



MANUAL DE PRODUCCIÓN DEL
SISTEMA ACUAPONIA
CENTRO AGROEMPRESARIAL Y ACUÍCOLA





Esta obra está bajo una Licencia [Creative Commons AtribuciónNoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

Catalogación en la publicación. SENA Sistema de Bibliotecas

Garrido Weber, Edwin Ricardo

Manual de producción del sistema acuaponía del Centro Agroempresarial y Acuícola

/Edwin Ricardo Garrido Weber, Carmen Patricia Guevara Reyes, Luis Miguel Martínez Cardenas. -- Fonseca, La Guajira : Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). Centro

Agroempresarial y Acuícola, 2022.

1 recurso en línea (49 páginas : PDF).

Contenido: Procedimiento para la producción de especies animales "Peces" -- Procedimiento para la producción de especies vegetales -- Parámetros de operación del sistema acuapónico.

ISBN: 978-958-15-0712-2.

1.Acuicultura--Fonseca (Guajira, Colombia)--Manuales 2. Cultivos hidropónicos--Fonseca (Guajira, Colombia)--Manuales I. Guevara Reyes, Carmen Patricia. II. Martínez Cardenas, Luis Miguel.

CDD: 639.8

MANUAL DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA ACUAPONÍA DEL CENTRO AGROEMPRESARIAL Y ACUÍCOLA

Esta obra está bajo una licencia creative commons atribución no comercial-compartirigual 4.0 internacional.

Autores: Edwin R. Garrido Weber, Carmen P. Guevara Reyes, Luis Miguel Martínez.
SENA-Servicio Nacional de aprendizaje - Centro Agroempresarial y Acuícola.
2022

Fonseca, La Guajira
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
Centro Agroempresarial y Acuícola, 2022.
1 recurso en línea (49 páginas: PDF)
Contenido:
ISBN: 978-958-15-0712-2.

MANUAL DE PRODUCCIÓN DEL SISTEMA ACUAPONÍA DEL CENTRO AGROEMPRESARIAL Y ACUÍCOLA.

Autores: Edwin R. Garrido Weber, Carmen P. Guevara Reyes, Luis Miguel Martínez.

Servicio Nacional de aprendizaje SENA
Centro Agroempresarial y Acuícola. 2022

Fotografía: Programa Tecnólogo en Producción De Multimedia
Aprendices:

Roiber Isaac Barros Cortes

Alex Eduardo Ureche Brito

Yuber Enrique Machado Turizo

Roberto Carlos Torres Silva

Diseño y diagramación: AMBARR DESIGN

Dirección: Km. 1 Vía Barrancas Fonseca-teléfono: 7273882
Ext: 53805.

Conmutador Nacional (57 1) 5461500 – Extensiones
<http://sena-caa.blogspot.com/2016/11/>

Atención telefónica: lunes a viernes 7:00 a.m. a 7:00 p.m.
sábados 8:00 a.m. a 1:00 p.m.

Atención al ciudadano: Bogotá (57 1) 3430111 - Línea gratuita y resto del país 018000 910270

Se autoriza la reproducción total o parcial de la obra para fines educativos siempre y cuando se cite la fuente.

Aviso legal

Esta , salvo las excepciones previstas por la Ley, no puede ser reproducida por ningún medio sin previa autorización escrita de los autores y del Centro de Formación. Los textos publicados son de propiedad intelectual del Centro de Formación, y pueden utilizarse con propósitos educativos y académicos, siempre que se cite a los autores y la publicación. Las opiniones aquí contenidas son de responsabilidad exclusiva de los autores y no reflejan necesariamente el pensamiento del editor ni del SENA.

Fonseca Guajira, Colombia
2020

Cómo citar este documento con Normas APA Séptima edición: Garrido Weber, E. R., Guevara Reyes, C. P., Martínez, L. M., (2020). Manual de producción del sistema acuapónico del Centro Agroempresarial y Acuícola. Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. ISBN: 978-958-15-0712-2.

Autores: © Edwin R. Garrido Weber, Carmen P. Guevara Reyes, Luis Miguel Martínez Cardenas. © SENA © Centro de Formación Centro Agroempresarial y Acuícola © Servicio Nacional de aprendizaje

Directivos SENA

Carlos Mario Estrada Molina
Director General

Leidy Jhoanna Sierra
Coordinador Grupo de Gestión Estratégica de la Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (SENNOVA) I

Linda de Jesús Tromp Villarreal
Director Regional
SENA Regional La Guajira

Angel Maria Maestre Peralta
Subdirector
Centro Agroempresarial y Acuicola
SENA Regional La Guajira

Jorge Luis Daza Acosta
Coordinador Académico
Centro Agroempresarial y Acuicola
SENA Regional La Guajira

Ever Rojas Díaz
Evaluador Técnico
Centro Agroempresarial y Acuicola
SENA Regional La Guajira

Jaime Alfonso Cuello Cuello
Coordinador de Formación Profesional
Centro Agroempresarial y Acuicola
SENA Regional La Guajira

Edwin Ricardo Garrido Weber
Líder SENNOVA
Centro Agroempresarial y Acuicola
SENA Regional La Guajira

Coordinacion Editorial
Edwin Ricardo Garrido Weber

Olver Medina Corzo
Evaluador Académico
Centro Agroempresarial y Acuicola
SENA Regional La Guajira

Diseño y Diagramación:
AMBARR DESING
@ambarrpublicidad

LOS AUTORES



Edwin Ricardo Garrido Weber

Ingeniero Pesquero, Magister en Gerencia de Proyectos Investigación y Desarrollo, vinculado al SENA desde el año 2011, líder SENNOVA, Ha participado en la formulación, gestión y evaluación de varios proyectos al interior del Centro de Formación.

Contacto: ergarrido@misena.edu.co
egarrido@sena.edu.co



Carmen Patricia Guevara Reyes

Ingeniera Ambiental, egresada SENA 2020 del programa de formación Gestión Integrada de la Calidad Medio Ambiente Seguridad y Salud Ocupacional, aprendiz de semillero de investigación del Centro Agroempresarial y Acuícola, ha participado en ponencias en eventos de divulgación tecnológica del SENA.

Contacto: cpguevara9@misena.edu.co



Luis Miguel Martínez Cardenas

Tecnólogo en Acuicultura del Centro Agroempresarial y Acuícola, vinculado al Sena desde el año 2020, encargado del aspecto productivo de la unidad Acucola, ha participado en ponencias en eventos de divulgación tecnológica del SENA.

Contacto: martiluismiguel4@gmail.com

PROLOGO

El presente, es un manual de producción del sistema acuaponia de la unidad productiva acuícola del centro Agroempresarial y acuícola de la Regional Guajira, realizada como instrumento, que recopila la documentación de procedimientos que conforman las actividades ejecutadas en el sistema acuaponia del centro de formación, además, sirve como guía para aprendices, instructores, productores y población en general, sobre el desarrollo de la producción acuícola bajo el enfoque acuaponico.

El Sistema de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación SENNOVA, es una estrategia generada para fomentar las actividades de Ciencia, tecnología e innovación de acuerdo a lo proyectado para el país y plasmado en los planes de desarrollo nacional, departamental y municipal, es así como el SENA en su estructura y función cumple con la necesidad de desarrollar habilidades y destrezas en los aprendices para generar apropiación de la cultura de investigación y gestión del conocimiento dentro de los procesos de Formación Profesional que complementa e impacta la institución, al sector productivo y busca a partir de resultados obtenidos apoyar el proceso de la región.

El ecosistema SENNOVA en el Centro Agroempresarial y Acuícola responde a lo que socialmente se espera de acuerdo a los procesos de generación de alternativas para la población y el manejo de los productos propios, contribuyendo al desarrollo sostenible de la región y el país, debido a la importancia y participación del Servicio Nacional de Aprendizaje en los proyectos de Ciencia, Innovación y desarrollo de tecnologías de las regiones, por lo cual estos programas se hacen necesarios para incentivar la organización y regularización de los proyectos de investigación, en los aprendices formados para el trabajo, sus gestores y participantes al interior de la institución.

Este manual se realizó como instrumento para la correcta operación del sistema acuaponía y modelo para aquellas instituciones, o sector productivo que quiera implementar modelos acuaponicos, apuntando a la estandarización de los procesos, busca de modelos innovadores alternativa de solución a problemáticas relacionadas a la inseguridad alimentaria en el departamento de La Guajira.

Aviso legal: El contenido del presente manual es producto de los proyectos de investigación aplicada SENNOVA del Centro Agroempresarial y Acuícola. Y se publica en el marco del proyecto SGPS: 6766: II Encuentro Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación en Acuicultura y Afines. Grupo de investigación INNOVA Y EMPRENDE CAA, es de uso didáctico e informativo, por lo tanto cualquier reproducción copia o uso por cualquier medio impreso o magnético debe ser solicitado a los autores.



TABLA DE CONTENIDO

	PAG.
1 INTRODUCCIÓN _____	9
2 CAPITULO 1 GENERALIDADES _____	10
2.1. Antecedentes _____	10
2.2. Acuicultura _____	11
2.3. Hidroponía _____	11
2.4. Acuaponía _____	12
2.5. Descripción del sistema acuaponía de la unidad productiva acuícola del CAA _____	13
3 CAPITULO 2 PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE ESPECIES ANIMALES “PECES” _____	19
3.1. Mantenimiento, limpieza y desinfección de los tanques de producción. _____	19
3.2. Siembra de Peces. _____	20
3.3. Nutrición y suministro de alimento. _____	21
3.4. Cosecha, sacrificio y comercialización de la producción. _____	24
4 CAPITULO 3 PROCEDIMIENTO PARA LA PRPDUCCION DE ESPECIES VEGETALES _____	26
4.1. Preparación de las camas hidropónicas y sistema NFT. _____	27
4.2. Instalación y condiciones de invernadero. _____	29
4.3. Siembra y mantenimiento de las semillas. _____	30
4.4. Trasplante de especies vegetales al sistema hidropónico. _____	31
4.5. Mantenimiento de especies vegetales. _____	33
4.6. Análisis del desarrollo vegetal y recolección de frutos. _____	34
5 CAPITULO 4 PARAMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ACUAPONICO _____	35
5.1. Controles aplicados en el sistema acuaponía _____	37
5.2. Medición de parámetros del agua. _____	37
5.3. Aplicación de sal marina _____	39
5.4. Melaza como medida de control _____	41
6 CAPITULO 5 RESULTADOS _____	42
6.1. Producción de especies animales _____	42
6.2. Producción de especies vegetales _____	43
7 Conclusiones _____	47
8 Recomendaciones _____	48
9 Referencias _____	49

Introducción

Los sistemas acuapónicos consisten en la integración de la acuicultura con la hidroponía, y resulta en sistemas altamente sostenibles ya que deriva en la reducción del consumo hídrico y producción vegetal sin suelo y uso de agroquímicos. Siendo altamente beneficiosa para la productividad y desarrollo de las regiones. La acuaponía abarca amplias ventajas desde el punto de vista ambiental, económico y social.

