



SECRETARÍA DE COORDINACIÓN  
GENERAL DE GOBIERNO

SCGG - UNIDAD TÉCNICA DE SEGURIDAD  
ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL  
UTSAN

**EUROSAN**  
OCCIDENTE

# MANUAL TÉCNICO DE ACUAPONÍA



Experiencias en Manejo de Sistemas Acuapónicos  
con Enfoque de Seguridad Alimentaria



**HONDURAS SIN HAMBRE**



Autor: World Renew y Diaconía Nacional; Título: Manual Técnico de Acuaponía, Año de publicación: 2020, Ciudad: Choluteca. Sello editor: 110 páginas.  
Fuente: <https://www.worldrenew.net>

La presente publicación ha sido elaborada con el apoyo financiero de la Unión Europea. Su contenido es responsabilidad exclusiva de World Renew y no necesariamente refleja los puntos de vista de la Unión Europea.

Consultoría Elaboración, Diseño y Diagramación de Manual Técnico y Manual Popular de Acuaponía, Subvención: Acuaponía para Seguridad Alimentaria Familiar, Honduras, 2020

Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar  
Eurosán Occidente  
World Renew  
Diaconía Nacional

**Consultor de País**, World Renew Honduras  
Byron Obed Zúniga Rosales.

**Elaboración y Edición de la Publicación**  
Andrés Conrado Gómez  
Consultor

**Aportes y Colaboraciones**  
Coordinadores de Componentes Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar

**Revisión Final**  
Equipo de Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, World Renew.  
Andrés García Joya.  
Marlon Martínez Medina.  
Equipo de Visibilidad y Comunicación de Proyecto Eurosán Occidente.  
Scarleth Durón.

**Fotografía**  
Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar

**Agradecimientos**  
Unión Europea.  
Unidad Técnica de Seguridad Alimentaria Nutricional (UTSAN).



# **MANUAL TÉCNICO DE ACUAPONÍA**

Experiencias en Manejo de Sistemas Acuapónicos  
con Enfoque de Seguridad Alimentaria

## Objetivos de la Publicación

### General

- Constituir esta publicación como una herramienta didáctica, accesible a modo de un recurso de información, con base teórica y práctica que orienta el diseño, instalación y funcionamiento de sistemas de acuaponía adaptables a diferentes niveles socioeconómicos y ambientales.

### Específicos

- a) Divulgar los aprendizajes y las experiencias prácticas del Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, derivadas del trabajo con familias beneficiadas, bajo un enfoque de respuesta a una situación de inseguridad alimentaria, en la región sur del país.
- b) Promover una producción alternativa e innovadora mediante la práctica de la acuaponía, enseñando cómo realizarla en forma sencilla y práctica, para que las familias tengan continuamente alimentos sanos y frescos en su propia casa de manera sostenida.
- c) Aumentar el uso de esta práctica innovadora en la producción de plantas y peces, en un medio ambiente simbiótico accesiblemente adaptable, en diferentes contextos y condiciones ecológicas específicas.

### Recomendaciones en el Uso del Manual

- a) El Manual Técnico de Acuaponía presenta una serie de recomendaciones, que parten de una base teórica y práctica derivada de la implementación del Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, en la región sur de Honduras. Esta experiencia, además de dar respuesta a una situación de inseguridad alimentaria, permitió la adecuación de varias prácticas, al contexto local en el manejo de sistemas de acuaponía.
- b) La publicación del Manual Técnico de Acuaponía tiene como referencia el Manual Producción de Alimentos Acuapónicos a Pequeña Escala, de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), del cual se toma la idea original, diseño y funciones, entre otras, aplicadas al modelo implementado (de 1m<sup>3</sup> para peces y 3 m<sup>2</sup> para plantas), incorporando prácticas de comprensión sencilla en el manejo de los componentes de plantas y peces para alcanzar producciones sostenibles.
- c) Es importante señalar, que al momento de la aplicación de las recomendaciones y prácticas en futuras replicas del modelo acuapónico implementado, considerar los aspectos específicos derivados de los diferentes pisos altitudinales y agroecológicos de cada región o zona.
- d) Se espera que esta herramienta sirva para la implementación de la tecnología, que al ser nueva su introducción en el país, demanda mayores espacios de investigación y transferencia del conocimiento para ir enriqueciendo las experiencias nacionales, y seguir obteniendo lecciones aprendidas en cada contexto.

## Contenido

<b>Presentación</b>	
<b>Introducción</b>	
<b>Sección I.</b>	<b>1</b>
<b>Definiciones: Acuicultura, Hidroponía y Acuaponía</b>	<b>1</b>
1.1 Acuicultura	1
1.2 Hidroponía	1
1.3 Acuaponía	1
<b>Sección II.</b>	<b>2</b>
<b>Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar</b>	<b>2</b>
2.1 Antecedentes de la experiencia	2
2.2 Objetivos del proyecto	4
2.3 Descripción de la zona	4
<b>Sección III.</b>	<b>7</b>
<b>Sistemas Acuapónicos y la Seguridad Alimentaria Familiar</b>	<b>7</b>
3.1 Acuaponía como forma de producción de alimentos sanos y frescos	8
3.2 Ventajas y desventajas de los sistemas acuapónicos	9
3.2.1 Ventajas	9
3.2.2 Desventajas	9
3.3 Cantidad de alimentos a producir de peces y plantas	10
<b>Sección IV.</b>	<b>13</b>
<b>El Sistema Acuapónico</b>	<b>13</b>
4.1 Fundamentos del sistema acuaponía	13
4.2 Descripción del sistema de acuaponía	13
4.3 Características del sistema de acuaponía	16
4.3.1 Ciclo del nitrógeno	16
4.3.2 Condiciones importantes en el manejo de bacterias	17
4.4 El Sistema de bombeo	18
4.4.1 La aireación en el sistema	19
4.4.2 La recirculación del agua en el sistema	19
4.5 Manejo de la calidad de agua en el sistema	20
<b>Sección V.</b>	<b>21</b>
<b>Diseños y Tipos de Sistemas de Acuaponía</b>	<b>21</b>
5.1 Técnica del Film Nutritivo ( NFT)	21
5.2 Cultivo en Balsa Flotante	22
5.3 Lechos de Sustratos	22
<b>Sección VI.</b>	<b>24</b>
<b>Componentes del Sistema de Acuaponía</b>	<b>24</b>
6.1 Tanque para peces	24
6.1.1 Tipo de unidades para tanque de peces	24
6.2 Maceteras para componente de plantas	25
6.3 Reservorio en sistemas de acuaponía	27
6.4 Componentes biológicos del sistema: Biofiltros naturales	27
6.4.1 Función del sifón de campana	27
6.4.2 Uso de sustratos	28
<b>Sección VII.</b>	<b>32</b>
<b>Condiciones en la Instalación del Sistema de Acuaponía</b>	<b>32</b>
7.1 Tamaño del sistema acuaponía	32
7.2 Consideraciones medioambientales	33
7.3 Ubicación del sistema	33
7.4 Sistema eléctrico o conexión a red pública de energía	35
7.5 Temperatura ambiente y su influencia en el sistema de acuaponía	35

<b>Sección VIII</b> .....	<b>37</b>
<b>Instalación de las Partes del Sistema de Acuaponía</b> .....	<b>37</b>
8.1 Tipo de diseño adoptado por proyecto .....	37
8.2 Materiales .....	37
8.3 Preparación de la pecera .....	39
8.4 Preparación de las dos primeras camas o maceteras .....	41
8.5 Preparación de la tercera macetera y el reservorio .....	44
8.6 Construcción del sifón de campana .....	47
<b>Sección IX.</b> .....	<b>50</b>
<b>Funcionamiento del Sistema de Acuaponía</b> .....	<b>50</b>
9.1 Manejo de bacterias en el sistema .....	50
9.2 Introducción y manejo de peces en el sistema .....	51
9.2.1 Peces adaptados al sistema de recirculación acuapónico .....	51
9.2.2 Línea genética de la tilapia .....	52
9.2.3 Adquisición, traslado y manejo de alevines .....	54
9.2.4 Alimentación de los peces .....	55
9.2.5 Plan de manejo productivo de peces .....	60
9.3 Introducción y manejo de especies de plantas .....	61
9.3.1 Cultivos manejados en los sistemas implementados .....	61
9.3.2 Manejo de semillas de plantas establecidas .....	64
9.3.3 Preparación de maceteras .....	67
9.3.4 Trasplante de especies a maceteras de crecimiento .....	68
9.3.5 Manejo de podas .....	68
9.3.6 Práctica de tutorado .....	69
9.3.7 Cosecha .....	69
9.3.8 Plan de producción de especies de plantas .....	69
<b>Sección X.</b> .....	<b>70</b>
<b>Manejo del Agua en el Sistema de Acuaponía</b> .....	<b>70</b>
10.1 pH del agua del sistema de acuaponía .....	70
10.2 Manejo de temperatura, el oxígeno y el nitrógeno total del agua .....	73
<b>Sección XI.</b> .....	<b>76</b>
<b>Manejo de Enfermedades en Peces</b> .....	<b>76</b>
11.1 Factores que favorecen la presencia de problemas de salud en peces .....	76
11.2 Práctica de muestreo de los peces .....	77
11.3 Enfermedades parasitarias, por bacteria y por virus .....	77
11.3.1 Enfermedades parasitarias .....	77
11.3.2 Enfermedades producidas por bacterias .....	79
11.3.3 Enfermedades producidas por virus .....	80
11.4 Práctica de baños de sal para prevenir o tratar enfermedades en peces .....	81
<b>Sección XII.</b> .....	<b>82</b>
<b>Manejo de Plagas y Enfermedades en Plantas</b> .....	<b>82</b>
12.1 Recomendaciones para un manejo integral de plagas .....	82
12.2 Nutrientes de las plantas .....	85
12.2.1 Enmiendas nutricionales en el manejo de especies vegetales .....	85
<b>GLOSARIO</b> .....	<b>89</b>
<b>Bibliografía</b> .....	<b>92</b>
<b>Anexo 1.</b> .....	<b>93</b>
Costo- Beneficio de la Implementación del Sistema Acuapónico .....	93
<b>Anexo 2.</b> .....	<b>97</b>
Manejo y Mantenimiento del Sistema Acuapónico .....	97



