



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA GESTION AMBIENTAL

TESIS DE GRADO:

Ensayo de acuaponía en escala reducida como alternativa sostenible de producción agropecuaria.

**PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE LICENCIADO EN
GESTION AMBIENTAL**

AUTOR

Amanda Ivonne Vallecilla Garcés.

ASESOR

MSc. Eduardo Rebolledo Monsalve.

ESMERALDAS, MAYO DE 2023.

Índice

RESUMEN

ABASTRAC.....	1
3.INTRODUCCION.....	11
3.1 Presentación del tema de investigación.....	11
4.Planteamiento del problema.....	12
5.Justificación.....	13
6.Objetivos.....	13
Objetivo general.....	13
6.1Objetivos específicos.....	13
7.MARCO TEÓRICO.....	14
7.1Bases Teóricas y Científicas.....	14
8.Antecedentes.....	17
9.Marco legal.....	18
10.METODOLOGIA.....	20
10.1Área de estudio.....	20
13.CONCLUSION.....	27
14.RECOMENDACIÓN.....	27

15.ANEXOS.....27

6.BIBLIOGRAFÍA..... 31

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1: Materiales para sistema acuapónico..... 15

Tabla 2: Diferencia de costos de ferreterías y súper mercados..... 17

Tabla 3: Las variables de producción del sistema acuapónico..... 18

Tabla 4: -Parámetros fisicoquímico del agua..... 18

Tabla 5: Desarrollo de la Oreochromis niloticus (tilapia roja)19

Tabla 6: Desarrollo de las plántulas..... 19

Tabla 7: Germinación de las semillas de pomarrosa20

Tribunal de graduación.

Proyecto de tesis después de haber cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas, previo a la obtención del título de Licenciada de Gestión Ambiental.

MSc. Mérida Ortiz Castro.

Presidente de tribunal de tesis-Lector 1.

MSc. Lucia Vernaza Quiñonez.

Lector 2.

MSc. Eduardo Rebolledo Monsalve.

Director de tesis

MSc Javier Burbano.

Coordinador de Área de Ingeniería, Construcción y Ambiente

Esmeraldas, de mayo del 2023

Autoría.

Yo, Amanda Ivonne Vallecilla Garces, expreso que la presente investigación encuadrada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original y auténtica de mi autoría.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCE- Sede Esmeraldas.

Amanda Ivonne Vallecilla Garces

C.I. 0802703371

Agradecimiento.

“Tú eres mi Dios, gracias te doy; tu eres mi Dios, yo te exalto; (Salmos 118;28)”, porque sin ti Dios amado nada sería posible.

Quiero agradecer por el apoyo que me brindaron este año; familia, profesores y compañeros de carrera que me dieron la fuerza para salir adelante. ¡Agradezco con todo mi corazón que sean parte de mi presente!, sobre todo a mi familia , Armando Vallecilla Palma, padre amando cuyo afecto y paciencia me hicieron escalar montañas, Jean Pierre Vallecilla Garces, hermano gracias por estar siempre, tía Nina Arce Banguera, gracias por cada consejo, así como lo hubiese hecho mi amor eterno Alicia Banguera Bedoya, gracias Nicole Miño Arce, por tus mensajes de apoyo y en especial tía Tania Vallecilla Palma, gracias por haber sido mi segunda madre y darme la oportunidad de ser parte de su casa para poder estudiar porque sin su apoyo hubiese sido difícil.

Agradezco los consejos y estímulos de Eduardo Rebolledo Monsalve, gracias, por salvarme de no morir en el intento, lo admiro mucho y es un increíble profesor y persona, sin olvidar a Jorge Velasco Vargas, profesor gracias por darme la autoestima suficiente para creerme que podía ser la mejor, a mi entrañable amigo y profesor Pedro Jiménez Prado, sus manos me sostuvieron en los momentos más críticos de mi vida estudiantil eres ¡el mejor!

Mis compañeros de universidad Joselyn Rojas Panezo y Dennis Cabezas, gracias por todos los momentos vividos y por esa amistad brindada, a Cesar Ibarra, por formarme en una gran bailarina en el ballet PUCESE y a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas, por moldearme como una vasija de barro en valores, conocimientos y empoderamiento para seguir luchando en ser mi mejor versión, ¡gracias totales ¡.

Dedicatoria.

Mi vida tiene luz gracias a ti. Mi corazón late por ti y vive por ti. No hay mayor placer que estar a tu lado. Nunca olvides que vivo gracias a tu amor y vivo para ti madre amada IBANNNE GARCES BANGUERA, eres la coautora de esta tesis porque fuiste el corazón de mi cuerpo para lograr subir este escalón, gracias por nunca dejarme sola, te amo.

Resumen.

Se analiza la acuaponía como una alternativa de producción sostenible mediante un diseño de pequeña escala adecuado para el contexto esmeraldeño.

El diseño incluyó materiales plásticos de bajo costo además de un estanque de 1t de agua donde se alojaron 11 Tilapias, el agua del estanque drenaba hacia 15 tinas plásticas de 80 L donde se utilizó como sustrato estopa de coco para disminuir el volumen de agua y permitir el crecimiento de vegetales, probándose la germinación de lechugas y pomarrosas. El costo estimado del sistema asciende a US\$ 512 en materiales más un estimado de US\$ 300 de mano de obra

Durante 30 días de esta experiencia, se analizó la calidad del agua en el sistema teniéndose valores medios de oxígeno de 6.5 mgO₂/L, pH 7.7 y temperatura de 29°C, observándose cambios sustanciales en la calidad del agua en función de distintas dietas entregadas a tilapias para el desarrollo productivo entre los peces y las plantas.

En función de la experiencia realizada se produjo un manual simplificado de cómo construir un sistema simple a la vez que se promueve métodos de producción limpia de fácil aplicación local.

1. Abstract.

Aquaponics is analyzed as an alternative for sustainable production through a small-scale design suitable for the context of Esmeralda.

The design included low-cost plastic materials in addition to a 1t water pond where 11 Tilapias were housed, the water from the pond drained into 15 80-L plastic tubs where coconut bast was used as a substrate to reduce the volume of water and allow the growth of vegetables, testing the germination of lettuce and rose apples. The estimated cost of the system is US\$512 in materials plus an estimated US\$300 labor.

During 30 days of this experience, the quality of the water in the system was analyzed, with mean oxygen values of 6.5 mgO₂/L, pH 7.7 and a temperature of 29°C, observing substantial changes in the quality of the water depending on the different diets delivered. Tilapia for productive development between fish and plants.

Based on the experience, a simplified manual was produced on how to build a simple system while promoting clean production methods that are easy to apply locally.

2. INTRODUCCION

2.1. Presentación del tema de investigación.

“Producir conservando y conservar produciendo” (1).

El considerar que el mundo se verá sumido en un apocalipsis del tipo de ciencia ficción, no es tan alejado de la realidad, ya que se considera que en las siguientes décadas la escases de recursos, la agricultura industrial, la perdida de semillas, los monocultivos, la degradación de los recursos naturales, la inequidad de tierra, y el uso de tecnología inapropiada sean los catalizadores principales para que el colapso llegue tarde o temprano(1).

La agricultura ha evolucionado desde sus inicios hace 10.000 años, en aquel entonces los terrenos eran abundantes, pero, a partir de 1800 la población global supera los 1000 millones de habitantes y a inicios del siglo XXI excede de 7000 millones de habitantes, este crecimiento desproporcionado de la población demanda del aumento de productos agrícolas a ser producidos en terrenos cada vez más escasos (2).

Ecuador tiene un total de superficie de uso de suelo de 5,29 millones de hectaria ya sean plantaciones permanentes ,trancitorias, pastos cultivados y naturales; siendo los pastos cultivados con el mayor uso de suelo seguido de los cultivos permanentes. Cada año se sunvencionan 3 billones dolares para la produccion de alimentos de baja calidad nutricional que a su vez son insumos de la denominada “comida basura”. Siendo necesario optimizar la produccion de recursos alimenticios en superficies reducidas o terrenos degradados (3)

En la provincia de Esmeraldas para el año 2021, existian 447,139 ha de terrenos con actividad agropecuaria, donde se producen en su mazzyoría cultivos de cacao(102.786 ha), palma

africana (85.281ha) que son cultivos permanentes y de maiz duro seco(1.845ha), soya (238ha), que son cultivos transitorios (4), siendo los monocultivos la actividad agricola industrial mas desarrollada y que demanda de grandes superficie de tierra y agua. Ante este escenario se plantea analizar la factibilidad de produccion acuaponica en escala reducida emplenado materiales de bajo costo y proporcionar esta tecnica ampliamente utilizada a nivel global y apoyada por FAO.