La implementación del sistema acuaponía en la unidad productiva acuícola, es una estrategia para la mejora de las competencias formativas de sus aprendices de tecnología en acuicultura y sirve como proyecto para la implementación de diferentes productores acuícolas del departamento.

Este manual proporciona una guía para la producción de especies animales y vegetales que puede ser aplicada en cualquier área que desee implementar proyectos relativos a la acuaponía, especificándose los pasos a seguir y un tipo de diseño a experimentar.

La producción de especies vegetales mediante la metodología de sistemas acuapónicos, se convierte en una alternativa rentable y confiable que contribuye a resolver algunos de los problemas sociales que se presentan en la Guajira, relacionados con la inseguridad alimentaria, poca disponibilidad de agua, suelos desérticos, y sequias. Siendo este proyecto una herramienta para la formulación de proyectos productivos que contribuyan a la generación de empleo, erradicación del hambre y mejora de la calidad de vida de las personas.



Antecedentes

La producción de peces en estanques es una práctica antigua, presumiblemente desarrollada por los primeros agricultores como uno de los muchos sistemas de producción primaria dirigidos a asegurar el aprovisionamiento de alimentos.

Las referencias más antiguas sobre esta práctica datan de hace aproximadamente 4 000 años, en China, y de 3 500 años, en la Mesopotamia (FAO, s.f). Ciertamente se desconoce el origen de la acuaponía, pues no existe información precisa de cuando inicio, pero si se puede decir que se practicaba desde tiempos remotos, pero con diferentes modalidades, un ejemplo de ello son los aztecas quienes alrededor de los 1400 a. c. o entre los (ad 1150–1350), utilizaban balsas flotantes o chinampas dispuestas sobre lagos para cultivo agrícola y a su vez recolectaban peces y lodo para fertilizar las chinampas.

Por su parte, En el sur de China y Tailandia también se utilizaron, desde hace miles de años, sistemas de cultivo donde combinaban la producción de arroz y peces simultáneamente a lo que se le llamo rizipiscicultura.

Por otro lado, Los antiguos egipcios también mostraron su ingenio con el aprovechamiento de las inundaciones periódicas del río Nilo, para cultivar sobre zonas anegadas plantas y peces simultáneamente, consiguiendo mejores cosechas, de mayor talla y más sanas, y Los famosos Jardines basados en técnicas acuapónicas, para garantizar la fertilización de las plantas que tapizaban sus muros. Para el caso de Colombia, En la década de los 40 se da inicio a la Acuicultura; la carencia de infraestructuras, equipos y desarrollo de tecnología hicieron que esta fuera a paso lento.

En la década de los sesenta se dieron muchos incentivos de parte de organismos internacionales y del estado a través de convenios para capacitar el talento humano y se dio creación al INDERENA (Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente), fortaleciendo la acuicultura, la cual se reflejó en la década de los ochenta abriéndose paso hacia el mercado

internacional. Poco tiempo después en el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural se creó la Dirección de Pesca y Acuicultura con funciones relativas a la formulación de instrumentos de política para el apoyo al desarrollo de la pesca y acuicultura a nivel nacional (Parrado Sanabria, 2012).



Acuicultura.

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para incrementar la disponibilidad de alimento y se presenta como una nueva alternativa para la administración de los recursos acuáticos. La piscicultura es el

campo más desarrollado dentro de la acuicultura. Los estanques pueden construirse en terrenos que no son útiles para la agricultura o la ganadería, siempre que exista suministro de agua suficiente (Merino, 2018).

La acuicultura en Colombia está conformada por la acuicultura marina, dedicada fundamentalmente al cultivo de camarón y la piscicultura, constituida con un número relativamente alto de productores localizados en la mayoría de los departamentos de la Región Andina y en algunos departamentos de las regiones Amazonía, Orinoquia y los litorales Pacífico y Caribe. Representando un sector de producción de alimento para consumo local y exportación y multiplicador de la economía y superación de la pobreza en zonas rurales (Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca, 2014).



mimundohidroponico.com

Hidroponía.

El vocablo hidroponía proviene de dos palabras griegas HYDRO que significa agua y PONOS que significa trabajo. Se concibe a la hidroponía como una serie de sistemas de producción en donde los nutrientes llegan a la planta a través del agua, son aplicados en forma artificial y el suelo no participa en la nutrición (Gilzans, 2007)

En un sistema hidropónico se puede cultivar todo tipo de plantas como por ejemplo, hortalizas, flores, pasto para forraje, plantas ornamentales, condimentos etc. Es una técnica de producción agrícola en la que se cultiva sin suelo y donde los elementos nutritivos son entregados en una solución líquida (SENA Centro Agroindustrial Regional Quindío , 2015).

Acuaponía.

La acuaponía es un método que se encuentra en vía de crecimiento, divulgación y desarrollo y son cada vez más los países que lo están implementando gracias a la optimización del recurso hídrico a través de la reutilización del agua resultando en una actividad ecológicamente viable.



La acuaponía consiste de dos partes principales: la acuicultura para criar animales acuáticos y la hidroponía para cultivar plantas. Su proceso consiste básicamente un sistema de recirculación donde los desechos producidos por los peces se transforman por acción microbiana en nutrientes para las plantas, las cuales a su vez purifican el agua de compuestos nitrogenados y demás para volver al sistema. Aunque primordialmente consiste de dos partes, los sistemas de acuaponía son comúnmente agrupados en diferentes componentes o subsistemas responsables de la remoción efectiva de desechos sólidos, de añadir químicos base para la neutralización de ácidos, o de mantener el agua aireada y con oxígeno. Los componentes típicos incluyen: tanques de crianza, remoción de sólidos, Bio-Filtro, subsistemas hidropónicos, sumidero (SENA Centro Agroindustrial Regional Quindío , 2015).

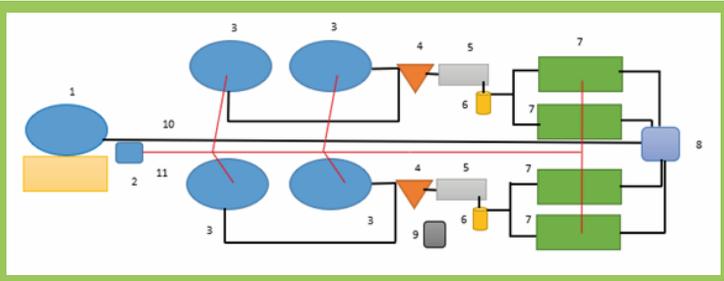


Descripción Del Sistema Acuaponía De La Unidad Productiva Acuícola Del CAA.

La unidad productiva acuícola del centro Agroempresarial y acuícola, está compuesta por diferentes sistemas, uno de ellos es el sistema acuaponía conformado por los siguientes elementos o subsistemas.

Figura 1

Imagen en planta del sistema acuaponía.



- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Reservorio. | 7. Camas hidropónicas. |
| 2. Blower. | 8. Sumidero. |
| 3. Tanques de producción. | 9. Caja de sólidos. |
| 4. Sedimentador. | 10. Tubería de recirculación de agua. |
| 5. Clarificador. | 11. Tubería de aireación. |
| 6. Filtros en grava y arena. | |

El esquema anterior, representa la vista en planta del sistema acuaponía de la Unidad Productiva Acuícola del Centro Agroempresarial y Acuícola, a continuación, se detalla cada una de las partes que lo componen.

Reservorio. El reservorio, es un tanque utilizado como almacenamiento de agua para surtir los estanques de producción y tener disponibilidad de la misma durante la operación del sistema, consta de un tanque de 15 m³ de volumen, una llave de entrada de agua de flujo constante proveniente del pozo # 3 del CAA y una tubería de recirculación que sumista agua constante al reservorio. El objeto de este reservorio es el suministro ininterrumpido de agua a los estanques de producción del sistema acuaponía.

Figura 2

Reservorio del sistema acuaponico CAA



Blower.

Es un equipo utilizado para inyectar aire en los estanques piscícolas, permitiendo el aumento de los niveles de oxígeno. El blower utilizado en el sistema acuaponía es bifásico tipo 2RB510, con 2.35 caballos de fuerza y caudal máximo Q/máx. de 255m³/h. La utilización del Blower sirve para aumentar la densidad de siembra en los cultivos y proporcionar las concentraciones de oxígeno disuelto requeridas por los peces; se recomienda por cada 1HP del Blower / 70m³ de agua.



Tanques de Producción.

Los tanques utilizados en el sistema acuaponía cuentan con diámetro de 4m, una altura de 1,20 m y capacidad de llenado de 13m³. El material en el que están elaborados es Geomembrana con una estructura metálica de soporte y una cubierta alrededor del tanque que sirve para proteger la Geomembrana de las altas temperaturas.

Figura 4

Tanques de producción del sistema acuaponico CAA



Sedimentador.

Se encuentran disponibles dos sedimentadores dentro del sistema, los cuales cuenta con un diseño cónico el cual permite que las partículas de mayor tamaño sedimenten por acción de la gravedad.

Figura 5

Sedimentador del sistema acuaponico CAA.



Clarificador.

Se cuentan con dos clarificadores, los cuales actúan como filtro biológico a fin de retener la materia orgánica aun presente en el agua, en este actúan bacterias nitrificantes las cuales convierten el amonio y nitrito en nitratos. Para garantizar la permanencia de estas bacterias y su acción en la retención de la materia orgánica y conversión de compuesto nitrogenados, se dispone dentro del mismo de un material de soporte (bioelementos) y se les proporciona aireación continua.

Figura 6

Clarificador del sistema acuaponico CAA



Filtro en Grava y Arena.

Son filtros cilíndricos conformados por una capa de grava y arena que tiene como finalidad, filtrar el agua residual y proporcionar mayor calidad a través de la remoción de la materia orgánica aun presente en el agua antes de pasar a alimentar a las camas hidropónicas.