## Presentación

El Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, presenta esta publicación como herramienta didáctica accesible, con información y conocimientos desde una base teórica y práctica, que integra varias experiencias aplicadas al contexto local, a fin de orientar sobre el alcance, diseño y manejo de sistemas de acuaponía adaptables a diferentes niveles socioeconómicos y factores ambientales.

La acuaponía combina los sistemas de recirculación en acuicultura (RAS) para los peces y la hidroponía para la producción de plantas. Los elementos esenciales son la crianza de peces, los dispositivos de remoción de sólidos, biofiltros, el componente hidropónico y el sumidero o bien reservorio.

En esta publicación se comparten resultados, aprendizajes y buenas prácticas validadas de la experiencia conducida con un centenar de familias en la región sur de Honduras, bajo condiciones agroclimáticas muy diferenciadas del trópico seco, donde se concluye que los sistemas de acuaponía pueden ser adaptables a factores climáticos adversos con acceso limitado a agua, suelos y espacios físicos en zonas rurales.

El clima, agua, costos, espacio físico, participación familiar, la diversidad de especies acuáticas y vegetales, hacen de estas técnicas de acuaponía, una herramienta efectiva en la auto producción de alimentos de forma sostenida.

Al poner a su alcance esta publicación, se reconoce la contribución de los sistemas de acuaponía, como medio para mejorar la disponibilidad de alimentos en periodos de época seca o de ausencia de lluvias que afecta la seguridad alimentaria familiar. Instamos a los centros de investigación y transferencia de tecnologías, la academia y otros actores públicos y privados, a continuar generando conocimiento en este amplio espacio, que ofrece la acuaponía y la misma diversidad de organismos acuáticos y vegetales potenciales que se traduzcan en recursos alimentarios para nuestras poblaciones.

Ante la variabilidad climática que pone en riesgo la producción de alimentos, producto del cambio climático, el crecimiento poblacional y la demanda de alimentos frescos y sanos, creemos posible aspirar a diversificar la dieta alimentaria añadiendo un mayor nivel proteico-vitamínico y regularidad del consumo de vegetales y pescado, a un costo mucho más bajo que si lo adquiriera en el mercado en cualquier época del año y al fortalecimiento de las técnicas acuapónicas a diferentes escalas en el país.

**World Renew**

## Introducción

Los sistemas de producción acuapónicos en Honduras, aunque poco desarrollados aún, presentan muchos beneficios frente a la acuicultura, a la horticultura en suelo, o a la hidroponía, cuando éstas técnicas se realizan por separado.

El Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, ubicado en la Región Sur de Honduras, comprendida en la franja del corredor seco, trabaja en los municipios de El Triunfo (Choluteca) y San Lorenzo (Valle), en la implementación de sistemas de acuapónicos familiares, orientados por un lado, a validar una serie de prácticas demostrativas en el manejo de unidades de acuaponía, y por otro, dar respuesta a una situación de inseguridad alimentaria con familias beneficiarias.

La iniciativa ejecutada por World Renew y Diaconia Nacional, con el apoyo financiero de Unión Europea (UE), a través de Unidad Técnica de Seguridad Alimentaria y Nutricional (UTSAN) y el Proyecto Eurosan de Occidente, se promueven innovaciones productivas con enfoque de inclusión de núcleos de población, orientadas a diversificar la dieta alimentaria con mayor nivel proteico vitamínico, con un costo mucho más bajo que si lo adquiriera en el mercado en cualquier época del año.

El manejo de sistemas acuapónicos en condiciones de trópico seco, demostró que esta tecnología puede implementarse a nivel familiar, con un enfoque de seguridad alimentaria con poblaciones rurales y semiurbanas. Los sistemas de acuaponía con

manejo de sustrato (Grow bed), como el desarrollado en Honduras, son las más populares para producciones de baja y mediana escala, por su costo, instalación y facilidades de manejo.

Entre los años 2019-2020, bajo el concepto de aprender haciendo y de forma participativa, se alcanzó la construcción de 100 unidades (18m<sup>2</sup> por unidad), con igual cantidad de familias, periodo desde el cual se han evaluado varias producciones (ciclos), con muy buenos resultados y aprendizajes útiles para futuras replicas en otras regiones, considerando desde luego, los factores altitudinales y variables climáticas, tanto para el manejo de especies de peces, como para el componente de plantas.

Actualmente la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), maneja unidades con fines de investigación relacionados con los sistemas acuapónicos, además, en el país hay varios emprendimientos personales. Desde estas acciones conjuntas en el sur de país, instamos a que se continúe impulsando la investigación y el conocimiento para ir enriqueciendo las experiencias nacionales.

En esta publicación, se señalan los fundamentos de la acuaponía, el diseño de un sistema de escala baja, el cómo llevar la aplicación de buenas prácticas en el manejo de los factores de producción, en la gestión de sistemas de acuaponía, valorando el costo beneficio hasta una serie de recomendaciones en el manejo y mantenimiento de la unidad acuapónica.

## Sección I.

### Definiciones: Acuicultura, Hidroponía y Acuaponía

#### 1.1 Acuicultura

La acuicultura es la cría de peces en cautiverio o la producción de otros animales y plantas acuáticas en condiciones controladas. En los sistemas de acuicultura, se distinguen cuatro categorías: i) Sistema de circuito abierto (ej. Las jaulas o corrales abiertos al medio ambiente natural); ii) Sistema de cultivo en estanques; iii) Sistema de "canalización" (tipo de canaleta, generalmente de hormigón, con circulación de agua); y, iv) Sistema de recirculación de agua (RAS).

El sistema de recirculación en acuicultura RAS, es la técnica más utilizada para el diseño de un sistema de acuaponía, ya que permite el uso de subproductos del agua de los tanques de cría (ej. nutrientes, materia orgánica, etc.), para la producción de cultivos vegetales.

#### 1.2 Hidroponía

La hidroponía es el método más común de la producción de plantas sin suelo (la agricultura de cultivos sin uso de la tierra), que consiste en cultivar plantas en un flujo laminar suspendidos en tubería de PVC, en láminas de poliestireno o en sustrato en contacto con

una solución acuosa. El sustrato sirve para soportar la planta y hace posible retener la humedad. El sistema de riego está integrado dentro del sustrato para proporcionar a la raíz los nutrientes necesarios para el crecimiento de la planta.

#### 1.3 Acuaponía

La acuaponía es una forma de agricultura integrada que combina dos importantes técnicas: acuicultura e hidroponía. En una unidad de acuaponía que opera en circulación continua (RAS), el agua sale del tanque conteniendo todo el residuo metabólico de los organismos acuáticos (ej. peces), excrementos y restos de alimentos no consumidos. Esta agua sale del tanque, pasa a través de un filtro mecánico o sustrato que descompone los residuos sólidos mayores y pasa, entonces, a través de un biofiltro que contiene bacterias que oxidan el amoníaco a nitrito y después a nitrato, una molécula asimilable por las raíces de las plantas. Los residuos de la cría de peces, una vez tratados, también proporcionan todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. El agua, pasa a regar las plantas de la bandeja que va enriquecida con nitratos. Finalmente, el exceso de agua purificada por las plantas regresa al tanque de cría de peces.



## Sección II.

### Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar

#### 2.1 Antecedentes de la experiencia

El Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, es implementado por las instituciones Mundo Renovado (World Renew) y Diaconía Nacional, surge para contribuir a mejorar las condiciones de vida de familias participantes en los municipios de El Triunfo y San Lorenzo, promoviendo a través de la técnica de acuaponía, sistemas de producción de vegetales y carne de pescado de manera ininterrumpida, sin importar las condiciones de suelo y lluvia, haciendo uso eficiente del limitado recurso agua.