2.2. Planteamiento del problema.

La producción agropecuaria industrial es considerada como una de las actividades más destructiva para el planeta, Esmeraldas ha sido denominada “provincia verde” por sus densos bosques que cada vez se pierden con el pasar de los años principalmente por el aprovechamiento de madera y la expansión de la frontera agraria específicamente industrial.

En la provincia de Esmeraldas la agricultura tradicional ha pasado de emplear superficies moderadas con cultivos diversos a grandes monocultivos que generan considerables impactos ambientales. Siendo la limitación de terrenos disponibles para cultivos tradicionales una realidad que se incrementara en el tiempo y que se deben buscar alternativas que permitan optimizar recursos para generar producción en espacios reducidos.

La acuaponía es una técnica antigua cuyo origen es indefinido, pero, es una técnica que cambia las percepciones sobre cómo obtener tu propio alimento, llegando a ser idónea como medida de mitigación ya sean huertos urbanos o herramienta de educación ambiental (2).

Y con estas referencias se plantea la pregunta de investigación:

¿Es factible la producción de acuaponía en escala reducida para la obtención de alimentos a un bajo costo?

2.3. Justificación.

Son escasos los ensayos de acuaponía publicados en el país y estos son prácticamente inexistentes para la provincia de Esmeraldas. Por ende, la presente investigación se enfoca en el análisis sistemático de la acuaponía con instrumentos de bajo costo para observar que tan complejo resultaría introducir esta técnica al medio local, pues la misma disminuiría problemas como el uso excesivo de agroquímicos y el detrimento de terrenos; empleando un diseño experimental innovador.

Sin embargo, la experimentación de esta técnica para la producción de recursos alimenticios se explica principalmente en evaluar la factibilidad productiva de este sistema que permitirá observar sus efectos sobre la calidad del agua que a su vez es un impacto identificado en la acuicultura y en la agricultura requiriéndose de intervenciones que no perjudiquen este recurso vital.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general.

Analizar la factibilidad de producir recursos mediante acuaponía en escala reducida empleando materiales de bajo costo.

3.2. Objetivos específicos

- Construir un sistema acuapónico con materiales de bajo costo disponible localmente estimando el costo del sistema.
- Medir la supervivencia y crecimiento de las plantas y parámetros de calidad de agua del sistema.
- Generar un manual simple para la difusión de esta técnica adecuada hacia el contexto esmeraldeño.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Bases Teóricas y Científicas

El cultivo de organismos acuáticos, es decir, de peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. El cultivo supone alguna forma de intervención en el proceso de cría para aumentar la producción como, por ejemplo, el almacenamiento periódico, la alimentación, la protección frente a los depredadores, etc. El cultivo también conlleva la propiedad individual o empresarial de la población que se cultiva y la planificación, el desarrollo y la utilización de sistemas, emplazamientos, instalaciones y prácticas de la acuicultura, así como la producción y el transporte).

El cultivo de peces se fundamenta en el aprovechamiento de estanques donde se mantienen e intercambian agua y se recibe fertilizantes o derivados orgánicos que son la fuente de alimento para hacer posible la cría y explotación de especies icticas. La agricultura es una actividad llevada a cabo por el hombre que a través de cultivar la tierra produce alimentos para la población humana.

Son cultivos de poco tiempo ya sea de un año o de meses, pueden ser vegetativos o de animales específicamente peces, tubérculos, hortalizas (6). La sustentabilidad, es una herramienta de la agricultura y de los recursos naturales para su buen uso tanto recursos biofísicos, económicos y sociales según su capacidad y topografía, mediante la práctica socioeconómica sustentable obtener beneficios para la agricultura y de los recursos naturales satisfaciendo las necesidades de las futuras generaciones(12), creando un futuro en el que permita vivir y desarrollarse dignamente promocionando una verdadera calidad de vida, por lo cual, la agricultura sostenible es la clave en la producción y conservación de los alimentos naturales y su autenticidad.“ Es un conjunto de prácticas y un movimiento social, busca la optimización de los sistemas agrarios sostenibles” (6), promoviendo la sostenibilidad del sector agrario con prácticas eficientes adecuándose a los posibles problemas que se presente en el uso de la tierra, por ello, la agroecología se vuelve un punto base en la buenas practica ambientales para una agricultura limpia y sostenible en todos sus niveles. En sí, la agroecología es una práctica que sostiene la agricultura criolla fomentando métodos campesinos dignos de desarrollo sostenible

Cultivos tradicionales y mayor desarrollo en Esmeraldas.

Según el censo de agropecuario ESPAC, la superficie total de uso de suelo es 447 mil hectáreas en total, el cacao representa las 102.786 hectáreas de plantación seguido por la palma africana con 85.281 hectáreas estos siendo los más representativos en cultivos permanentes y en los transitorios son el maíz duro seco y la soya teniendo extensiones bastantes significativamente (6). La deforestación está ligada principalmente a factores entre ellos topográficos que han cambiado con el pasar el tiempo, la pérdida de bosque es uno de los daños ambientales que más daño ha provocado la pérdida de biodiversidad en los bosques, por lo cual, representan principalmente servicios eco sistémicos que para millones de personas (5) son el sustento y forma de desarrollo personal e industrial, generando la pérdida de especies tanto de flora y fauna, la migración de especies, erosión y degradación de suelos que utilizados para actividades antropogénicas.

Los agroquímicos son utilizados en la agricultura como herramientas de defensas, con el objetivo de mejorar las condiciones del cultivo y de esa misma forma incrementar un desarrollo en la producción, el uso de estas sustancias empezó desde la llamada revolución verde con fin de hacer los agro sistemas más resistentes contra plagas y acelerar sus capacidades de crecimiento, desde entonces uso desmesurado ha llegado tener una relación directa con la agricultura y sus distintas actividades.

Es una práctica de grandes extensiones de cultivos, que se origina de la necesidad de producir alimentos a gran escala y a bajo costo, pero es una actividad que está lejos de ser óptima para una agricultura sana y sostenible (8); los agro sistemas son actividades que reúne la mayor cantidad de distribución y comercialización a grandes escalas, promoviendo un sistema

alimentario controlado mayor parte por empresas, desde las semillas ya sean introducidas o transgénicas hasta su producto final, los monocultivos no son más una práctica de lo que en su momento fue la llamada “revolución verde” con el fin de producir y abastecer en grandes cantidades con industrias nada sustentables.

La acuaponía se conforma de agricultura con la acuicultura, que no depende del suelo para producir, es un sistema simbiótico que permite cultivar 2 o más tipos de cultivos totalmente distintos y gracias a su eficiencia este sistema proporciona al ambiente un bajo impacto ambiental y altamente eficiente en el uso de agua (5).d

Ventajas y desventajas de cultivos acuapónico.

Ventajas	Desventajas
Más plantas en menos espacios.	Mayor coste de instalación.
Mínima generación de residuos.	No es apto para todas las especies.
Reutilización de agua con nutrientes.	Conocimiento básico sobre la acuaponía.
No se usan herbicidas	Riesgo eléctrico.
	Cuidado riguroso.

La seguridad alimentaria da un acceso físico y económico a un espacio de tierra para suplirse de alimento seguro y nutritivo para satisfacer sus necesidades con el objetivo de tener un desarrollo sostenible(15), cambiando la forma de ver la agricultura al implementar prácticas limpias para un alimento digno y la garantía de un espacio propio.

4.2. Antecedentes

No se dispone de antecedentes publicados sobre la aplicación de prácticas de acuaponía en la provincia de Esmeraldas.

En el Ecuador, la acuaponía ha sido abordada poco a poco, en la ciudad de Quito la Secretaría de Territorio, Habitación y Vivienda, ha implementado un manual de cómo crear tu propio cultivo acuaponico, “resaltando que la realización de este sistema; es de alta inversión pero que los resultados son más enriquecedores de forma holística (12)”.

La agricultura industrial en el Ecuador aporta con el 9% de PIB (producto interno bruto) ya que fomenta la soberanía alimentaria y el trabajo a el 26.8% de la población de forma activa en los últimos años, pero que es un problema atroz para la agricultura campesina (13).