Figura 7

Filtro en grava y arena del sistema acuaponico del CAA



Sumidero.

Es donde llega el agua proveniente de las camas hidropónicas para ser recirculadas a través de una tubería que se apoya con una bomba sumergible, la cual envía el agua ya tratada hasta el reservorio.

Figura 9

Sumidero del sistema acuaponico del CAA



Caja de Sólidos.

Es una construcción en concreto donde llegan las aguas de salida del reservorio, estanques de producción, sedimentadores y clarificador, estas aguas son producto de los mantenimientos y limpieza que se realiza a cada uno de estos elementos y se utilizan para regadío de los cultivos adyacentes a la unidad productiva acuícola.

Figura 10

Caja de solidos del sistema acuaponico del CAA



Tubería de Recirculación de Agua.

Consta de un diámetro de 1 pulgada, y es por donde recircula el agua del sumidero hasta el reservorio.

Figura 11

Tubería de recirculación de agua del sistema acuaponico del CAA



Tubería de Aireación.

Conformada por 14 mt de tubería de 2 pulgadas de diámetro y una pulgada en conducción a los tanques de producción, y se encarga de transportar el aire succionado por el Blower a los estanques de producción, clarificadores y camas hidropónicas. El sistema de aireación empleado en los tanques de producción consiste en cuatro parrillas por tanque elaboradas en manguera facilitar los mantenimientos a las mismas.

Figura 12

Tubería de aireación del sistema acuaponico del CAA



PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCION DE ESPECIES ANIMALES “PECES”

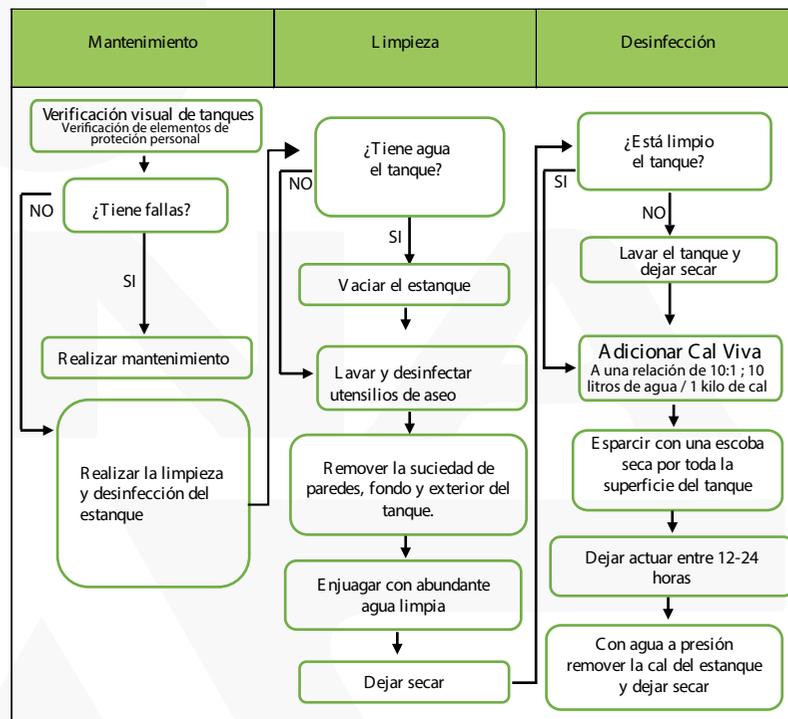
La producción de las especies animales (peces), del sistema acuaponía se deriva en diferentes actividades que son descritas a continuación.

Mantenimiento, Limpieza Y Desinfección De Los Tanques De Producción.

Antes de dar inicio a la producción de especies animales dentro del sistema acuaponía, es necesario verificar el estado de los tanques de producción y realizar una correcta limpieza y desinfección de los mismo a fin de evitar contaminación por patógenos o afectación a la inocuidad del producto. Para ello, se siguen los siguientes pasos:

Tabla 1.

Procedimiento para el mantenimiento, limpieza y desinfección de los estanques circulares.



Nota: esquematización de los pasos a seguir antes de la siembra de los ejemplares

Siembra de Peces.

Para la siembra de peces se debe adquirir ejemplares de alta calidad según la especie que se requiera producir, el transporte de los peces se lleva a cabo en bolsas plásticas con agua e inyección de oxígeno guardado en cajas, una vez disponible la semilla se realiza la preparación para la siembra.

En la Unidad Productiva Acuícola la siembra de los ejemplares se realiza con diferencia de mes a mes, esto con el fin de obtener producción continua durante el año. A continuación, se especifican los pasos a seguir para la siembra de los ejemplares en el sistema de producción acuaponía de la Unidad Productiva Acuícola del Centro Agroempresarial y Acuícola.

Una vez lavado y desinfectado el tanque como se especifica en el punto anterior, se realiza el llenado del tanque en un 50% dependiendo de la etapa en que llega la semilla a sembrar (larva o alevino).

Adicionar cloro al agua (100gr de cloro granulado en 5 litros de agua, diluir y dejar aplicar en todo el estanque) y dejar actuar durante 48 horas para que este actúe como agente desinfectante del agua en la eliminación de microorganismos patógenos que puedan estar presentes en esta, así mismo, se deja actuar durante 48 horas antes de introducir los ejemplares para que el cloro presente en el agua se evapore y no cause afectación a los peces.



Transcurridas las 48 horas después de la adición del cloro se añade Melaza (A una relación de 10:1; 10 litros de agua / 1 kilo de melaza, luego diluir en todo el tanque), como agente para la preparación del tanque en el aporte de carbono y azúcares el cual contribuye a la maduración de microorganismos no patógenos beneficiosos para el cultivo y el control y reducción temporal de bacterias patógenas del género Vibrio.

Adquisición y disponibilidad de la semilla a sembrar.

Medición de parámetros como Temperatura, Potencial de Hidrógeno PH, Oxígeno Disuelto y Salinidad del agua en el tanque a sembrar y la bolsa donde vienen contenida la semilla, para garantizar que las condiciones del agua del tanque sean las mismas o parecidas a la que están los ejemplares. En caso que difieran se ajustaran las condiciones del tanque a sembrar hasta que estén próximas a las de los ejemplares.

Una vez establecidas las condiciones del agua del estanque se procede a realizar la aclimatación de los ejemplares esta tarea, consiste en introducir la bolsa donde están los ejemplares en el tanque de producción y dejarlos en un lapso de 15 a 20 minutos aproximadamente. Durante este tiempo, se realiza una preparación de agua con sal marina (a una relación de 10 litros de agua /100 gr de sal marina) como control, para contrarrestar el ataque de algunos parásitos y minimizar el estrés.

Transcurridos los 15 minutos se suelta la bolsa y se pasan los ejemplares por la preparación de agua con sal ya sea con un colador o con una sacadera de peces y se siembran en el estanque de producción.



Nutrición Y Suministro De Alimento.

La nutrición de los peces es una etapa muy importante para garantizar el crecimiento óptimo de los mismos en el tiempo requerido. Para ello en el sistema acuaponía se suministra diferentes tipos de alimento según la etapa del pez.

Los alimentos utilizados pertenecen a un distribuidor con certificación ICA.

Las etapas del pez van relacionadas con el tipo de alimentación a suministrar a continuación se especifica las diferentes etapas del pez y el tipo de alimento suministrado.

Tabla 2.

Etapas y tipo de alimentación.

E etapa	Peso en gramos	Tipo de alimento	Registro ICA
Iniciación	Hasta 15	Mojarra 45%	ICA 11994 AL
Levante	15 – 80	Mojarra 38%	ICA 7979 AL
Levante	80 – 250	Mojarra 32%	ICA 5703 AL
Engorde	250 a cosecha	Mojarra 24%	ICA 11686 AL

Nota: la tabla se elaboró con información de la marca Solla.

La siguiente tabla relaciona las características del tipo de alimento y su presentación.

Tabla 3.

Característica de los tipos de alimento.

Marca	Tipo de alimento	Características	Presentación
Agrinal	Tilapia Reversión	Hormona 17 alpha Metil Testosterona" en perfecta mezcla homogénea. Nivel de proteína > 48% Nivel de grasa > 8%	Saco de fibra por 20 kg
Solla	Mojarra 45%	Nivel de proteína > 45% Nivel de grasa < 5%	Harina y Pallets de 1.5 mm en saco de fibra por 40 kg
Solla	Mojarra 38%	Nivel de proteína > 38% Nivel de grasa < 4%	Pallets de 2.2 mm en saco de fibra por 40 kg
Solla	Mojarra 32%	Nivel de proteína > 32% Nivel de grasa 2.5%	Pallets de 3.5 7 4.5 mm en saco de fibra por 40 kg
Solla	Mojarra 24%	Nivel de proteína > 24% Nivel de grasa 2.5%	Pallets de 6.5 mm en saco de fibra por 40 kg

Nota: elaboración propia con información de la marca Solla.

El suministro de la alimentación se realiza en seis (6) raciones por día, las raciones suministradas van a depender del peso de los ejemplares. Para esto, quincenalmente se realizan muestreos de talla y peso, donde se toma una muestra representativa de 100 ejemplares por estanque, se miden y pesan, posteriormente se saca la tasa de alimentación y cantidad de alimento a suministrar por día, estos muestreos se realizan en las primeras horas del día a fin de evitar que las altas temperatura causen estrés en los animales. Dicha información es plasmada en el programa de alimentación el cual esta visible a todo el personal. La siguiente tabla evidencia el procedimiento para la realización de los muestreos de talla y peso en el sistema acuaponía.

Tabla 4

Procedimiento para muestreos de talla y peso.

Flujograma	Descripción
Preparación documental y logística	1. Preparar los formatos asociados a los muestreos de talla y peso, preparar mesa, gramera, tablas de tallaje, mallas de pesca y recipientes para disponer a la muestra de peces. Elementos de protección personal (lentes, botas, guantes overoles)
Bajar el nivel del agua del tanque	2. Bajar el nivel del agua del tanque a ser muestreado
Sacar una muestra de 100 peces	3. Con una malla de pesca sacar una muestra de 100 ejemplares del tanque a muestrear.
Pesar y tallar uno a uno la muestra	4. Con la balanza pesar los gramos y con la tabla de tallaje, tallar la longitud de cada pez.
Disponer los peces pesados y tallados nuevamente en el tanque de producción	5. Disponer los peces pesados y tallados nuevamente en el tanque de producción.
Digitar los datos del muestreo en las hojas de calculo	6. Digitar los datos del muestreo en las hojas de cálculo para obtener datos de talla y peso promedio, y así calcular el alimento a suministrar.
Ajustar la tabla de alimentación	7. Ajustar la tabla de alimentación.
Actualizar el programa de alimentación semanal	8. Actualizar el programa de alimentación semanal contenido en los tableros.

