, D. (2013, abril 12). *Implementación de un sistema acuapónico urbano bajo invernadero en la ciudad de Xalapa*, Ver "Tesis de licenciatura en biología". Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- León, C. (2013, agosto,14). *ACUAPONÍA: Estratus Agro-acuícola y sistemas de recirculación y eficiencia acuícola*. Revista Divulgación Acuícola, pp 32-33.
- Lewis, W., Yopp, J., Schramm, H. y Brandeburg, A. (1978). *Use of Hydroponics to Maintain Quality of Recirculated Water in a Fish Culture System*. Fisheries and Illinois Aquaculture Center.
- Lin, Y., Jing, S., Lee, D., Wang, T. (2002, Junio 28). *Nutrient removal from aquaculture wastewater using a constructed wetlands system*. Elsevier, vol. 209 (issues 1–4). p.169.
- López, J. (2019). *CULTIVO ACUAPÓNICO AQUAPONIC CULTURE - TOOL KIT*. Editorial Aula del mar.
- Lujan, M. (2021, agosto 6). *Sistemas de acuaponía a microescala para alimentar a las familias*. Aquahoy. <https://aquahoy.com/sistemas-acuaponia-microescala-alimentar-familias/>

- Martínez, E., Valle, K. (2021). *Comparación del rendimiento productivo de dos sistemas de cultivos de Tilapia roja (Oreochromis sp). un sistema acuapónico vs un sistema de cultivo convencional de febrero a abril 2021* “Tesis de ingeniería acuícola no publicada”. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, UNAN-LEON.
- Martínez, L., Paz, K. (2016, junio 15). *Implementación y evaluación de un cultivo acuapónico en la empresa turismo extremo volcán de colima* “Tesis de ingeniería bioquímica no publicada”. Tecnológico nacional de México. México.
- Mateus, J. (2009). *Acuaponía: Hidroponía y Acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos. Red hidroponía boletín no.44*, Lima, Perú.
- Millares, N., Pérez, L., Ceballos, B., Flores, E., Isla, M. (2017). *La acuaponía: Un método alternativo para incrementar la productividad en el cultivo acuícola-agrícola en proyectos comunitarios con enfoque de género. Aquadocs*, vol. 34, pp 84-87.
- Monzón, J. (2015, septiembre 30). *Acuaponía como estrategia de aprovechamiento de recursos. Vet comunicaciones y equipamiento para el sector veterinario. Universidad nacional del nordeste.* <https://www.vetcomunicaciones.com.ar/page/articulos/id/368/title/Acuaponia-como-estrategia-de-aprovechamiento-de-recursos>
- Morán, G., Cuzme, R. (2018). *Sistema acuapónico a escala piloto con chame (dormitator latifrons) lechuga y (lactuca sativa) para producción de alimentos, comunidad casas viejas, cantón bolívar.* “tesis de ingeniería en medio ambiente no publicada” escuela superior politécnica agropecuaria de manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador.
- Muñoz, L. y Jiménez, R. (2017, diciembre 28). *Sistema acuapónico para trabajar los ecosistemas a nivel meso en educación infantil. Revista internacional de investigación e innovación educativa*, número 93. Investigación en la Escuela, 93, 30-42.
- Ordoñez, A., Buenaventura, L., Hurtado, Y., Vallecilla, Y., Vente, G. (2014). *Trabajo de la Acuaponía* “Tesis de Tecnología en acuicultura no publicada”. Universidad del Pacífico, Buenaventura, Colombia.
- OSPESCA. (2020, mayo 07). *Acuaponía alternativa económica y fortalecimiento de la SAN. Sistema de La Integración Centroamericana (SICA).* [https://www.sica.int/noticias/acuaponia-alternativa-economica-y-fortalecimiento-de-la-san_1_122126.html#:~:text=La%20acuaponia%20es%20el%20sistema,\(SAN\)%20de%20la%20poblaci%C3%B3n](https://www.sica.int/noticias/acuaponia-alternativa-economica-y-fortalecimiento-de-la-san_1_122126.html#:~:text=La%20acuaponia%20es%20el%20sistema,(SAN)%20de%20la%20poblaci%C3%B3n).

- Ovalle, J. y Solano, E. (2019). *Diseño y construcción de dos sistemas acuapónicos ubicados en El Bado, municipio de Tlaltetela Veracruz y en Colonia agrícola Córdoba Veracruz* "Tesis de Ingeniería no publicada". Universidad Veracruzana facultad de ciencias agrícolas campus Xalapa.
- Oviedo, J., Oviedo, A., Carmona, C., Vélez, G., Reina, J. (2020, octubre 12). *Diseño de un sistema acuapónico monitoreado mediante internet de las cosas e inteligencia artificial*. *Revista Espacios*, vol. 4, ISSN: 0798-1015.
- Parker, R. (2014). *Aquaculture Science Third Edition*. Edit. Dave Garza.
- Peralta, J. (2019, diciembre). *La inclusión de sistemas acuapónicos de pequeña escala en baja California Sur: una alternativa para la agricultura de autoconsumo* "Tesis de docente en ciencias sociales con orientación en globalización no publicada". Universidad Autónoma de baja California Sur, departamento académico de economía, la Paz, B.C.S.
- Pérez, M., Téllez, R., Avelino, R., Tenorio, F. (2015, septiembre 25). *Sistema Acuapónico*. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias*, Vol.2 No.4 pp. 538-546.
- Pérez, Y. (2021). *Diseño de un sistema acuapónico en la granja acuícola de la Facultad de Ciencia Animal de la Universidad Nacional Agraria, agosto a febrero 2021* "Tesis de ingeniería no publicada". Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.
- PROAIN. (2020, octubre 14). *La calidad de Agua en Acuaponía*. *Proain Tecnología Agrícola*.
- Ramos, K. (2018). *Seguimiento a un sistema acuapónico para la producción de tilapia (Oreochromis sp), lechuga (Lactuca sativa) y albahaca (Ocimum bacilicum)*. "Tesis de Tecnología en acuicultura no publicada" Universidad del Pacífico, Buenaventura, Colombia.
- Redacción Central. (2023). *Más de un millón de nicaragüenses sufre de hambre, según la FAO*. *Nicaragua Investiga*.
- Sink, T. y Masabni, J. (2018). *Que es acuaponía*. Texas A&M Agrilife.
- Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., Lovatelli, A. (2022). *Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala. Cultivo integral de peces y plantas*. FAO documento técnico de pesca y acuicultura No. 589. FAO, Roma.
- Suárez, G. (2021). *Caracterización y optimización de la producción de alimentos a través de sistemas acuapónicos de pequeña escala* "Tesis doctoral no publicada". Universidad de Sevilla, escuela técnica superior de ingeniería Agronómica, departamento de agronomía, Sevilla, España.