La inseguridad alimentaria, afecta al 70% de la población rural del corredor seco, las condiciones agroecológicas y la variabilidad climática, limitan las posibilidades de producción de alimentos de manera permanente. Estas condiciones, están influyendo de forma drástica en los sistemas de producción alimentarios.

La variabilidad del clima, provoca condiciones erráticas de las lluvias, afectando la disponibilidad y acceso a recursos alimentarios, a tal grado que casi ha eliminado el ciclo productivo de primavera. Menos del 10% de la producción local de granos básicos y vegetales del sur de Honduras, se cosecha en este ciclo, por la llegada tardía de la época lluviosa (mediados de mayo).

Se introdujo en los sistemas establecidos con las familias como organismo, la tilapia roja (*Oreochromis niloticus*), una especie considerada como pescado semi-graso (2-8g de grasa cada 100g), con elevada cantidad de proteína que contiene en 100g, lo que le convierte en un producto de alta importancia en la ingesta alimentaria. Tabla1.

**Tabla1.** Composición nutricional de la especie de tilapia cultivada

Especie	Energía (kcal/100g)	Proteína (g/100g)	Grasa total (g/100g)	Carbohidratos (g/100g)
Tilapia	96	19.2	2.3	0

**Fuente:** Tomado Plan de Negocio para la Creación de una Empresa de Acuaponía. U.P. de Valencia, 2018.

La selección de las comunidades, obedece al interés para llevar una alternativa innovadora adaptable a familias con limitados medios de producción (suelo, agua, condición socioeconómica, entre otras), procurando que la tecnología sea comprendida y adoptada indis-

tintamente por las poblaciones participantes en el programa de salud preventiva que acompaña la institución Diaconía Nacional, promoviendo técnicas y prácticas para reducir la desnutrición infantil, mejorar el saneamiento básico y educación alimentaria.





La estructura del sistema implementado, se acomoda a la incorporación de materiales locales para el diseño de los diferentes componentes, a manera de disminuir el costo inicial de la instalación que suma L. 17,204.05 (USD 695.89 al factor de cambio). El proceso de instalación y montaje de los componentes del sistema, resulta accesible y sencillo para usuarios sin conocimientos iniciales, siguiendo varias de las aplicaciones establecidas en el Manual Producción de Alimentos Acuapónicos a Pequeña Escala (Somerville C. et al.,-2014)<sup>1</sup>.

Este modelo, se determina por una baja siembra de peces (60 peces), manejo de volúmenes reducidos de agua (1500 litros/sistema), con especies de peces adaptables como la tilapia roja (*Oreochromis niloticus*), uso de sustratos locales como teja, ladrillo, grava de río, otros y plantas de reproducción abierta; factores que resultan muy significativos para la producción de

vegetales principalmente; y en menor tasa de crecimiento, la tilapia con un peso inicial de 20 gramos, con periodo de cría de 3-4 meses, ganando de 250-350 gramos de peso.

Las familias incorporadas al manejo de estas pequeñas unidades acuapónicas, podrán cosechar 3 ciclos de peces que equivalen a 45 kilogramos (15 kg/ciclo) en 1m<sup>3</sup> de agua en un lapso de un año. De vegetales con 5 ciclos de siembra, se asegura cosechar 36 kilogramos por m<sup>2</sup> de especies entre de hoja y frutos con una producción escalonada durante todo el año.

Estos valores, tanto en la producción de peces como en plantas, así como, los aprendizajes de las prácticas, evidencian que estos sistemas de acuaponía constituyen un medio muy prometedor, de fácil operación, con mediana inversión, para su uso en explotaciones familiares con un enfoque en



*La experiencia de la región sur de Honduras, sirvió para proponer un diseño de sistema de acuaponía, en función del contexto local y condiciones de las familias.*

<sup>1</sup> Producción de alimentos acuaponicos a pequeña escala: cultivo integrado de peces y plantas C Somerville, M Cohen, Pantanella FAO, 2014.



seguridad alimentaria, condición que motiva impulsar estas experiencias en el sur de Honduras.

Se logró que las familias comprendieran como crear bases de empoderamiento, asociatividad y capital social en las comunidades, permitiéndoles enlazar con otros actores de cadenas regionales de productores acuícolas, proveedores de alimentos, semilla de tilapia (alevín), instancias institucionales públicas y organizaciones locales.

## 2.2 Objetivos del Proyecto

### General

- Contribuir a la mejora de la Seguridad Alimentaria y Nutricional de 100 hogares ubicados en el Corredor Seco en el Sur de Honduras a través de un modelo innovador de acuaponía para la producción de peces y vegetales.

## Repercusión Principal

- Incrementar la producción de peces y verduras para consumo familiar, a través de un modelo integrado de crianza de peces y cultivo de vegetales llamado Acuaponía, el cual contribuirá a la resiliencia al cambio climático en 100 hogares del Corredor Sur.

## 2.3 Descripción de la zona

Las intervenciones geográficamente se desarrollan en los municipios de El Triunfo (Choluteca) y San Lorenzo (Valle); el primero en la parte sur oriental del departamento de Choluteca en la frontera con la República de Nicaragua por la Aduana Terrestre de Guasaule. Mientras tanto, el municipio de San Lorenzo, se ubica sobre la zona costera del Golfo de Fonseca, a 104 kilómetros de la capital Tegucigalpa y a 28 kilómetros de la ciudad de Choluteca; su población es de aproximadamente 55 mil habitantes.



*Las familias participantes se localizan en varias comunidades de los municipios de El Triunfo (Choluteca) y San Lorenzo (Valle) en el sur de Honduras.*



Las familias incorporadas con 509 beneficiarios directos, se localizan en 6 comunidades: Laure, Agua Zarca, Caimito en el municipio de San Lorenzo, departamento de Valle; y, Azacualpa, Quebrada Honda y Varsovia en el municipio de El Triunfo en el departamento de Choluteca.

87 de las 100 familias beneficiarias tiene a una mujer como jefa de hogar, quien se incorpora al manejo del sistema, sin que estas labores incrementen de forma significativa la carga doméstica. Las labores que se demandan, no necesariamente deben desarrollarse por varias horas diarias ininterrumpidas, las cuales debidamente planificadas, se vuelven manejables y con buen suceso en el sistema de acuaponía.

Ambas zonas, se ubican en la región sur de Honduras, la que se caracteriza por un clima seco tropical con temperaturas extremas en ambiente hasta 39°C, sensación térmica que llega a 42°C, factores que limitan el crecimiento y desarrollo de varios cultivos y generan condiciones para que se dé una tasa de evaporación y transpiración elevada.

La región presenta cada año, un aumento gradual de la temperatura con cambios de patrones de precipitaciones, a veces deficitarias y mal distribuidas, colocando permanentemente en riesgo por la variabilidad climática, la producción alimentaria, principalmente los cultivos de granos básicos, frutales y hortalizas, ahora mayormente agravada por la situación del cambio climático con eventos extremos de sequías e inundaciones.

En estas zonas la temporada de lluvia es muy caliente, y la época seca es tórrida, y mayormente despejada. Durante los meses de verano (noviembre-mayo), la temperatura ambiente generalmente varía dependiendo de algunas horas del día (ej. al amanecer, 30-32°C; mediodía 37-40°C; y, tarde noche 28-29°C). La temporada seca se extiende de noviembre a mayo, con meses muy calurosos como marzo, abril y mayo, con una temperatura ambiente hasta de 39-40°C. Tabla 2.

El periodo caluroso dura 2-3 meses (marzo-mayo) con una máxima promedio diario mayor a 36°C. La temporada fresca dura un

**Tabla 2.** Rangos de temperatura, medidas en el territorio del proyecto

Mes	Temperatura ambiente			Temperatura del agua		
	6-8 am	1-3 pm	6-8 pm	6-8 am	1-3 pm	6-8 pm
Noviembre	30	37	31	28	30	29
Diciembre	30	37	29	27	30	28
Enero	30	38	30	27	31	28
Febrero	30	39	30	28	31	29
Marzo	31	39	31	28	32	29
Abril	32	40	31	29	32	29
Mayo	32	39	30	28	31	29

Fuente: Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.





poco más de 3 meses (septiembre a más de una semana de noviembre), periodo durante el cual, la máxima promedio diaria es menos de 33 grados centígrados.

La temporada de invierno, que en los últimos años ha variado por los factores de el fenómeno del "niño y la niña", dura un poco más de 7 meses, pero muy irregular, presentando entre los meses de julio y agosto el periodo de "canícula", con suspensión de las lluvias que de un par de semanas, se ha prolongado a más de un mes. Esto ha vuelto que las lluvias

se hayan trasladado de abril a mayo, extendiéndose hasta el mes de octubre.