El programa de alimentación semanal, contiene información relevante respecto a los tanques de producción, la información contenida corresponde a datos como número del tanque, quincena de producción, especie cultivada, número de peces, peso promedio, tasa de alimentación, horarios de alimentación y cantidad de alimento a suministrar por ración. Así mismo se lleva el registro semanal del alimento consumido por tanque. La siguiente ilustración muestra el programa de alimentación semanal del sistema acuaponía.

Figura 13

Programa de alimentación semanal del sistema acuaponía.

SISTEMA ACUAPONIA	PARAMETROS DE PRODUCCION							
TANQUES	1	O2	2	O2	3	O2	4	O2
DIAS DE PRODUCCION								
ESPECIE		°T		°T		°T		°T
# PECES								
P. PROMEDIO		pH		pH		pH		pH
F.C.A								
T. ALIMENTACION								
OBSERVACIONES	Hora	Racion(Gr)	Hora	Racion(Gr)	Hora	Racion(Gr)	Hora	Racion(Gr)
	am:		am:		am:		am:	
	am:		am:		am:		am:	
	pm:		pm:		pm:		pm:	
	pm:		pm:		pm:		pm:	

Nota: Programa de alimentación. unidad productiva acuícola (2019).

Cosecha, Sacrificio Y Comercialización De La Producción.

Consiste en retirar la producción del estanque una vez cumplido los 6 meses desde la siembra, para ello se emplea una red de pesca elaborada en Nylon y plomo con la cual se retiran los peces a ser cosechados. Antes de la cosecha se realiza ayuno por 24 horas al estanque a ser cosechado, esto a fin de evitar la acumulación de alimento en su sistema digestivo.

Una vez cosechados los peces, se realiza el sacrificio a través de choque térmico, el cual consiste en cambiar de manera abrupta la temperatura basal de los peces y así lograr la muerte de los mismos sin causar mayor afectación.

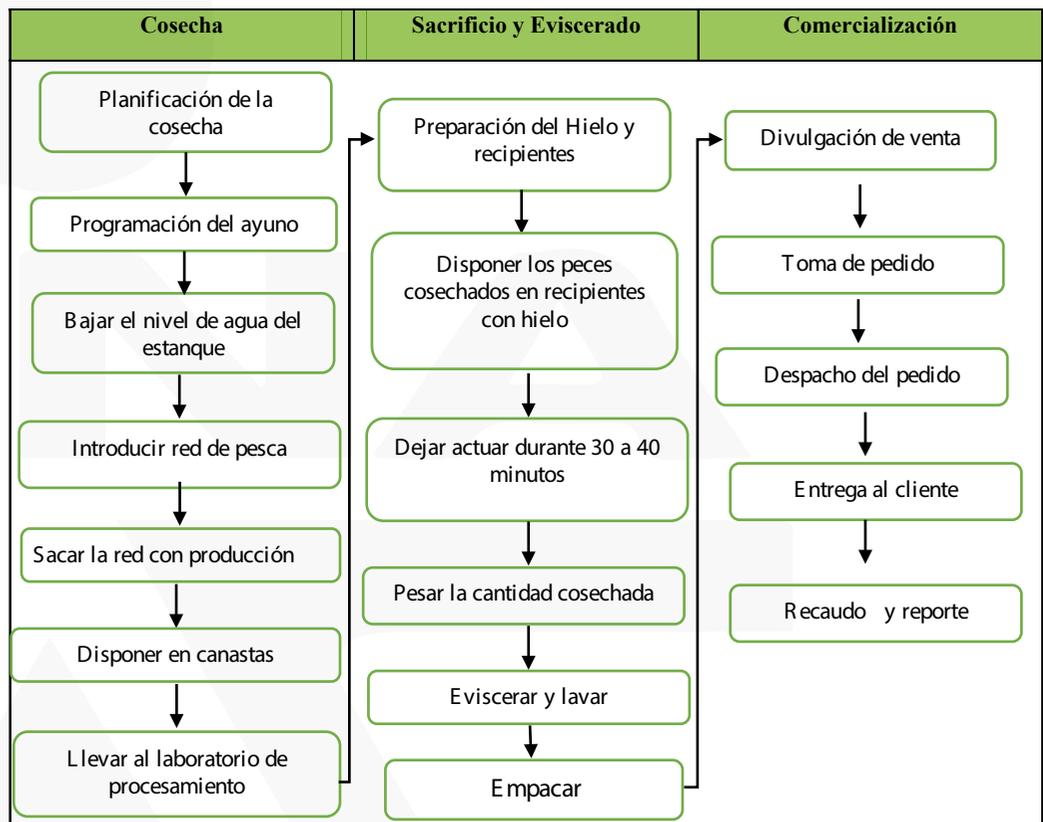
La comercialización de la producción se realiza por encargos propios del Sena, instructores, aprendices y demás interesados. La venta se realiza por kilogramos en peso total y se entrega eviscerado. La siguiente tabla, representa el procedimiento a seguir en las etapas de cosecha, sacrificio y comercialización de la producción en el sistema acuaponía.

Figura 14
Peces cosechados



Nota. Peces cosechados con red de nylon y dispuestos en canasta para procesar.

Tabla 5
Flujograma para cosecha, sacrificio y comercialización de la producción.



PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES VEGETALES

La producción de las especies vegetales (ají pimentón, tomate, pepino, cilantro entre otras), del sistema acuaponía se deriva en diferentes actividades que son descritas a continuación.

Instalación Y Condiciones De Invernadero.

Antes de realizar las plantaciones del subsistema hidropónico es necesario que se instale un invernadero a fin de mantener un control eficiente de la temperatura y por ende se regulen los procesos fisicoquímicos de las plantas y a su vez se protejan de las radiaciones directas del sol. La función del invernadero es crear un microclima que controle condiciones ambientales de calefacción, ventilación, suministro de fertilización carbónica, para mantener los niveles adecuados de radiación, temperatura, humedad relativa y nivel de CO₂. Además, deben aprovechar la radiación de la mañana y de la tarde, para lograr un balance térmico favorable y activar la fotosíntesis al transmitir parte del espectro visible (Vázquez, G.V., 2014).

Para la instalación del invernadero es necesario diseñar y construir la estructura, seleccionar el material para revestimiento que debe ser para los casos de climas cálidos en malla antitrips o en su defecto poli sombra en colores preferiblemente claros como verde o azul que permitan una disminución de la temperatura controlando el calor en las zonas de mayor incidencia de los rayos de sol como es el caso de La Guajira, además, de la entrada de radiación solar para que se lleven a cabo los procesos fotosintéticos en las plantas; el tipo de invernadero seleccionado en la unidad productiva acuícola del CAA es de malla sombra verde o también llamado casas sombra las cuales son estructuras metálicas o de madera cubiertas con malla sombra recomendadas para lugares de clima cálido contribuyendo a disminuir entre un 10 a 95% la radiación solar dependiendo de la densidad de sus fibras (Intagri, 2017).

Sistema De Riego Por Nebulización.

Es un sistema de riego en el cual se expulsa agua en forma de neblina, a través de emisores colocados en la parte superior de los cultivos, suele trabajar con presiones relativamente elevadas (en torno a 2-4Atm) contribuyendo a disminuir la temperatura y elevar el nivel de humedad relativa en el interior de los invernaderos (Iagua, 2016). Es el sistema de riego empleado en el invernadero del subsistema hidropónico, esta ajustado al techo del invernadero y consta de una estructura en tubería o manguera de 1/2 pulgadas permitiendo la fijación de los nebulizadores, del cual se desprenden 12 nebulizadores ubicados a un radio de 2 mt uno del otro para garantizar uniformidad en el riego y control de temperatura dentro de todo el subsistema hidropónico, este sistema está conectado a una turbina a presión; este sistema se activa de manera manual en los horarios de mayor radiación solar que son de 10:00 am a 3:00 pm disminuyendo así la temperatura dentro del invernadero en esos horarios.

Preparación De Las Camas Hidropónicas Y Sistema NFT.

Esta actividad consiste en realizar las preparaciones pertinentes para que las camas hidropónicas, camas en grava y el sistema NFT, se encuentre en óptimas condiciones de funcionamiento para el sistema. La preparación consiste en realizar los mantenimientos respectivos, limpieza y desinfección del sistema hidropónico, el cual está compuesto por cuatro camas hidropónicas, dos camas en grava, un sistema NFT, apoyados por los sedimentadores, clarificadores, filtros y sumidero para la recirculación del agua. A continuación, se detallan los pasos para mantenimientos, limpieza y desinfección del subsistema hidropónico.

Figura 15

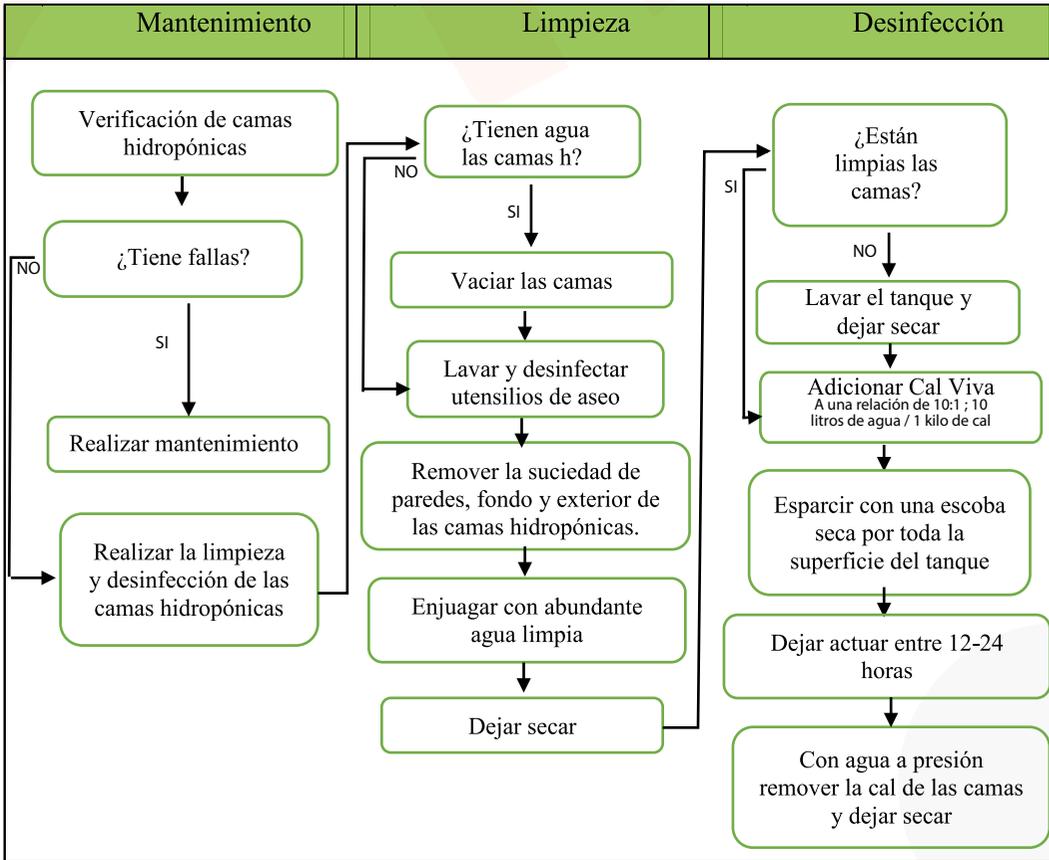
Camas hidropónicas



Nota. Fotografía tomada de la unidad acuícola 2020.