En Latinoamérica la producción de acuaponía ha servido de manera sustentable de cultivar alimentos, utilizando tecnología limpias, logrando procesos eficientes y rentables, reduciendo el consumo de agua y utilizando semillas de variedades nativas o introducidas que se adaptan de acuerdo al manejo que se le proporcione a los vegetales en siembra(9).

Australia tiene un claro concepto en cuanto a las nuevas aplicaciones ambientales entre ellas la acuaponía; ya que tiene programado inversiones donde pueda obtener ganancias de 200.000 dólares en su primer año (13).

Un estudio en la Universidad del Estado de Carolina del Norte donde se demostró la eficacia que tenía el bajo consumo de agua y como la hidroponía con la piscicultura podrían conseguir una relación perfecta asegura el potencial en especial en zonas estériles, además la Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO), apoya esta

técnica de producción sostenible teniendo claro los beneficios que brinda a las personas que se encuentren en zonas rurales (14).

5. Marco legal

De acuerdo con la Constitución del Ecuador en el Art.13 establece “al acceso seguro y alimentos sanos, suficientes y nutritivos; perfectamente producidos [...]”, en el Art. 14 se expone el “derecho a vivir en ambiente sano y la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad, la integridad del patrimonio genético del país [...]”, garantizando el buen vivir y la conservación de los recursos naturales.

En el Art. 57 se hace referencia a que la comuna y pueblos tienen derecho a “conservar y promover prácticas de manejo de la biodiversidad y de su entorno natural [...]”, además el Art.281 considera la soberanía alimentaria como un derecho que tienen todas las personas y donde la “obligación del Estado para garantizar a las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de los alimentos sanos y culturalmente apropiados [...]”. El presente artículo es la base en la que se sustenta esta investigación.

En la ley orgánica de agro biodiversidad, semillas y fomento de la agricultura de 2017, en el Art.3 que la agro diversidad comprende “únicamente los recursos filogenéticos para la alimentación y la agricultura [...]”, en el Art. 4 constituye los principios de la aplicación de la ley orgánica con fines de garantizar la producción “ sostenible , sustentabilidad, interculturalidad y la prevención [...]” y el Art. 5 los fines con los esta ley fortalece el manejo y “ la protección , conservación uso de la agro biodiversidad [...]” fomentando puntos claro para el buen uso de los recurso filogenético.

6. METODOLOGIA

6.1. Área de estudio.

Esta investigación se realizó en la ciudad de Esmeraldas, en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas campus Tachina.



Imagen 1: Área de estudio, (PUCESE)

ACTIVIDADES PRINCIPALES.

OE1. Construir un sistema acuapónico con materiales de bajo costo disponible localmente y estimación de costo del sistema.

El diseño empleado se basó en un diseño RAS (Sistema de recirculación acuícola) publicado por FAO, cual fue adaptado hacia materiales de fácil adquisición local, tinas de lavado, tuberías de PVC y conexiones, se gestionó un estanque de 1 L con un compresor para su aireación y una bomba de achique. Además, la cotización de equipos y materiales en establecimientos locales más una estimación de mano de obra permitió la estima de costes.

OE2. Medir la supervivencia y crecimiento de las plantas y parámetros de calidad de agua del sistema.

Una vez montado el sistema se procedió a la estimación de volúmenes de agua empleada, de estopa de coco, alimento entregado a peces de la marca EXIBAL, “alimento balanceado para tilapias”. El seguimiento de variables de calidad del agua se realizó con sensores Milwaukee, registrándose la temperatura °C, el pH y el oxígeno disuelto mgO₂/L en los distintos compartimentos del sistema con una frecuencia diaria. Se calculó el volumen de agua, tiempo de riego y todo en un lapso de 30 días.

Se utilizaron 11 tilapias (*Oreochromis niloticus*) ya que es lo más fácil de conseguir en la ciudad, dada la alta adaptabilidad y fácil reproducción para el cultivo de estos peces, los cuales se pesaron durante la siembra al estanque de cultivo y al final de la experiencia para conocer su incremento en masa. La alimentación de las tilapias tuvo 3 alimentaciones diarias cada una de 20 gramos (60 gr diarios).

La selección de las plantas para el cultivo fue de ciclo corto de 60 a 70 días de cosecha contando con 36 lechugas de 8 cm y 150 semillas de pomarrosas para observar su germinación y crecimiento en altura.

- ***OE3. Generar un manual simple para la difusión de esta técnica adecuada hacia el contexto esmeraldeño.***

En base a la experiencia realizada se proyectó un manual simple de fácil aplicación, que consiste en cómo hacerlo bajo las condiciones que hay en la localidad y teniendo en cuenta las cosas que no se deberían hacer para realizar un sistema acuapónico.

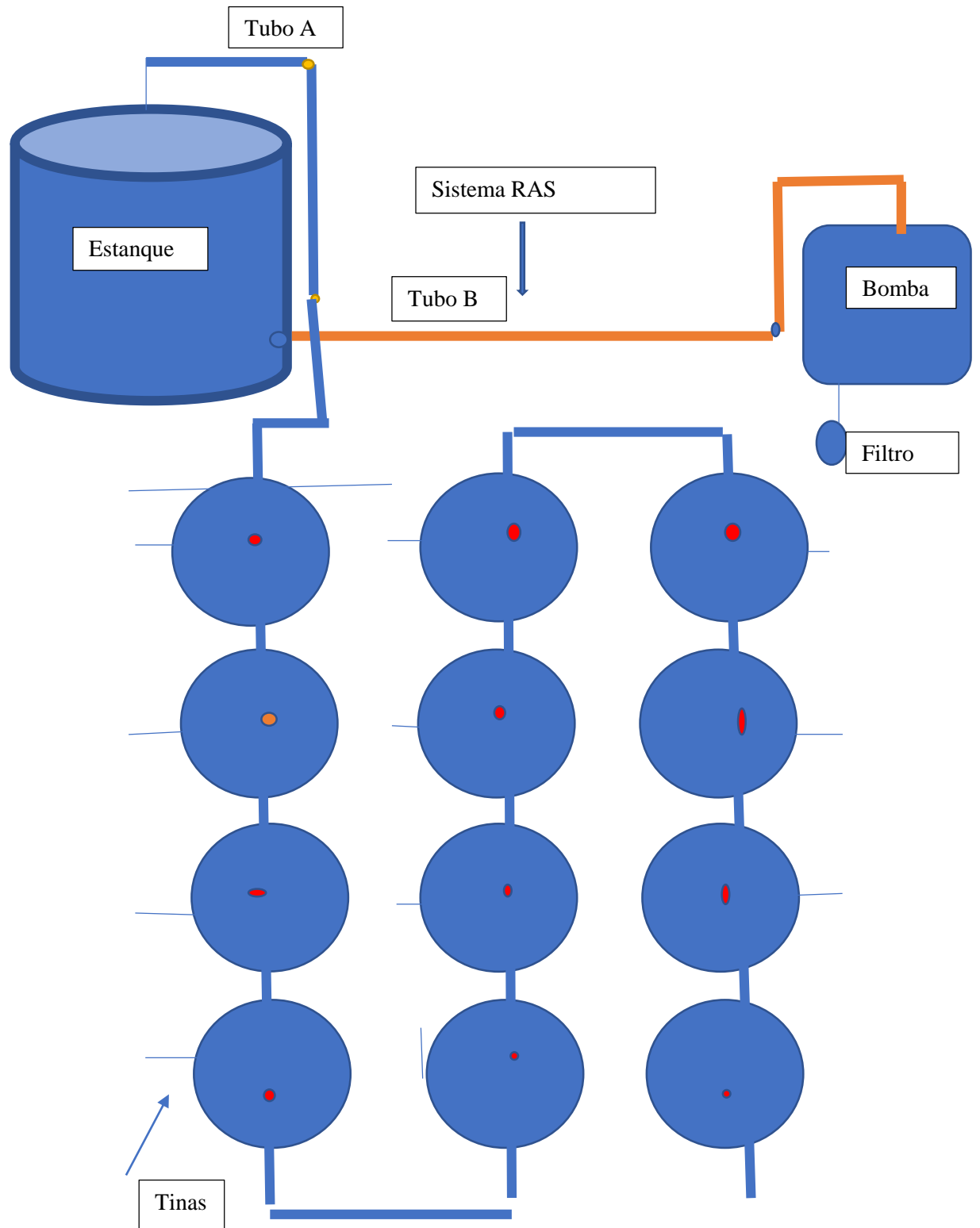
7. RESULTADOS

7.1. OE1.Construcción de un sistema acuapónico con materiales de bajo costo disponibles localmente y estimación de costo del sistema.