En las dos zonas tanto en El Triunfo como en San Lorenzo, la mayoría de sistemas de acuaponía establecidos, están conectados a la red pública de agua (65% de familias), el resto (35% de familias), se abastecen de agua de pozo. Estos pozos de agua, cubiertos, extraen el agua por bomba o garruchos o bien manualmente, a una profundidad que oscila entre 11-18 metros, excavados, algunos con paredes de ladrillo y otras sin ningún soporte.



*Las familias se han incorporado al manejo integrado de peces y cultivo de vegetales, lo que representa acceso a alimentos frescos y sanos en el hogar.*





## Sección III.

### Sistemas de Acuaponía y la Seguridad Alimentaria Familiar

Como técnica innovadora, la acuaponía permite cultivar peces y plantas al mismo tiempo en un sistema de recirculación; pues combina los métodos de producción de acuicultura e hidroponía en un sistema en forma integrada; no obstante que su utilización a nivel intensiva y comercial en muchos países va en ascenso, aún se le considera una tecnología nueva y emergente para la producción sostenible de alimentos.

Las experiencias obtenidas en diferentes países, colocan la acuaponía en el contexto de la agricultura productiva y sostenible, en particular a nivel familiar. El sistema acuapónico permite, en primer lugar, el apoyo y la colaboración de diferentes organismos (peces u otros organismos acuáticos y vegetales) y, en segundo momento, los rendimientos de esta doble producción, pueden ser muy satisfactorios, sobre todo en contextos diferentes desde los factores climatológicos y socio-económicas, etc.). La acuaponía es un medio adecuado para la producción de vegetales en aquellas zonas con limitaciones de acceso a la tierra, agua y condiciones de los suelos al manejo de ciertos cultivos.

Las zonas donde trabaja el proyecto en la región sur de Honduras, están comprendidas en el corredor seco, de clima tropical seco, temperaturas elevadas, con precipitaciones erráticas con más de 7 meses de temporada seca (noviembre-mayo), que limitan la disponibilidad de agua, y reducen el tipo de vegetales a cultivar. El sistema implementado, ha demostrado que se pueden reducir las labores de manejo y adaptar el diseño del sistema a cada contexto.

Otro aspecto es que, los sistemas de recirculación en acuaponía pueden estar diseñados para el manejo de considerables cantidades de peces en relativos pequeños volúmenes de agua (15 klg de peces por 1000 litros de agua/cada 4 meses), convirtiéndolo en un método adecuado para la producción de alimentos en los actuales momentos.

Varias experiencias de distintos países, reportan que hay muchos sistemas de acuaponía diferentes en uso; igual que los componentes de este, pueden variar de acuerdo a la escala de producción, las funciones y aplicaciones que permanecen más o menos constante. Sin embargo, los factores climáticos influyen y determinan los tipos de peces y vegetales que se cultivan, así como la construcción en general.

Las unidades acuapónicas con un tamaño de aproximadamente 1000 litros de agua y espacio de cultivo de unos 3m<sup>2</sup>, se consideran a pequeña escala y son apropiados para la producción doméstica a nivel familiar. El objetivo principal es la producción de alimentos para la subsistencia y consumo, ya que se pueden cultivar peces, varios tipos de vegetales, plantas condimentarias y aromáticas que crecen asociadas a la vez.

#### 3.1 Acuaponía como forma de producción de alimentos sanos y frescos

La producción de alimentos en sistemas de producción acuapónicos permite cultivar una amplia variedad de vegetales como pepino, chile pimiento, tomate, lechuga, plantas con-



dimentarías y otros que bajo este sistema ecológico constituyen alimentos libres de pesticidas, sanos y frescos sin aditivos ni químicos.

En cuanto al manejo de peces, las investigaciones en sistemas acuapónicos, con el manejo de diversas especies acuáticas identifican a la tilapia, trucha, perca, y otras de agua dulce. Sin embargo, la mayor parte de pescado acuapónico del mercado, es la tilapia (*Oreochromis niloticus*). Esta tendencia, es debido a que "estas especies crecen muy bien en tanques de recirculación, y además toleran las condiciones fluctuantes del agua, tales como el pH, temperatura, oxígeno y sólidos disueltos" (Haro, R., & Elizabeth, C., 2011)<sup>2</sup>.

Estos estudios han concluido en señalar que "la acuaponía es una alternativa viable para la producción de alimentos en ambientes donde el agua o el suelo son escasos y una forma para solucionar el problema de la disposición de los efluentes cargados de nitrógeno a la vez que contribuye a solventar la dificultad de obtención de fertilizantes para las plantas" (Mateus, 2009)<sup>3</sup>.

De lo anterior, se deduce que este tipo de sistemas puede ampliarse a escalas comerciales, alcanzar rentabilidad de la actividad productiva, ya que la producción de vegetales con mayor valor de venta al ser considerados como "productos ecológicos" (libres de químicos como pesticidas, fertilizantes, etc.), además de reducir gastos extras por fertilizantes para las plantas debido a que los nutrientes están contenidos en el flujo del agua que circula por el sistema.

Un sistema de acuaponía básico, tanto para zonas rurales como urbanas, puede funcionar

con una amplia escala de condiciones. Las unidades se pueden diseñar, modificar, adaptar y ajustarse en función de los propósitos o habilidades y, el interés del productor. No obstante, el éxito de un sistema de acuaponía depende de la selección del sitio, las condiciones climatológicas, manejo y calidad del agua, el mantenimiento y las labores diarias, y semanal que demanda el buen funcionamiento de la unidad acuapónica.



*Las familias manejan sistemas de acuaponía bajo un enfoque de seguridad alimentaria con la producción vegetales y cría de peces en la región sur de Honduras.*

## 3.2 Ventajas y desventajas de los sistemas de acuaponía

### 3.2.1 Ventajas

- a) La acuaponía posee ventajas sobre otros sistemas de producción, como el sistema de recirculación de acuicultura en el cual se debe cambiar hasta el 70% del agua de los estanques cada 18 a 36 horas y la cual

<sup>2</sup> [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) Acuaponía Hidroponía y Acuicultura Sistema Integrado de Producción de Alimentos. Haro, R., & Elizabeth, C., 2011

<sup>3</sup> IbisMateus, 2009



es enviada a afluentes y en el caso de los sistemas acuapónicos, se repone cada cuatro a seis días el agua perdida por efectos de la evapotranspiración.

- b) Los cultivos en acuaponía controlan la acumulación de nutrientes residuales procedentes de la acuicultura, lo que reduce el consumo de fertilizantes y agua, sin afectar la calidad y productividad de los cultivos, según se ha comprobado. La alimentación de los peces proporciona la mayor parte de los nutrientes requeridos para el crecimiento de las plantas.
- c) La producción simultánea de vegetales y peces saludables y de alta calidad, con lo cual se puede alcanzar una producción sostenible.
- d) Los sistemas acuapónicos como técnica de agricultura ecológica y muchos otros sistemas se vuelvan cada día más sostenibles para el autoabastecimiento de alimentos a nivel familiar, son un medio para contribuir a la seguridad y soberanía alimentaria. En un contexto de producción donde el uso desmedido de plaguicidas tienden a producir alimentos contaminados.
- e) La práctica denominada “cambio de agua”, es decir, el cambiar y vaciar por el desagüe cierta cantidad de agua del sistema, para luego introducir la misma cantidad o volumen de agua nueva. Esta sustitución se hace para reducir los niveles de algunas sustancias químicas disueltas en el agua, como los nitritos o los fosfatos. La tasa de agua de recambio puede oscilar entre 20-25% del volumen del tanque, el resultado es que los vertidos de aguas de las instalaciones acuapónicas prácticamente no tienen impacto negativo sobre el medio ambiente en virtud que, se realizan solo si se encuentran niveles muy altos de contaminación del agua.

- f) El bajo consumo y ahorro de agua, para producir 1 kilogramo de hortalizas acuapónicas, comparativamente con la cantidad de agua que se requiere para producir igual cantidad de vegetales cultivados en sistemas tradicionales de suelo.
- g) La obtención de 2 fuentes de alimentos e ingresos, plantas y peces, son una ventaja importante, ya que se comparten en la misma infraestructura, los costos iniciales y están integradas en el manejo del sistema.

### 3.2 Desventajas

- a) La estabilidad y los cortes del suministro eléctrico pueden poner en riesgo todo el sistema acuapónico al detenerse la recirculación del agua que lleva los nutrientes y el oxígeno. Después de 4 horas ininterrumpidas de fluido eléctrico, se ve afectada la oxigenación del agua y puede generar mortalidad en peces, pasadas las 10 horas se presentan problemas de estrés en sistemas radicales de las plantas por efecto de hipoxia y muerte de bacterias si la falta de circulación se da por más de 36 horas.
- b) La complejidad inicial del manejo simultáneo de 3 seres vivos: bacterias, peces y plantas en el sistema, hasta alcanzar un equilibrio que permita que los 3 elementos se mantengan en su óptimo balance y obtener producciones deseadas de peces y plantas, puede resultar complejo de alcanzar, sino se tiene asistencia técnica en los primeros momentos.
- c) Lo anterior, implica también aprender a manejar algunos parámetros del agua como el oxígeno, el pH, el amonio, los nitritos, nitratos y la temperatura, así como otros aspectos básicos de filtración del agua para su limpieza y asegurar la calidad.





d) Es importante decir que a excepción del equipo de bombeo que puede tener una vida útil de 3-4 años, el resto de las componentes y materiales utilizados superan los 10 años de funcionamiento.