Tabla 6

Flujograma para el mantenimiento, limpieza y desinfección de camas hidropónicas.



Así mismo, se establece el flujograma para la limpieza y mantenimiento de los demás sistemas de producción hidropónica tales como la unidad NFT y las camas en grava.

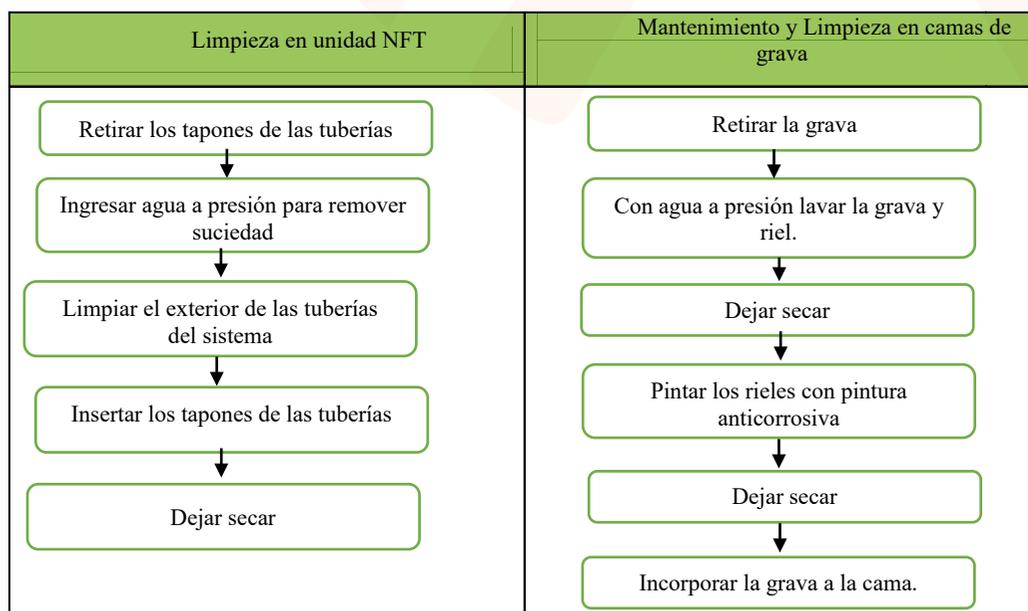
Figura 16
Sistema NFT



Nota. Sistema NFT con cultivo de ají pimentón 2019.

Tabla 7

limpieza de unidad NFT y camas en grava.



Instalación y/o Preparación de Semilleros.

En el sistema acuaponía se manejan dos tipos de semillero, uno en tierra y otro en bandeja, a continuación, se especifica la adecuación de estos pre-siembra.

➤ **Semilleros en tierra:** se disponen de tres semilleros con dimensiones de 40 cm por 50 cm, delimitados con ladrillo y ubicados entre el invernadero del sistema hidroponía y el sistema de tratamientos de las aguas residuales acuícolas, también se dispone de otros en el invernadero ubicado en exteriores de la unidad productiva acuícola.

Figura 17

Semilleros en tierra



Nota. Semillero con plantas de cilantro, unidad productiva acuícola (2019).

Semilleros en bandeja: se cuentan con doce semilleros con capacidad de siembra por semillero de 192 semillas. Estos se instalan dentro del invernadero hidropónico hasta el que la planta está lista para realizar el trasplante

Figura 18

Semilleros en bandejas



Nota: semillero con plantas de ají pimentón(2020).

Siembra Y Mantenimiento De Las Semillas.

Una vez preparados los semilleros con su respectivo abono, se procede a realizar la siembra de la semilla, la siembra se realiza en semilleros según el tipo de especie a sembrar. En los semilleros en tierra se siembran en promedio 1000 plantas y las bandejas tienen capacidad para 28 plantas por bandeja.

La siembra de la especie se realiza en las últimas horas de la tarde con el fin que las altas temperaturas que se dan en el departamento no afecten el crecimiento de la semilla y se riega a las primeras horas de la mañana y ultimas de la tarde para evitar pérdidas por evaporación.

A continuación, se especifica el procedimiento para la siembra de especies como el ají pimentón.

Flujograma	Descripción
Preparación de la logística	Preparación de la logística para la siembra, como lo son bandejas, semilla, utensilios, abono y agua.
Humectación y desinfección de la semilla	Disponer la semilla en un recipiente con agua y una mínima dosis de cloro durante 24 horas para acelerar su proceso de germinación y desinfectarla.
Preparar el suelo abono	Preparar el suelo para la siembra de la semilla según los requerimientos de cada especie.
Plantar la semilla entre 2- 3 mm	Plantar la semilla a una profundidad de 2-3 mm aproximadamente.
Cubrir la semilla con abono	Tapar con suelo abonado la semilla.
Rociar con agua	Con un aspersor rociar agua a la semilla plantada.
Realizar 2 riegos por día	Realizar mantenimientos a las semillas (regar 2 veces por día en las primeras horas de la mañana y ultimas de la tarde).
Retirar la maleza	Retirar la maleza presente en los semilleros.

Trasplante De Especies Vegetales Al Sistema Hidropónico.

Para el trasplante de las plantas desde los semilleros hacia los diferentes elementos del sistema hidropónico se debe preparar lo logística necesaria, para ello lo primero que se debe realizar es garantizar que las camas hidropónicas están preparadas para recibir las plantas, para ello se tiene en cuenta la limpieza y desinfección descrita en el punto de preparación de camas y por último, la disponibilidad del soporte de las plantas, para esto se utiliza esponjas absorbentes y vasos desechables.

El trasplante se realiza en las últimas horas de la tarde para evitar que las hojas de la planta se marchiten y por tanto la misma planta, en la actividad de trasplante se emplea una pala jardinera y una tasa con agua limpia. El tiempo de trasplante va a depender del tipo de semilla que se tiene, la siguiente tabla específica los tiempos de germinación, trasplante desde la siembra y características que debe poseer cada planta antes de ser trasplantadas al sistema hidroponía.

Tabla 9

Tiempos de germinación, trasplante y características de las plantas a cultivar.

Tipo de planta	Tiempo de germinación (días)	Tiempo para el trasplante (días)	Características de la planta
Ají pimentón	15	20 - 25	Planta con 5 hojas y una altura promedio de 10 cm
Lechuga	3 - 5	10	Desarrollo de 5 hojas
Cilantro	7 - 10	20	Planta con 3 a 4 hojas y una altura promedio de 8cm
Pepino	3	13	Desarrollo de 4 hojas

Nota. Tabla elaborada a partir de observaciones dentro del sistema

En la siguiente tabla se detalla el procedimiento para el trasplante del ají pimentón cultivado en la unidad productiva acuícola para el sistema acuaponía

Tabla 10

Flujograma del procedimiento de trasplante de especies vegetales.

Flujograma	Descripción
Escoger las últimas horas de tarde	Planificar la actividad para las últimas horas de la tarde.
Preparación de la logística	Preparar la logística necesaria para realizar el trasplante, para ello se debe disponer de pala jardinera, recipiente con agua, esponjas, vasos desechables con abertura al fondo y camas con agua.
Con una pala jardinera retirar la planta	Retirar la planta con una la pala de jardinera.
Tomar del tallo y pasar las raíces por agua	Una vez retirada la planta tomar del tallo con cuidado.
Envolver parte del tallo de la planta en esponjas	Pasar las raíces de la planta por agua para remover restos de tierra.
Introducir la planta en los vasos plásticos	Envolver en esponja parte del tallo de la planta.
Introducir el vaso con la planta en los agujeros del icopor	Introducir la planta en el vaso plástico previamente perforado
	Introducir los vasos el los agujeros del icopor de cada cama hidropónica.

Mantenimiento De Especies Vegetales.

Cuando el subsistema hidropónico está sembrado, es necesario garantizar ciertos cuidados para que la planta termine de desarrollarse, dentro de esos cuidados se encuentra la cantidad de nutrientes que llegan a las camas y la calidad del agua de la misma, para esto, posterior a los estanques de producción se cuenta con sedimentadores que buscan decantar los sólidos de mayor tamaño y un clarificador donde trabajan bacterias nitrificantes para convertir el amonio y nitritos en nitratos, compuesto necesario para el crecimiento de las plantas, ya que estas absorben los nitratos presentes haciendo las veces de purificadoras del agua, mejorando la calidad de la misma y permitiendo que el afluente para los estanques esté libre de compuestos que en grandes concentraciones pueden ser tóxicos para los peces.

Por otro lado, es necesario garantizar las temperaturas adecuadas dentro del subsistema hidropónico, si bien el departamento de la Guajira, se caracteriza por tener altas temperaturas y largas horas de brillo solar, factor que puede perjudicar el óptimo desarrollo de cierto tipo de plantas, situación controlada con la aplicación de un invernadero que cubre este sub-sistema y un sistema de nebulización que mantiene la humedad dentro del mismo, controlando la temperatura dentro del invernadero y proporcionando la hidratación necesaria para las plantas.