En la tabla 1 aparece el listado de equipos y materiales empleados en la construcción del sistema acuapónico, imágenes de su construcción aparecen en las fotografías 1 y 2 donde se observan los elementos utilizados, el tiempo que demando la construcción fue de 10 días desde las 8 am hasta las 4 pm.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MEDIDA	COSTO	COSTO MANO DE OBRA
Cisterna o tanque	1	1000 litros	200	300.00
Tina	15	64 cm día.	65.00	
Rebosadero	15PVC	6m de ½` pulg.	17.50	
Llaves de paso	15	25mm	24.00	
Codos	15	25 mm	9.00	
Unión T	10	25mm	20.00	
Semilleros	1	50 alveolos	5.00	
LECHUGAS	36	10 gr	30.00	
POMARROSAS	150	10 gr		
Tilapias	11	25x m3	20.00	
Sustrato /fibra de coco	1saco	18kg	5.00	
Taladro	1		40.00	
Teflón	10		5.00	
Sierra	1		5.00	
Bomba de achique	1		180.00	
Compresor	1		100.00	
Pegamento de tubos	5	50 ml	20.00	
				\$512

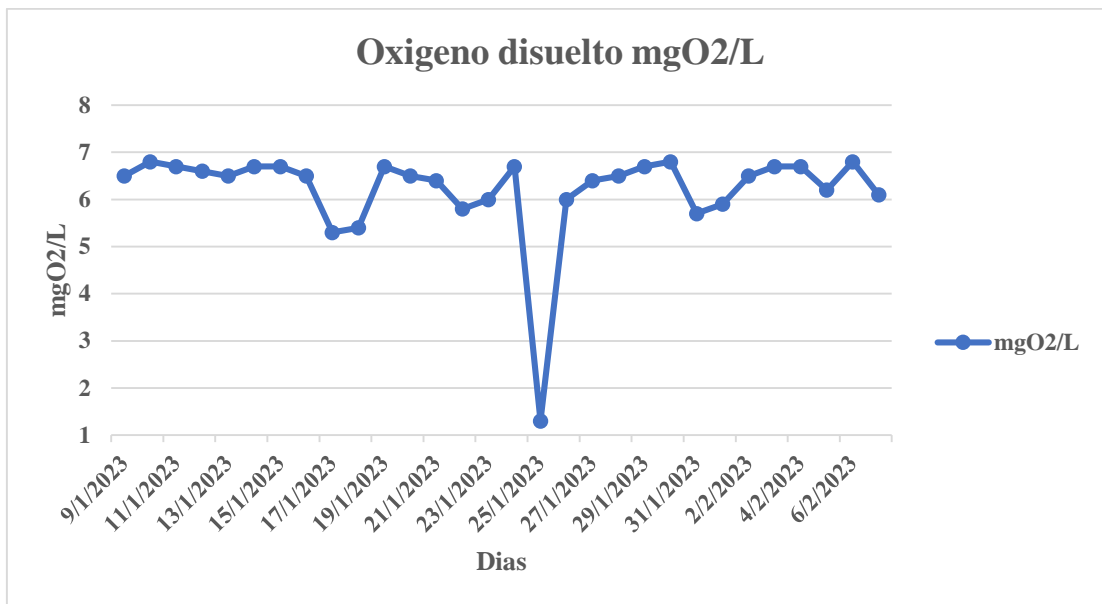
Diseño del sistema acuapónico y sus componentes relevantes.



7.2. OE2. Medir la supervivencia y crecimiento de las plantas y parámetros de calidad de agua del sistema.

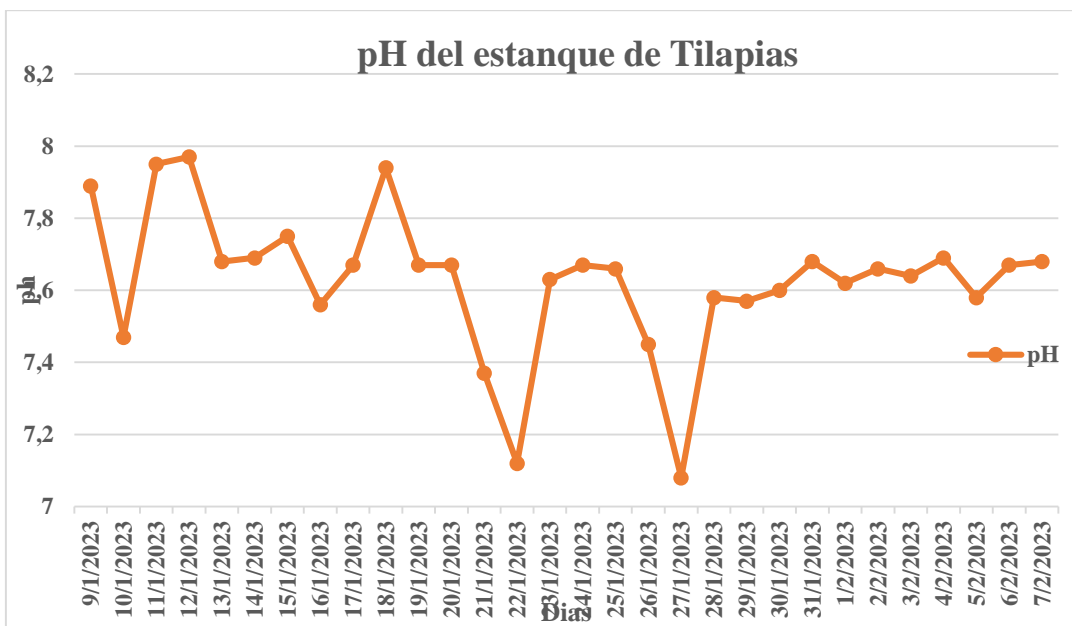
En la figura 2 a 6 aparece la descripción temporal de variables de calidad del agua en el estanque de Tilapias, (Figuras 2, 3 y 4) en el estanque de retorno de agua hacia el estanque de Tilapias (Figura 5) y en las tinas de cultivo de plantas (figura 6).

Figura2.



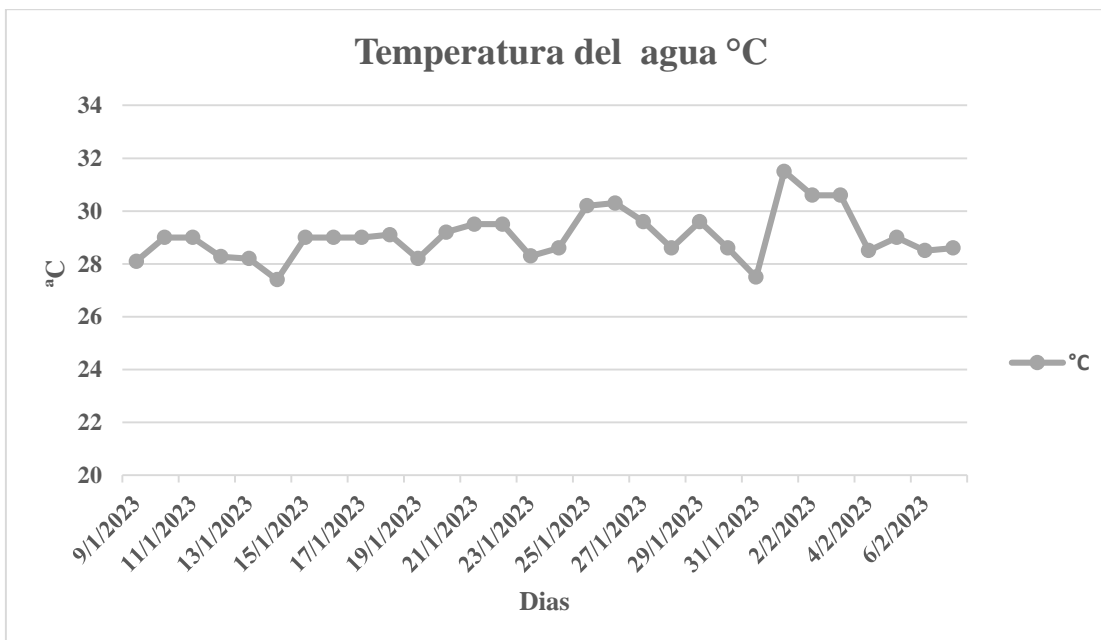
Nota: Se puede apreciar un declive de O₂ radical en el día 25/01; por cambio de dieta.