### 3.3 Cantidad de alimentos a producir de peces y plantas

En la región sur, se manejan poblaciones de 60 peces ( $m^3$ ), después de haber validado otros rangos de densidades mayores entre 60-70 peces, se optó por la primera, por mejor comportamiento y rendimiento. Da una relación de 1 pez por cada 16.16 litros de agua, reduciendo así estos niveles en contraste a los aplicados en otras investigaciones en otras regiones.

Normalmente el ciclo promedio de tilapia es de 6 meses, con un peso aproximado entre 350 - 380 gramos, periodo que en la experiencia del proyecto, se redujo entre 3-4

meses, considerando que el alevín se ingresó con un peso inicial (PI) promedio de 20 gramos, alcanzando una ganancia de peso (GP) de 220 gramos a los 3 meses y 280 gramos de peso final (PF) a los 4 meses de sembrado.

La adquisición de alevines de cría, varía según genética, tamaño, peso y desde luego los precios por unidad. Es entendido que a menor tamaño, menor valor y a la inversa los costos suben, en lo que respecta a mortalidad, a menor tamaño los riesgos son mayores. Los proveedores certificados en el país, ofrecen toda una diversidad de tamaños de alevines desde menos de 5 gramos, hasta el mayor peso deseado.

Como resultado de la experiencia conducida con las familias, considerando la ganancia en peso final entre los 3-4 meses, se recomienda la adquisición y siembra del alevín de tilapia



*Las familias en los sistemas acuapónicos, obtienen la producción de peces y vegetales en forma permanente mejorando la dieta alimentaria.*





de al menos 5 gramos de peso, condición que reduce los porcentajes de mortalidad y el factor de climatización.

El componente de plantas, se maneja en 3 maceteras (3m<sup>2</sup>), con un plan de producción escalonado en siembras en cuadrantes y en forma combinada altas y porte bajo, igual que de fruto y de hoja. De las 15 especies de plantas establecidas en los sistemas, cultivos como pepino, chile pimiento, ayote criollo, frijol alacín y rienda, y otras de hoja, se observan buenos rendimientos. El pepino se sembró en monocultivo, igual que variedades criollas de ayote y otras de hábitos de crecimiento alto y que demandan de la práctica de tutorado.

#### *Manejo de peces:*

- Peso ganado tilapia (el alevín se sembró con peso de 20 gramos) y se comenzó a cosechar a los 220 gramos, alcanzando 320 gramos por pez.
- 60 peces por metro cubico de agua (1m<sup>3</sup>) peso inicial (PI) de 20 gramos de peso para que a los 4 meses, cosechar a 350, es decir un peso ganado (PG) de 330 gramos.
- Mortalidad del 9 %, que en promedio ocasiona la muerte de 5 a 6 peces.
- Consumo de peces: Inicia entre las semanas 10-12 después de la siembra, con un peso promedio de 220 gramos, para enseguida al final de los 4 meses, cosechar alrededor del 50% de los peces, alcanzando un peso promedio de 320 gramos.

#### *Calculo del peso/número total de tilapias*

Peso promedio 280 gramos/pez x 54 peces = 15,120 gramos

a) Analicemos cuantas libras de pescado se obtuvo en el ciclo:

Población manejada 60 tilapias, si tomamos el peso promedio diríamos que: el promedio de los peces es de 280 gramos, debido al consumo temprano de los primeros peces.

280 gramos x 54 peces = 15,120 gramos. = 33.30 libras

Una libra contiene: 453,592 gramos. Entonces 1 libra = 453.592 gramos, si las tilapias se comenzaron a cosechar entre los 220 a 320 gramos de peso significa que si lleváramos a los 6 meses el engorde podrían alcanzarse la libra de peso bruto.

Si una libra contiene 453.592 gramos y las tilapias se comenzaron a cosechar entre los 220 a 320 gramos de peso, en 6 meses de engorde, podrían alcanzarse la libra de peso bruto.

Tomando en cuenta 4 meses por ciclo de cría de la tilapia, en un año se tendrían 3 cosechas. 3 ciclos x 32.06 libras:= 99.8 libras.

#### *Producción anual*

Producción anual=45,360 gramos/45.36 kilogramos/99.8 libras. Esto equivale a un promedio de consumo semanal 1.92 libras de carne de pescado en la familia, con lo cual se diversifica la dieta alimentaria.

**Factor de conversión alimenticia para tilapia (FCA).** Este es un indicador de cuánto alimento consume un pez para producir cierta cantidad de carne. Este es un valor que entre más cercano a 1 (uno) se encuentre, es mejor para el productor (a).

La tilapia es el animal cultivado que mejor conversión alimenticia muestra, si se le maneja



adecuadamente. Sus factores de conversión aceptables dependen del cuidado que se tenga a la hora de alimentarlas, desde 1.2 hasta 1.5.

Las familias inician el consumo de las tilapias entre las semanas 10-12 con un peso promedio de 220 gramos; no obstante un buen porcentaje (50%) de los peces alcanzan los 320 gramos al final de los 4 meses. Partiendo de una población de 60 ejemplares, se multiplica el peso de cada tilapia en el momento de la cosecha por el número total de peces, menos la mortalidad esperada.

#### *Manejo de plantas:*

Se establecen al menos 5 ciclos de vegetales, con una producción aproximada de 6.6 libras

por  $1\text{m}^2 \times 3\text{m}^2$ . En tres camas o maceteras de cultivo de vegetales, se puede cosechar 19.08 libras entre plantas de hoja y de fruto por mes.

En una familia, que empieza en un sistema de al menos 5 ciclos de cultivo, podrá cosechar 79 libras x  $1\text{m}^2$  por año.

Los ciclos de cultivo son muy variables por el tipo de especies de vegetales, por lo que se pueden establecer producciones a 25, 30, 45 y 60 días que se consideran de ciclo corto. Otras, con mayores días para cosechar como el tomate, chile y varias de porte alto, reducen en número de ciclos por año.



*En el sistema se pueden obtener hasta cinco ciclos de cultivo de vegetales al año.*



## Sección IV.

### El Sistema Acuapónico

#### 4.1 Fundamentos del sistema de acuaponía

El fundamento básico sobre el que se sustenta el sistema de acuaponía, es el "ciclo del nitrógeno", ya que los desechos disueltos generados por los peces en forma de amonio (tóxico para las plantas) son llevados al filtro biológico. Es ahí, donde las colonias de bacterias (biofiltro), se encargarán de transformarlos en nitrato, el cual es una forma ya asimilable para las plantas.

Los peces liberan al agua sus desechos y materia orgánica (orina, heces, amoníaco por branquias, etc.), que son transformados en sales minerales por millones de bacterias y otros microorganismos beneficiosos. Estas sales minerales son nutrientes, "comida" para las plantas, que son absorbidos por sus raíces, eliminándolas por lo tanto del agua, que vuelve limpia a los peces para volver a iniciar este ciclo.

Precisamente, esta es una de las ventajas de este sistema de cultivo, además de ser muy productivo. Si se siguen las prácticas adecuadas y necesarias para ambos seres vivos, se puede implementar en zonas donde el agua y el suelo de cultivo sean limitados, así como espacios físicos disponibles en la vivienda.

Las bacterias actúan como "biofiltro". El agua abundante en nitratos, una vez el biofiltro haya alcanzado la altura del sifón, se vaciará el agua, hacia las camas o maceteras de cultivo y esta, será la encargada de propor-

cionar la humedad y nutrientes correspondientes a las plantas.

Las bacterias realizan muchas reacciones químicas para descomponer los desechos procedentes de los peces y de los restos de su alimento, destacando por su importancia el proceso de Nitrificación<sup>4</sup>. Esta reacción, es tan sustancial porque el amoníaco ( $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ ) que liberan los peces en la orina o por las branquias, es muy tóxico para los propios peces y hay que eliminarlo cuanto antes. Esto lo consiguen un tipo de bacterias, que lo transforman rápidamente a nitrito ( $\text{NO}_2^-$ ). Pero el nitrito también es muy tóxico, y otro tipo de bacterias lo convierten a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) disponible como nutriente para las plantas, como normalmente se encuentra en el agua.