La siguiente ilustración representa el subsistema hidropónico de la unidad productiva acuícola, en el cual se evidencia el sistema por nebulización con el que se cuenta.

Figura 19

Subsistema hidroponía



Nota. Camas del sistema hidropónico, unidad productiva acuícola (2019).

Análisis Del Desarrollo Vegetal Y Recolección De Frutos.

Una vez sembradas las camas hidropónicas, se realiza la evaluación de la productividad de los frutos, para ello se han empleado proyectos de investigación los cuales buscan determinar el crecimiento, rendimiento productivo, capacidad de filtración y concentración de nutrimentos en agua, frutos y hortalizas.

Para determinar estas características se emplean mediciones con equipos como flexómetro para medir la altura de las plantas y un medidor de clorofila. Las plantas tardan entre 30 días una vez trasplantados en producir flores, 45 días después de esto el fruto se encuentra maduro y listo para la recolección, durante este periodo se realiza las mediciones del crecimiento de la planta y su porte a nivel de clorofila en las hojas.

La recolección de los frutos se realiza de manera manual y se identifica por número de planta correspondiente a cada elemento del sistema.

Una vez recolectados los frutos, se procede a pesar y determinar el rendimiento productivo de cada planta y elementos del subsistema. Las siguientes ilustraciones evidencian el desarrollo de la planta, crecimiento de flores y frutos en el cultivo de pimentón del sistema NFT.

Figura 20

Crecimiento de frutos de ají pimentón del sistema NFT.



Nota. Cultivo hidropónico de ají pimentón. unidad productiva acuícola (2019).

PARAMETROS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA ACUAPONICO

Anteriormente se han descrito los elementos que conforman el sistema acuaponía, a continuación, se especifica el funcionamiento que debe tener cada uno de estos elementos para que el sistema se desarrolle de manera armónica y sea eficiente en su propósito de producción de especies animales y vegetales de alta calidad y su contribución en el uso de prácticas sostenibles para el ahorro del agua y agricultura libre de químicos.

1. El Blower del sistema acuaponía debe estar funcionando a 246 revoluciones a fin de poder suministra la aireación necesaria a cada estanque y demás elementos que requieren de aireación, para el encendido del blower, primeramente, se debe verificar que los tacos se encuentren en posición, posterior a esto accionar la palanca de encendido e ir subiendo hasta las revoluciones establecidas para su funcionamiento según la capacidad de carga.

2. El reservorio y los tanques de producción deben mantener un nivel óptimo, el cual permita el buen desarrollo de los peces y la recirculación del sistema, se debe corroborar que la aireación suministrada a los estanques de producción este en los niveles requeridos por la especie a cultivar y la calidad el agua según los requerimientos establecidos para la acuicultura. El suministro de agua para el reservorio debe ser contante tanto desde la tubería de recirculación, así como la suministrada por el pozo. Los estanques deben mantener abiertos el flujo de entrada y salida de agua a caudales determinados para permitir la recirculación.

3. Los sedimentadores, clarificadores filtros y camas deben mantener abiertas sus llaves de entrada de agua, al sedimentador se le realiza limpieza en las primeras horas de la mañana, durante este tiempo se cierra las llaves de salida de agua de los estanques, posterior a esto se procede a abrir de nuevo la llave de flujo de salida para que el sistema continúe recirculando. Cada uno de estos elementos posee una llave independiente donde se puede regular el caudal de entrada y salida de agua.

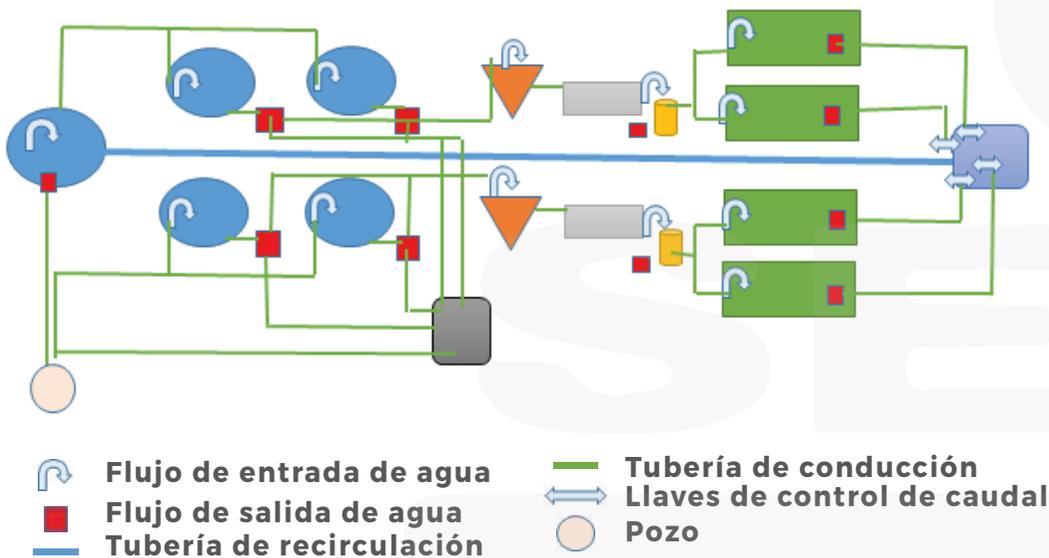
4. Cada cama hidropónica, y camas en grava, posee una llave de salida de agua las cuales llegan al sumidero de recirculación, el agua que es depositada en este espacio es bombeada a través de una bomba sumergible y conducida a través de tubería hasta el reservorio donde se repite todo el proceso.

5. Cada uno de los elementos que conforman el sistema acuapónico son sometidos a mantenimientos, a fin de evitar alguna afectación dentro del sistema y mejorar el rendimiento productivo, los mantenimientos que se realizan son a los estaques de producción sistema de aireación, camas hidropónicas y sistema de nebulización.

El siguiente esquema sintetiza la operación del sistema acuaponía

Figura 21

Esquema de flujos de entrada y salida de agua para funcionamiento del sistema acuaponía.



Nota: Diseño del sistema acuaponía del CAA. (2019).

Controles Aplicados En El Sistema Acuaponía De La Unidad Productiva.

Durante la producción y operación del sistema acuaponía, es necesario implementar controles que garanticen una producción rentable y acorde a los requisitos de producción, donde se vea minimizado el riesgo de adquisición de enfermedades, desperdicios de agua, condiciones ambientales y bienestar animal. Los riesgos que pueden presentarse en las producciones acuícolas van directamente relacionados con la calidad del agua del tanque de producción, por ello el control de los parámetros ambientales del agua juega un papel fundamental.

Los controles aplicados en el sistema acuaponía corresponden a la medición de parámetros ambientales del agua tales como, temperatura, oxígeno disuelto, PH, compuestos nitrogenados, entre otros, además de la aplicación de soluciones de Sal marina y aplicación de la melaza en los estanques de producción. A continuación, se describen los controles aplicados.

Medición De Parámetros Del Agua.

La medición de parámetros ambientales del agua dentro de los tanques de producción es una de las actividades más vitales para garantizar la producción de las especies animales, puesto que, si no se garantizan las condiciones óptimas para la especie sembrada, se puede reflejar deficiencias en el crecimiento, desarrollo y mortalidad de los mismos. Por esto, diariamente se miden parámetros como temperatura, oxígeno disuelto, PH, conductividad eléctrica, salinidad, total de sólidos disueltos, amonio, nitritos y nitratos. Estos datos son registrados en formatos específicos y registrados tres veces por día para el caso de parámetros críticos como temperatura oxígeno disuelto y PH, abarcando las primeras horas de la mañana, media tarde y últimas horas del día.



Para la medición de los parámetros del agua se dispone de equipos calibrados como Oxímetro, PHmeter, multiparametros entre otros. La siguiente tabla establece las referencias a tener en cuenta para comparar los resultados obtenidos in situ de las mediciones de parámetros físicos químicos y comprobar que se mantengan en los niveles apropiados para garantizar una calidad del agua óptima para la producción piscícola específicamente para la especie de tilapia roja, mayormente cultivada dentro del sistema.

Tabla 12

Referencia de parámetros de calidad del agua en estanques piscícolas.

Parámetro	Abreviatura	Unidades	Rango
Oxígeno Disuelto	OD	Mg/l	5-9
Potencial de Hidrogeno	PH		6.5 - 9
Alcalinidad	ppm	PPM	>20
Dureza	ppm	PPM	50 – 350
Temperatura	T	°C	23 -32
Salinidad	ppt	PPT	<24
Solidos Disueltos Totales	TDS	PPM	< 80
Dióxido de Carbono	CO ₂	PPM	< 20
Nitritos	NO ₂	PPM	< 0.1
Nitratos	NO ₃	PPM	1.5 -2.0
Amonio	NH ₄	PPM	0.01 – 0.1 (rango de tolerancia 0.6 – 2.0)

Nota. La tabla se elaboración basado en referencias de la web.

Para la medición de los parámetros de calidad del agua en los tanques de producción se debe realizar la preparación logística de los formatos de cada tanque, y equipos de medición, una vez preparados, proceder a realizar las mediciones, para esto, se debe introducir los sensores de cada equipo dentro del agua y esperar a que dichos valores se estabilicen para la toma de datos.

Los resultados obtenidos in situ deben ser comparados con los estándares establecido y corroborar que se encuentren dentro de los rangos establecidos, en caso contrario tomar controles para garantizar el cumplimiento de los valores del tanque de producción con la literatura, dentro de los controles aplicados se encuentran los recambios de agua.

La imagen muestra algunos de los equipos empleados dentro de la unidad productiva acuícola para la medición de parámetros del agua.

Figura 22

Equipos de medición, PHmeter.



Nota. Equipo para medir el PH del agua

Figura 23

Equipo de medición, Oxímetro DO200A.



Nota: equipo para medir niveles de oxígeno disuelto del agua

Figura 24

Fresh wáter master test kit.



Nota: equipo para medir parámetros químicos del agua

Figura 25

Medición de parámetros de nitritos, amonio y nitratos en tanques..



Nota: equipo para medir parámetros químicos del agua

Aplicación De Sal Marina.

Es un control utilizado para lograr un buen desempeño en el manejo saludable de los peces, contrarrestar las afecciones externas y como elemento profiláctico en el manejo, transporte, capturas o heridas de los peces. Utilizada en cantidades apropiadas el cloruro de sodio controla efectivamente los protozoarios de las branquias y piel de los peces y la cantidad apropiada de cloruro de sodio a utilizar está determinada por la duración del tratamiento.