Figura3.



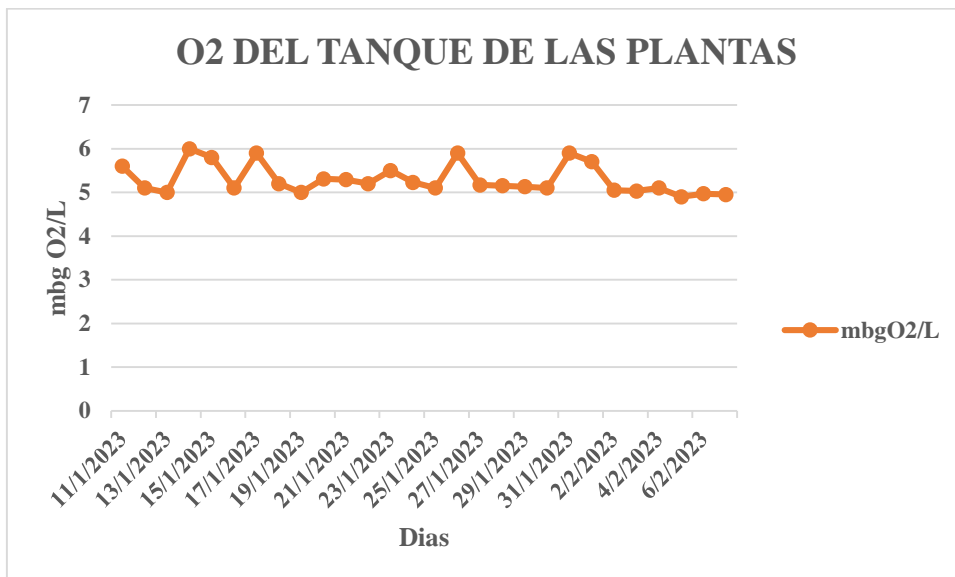
Nota: Se puede ver las fluctuaciones del pH donde indica que se mantiene neutral.

Figura4.



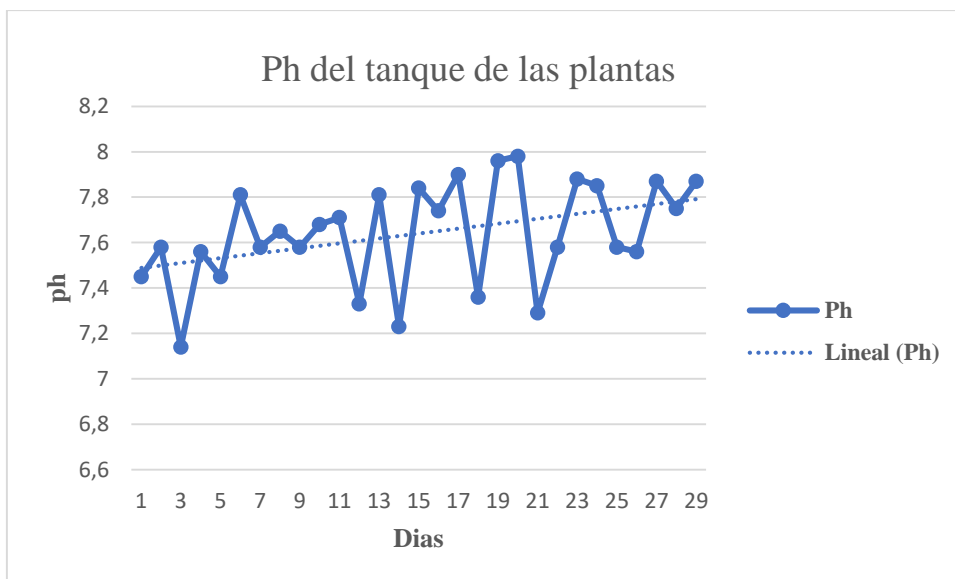
Nota: La temperatura del agua tiene una disposición casi lineal, lo que indica que su temperatura se mantiene en los rangos de establecidos para la crianza.

Figura5.



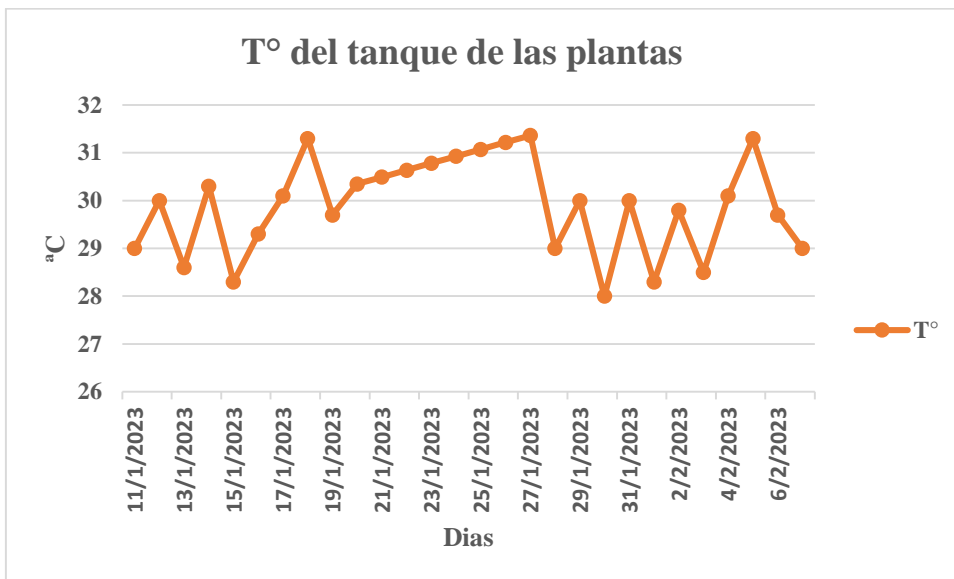
Nota: el comportamiento del oxígeno se mantiene dentro de márgenes considerable dentro del rango.

Figura6.



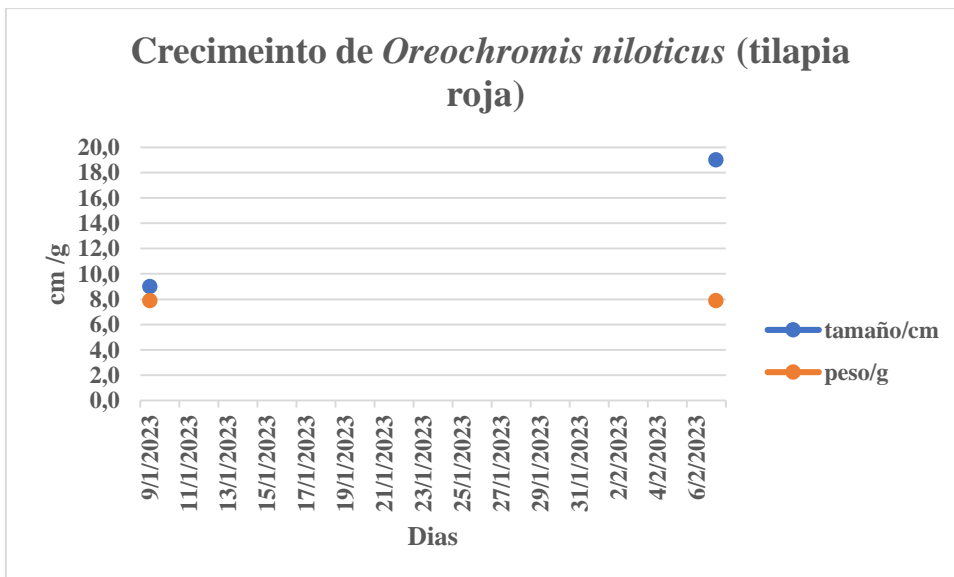
Nota: Tiene una tendencia casi lineal que demuestra las fluctuaciones del pH neutro en el rango de 30 dias.

Figura7.