En si con estas reacciones, se logra un proceso o mecanismo natural de transformación para volverlo productivo, sin alterar el mecanismo básico y natural que emplea la naturaleza para depurar el agua. Afortunadamente, varias especies de bacterias hacen ésta conversión. En particular, la especie de nitrosomonas, entre otras, convierten el amoníaco ( $\text{NH}_3$ ) en nitritos ( $\text{NO}_2$ ), mientras que especies de nitrobacter entre otras, transforman nitritos en nitratos ( $\text{NO}_3$ ). Figura 1.

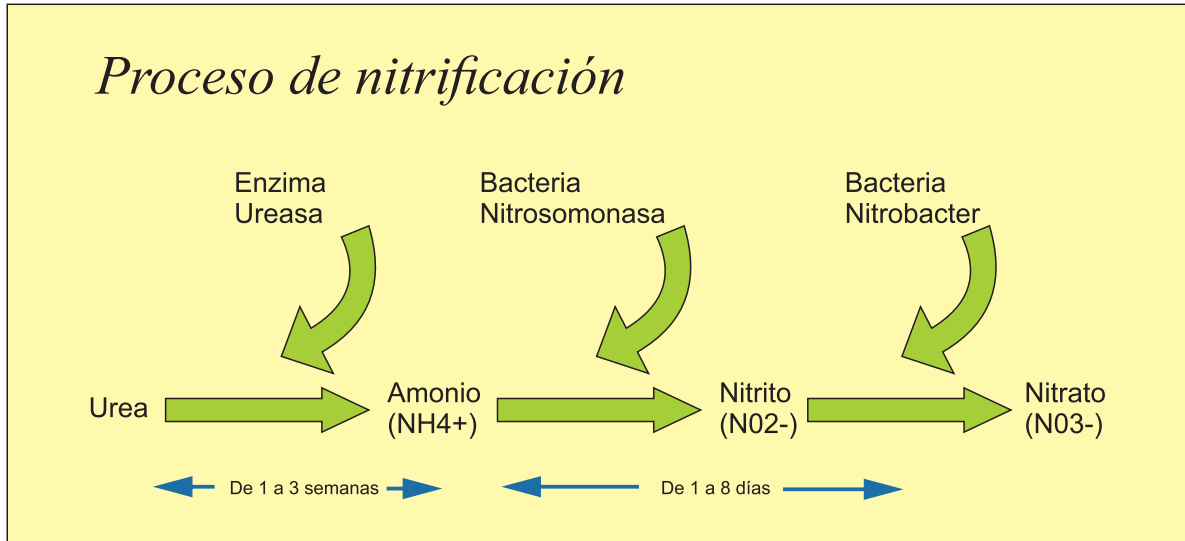
#### 4.2 Descripción del sistema de acuaponía

Los sistemas acuapónicos, pueden diseñarse y dimensionar su tamaño y capacidades de diferentes formas, sin embargo, se debe se-

<sup>4</sup> La nitrificación es la oxidación biológica de amonio con oxígeno para dar nitrito, seguida por la oxidación de esos nitritos a nitratos. La nitrificación es una etapa importante en el ciclo del nitrógeno en los suelos.



**Figura 1.** Proceso de nitrificación en la producción de nitrito, seguido por la oxidación.



guir un modelo general para el diseño que permita su correcto funcionamiento, identificando sus componentes básicos y trazando el sentido de circulación del flujo de agua.

Básicamente, un sistema se compone de uno o más contenedores o tanques para peces, seguido de un contenedor con estructura que permita una filtración mecánica (o remoción de sólidos) y posteriormente, uno con área suficiente para el proceso de biofiltrado. Luego de estas unidades para los tratamientos previos, están las camas o maceteras para el componente vegetal (o subsistema hidropónico), y luego un sumidero o colector de agua del sistema en el nivel más bajo, donde generalmente está instalada la bomba sumergible de agua que provocará la circulación del agua en el sistema. Figura 2.

Elementos principales que componen un sistema de acuaponía:

a) **Tanque o pecera para mantener los peces u otros organismos acuáticos:** Es

el espacio en donde se desarrollará la mitad del sistema y requiere un tamaño adecuado para el crecimiento y movimiento horizontal de los peces. Asimismo, debe tomarse en cuenta que el área del tanque es más importante que su altura, pues los peces se desplazan más en forma horizontal que vertical.

Debe ser fácil de limpiar y accesible para el momento de la siembra y cosecha. Estos tanques pueden ser desde peceras de vidrio o acrílicas, barriles plásticos, tanques plásticos tipo IBC o piletas de concreto y el volumen puede variar desde pocos litros de agua hasta varios metros cúbicos.

b) **Clarificador para remover las partículas:** Estas partículas son originadas a partir de los desechos de los peces, las algas y la comida no consumida. El clarificador puede ser un tanque de sedimentación o algún tipo de filtro de selección para que las raíces de las plantas, se protejan del acumulado de desechos orgánicos.





Las funciones de clarificar para remover partículas y de biofiltro, son asumidas por camas de sustrato, tal como se manejan las unidades promovidas en la experiencia del Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar. Una situación diferente, presentan los sistemas de balsa flotante y flujo laminar de nutrientes (NFT Nutrient film technique) donde existe la necesidad de colocar el biofiltro.

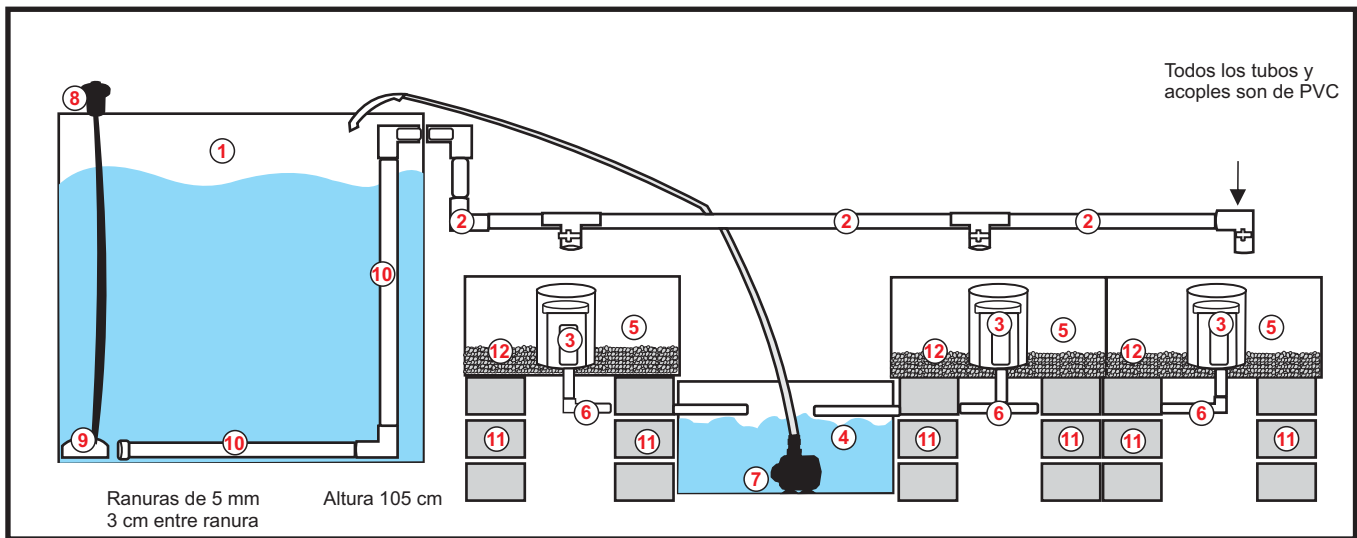
c) **Biofiltro:** Sirve para convertir el amonio tóxico liberado por los peces en nitrato inofensivo, el cual es un buen alimento para las plantas. Tres cosas son necesarias para la óptima operación de un biofiltro: a) Bacterias nitrificantes, las cuales se encuentran en los ambientes terrestres y acuáticos; b) Un sustrato para que las bacterias se adhieran (arena, grava, arcilla

etc.); y, c) oxígeno. La función de biofiltro la cumple el dispositivo preparado de tubería PVC en forma de L colocado en forma diagonal en el tanque de peces.

d) **Componente hidropónico o plantas:** Este se establece en camas o maceteras de siembra y crecimiento, donde las plantas están ancladas en el sustrato utilizado. El sistema de acuaponía implementado en la región sur consta de tres maceteras de plantas.

e) **Tanque reservorio:** Es donde el agua es recolectada para que sea direccionada de nuevo hacia el tanque de cultivo de peces (Rivara, 2000); y, posteriormente el agua pasa a las camas de crecimiento que pueden tener sustrato de capa delgada. El agua es enviada directamente de regreso

**Figura 2.** Partes del sistema de acuaponía instalado en la región sur de Honduras



- | Nº | Nombre                      |
|----|-----------------------------|
| ①  | Tanque para peces           |
| ②  | Tubería superior            |
| ③  | Sifón de campana            |
| ④  | Reservorio                  |
| ⑤  | Macetera de plantas         |
| ⑥  | Tubería inferior de drenaje |

- | Nº | Nombre                   |
|----|--------------------------|
| ⑦  | Bomba sumergible         |
| ⑧  | Bomba de aire            |
| ⑨  | Piedra difusora          |
| ⑩  | Filtro PVC en forma de L |
| ⑪  | Bloques de 8"            |
| ⑫  | Sustrato                 |



al tanque de peces o pasar primero por un sifón o sumidero que colecta el agua proveniente de todas las camas de crecimiento, para luego ser llevada nuevamente al tanque de peces y reiniciar el ciclo (Rakocy, 2007)<sup>5</sup>.