En la publicación realizada por Acuña F. (2006), titulado, el uso de sal de mesa en la acuicultura, menciona que los diferentes tipos de tratamiento incluyen la inmersión del pez en una solución de agua de sal a una concentración similar al agua de mar desde 30 segundos hasta 10 minutos, dependiendo de la especie; baños de sal a concentraciones de cloruro de sodio entre 0.5% al 1% y aplicación a bajas concentraciones representadas en ppm para controlar la metahemoglobinemia en algunos peces de agua dulce.

Ya conociendo las utilidades y beneficios de la sal en la producción acuícola, el sistema acuaponía la emplea al momento de la siembra como agente de desinfección del pez y durante la producción como medida preventiva de control para evitar proliferación de enfermedades o parásitos que puedan afectar en el sistema.

El mecanismo de acción por el cual el cloruro de sodio es empleado en la eliminación de protozoarios, monogéneos e incluso bacterias, es por diferencia de presión osmótica. Los peces poseen mecanismos para regular el equilibrio hidromineral de su medio interno, pero los parásitos presentan ciertos problemas al cabo de un período de tiempo, lo que provoca su desprendimiento y posterior muerte (Acuña F., 2006).

El cloruro de sodio, como hemos visto, se puede utilizar para el tratamiento de diversas afecciones y, dependiendo del tratamiento elegido, la dosificación varía de acuerdo a la duración del mismo, encontrándose baños profilácticos, de larga duración y baños cortos.

Van Duijn (1965) recomienda otro tipo de baño que se denomina baño progresivo. El autor señala la importancia de adaptar los peces gradualmente a las concentraciones de cloruro de sodio, como así también disminuir la concentración gradualmente realizando cambios de agua del 30%. En el sistema acuaponía se suele emplear baños con duración de 3 días de tratamiento a bajas concentraciones de sal y en sistema cerrado, es decir durante los días de tratamiento el sistema no se encuentra recirculando.

Aplicación De La Melaza.

La melaza es un jarabe oscuro, viscoso que proviene de la separación de la azúcar cruda en procesos de elaboración del azúcar refinada, constituida por carbohidratos del tipo polisacáridos y monosacáridos y es utilizada en la acuicultura como aportador de carbo no orgánico a los estanques, el cual es requerido por las bacterias y algas en la constitución de sus membranas y organelos y como fuente de energía principal en el procesos de fotosíntesis, a su vez las bacteria y algas, constituyen el eslabón inicial de la cadena trófica de alimento natural en un estanque (Álicorp, 1998).

La aplicación más común de la melaza es para el control y reducción temporal de bacteria oportunistas luminosas del género *Vibrio*, proliferación de algas en columnas de agua sirviendo en el equilibrio de parámetros de la calidad del agua. Es importante que la dosis sea suministrada paulatinamente para evitar afectación en la reducción del oxígeno disuelto en el estanque.

Los beneficios de la melaza en los estanques de producción son utilizados en el sistema acuaponía de la unidad productiva acuícola, pues se ha demostrado su eficiencia en el control del PH del agua y mejora en el bienestar de los peces. La aplicación de la melaza, se realiza 24 horas antes de la siembra y durante el tiempo de producción se suministra en ocasiones a bajas dosis. La preparación consiste en adicionar 2kg de melaza en 10 litros, integrar y suministrar a los estanques en pequeñas dosis durante el día cuando el estanque ya está sembrado, en caso tal que el estanque se encuentre sin peces se puede adicionar la dosis completa.

RESULTADOS

Producción De Especies Animales.

En el sistema acuaponía de la unidad productiva acuícola, se manejan densidades de siembra a nivel súper intensivo por encima de 20 peces/m². Y está constituido por 4 tanques de producción donde se manejan volúmenes de agua de 13 m³ y se suelen realizar siembras de 1000 alevinos por tanque, es decir, se manejan densidades de siembras aproximadas a 76.92 peces / m³ y una tasa de sobrevivencia superior al 90%.

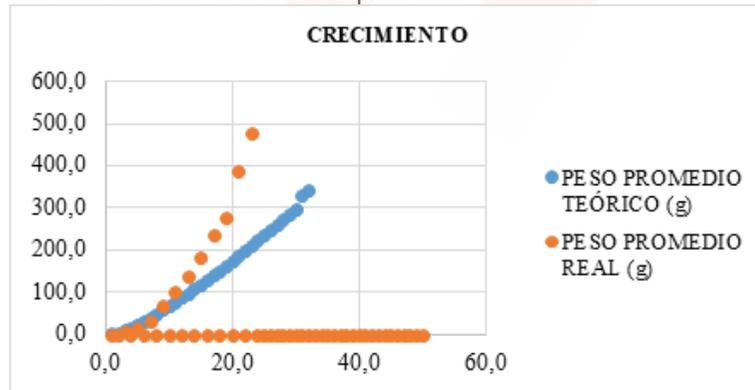
Según el histórico presentado en el sistema acuaponía de la unidad productiva acuícola el peso promedio de los peces en este sistema a lo largo de los 6 meses de producción alcanza los 450 – 500 gramos/pez. Por tanto, en una siembra de 1000 peces con un peso promedio final de 450 gramos se obtiene una ganancia de 34.62 kg/m³ obteniéndose factores de conversión alimenticio entre un 1.1 a 1.3, razón que expresa que por cada kilogramo producido de biomasa animal se consumió entre 1.1 a 1.3 kilogramos de alimento durante el tiempo de cultivo del ejemplar.

La figura mostrada a continuación, representan el crecimiento en el tiempo de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el sistema acuaponía, evidenciando la viabilidad y rentabilidad en cuanto al cálculo del peso promedio real respecto al peso promedio teórico.

Capítulo 5

Figura 26

Crecimiento quincenal de la tilapia roja (*Oreochromis sp*) en el sistema de acuaponía.



Nota. La figura se obtuvo de datos recolectados in situ (2018).

Producción De Especies Vegetales.

Una de las especies vegetales evaluada en el sistema acuaponía pertenece a la producción del ají pimentón, del cual se cuenta con información referente a su productividad, capacidad de mejoramiento de la calidad del agua y valor nutricional de los mismos.

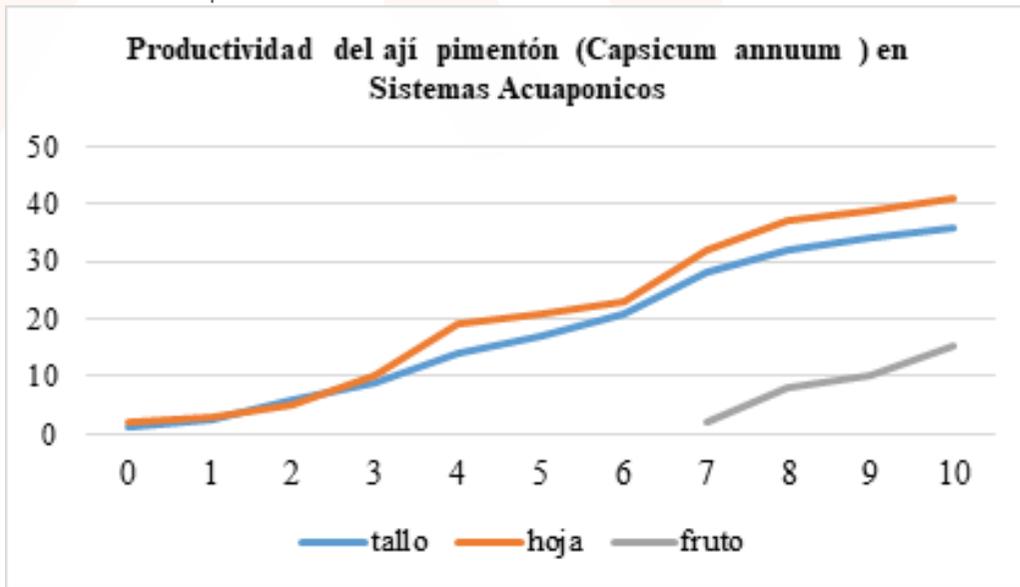
El ají pimentón, tiene un ciclo de vida aproximado de 6 meses, durante este tiempo se cosecha 3 veces, produciendo aproximadamente por planta entre 140 a 160 gramos de ají pimentón.

Cada cama hidropónica tiene capacidad para 5 icopores, y en cada icopor se siembra 64 plantas actualmente. Anteriormente se sembraban 9 plantas por icopor por tanto la productividad del sistema hidropónico era inferior al estimado actualmente, puesto que se obtenían de las cuatro camas entre 25.2 a 28.8 kilogramos de producto, se espera que con la mejora en el sistema se obtengan más de 180 kilogramos de ají pimentón en el sistema.

Las figuras mostradas a continuación representan la productividad del ají pimentón en el sistema acuaponía con relación a su crecimiento en tallo, hoja y fruto según el tiempo transcurrido.

Figura 27

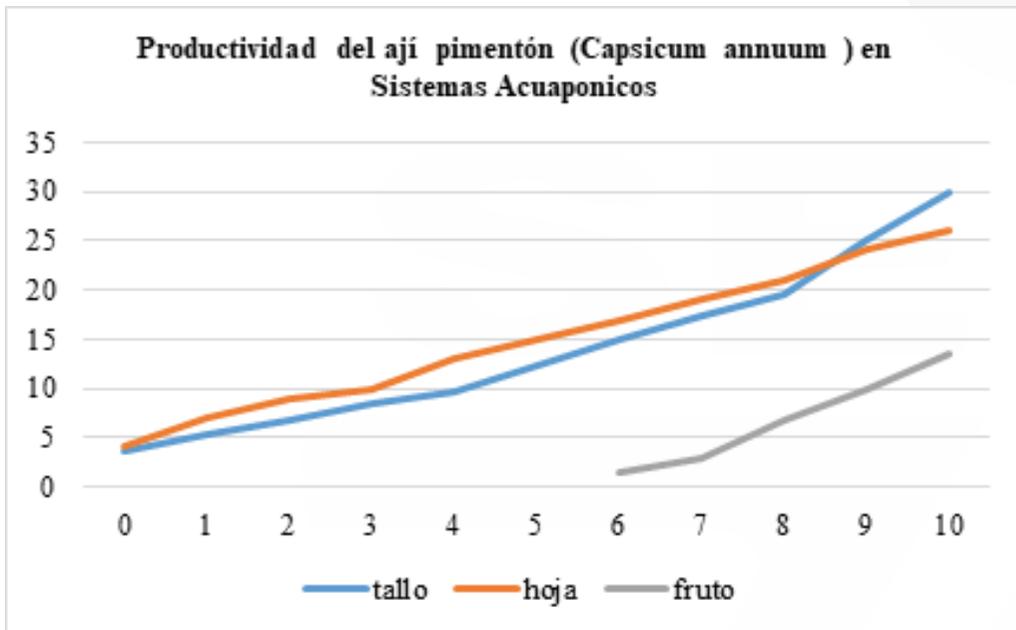
Productividad del ají pimentón (*Capsicum annum*) en Sistemas Acuaponicos.