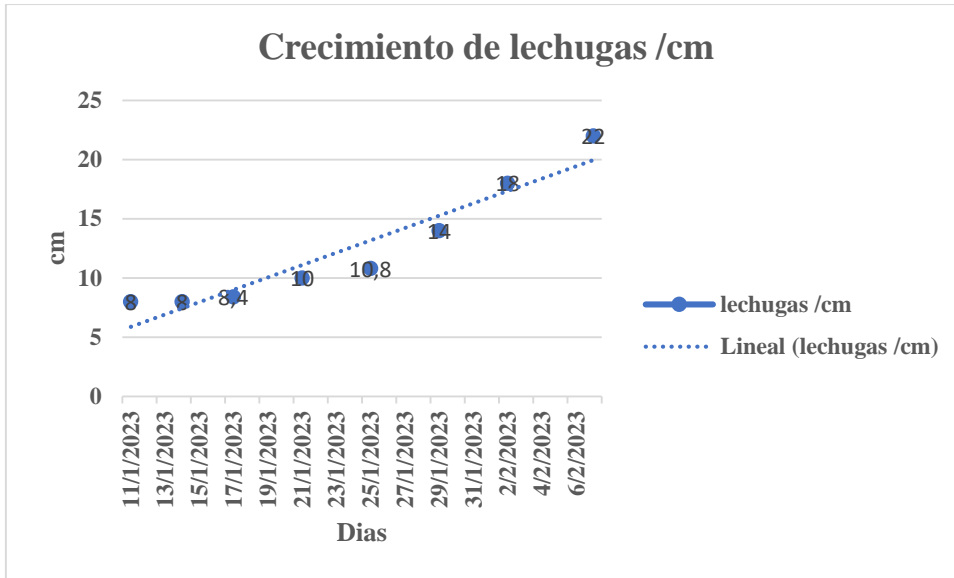
Nota: Se puede ver las diferentes fluctuaciones de altas y moderadas temperaturas en tiempo establecido.

Figura8. Desarrollo de la *Oreochromis niloticus* (tilapia roja)



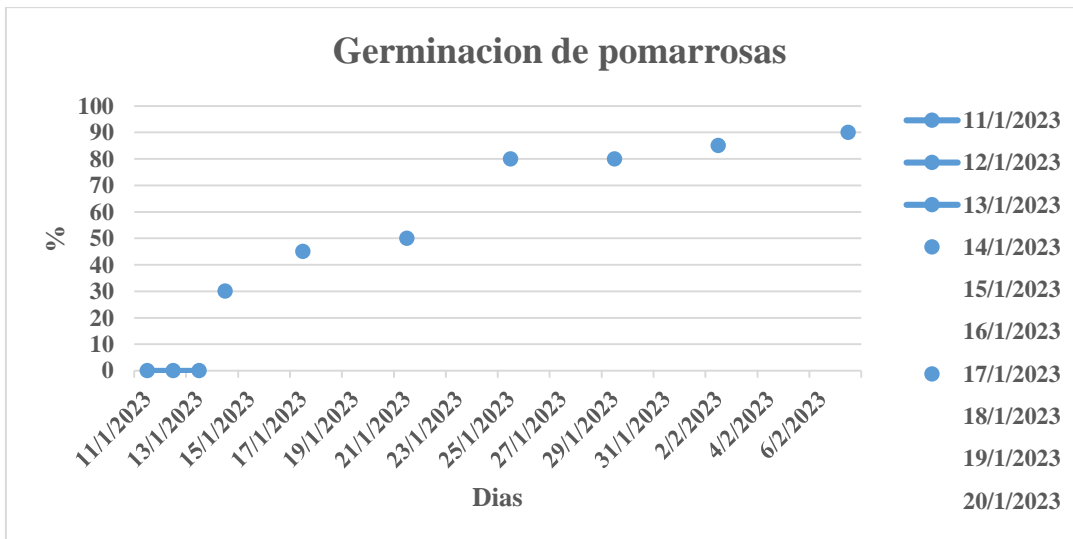
Nota: Se aprecia la relación tamaño y peso que se desarrolló dentro del rango de 30 días teniendo una fluctuación en crecimiento alta.

Figura9: Desarrollo de la plántula.



Nota: El desarrollo de las plantas de lechugas se mantuvo continuo durante los 30 días de plantado.

Tabla 1: Germinación de las semillas de pomarrosa



Nota: Las progresiones del en porcentaje llego en borde del 90%, dentro del rango de 30 dias.

7.3. OE3.Creación de un manual simple de acuaponía.

Para la realización de esta guía se utilizó fuentes bibliográficas de internet y la redacción de las vivencias en campo donde se aprendió **“como hacer y qué no hacer”** para su ejecución, se lo hizo con el programa *Canva*, en formato PDF; el cual consta de 10 pasos de “Cómo realizar acuaponía en casa” y se detalla con fotos, tabla de costos e imágenes interactivas para su fácil comprensión, se obtuvieron 13 páginas donde se expone toda la información posible la aplicación de esta técnica agrícola.

8. DISCUSIÓN.

En función de la experiencia realizada se considera factible la promoción de prácticas de acuaponía en escala reducida siendo sus mayores limitantes la inversión en equipos, pues los materiales plásticos son baratos y existen varias alternativas para reciclar materiales, pero su costo es realmente alto como lo demuestra Ana María González Bermúdez en su proyecto de tesis “Diseño, construcción y análisis de funcionamiento inicial de un sistema de acuaponía que combina un estanque ornamental con un jardín vertical exterior “, donde hace énfasis en el valor de inversión, energía y de mano de obra para obtener una producción considerable y un ahorro de agua más que en la acuicultura y la agricultura al menos en un 10%, más allá de la filtración que se realiza, es necesaria una renovación mínima del agua (5 %- 10 %), para poder mantener los parámetros físico-químicos en niveles tolerables para los peces (16). El sistema resulto complejo de montar y el diseño inicial considero un numero innecesario de conexiones que con el paso de la experiencia se evidencio que generaban más problemas que beneficios por ende este sistema probado puede simplificarse empleando mejor la altura

de los componentes y el uso de canaletas cortadas por la mitad para recibir el exceso de agua en circulación que llegase a las tinas con plantas.

Los cultivos hidropónicos y acuapónicos, son cultivos que entregan nutrientes disueltos en agua que generan ventajas que ayudan a minimizar y controlar el alimento, brindando condiciones para el crecimiento de las plantas; ese el criterio de Alberto Ávila, en su proyecto “Diseño y Construcción de un Sistema hidropónico con IoT adaptable a acuaponía” con presupuesto demás \$ 5.000 (17), de forma contraria, este sistema tiene una deficiencia en la conducción del agua desde el estanque principal hacia las tinas, no fue complicado, sin embargo el drenaje y retorno de estas si lo fue por dos motivos, primero en el diseño inicial se cometió el error de hacer conexiones en la parte inferior de las tinas, situación que con el calor (sol directo) genero la debilitación de conexiones que empezaron a perder agua y secaban las tinas. Segundo, la soldadura de conexiones de las tinas fue realizada desde afuera hacia adentro y no desde dentro hacia afuera por ende se permitió que la presión del agua despegara las conexiones y causara fugas que debían parcharse.

Una de las principales ventajas del sistema, es que se evidencio una mínima ocurrencia de plagas al tener un sustrato acuoso donde no se desarrollan las plagas comunes de los cultivos.

Este sistema podría reducirse hasta una superficie de 16m^2 , por ende, es ideal para lugares urbanos y funciona con una tonelada de agua, la perdida de agua por evaporación fue minúscula y la estopa de coco contribuye a retener agua y disminuir el volumen de agua empleado, reduciendo el consumo de agua haciendo un metabolismo circular donde se aprovechan todos los residuos (18).

La estopa de coco también presento problemas, pues la misma fue comprada en bruto requiriendo de desmenuzamiento manual para poder formar un sustrato más regular para las plantas, este proceso no es simple y debe considerarse otros productos alternativos que permitan la introducción de raíces como estopa apelmazada.

Es factible la producción de acuaponía en escala reducida para la obtención de alimentos a un bajo costo, el cultivo de alimentos de manera limpia con un enfoque al desarrollo sostenible, es rentable ya que utiliza técnicas aplicadas logrando procesos eficientes de germinación como en semillas de pimientos y lechugas, sin embargo, para el cultivo de lechugas se debe tener en cuenta la temperatura ya que sus condiciones de cultivo son de bajas temperaturas.