Trujillo, H., Gándara, J., Díaz, B., Gaytán, I., Zamudio, J. (2016). *Revisión teórica de cultivo de lechuga (Lactuca Sativa) y tilapia (Oreochromis nilot) por método de acuaponía en México*. “Tesis de ingeniería en biotecnología no publicada”. Universidad Tecnológica de Morelia. Morelia, México.

World Renew y Diaconía Nacional (2020). *Manual Técnico de Acuaponía. Manual técnico acuaponía 4 curvas.cdr (eurosan.hn)*

Zúniga, R. (2020, octubre). *Proyecto “acuaponía para la seguridad alimentaria familiar”. Informe de sistematización, estudio de efectividad. Eurosán Occidente.*

XI. ANEXOS

a. Primera visita de campo



Sistema lecho de sustrato a cargo de doña Jacqueline Gómez y su hija Brisa.



Insulina sembrada en sistema de raíz flotante.



Tilapia roja en sistema de raíz flotante



Tilapia negra de aproximadamente 5 meses post siembra

b. Adaptaciones a los sistemas



Enramada construida con el fin de poder sembrar ayote



Sistema de raíz flotante adaptado con dos tanques para peces con una sola cama de plantas.



Adaptación de alternativa para generar oxígeno mediante el goteo constante cuando no hay energía eléctrica.



Don Pedro Padilla introdujo dos peces limpia peceras en el tanque para el control de suciedad.

c. Encuesta



**ENCUESTA DE EXPERIENCIAS EN SISTEMA
ACUAPONICO CASERO
CIUDAD SANDINO-MANAGUA**

DATOS PERSONALES

Nombre completo / Centro Educativo: _____

Dirección: _____

Edad: _____

Sexo: Femenino Masculino

ENCUESTA

1. Tenencia del Sistema Acuapónico Casero
Propietario Arrendatario Cuidador Otro: _____

2. ¿Por qué medios usted obtuvo su SAC?

3. ¿Qué tipo de SAC posee?
Lecho de sustrato NFT Raíz flotante

4. ¿Hace cuánto tiempo tiene su SAC?

5. ¿Quién se encarga de atender el SAC?

6. ¿Cuánto tiempo aproximadamente dedica al cuidado y/o mantenimiento del SAC?

7. ¿Qué tipo de plantas cosecha con su SAC?

8. ¿Qué uso o destino le da a la cosecha de plantas?

Consumo propio Venta Otro: _____

9. ¿Qué uso o destino le da a la cosecha de peces?

Consumo propio Venta Otro: _____

10. ¿Cuántas cosechas de peces ha tenido?

11. ¿Cuántas cosechas de plantas ha tenido?

12. Aproximadamente ¿Cuántos peces por ciclo mueren en su SAC?

13. De forma breve describa su experiencia en cuanto al manejo y mantenimiento del SAC.

14. Considera que este SAC le permite aprovechar recursos

Si No ~~No~~ sé

15. Su SAC le ha generado algún ingreso económico

Si No No sé

16. Describa de qué manera le ha beneficiado contar con un SAC

17. Recibió algún tipo de capacitación para el manejo de su SAC

Si No

18. ¿Recomendaría a otras personas instalar un SAC en sus hogares? ¿Por qué?

19. ¿Está usted satisfecho con su SAC?

Si No

d. Aplicación de la encuesta



Aplicación de encuesta a la dueña del único sistema NFT en la zona rural de Ciudad Sandino



Maestra de la escuela Fray Jesús de Pamplona siendo encuestada.



El señor Pedro Padilla respondiendo a las preguntas.



Jacob Pérez uno de los primeros jóvenes en interesarse por la acuaponía.



María Orozco una de las primeras propietarias de un SAC en la zona.



Encuesta a propietaria que tiene 3 sistemas en uno.



En el cuidado de este sistema participa toda la familia.



El sistema de doña Mireya Ríos no continúa funcionando por falta de energía eléctrica.

e. Construcción del sistema acuapónico casero lecho de sustrato



Preparación del espacio donde se instaló el sistema.



Acondicionamiento del tanque.



Construcción de la caja para las plantas



Forrado de la caja



Instalación de la cama para las plantas, tuberías y bomba sumergible.



Prueba de funcionamiento del sistema



Transporte de peces



Recorte de plantas para la siembra



Siembra de peces



Siembra de plantas



Sistema finalizado con éxito