Nota. La figura se obtuvo de datos recolectados in situ (2018).

Figura 28

Productividad del ají pimentón (*Capsicum annum*) en Sistemas Acuapónicos.



Nota: elaboración propia según datos recolectados in situ (2018).

El sistema acuaponía está diseñado de tal forma que el agua que llega a las camas hidropónicas pasan por un tratamiento previo conformado por sedimentadores, clarificadores y filtros en grava y arena, esto con el fin de remover los sólidos presentes en el agua por acción de la gravedad y a través de bacterias nitrificantes presentes en el clarificador, el cual, actúa como filtro biológico al convertir el amonio presente en el agua en nitratos, los cuales son nutrientes asimilables para las plantas sembradas en las camas hidropónicas. Por tanto, se evidencia mejora en la calidad del agua acuícola que posterior a pasar por los demás elementos del sistema hidropónico recirculara y suministrara a los tanques de producción.

La siguiente tabla representa los resultados de laboratorio (Laboratorio de Control de Calidad del Centro Agroempresarial y Acuícola) obtenidos en la medición de parámetros físico-químicos del agua en el sistema acuaponía, las mediciones se realizaron a la entrada y salida del sistema obteniendo reducción de niveles de parámetros como nitritos y nitratos y un incremento en la concentración de cloruro y fluoruro. La reducción de los nitritos y nitratos presentes en las aguas del sistema acuaponía, se debe a que las plantas absorben estos nutrientes para su posterior crecimiento y desarrollo de tallos, hoja y frutos, aportando a la reducción de parámetros que afectan la calidad del agua por eutrofización en fuentes de agua receptoras.

Tabla 13

Parámetros fisicoquímicos del estado del agua en el sistema acuaponía.

Parámetros fisicoquímicos del estado del agua en el sistema acuaponico			
Parámetros	Unidad de medida	Entra (nft)	Salida (nft)
Temperatura (°T)	°C	28,5	28,5
Amonio (NH ₄)	Mg/Lt	0,05	0,05
Nitritos (NO ₂)	Mg/Lt	0,02	0,01
Nitratos (NO ₃)	Mg/Lt	27	22
Fosfato (PO ₄)	Mg/Lt	0,5	0,5
Cloruro (Cl)	Mg/Lt	6,3	6,5
Fluoruro (F)	Mg/Lt	0,17	0,22

Tabla 13

Parámetros fisicoquímicos del estado del agua en el sistema acuaponía.

Parámetros fisicoquímicos del estado del agua en el sistema acuaponico			
Parámetros	Unidad de medida	Entra (nft)	Salida (nft)
Temperatura (°T)	°C	28,5	28,5
Amonio (NH4)	Mg/Lt	0,05	0,05
Nitritos (NO2)	Mg/Lt	0,02	0,01
Nitratos (NO3)	Mg/Lt	27	22
Fosfato (PO4)	Mg/Lt	0,5	0,5
Cloruro (Cl)	Mg/Lt	6,3	6,5
Fluoruro (F)	Mg/Lt	0,17	0,22

Nota. La tabla se elaboró con datos suministrados por el laboratorio de control de calidad del CAA (2018).

El Análisis nutricional del ají pimentón se evaluó indicando los valores nutricionales en una muestra de 100, la siguiente tabla muestra los valores obtenidos respecto a un pimentón cultivado en sistemas acuapónicos y uno cultivado tradicionalmente.

Tabla 14

Valores nutricionales del Ají Pimentón (*capsicum annum*).

Valor nutricional del Ají pimentón en 100 gr.			
Nutrientes	Unidades	Ají Pimentón acuaponicos	Pimentón cultivado tradicionalmente.
Energía	Cal		40 – 60
Proteínas	g	12 gr	0.9 – 2.0
Carbohidratos	g	48 gr	1.8 - 12.4
Sodio	g	57 mg	68 mg
Grasa	g		0.7 – 0.8
Fibra	g		8.8 - 12.4
Colesterol	mg	0.00 mg	0.00 mg
Calcio	mg		21.5 -58
Hierro	mg		0.9 – 1.3
caroteno	g		2.5 – 2.9
Riboflavina	mg		0.1 – 0.6
Niacina	mg		48 – 60
Ácido ascórbico	mg		48 – 60

Nota. La tabla se realizó con datos obtenidos in situ e información de referencia del cultivo del pimentón.

Los sistemas acuapónicos consisten en la integración de la acuicultura con la hidroponía, y resulta en sistemas altamente sostenibles ya que deriva en la reducción del consumo hídrico y producción vegetal sin suelo y uso de agroquímicos. Siendo altamente beneficiosa para la productividad y desarrollo de las regiones. La acuaponía abarca amplias ventajas desde el punto de vista ambiental, económico y social.

La implementación del sistema acuaponía en la unidad productiva acuícola, es una estrategia para la mejora de las competencias formativas de sus aprendices de tecnología en acuicultura y sirve como proyecto para la implementación de diferentes productores acuícolas del departamento.

Esta cartilla proporciona una guía para la producción de especies animales y vegetales que puede ser aplicada en cualquier área que desee implementar proyectos relativos a la acuaponía, especificándose los pasos a seguir y un tipo de diseño a experimentar.

La producción de especies vegetales mediante la metodología de sistemas acuapónicos, se convierte en una alternativa rentable y confiable que contribuye a resolver algunos de los problemas sociales que se presentan en la Guajira, relacionados con la inseguridad alimentaria, poca disponibilidad de agua, suelos desérticos, y sequías. Siendo este proyecto una herramienta para la formulación de proyectos productivos que contribuyan a la generación de empleo, erradicación del hambre y mejora de la calidad de vida de las personas.

- Seguir los procedimientos especificados para cada actividad dentro de la producción y operación del sistema acuaponía.
- Implementar acciones de mejora, relacionadas a la producción de especies animales y vegetales
- Experimentar con más variedades de especies vegetales a fin de evaluar la rentabilidad de las diferentes especies vegetales adaptables a estos sistemas a las condiciones del departamento.
- Evaluar la eficiencia en la aplicación de la sal de Epson, en los sistemas hidropónicos.
- Evaluar la capacidad de sedimentación de los sólidos en los elementos utilizados para dicho fin.
- Evaluar la absorción del nitrógeno presente en el agua antes, durante y después de cumplido el ciclo dentro del proceso de producción acuapónicos.
- Utilizar la sal de Epson como aporte nutritivo a la solución de agua hidropónica.

Recomendaciones

Acuña Facundo. (2006). El uso de la sal de mesa en acuicultura. Sociedad acuariológica del Plata. https://www.sadelplata.org/articulos/acuna_071008.pdf

Alicorp. (1998). Utilización de melaza en estanques de cultivo de camarón. Boletín nicovita, 1-2.en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5917/1/13101552.pdf>

Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca. (2014). Plan Nacional para el Desarrollo de la acuicultura Sostenible en Colombia-plaNDAS. Bogotá D.C. En: <https://fedea-cua.org/files/plan-nacional-para-el-desarrollo-de-la-acuicultura-sostenible-colombia.pdf>

Iagua. (2016). Riego por nebulización. Revista Iagua. En: <https://www.iagua.es/noticias/iriego/16/01/25/cultivos-hidroponicos>

Intagri. (2017). Horticultura protegida, malla de colores en la producción hortícola. Revista Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/mallas-de-colores-en-la-produccion-horticola>

López Jaime, J. A . (2019). Cultivo acuapónico guía especializada. Asociación para la Conservación del Medio Marino del Aula del Mar de Málaga. pp 21-25. <https://cifal-malaga.org/web/wp-content/uploads/2020/04/2019.11.07-LIBRO-ACUAPONIA.pdf>

Merino, M. (2018). Acuicultura en Colombia. Dirección Técnica de Administración y Fomento UANAP.En: <https://www.aunap.gov.co/documentos/Libros/Colombia-Azul-junio-2021.pdf>

Muñoz Gutiérrez, M. E. (2012). Sistemas de recirculación acuapónicos. Informador Técnico Colombia Edición 76. pp 123 – 129. <https://doi.org/10.23850/22565035.36>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (s.f). Historia de acuicultura FAO, algunos elementos básicos de la acuicultura. Ministerio de agricultura. pp 1-8. En: <https://www.fao.org/3/ca9229es/ca9229es.pdf>

Parrado Sanabria, Y. A . (2012). Historia de la acuicultura en Colombia. AquaTIC en línea, 61-62.en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49425906003>

ROOSTA , H. R., HAMIDPOUR, M. (2011). Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. En: Scientia Horticulturae. Vol. 129, No. 3. pp. 396-402. En: https://www.researchgate.net/publication/322693996_Determinacion_de_la_relacion_pez_planta_en_la_produccion_de_tomate_Licopersicum_esculentum_L_en_sistema_de_acuaponia

ULLOA , M., LEÓN, C., HERNÁNDEZ, F., CHÁVEZ, R. (2005). Evaluación de un sistema experimental de acuaponía. En: Avances en investigación agropecuaria. Vol. 9, No. 1 pp. 1-5. En: <https://www.redalyc.org/pdf/837/83709105.pdf>

Vázquez, G.V. 2014. Manejo del Clima en los Invernaderos. Curso de Capacitación Intagri. En: <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/%20%20principios-basicos-para-el-manejo-climatico-de-invernaderos>.



Centro Agroempresarial y Acuícola
Regional Guajira
Dirección: Km 1 Vía Barrancas
Teléfono: 7273882 Ext: 53805, Conmutador Nacional
(57 1) 5461500 – Extensiones
<http://sena-caa.blogspot.com/>
Página web: <http://www.sena.edu.co>
Email: egarrido@sena.edu.co
ISBN: 978-958-15-0712-2