- f) **Sistema de bombeo:** También el sistema de acuaponía requiere de un sistema de bombeo compuesto por una bomba de aire y una bomba de agua sumergible.
- g) **Tuberías y válvulas manuales:** Para el manejo del agua y todo el movimiento de recirculación por los dos componentes, el de peces y el de plantas, las tuberías son el medio para el traslado constante del agua; la tubería superior y la tubería inferior de drenaje.
- h) **Sifón de campana:** Dispositivo construido de tubería de PVC para el manejo de los tiempos de llenado y vaciado del agua por los diferentes componentes del sistema.

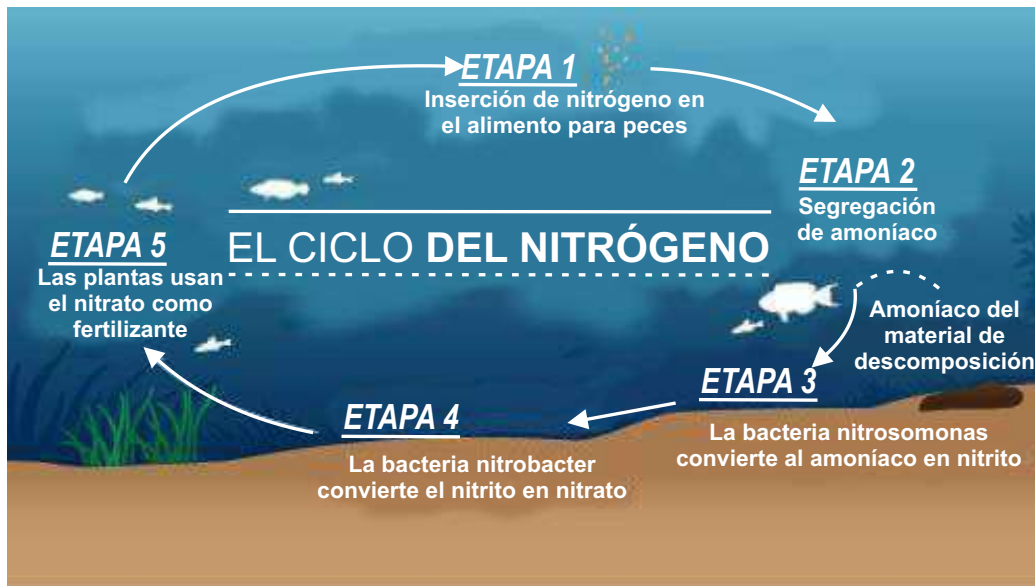
## 4.3 Características del sistema de acuaponía

### 4.3.1 Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno se puede encontrar formando varias combinaciones químicas, además como constituyente de moléculas orgánicas. Las que aquí interesan son: el amoniaco ( $\text{NH}_3$ ); el amonio ( $\text{NH}_4$ ), forma iónica de carácter básico; el nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y el nitrato ( $\text{NO}_3$  forma iónica de carácter ácido). Estas combinaciones se encuentran disueltas en el agua de los estanques para peces de la acuacultura y pueden ser utilizadas por las plantas, a excepción del nitrito, para la síntesis de sus proteínas.

*Las bacterias:* Las bacterias nitrificantes, se encuentran en los ambientes terrestres y acuáticos. Un sustrato para que las bacterias se adhieran (arena, grava, arcilla, etc.) y el

**Figura 3.** Etapas en las cuales se desarrolla el ciclo del nitrógeno.



<sup>5</sup> Rakocy J. 2007. Aquaponics: integrating fish and plant culture.





oxígeno. Las bacterias son organismos quimiolitotróficos (organismos que obtienen la energía de la oxidación de compuestos inorgánicos), que incluyen especies de los géneros: Nitrosomonas, Nitrosococcus, Nitrobacter y Nitrococcus.

Los compuestos inorgánicos son aquellas mezclas que están formadas por distintos elementos, pero que su componente principal no siempre es el carbón, siendo el agua más abundante.

*Nitrosomonas*: Es un género de bacterias elipsoidales del suelo. Son importantes en el ciclo del nitrógeno, por transformar amoníaco ( $\text{NH}_4$ ) a nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y así obtienen su energía de la quimiosíntesis, la cual consiste en la síntesis de APT a partir de la energía que se libera en reacciones de compuestos inorgánicos reducidos.

*Nitrobacter*: Son microorganismos que consumen nitritos y producen nitratos, un elemento menos tóxico y tolerado por los peces.

*Nitrosococcus*: Es un género microbiológico comprendiendo bacterias elipsoidales del suelo.

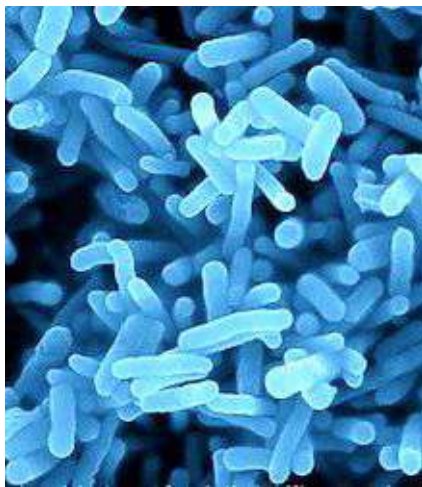
#### 4.3.2 Condiciones importantes en el manejo de bacterias

Las bacterias nitrificantes, pueden trabajar adecuadamente en intervalos de pH entre 6 y 8,5.

Tanto las bacterias nitrobacter como nitrosomonas, se comportan mejor a pH más cercano a 8; debido a que el pH en el resto del sistema no puede ser tan elevado, se prefiere el manejo en intervalos entre pH 6 y 7 para no inducir alteraciones, aunque el rendimiento del sistema sea menor.

La temperatura óptima para las bacterias, se sitúa entre los 17-34°C; no obstante, se debe considerar la posibilidad de atemperar el agua en los meses más fríos, para que la productividad del sistema no disminuya.

Las bacterias nitrificantes, requieren adecuados niveles de oxígeno disuelto (DO) en el agua para crecer correctamente. Los niveles óptimos de DO para el crecimiento bacteriano se encuentran entre 4 y 8mg/l. Estos niveles, también son óptimos tanto en los tanques de peces como para el crecimiento de las plantas. Por ello, no requiere ninguna adaptación



Tipos de bacterias de la familias nitrosomonas muy importantes en el ciclo del nitrógeno



adicional en otras zonas de la instalación. Se afirma, que "si el DO cae por debajo de 2mg/l se produce una parada del biorreactor sistema que mantiene ciertas condiciones ambientales propicias (ph. temperatura, concentración de oxígeno, etc.) al organismo o sustancia química que se cultiva"(Somerville, 2014)<sup>6</sup>.

En la experiencia en la región sur, se obtuvo un buen crecimiento y proliferación de bacterias nitrificantes, y desde luego la oxidación del amonio ( $\text{NH}_4$ )/ amoniaco ( $\text{NH}_3$ ) a nitritos ( $\text{NO}_2$ ) y de estos a nitratos ( $\text{NO}_3$ ), que es la forma asimilable para las plantas, aplicando como practica el dejar operar el circuito con agua en recirculación constante, sin peces ni plantas durante un periodo 8-10 días. El amonio es el principal desecho producido por los peces, este es el subproducto de la digestión de proteínas por la síntesis de los aminoácidos.

#### **El pH debe ser ajustado lentamente:**

Algunos aspectos que se debe saber acerca de pH:

El intervalo de pH óptimo para nitrosomonas es ..... 7.8 - 8.0

El intervalo de pH óptimo para nitrobacter es..... 7.3 - 7.5

En un pH por debajo de 7.0, el crecimiento se ralentiza para las nitrosomonas y un aumento en amoniaco puede ser más aparente.

En un pH de 6.5, el crecimiento de las nitrosomonas es muy inhibido.

Un pH por debajo de 6.0, inhibe toda nitrificación.

## **4.4 El sistema de bombeo**

Para garantizar una aireación y circulación del agua adecuada en el sistema de acuaponía, se requiere de usar bombas de agua y de aire, para asegurar que el agua tenga altos niveles de oxígeno disuelto y un buen movimiento de agua para que las tres poblaciones, bacterias, plantas y peces se mantengan sanos.