El costo del sistema es económico respecto de inversiones mayores que se dan en cultivos tradicionales o en sistemas acuapónico-avanzados, el sistema fue estimado en \$512.00 dólares y se valoró la mano de obra en \$300, es decir, si se lograran reciclar materiales antes de adquirirlos, se podría pensar en sistemas acuapónicos inferiores a US\$ 1000 y \$ 500, y la vida útil del sistema con buena mantención se lo estima en 2 años y dependiendo el grado de exposición al sol podría durar más. En la agricultura tradicional y la acuaponía a mayor rendimiento y productividad, sus valores de cultivos son superiores pero en agricultura tradicional el uso de agroquímicos, herramientas de mantenimiento, compra o alquiler de hectárea de tierra y el uso de agua son circundantes a cifras entre US\$3000 a US\$8.000 de inversión por hectárea (19).

Evidentemente los niveles de producción no son comparables, pero si se ocupara una superficie similar en un cultivo tradicional, el cultivo acuapónico lo superaría y muestra

ventajas como la no dependencia de químicos tóxicos. Vale el esfuerzo invertir al inicio donde se puede recuperar la inversión al año y medio con un sistema de cosecha al instante (17).

El control diario desde el día 3 empezó con el alojamiento de 36 lechugas con una altura media de 8 cm y 150 semillas de Pomarrosas; la cuales la primera semana no presentaban cambio alguno pero que a partir de la 3° semana los brotes fueron significativos en las pomarrosas de 25 brotes hasta 50 plántulas, destacando resistencia al ser sometida netamente a un estado sumergido y que a pesar de su fragilidad pudieron desarrollarse bien.

Las lechugas muestran un declive en su desarrollo, ya que su crecimiento es progresivo su desarrollo de hojas nuevas perecieron en la 3° semana por las altas temperatura y las lluvias, el desarrollo no fue el esperado el uso de la estopa también cambio el desarrollo de crecimiento llevando a estresar algunas de ellas y por eso se corrigió su manejo y se procedió a picotear o desmenuzar la estopa puesta previamente ya que no absorbía el agua de forma considerable.

El manual generado muestra las cosas que no se favorables en un sistema acuapónico y aprovechar los problemas vividos en campo que son de gran importancia explicar, la experiencia comprueba el principio básico de la investigación mediante ensayo y error, entre ellos meter los peces sin saber las condiciones del agua y su estado salud entre las recomendaciones básicas tenemos:

- Declarar el agua; ya que el agua tiene cloro que resulta toxico para los peces.
- Deshilachar bien la estopa de coco; es dura y áspera y no va a absorber el agua correctamente.

- Hacer mal los orificios a las tinas donde van las conexiones de las tuberías; se debe hacer una cuarta hacia arriba ya que si el agujero está demasiado bajo el agua apenas entre no va a dejar todos los nutrientes necesarios para las plantas.
- No tener un techado para cubrir de las altas temperaturas; esto deshidrata más rápido a las plántulas (en el caso de las lechugas).
- Remover los sedimentos acumulados en el tanque cuando se torna muy turbia el agua, esto implica el incremento de carga orgánica en el agua y empieza a descomponerse.
- Darles de comer más 50 gramos de avena, harina de maíz a los peses.
- Alimentar a horas no establecidas a los peces.
- Pegar bien las tuberías; eso genera gastos vanos por no hacer un adherido eficiente en el momento de construcción del sistema.

9. CONCLUSIONES.

La aplicación de este tipo de técnicas en casa como huertos urbanos si se puede hacer, pero puede demandar inversiones hasta demás de \$512 establecidos en este ensayo; si, no se lleva la construcción al pie de las instrucciones. También dependerá del propósito que se tenga para cultivar en este tipo de sistema, es decir, de más de 5 cultivos eso hará que se tenga que invertir un poco más, sin embargo, la inversión que se haga es positiva, ya que los benéficos netos que ofrece la acuaponía será en la cosecha de los alimentos cultivados ayudando en la mejora de la calidad de vida de la personas y el ambiente.

Se debe tener claro el termino de acuaponía para ambicionar construir este tipo sistema, todo depende los propósitos que se plantee, por eso los parámetros estudiados(O₂,pH,T°) en este ensayo fueron decisivos para entender a fondo el funcionamiento que cumple el ciclo acuapónico y el comportamiento de cada componente con el control activo (monitoreo diario) del sistema, el cuidado de la dieta de los peces como así mismo la limpieza del estanque y el sustrato son determinantes en la eficiencia del ciclo del sistema.

En base a la experiencia de construcción de este ensayo de acuaponía, se estableció 10 pasos para lograr una acuaponía casera y de bajo costo, sintetizando lo que se debe hacer y lo que no se debe hacer para realizar su propia acuaponía, con un manual de 13 páginas didácticas de fácil comprensión de cómo aplicar este tipo alternativas sostenibles para una agricultura ecológica en casa.

10. RECOMENDACIÓN.

Para cultivar en lugares menos asequibles se debe poner atención a la elección del estanque, ya que el estanque debe ser redondo y de plástico porque es más fácil de limpiar, por su manejo y durabilidad.

Las plantas deben ir acorde a las condiciones del lugar(clima) para que no perezcan durante el proceso, pero si se considera querer cultivar vegetales que no se nativos se debe tener en cuenta las condiciones adaptivas de dichos vegetales ya que jugar una mala pasada en cuanto al manejo y tratamiento no especificado para dichos cultivos introducidos. Para la producción de alimentos esta técnica de cultivar alimentos puede ser una alternativa viable para la producción de hortalizas, tilapias, camarones, cebollas y mangos y también se puede utilizar como germinador para plantaciones más grandes como viveros

Utilizar la acuaponía como herramienta de educación ambiental también es bienvenida ya que, para los campesinos de las zonas rurales y personas que quieran aprender una forma sostenible de cultivo hace el cambio en la perspectiva de lo que es la agricultura sostenible.

. **Anexos.**

Manual de acuaponía” Como realizar acuaponía en casa”.



COMO REALIZAR
ACUAPONIA EN CAS

https://www.canva.com/design/DAFd26AgcTg/wCJkhiYZGaf1hwcuORI8Hw/edit?utm_content=DAFd26AgcTg&utm_campaign=designshare&utm_medium=link2&utm_source=sharebutton



Fotografía 1: Reconocimiento de área y medición de área para implementación del ensayo de acuaponía en la Pontificia universidad católica sede Esmeraldas campus Tachina.



fotografía 2: Preparación de materiales y simulación de construcción del sistema RAS, para visualizar como se ven distribuidas en el espacio de trabajo.



fotografía 3: Construcción terminada del S.A.



Fotografía 4: Prueba con el agua circulando en el sistema.



Fotografía5: Prueba de sembrado en alveolos y prueba de funcionamiento de compresor de aire.



Fotografía7: Pruebas de preparación de semillas de lechugas.



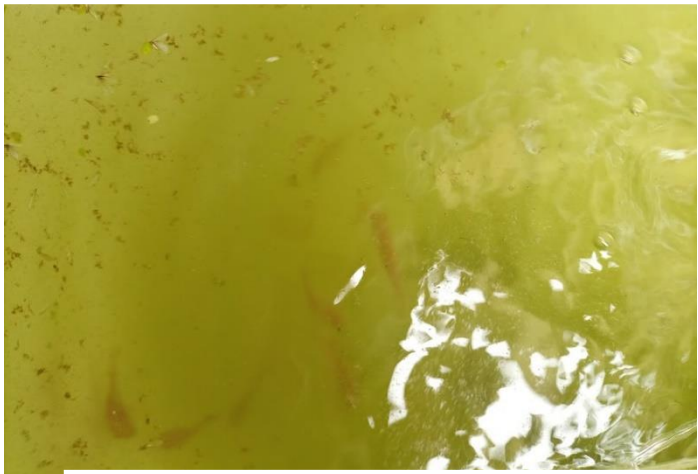
Fotografía8: Prelación de lechugas dispuesta en vasos y pomarrosas para el sembrado en las camas de cultivo.



Fotografía 9: Llenado y deshilachado de sustrato (estopa de coco).



Fotografía 10: Preparación de peces para traslado al estanque.



Fotografía 11: Peces inmersos en el agua de clorada del estanque.



Fotografía 12: Equipos de monitoreo de calidad de agua, O₂, pH y T°.



Fotografía13: monitoreo de parámetros físicos del agua y medición de altura de lechugas.





Fotografía 14: Medición final al cumplirse 30 días de ejecución del ensayo acuapónico.



Fotografía 15: Alimentos utilizados para el desarrollo de las tilapias, uso de sarán para protección de las plantas.

6.BIBLIOGRAFÍA

1. Mallor C. ¿Por qué un banco de semillas? / Cristina Mallor. 2018.
2. Pablo BALATTI Galo P. Arcas de Noé en el siglo XXI. Los bancos de semillas, entre la preservación y la apropiación de recursos naturales [Internet]. [cited 2021 Mar 6]. Available from: <https://www.academica.org/000-063/77>
3. Andrade B, Arenas F, Guijón R. Revisión crítica del marco institucional y legal chileno de ordenamiento territorial: El caso de la zona costera. Rev Geogr Norte Gd [Internet]. 2008 [cited 2021 Jan 11];(41):23–48. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34022008000300002&lng=es&nrm=iso&tlng=es
4. Parra MM, María D, Parra M. Racismo ambiental: muerte lenta y despojo de territorio ancestral afroecuatoriano en Esmeraldas. [cited 2021 Feb 15];89–109. Available from: <http://orcid.org/0000-0003-0419-3623>
5. Landero B, Obando S, Salmerón F, Valverde L, Elgin •, Elgin V, et al. Agricultura Agroecológica [Internet]. 2016 [cited 2021 Feb 18]. Available from: www.fesamericacentral.org
6. Ferrandis P. The importance of soil seed banks in ecological studies Una perspectiva poblacional y comunitaria. Rev Cuba Ciencias For Sept-diciembre [Internet]. 2019 Nov 8 [cited 2021 Feb 16];2019(3):276–82. Available from:

<http://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/486>

7. Biodiversidad productiva y asociada en el Valle Interandino Norte del Ecuador [Internet]. [cited 2021 Feb 18]. Available from: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612016000300005
8. 10th Aniversario del Depósito global de semillas de Svalbard |International Treaty on Plant Genetic Resources for Food and Agriculture|FAO [Internet]. [cited 2021 Feb 18]. Available from: <http://www.fao.org/plant-treaty/news/news-detail/es/c/1104439/>
9. De O. Módulo: Bancos de Semillas Comunitarios Escuelas de Campo y de vida para jóvenes agricultores-Guía del facilitador [Internet]. [cited 2021 Feb 18]. Available from: www.fao.org/contact-us/licence-request
10. Virginia M, Diaz Villa E, Madanes N, Cristiano PM, Goldstein G, De A. (No Title). BOSQUE. 2016;37(3):581–90.
11. Galileo G, Platero R, María A, Cortés R, Padilla D, Liseth Hernández Hernández C, et al. Bancos Comunitarios de Semillas Criollas: una opción para la conservación de la agrobiodiversidad [Internet]. [cited 2021 Jan 15]. Available from: www.catie.ac.cr
12. Tecnologías Alternativas o Ecotecnias*– Agua.org.mx [Internet]. [cited 2021 Jan 17]. Available from: <https://agua.org.mx/categoria/tecnologias-alternativas-o-ecotecnias/>
13. En M, Ambiente M, Humanas D, Socioeconómicas Y, Fin T, Máster DE.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID INSTITUTO UNIVERSITARIO

DE CIENCIAS AMBIENTALES Seguridad alimentaria y alimentos transgénicos

Kitiara Luque Polo Septiembre 2017 Tutora: María Dolores Marrodán.

14. Vista de ¿Desarrollo sostenible o sustentable? La controversia de un concepto | Posgrado y Sociedad Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado [Internet]. [cited 2021 Mar 5]. Available from:
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/posgrado/article/view/1825/2067>
15. Farfán JCC, Torres DA, Gómez MNP, Tamayo MPQ. Conditions of food security in an indigenous community of Colombia. Physis [Internet]. 2018 Feb 25 [cited 2021 Jan 17];28(4):e280405. Available from: <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-73312018280405>
16. La biodiversidad en el Ecuador.
17. Zalles JI. Conocimiento ecológico local y conservación biológica: la ciencia postnormal como campo de interculturalidad. Íconos - Rev Ciencias Soc [Internet]. 2017 Sep 4 [cited 2021 Jan 17];(59):205. Available from:
<http://dx.doi.org/10.17141/iconos.59.2017.2587>
18. San Lorenzo - Prefectura de Esmeraldas [Internet]. [cited 2021 Feb 16]. Available from: <https://prefecturadeesmeraldas.gob.ec/index.php/san-lorenzo/>

Bibliografía

1. Ospino EJB. Eficacia de las políticas públicas sociales, empresariales y ambientales de la economía naranja y economía circular en Colombia. revista juridica. 2020; 12(15).
2. agrotendencia. Cultivos de acuaponia. [Online]; 2018. Acceso 7 de diciembre de 2018. Disponible en: <https://agrotendencia.tv/agropedia/la-acuaponia/>.
3. Houtart F. La-restauracin-conservadora-copia.compressed.pdf. [Online].; 2014.. Disponible en: https://www.perurural.org/images/en_papel/archivos/La-restauracin-conservadora-copia.compressed.pdf#page=164.
4. T. T. Aquimín Duché-García HBMJRAVEB. scielo. [Online].; 2016.. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/asd/v14n2/1870-5472-asd-14-02-00263.pdf>.
5. soto j. Deforestación, ¿qué es, quién la causa y por qué debería importarnos? [Online].; 2020. Acceso 16 de febrero de 2020. Disponible en: <https://www.greenpeace.org/mexico/blog/4074/deforestacion-que-es-quien-la-causa-y-por-que-deberia-importarnos/#:~:text=As%C3%AD%20la%20preservaci%C3%B3n%20de%20los,silvicultores%20las%20comunidades%20forestales%20y>.
6. FAO. Agroecología y Agricultura Familiar. [Online].; 2021.. Disponible en: <http://www.fao.org/family-farming/themes/agroecology/es/>.
7. Camacho Ec. REVOLUCIÓN VERDE AGRICULTURA Y SUELOS, APORTES Y CONTROVERSIAS. [Online].; 2017. Acceso 6 de 3 de 2017. Disponible en: <http://www.ojs.agro.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/174/0>.
8. Acosta MB. Qué es el monocultivo. [Online]; 2019. Acceso 4 de 12 de 2019. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-monocultivo-2404.html>.

9. Carmen MIMd. El principio constitucional de precaución y la incidencia de la Ley de semillas en la protección de la semilla nativa. Análisis del cantón Quito, parroquia Pintag. tesis de grado. Quito: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, FACULTAD DE JURISPRUDENCIA, CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES.

1 INIAP. Recursos Fitogenéticos. [Online]. Disponible en:

0. <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/recursos-fitogeneticos/>.

1 INIAP. El Banco de Germoplasma del INIAP conserva el patrimonio genético para la soberanía

1. alimentaria nacional. [Online]; 2020. Acceso 21 de 12de 2020. Disponible en:

<https://www.iniap.gob.ec/pruebav3/el-banco-de-germoplasma-del-iniap-conserva-el-patrimonio-genetico-para-la-soberania-alimentaria-nacional/>.

1 Gonzalo R. FAO. [Online].; 2013.. Disponible en: <http://www.fao.org/family->

2. [farming/detail/es/c/319886/](http://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/319886/).

1 Alexandra A. DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN PARA UN BANCO DE

3. GERMOPLASMA DE SEMILLAS ANDINAS. tesis magistral. Ambato: pontificiai universidad catolica de Ecuador sede ambato, DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y POSTGRADOS.

1 María Teresita Ortiz Villota1 AdPJVDSD. Bancos de semillas: herramienta sostenible para la

4. conservación de la biodiversidad en el municipio de Ubaque, en Cundinamarca (Colombia).

colombia: Universidad Libre, Bogotá, Colombia, AVANCES: INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA.

1 azucena G. Qué es el acaparamiento de tierras y cómo nos afecta. [Online].; 2013. Acceso 20 de

5. agosto de 2013. Disponible en: <https://www.consumer.es/solidaridad/que-es-el-acaparamiento->

[de-tierras-y-como-nos-](#)

[afecta.html#:~:text=El%20acaparamiento%20de%20tierras%20encierra,vez%20viene%20de%20su%20parte.](#)

1 RAMÍREZ AGC. DIAGNÓSTICO DEL USO DE PLAGUICIDAS EN LOS CULTIVOS DEL

6. RECINTO SÁLIMA, CANTÓN ATACAMES. tesis pregrado. Esmeraldas: PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE ESMERALDAS, ESCUELA DE GESTIÓN AMBIENTAL.

1 INFORMATION) IS. SoilGrids - información global de suelos en cuadrículas. [Online]; 2020.

7. Disponible en: <https://www.isric.org/explore/soilgrids>.