Para los componente vivos del sistema, es prudente mantener el agua entrante tan próxima como sea posible a la saturación total de OD (100 %), quiere decir a su máxima solubilidad a una dada temperatura por lo que sin duda, la aireación es el tratamiento del agua más apropiado en el crecimiento de peces.

### **4.4.1 La aireación en el sistema**

En el agua el oxígeno disuelto (DO), se logra a través de la aireación y los peces lo requieren para su sobrevivencia y desarrollo, además, las plantas se ven beneficiadas ya que previene la muerte de raíces por estar sumergidas. Esta parte del sistema, debe estar funcionando de manera constante sin interrupciones.

Para ejecutar esta función, hay que acudir al uso de equipo como bombas de aire. Por ejemplo, para una efectiva aireación de un sistema de 1000 -1500 litros de agua, que son los manejados en el sur del país, se utilizó una bomba de aire de 10 watt, con una salida de 8 l/por minuto, lo que facilita obtener niveles óptimos de oxígeno en agua para la población de peces establecida (50-60 peces).

---

<sup>6</sup> Producción de alimentos acuapónicos a pequeña escala: cultivo integrado de peces y plantas C Somerville , M Cohen, E Pantanella FAO, 2014



En ello, también cuando la carga de agua que rompe la lámina producto del empuje de la bomba de agua cuando retorna al tanque de cría de peces, contribuye a la oxigenación de los tanques, igual que la caída de agua de las maceteras al reservorio, favorecen al oxígeno disuelto en agua para que oscile entre 4-5 mg/l. Se le conoce como oxígeno disuelto, al nivel de oxígeno libre presente en el agua, el cual llega al agua por medio del aire o como subproducto de una planta marina (como fitoplancton y algas) a través de procesos como la fotosíntesis. En el primer caso, se distribuye de manera progresiva a lo largo de la superficie acuática o por medio de la aireación.

En los sistemas implementados, la bomba de agua está conectada a una manguera y mediante el uso de una piedra difusora, se esparce el oxígeno en cientos de burbujas para mejorar la distribución y oxigenación del tanque. La piedra difusora se encuentra en el fondo del tanque de peces de manera que ayude que la dispersión del oxígeno fluya de abajo hacia arriba.

#### 4.4.2 La recirculación del agua en el sistema

El movimiento del agua es fundamental para conservar ambos sistemas en funcionamiento; este es realizado por una bomba de agua que normalmente es sumergible. Las capacidades y características de las bombas en el comercio son muy extensas y la selección de la más adecuada dependerá del número de tanques, camas o maceteras y la cantidad de agua a utilizar.

*Funcionamiento del sistema de flujo y reflujo:* El proceso de flujo de agua, está diseñado para bombear agua a las maceteras de plantas en intervalos que generalmente se dan entre los 45-50 minutos mediante un auto

sifón. Al usar un auto sifón, la bomba de agua funciona continuamente e inunda y drena hacia afuera de la cama o macetera de cultivo una vez que este se llena.

*Tiempos de llenado y drenaje:* No hay un tiempo específico de llenado y de drenaje, esto se determina por el tamaño de la macetera de plantas y la capacidad de la bomba de agua, que por lo general el llenado ocupa de 45 minutos y el vaciado entre 6 - 9 minutos. Durante este período de tiempo, la macetera de plantas se llena de agua y cuando alcanza su nivel (23 cm), se vacía por el tubo de desbordamiento y llega de nuevo al tanque de peces.

En las unidades implementadas en el sur de Honduras, el sistema establece un flujo continuo y eficiente del agua que se origina por el rebose del tanque de peces que al alcanzar el nivel de llenado, se transporta a través de tubería de PVC de 2 pulgadas y se distribuye en las 3 camas o maceteras, depositando unos 200 litros de agua en cada una. Al llegar el agua a ese volumen, se accionan de forma automática los sifones de campanas (colocados uno por macetera), pues constituye el mecanismo que controla el llenado y vaciado de las camas, el cual es operado por un efecto de vacío.

El agua derivada de las camas o maceteras que es drenada por los sifones, se redirige por tubería de PVC de una pulgada y es depositada en el tanque reservorio, depósito diseñado para recolectar agua y distribuirla enseguida en la pecera, mediante la bomba sumergible de 25 wats, lo cual hace posible el llenado del tanque de peces y que se inicie de nuevo el ciclo de la recirculación.

El proceso de recirculación da pie para mantener y establecer el ciclo de nitrógeno que es indispensable para el manejo del sistema y





el accionar del sifón de campana en las camas de cultivo, además de drenar agua a las camas para mantener las condiciones deseadas en las 3 zonas del sustrato: zona seca, zona húmeda y zona inundada.

#### 4.5 Manejo de la calidad de agua en el sistema

El manejo de los parámetros de calidad de agua, es la primera condición para garantizar la producción acuapónica y asegurar el bienestar/salud de los peces y cumplir con las necesidades de las plantas.

El agua es vital en un sistema de acuaponía. Seis parámetros se convierten en los indicadores para establecer si la de calidad o no del agua es la adecuada: Oxígeno disuelto (5mg/litro), pH (6-7.5), temperatura (18-30°C.), amonio (<0.1), nitrito(<0.1) y nitrato (1.5-2).

**Oxígeno disuelto:** El primer parámetro a considerar es el oxígeno disuelto, ya que su ausencia puede causar muerte de los peces en pocas horas, disminuir el proceso de nitrificación y provocar asfixia de raíces. En este sentido, es importante tener un nivel de aireación adecuado en el sistema, el cual deberá estar por encima de 3 mg/l, aunque lo deseable son el tener 5mg/l o más.

**pH:** El pH interviene en la asimilación de nutrientes por parte de las plantas y mantiene condiciones óptimas para los peces; el nivel ideal está determinado por el tipo de plantas y pez a utilizar. En los sistemas es muy común que el agua se acidifique, pero el problema de pH bajo no debe ser corregido con el uso de bicarbonato de sodio, porque tiende a acumular sales de sodio que resultan tóxicos para las plantas.

**Fuente de suministro del agua al sistema:** Es importante analizar la fuente de donde

proviene el agua o los suministros para el mantenimiento de los niveles necesarios que demanda el proceso de producción en el sistema. En la región sur los sistemas se conectaron a la red pública o red municipal, es decir, se utilizó agua clorada. En este caso, para eliminar este gas disuelto en el agua, se deja en reposo el agua que se incorpora al sistema en reposo para que se volatilice durante 4-6 horas antes de introducir los peces.

En forma más reciente, se ha introducido con estos fines el uso de cloraminas y como se da la liberación de gas, lo cual debe tenerse presente, ya que antes de añadir las bacterias o peces a su sistema de acuaponía, todo el cloro debe estar completamente "desgasificado".

Tal como se recomienda el cloro debe estar desgasificado, para lo cual se deja reposar el agua durante varios días o también se puede hacer por burbujeo por una o dos horas usando una bomba de aire.



*El manejo de varios parámetros del agua, constituye una de labores de mayor atención para alcanzar el buen funcionamiento del sistema de acuaponía.*



## Sección V.

### Diseños y Tipos de Sistemas de Acuaponía

Existen varios modelos diferenciados para el montaje de un sistema acuapónico, partiendo de la base general del sistema de recirculación de agua (SRA). La diferencia radica básicamente por el componente hidropónico del sistema. Estos métodos de cultivo hidropónico se denominan: i) Técnica del Film Nutritivo (o NFT, de las siglas en inglés Nutrient Film Technique); ii) Cultivo de aguas profundas (o balsas flotantes); y, iii) Lechos de sustratos. Cada uno de estos modelos, presenta características diferentes, por lo que mantienen ventajas y desventajas uno respecto del otro; factores que deben ser considerados al momento de seleccionar el sistema que resulte más apropiado para su establecimiento según el propósito de producción.

En la región sur, se optó por el manejo de sustratos, por la naturaleza de la producción de baja escala, los costos y acceso al tipo de materiales. En el comercio, se pueden adquirir una variedad de sustratos que se utilizan para el desarrollo de cultivos hidropónicos, los que se pueden emplear solos o mezclados.

En los sistemas con las familias, se utilizaron sustratos del tipo inorgánico como arcilla expandida (ladrillo y teja) en partículas no mayores a 1-2 cm de tamaño, así como grava y arena de río, considerando factores como disponibilidad, costos y retención de humedad. Se validó el uso en forma combinada; grava + teja + ladrillo (arcilla expandida) y grava + arena, obteniendo muy buenos resultados con diferentes especies de plantas de hoja y de fruto.

#### 5.1 Técnica del Film Nutritivo ( NFT)

Este método se basa en el montaje de caños agrupados, que pueden ser de distintas longitudes y diámetros, utilizados como canaletas en las que corre una fina película de agua, con solución nutritiva, para luego volcarlas en un reservorio; de tal forma que fluyan hacia el sistema nuevamente. Dichas cañerías (generalmente plásticas), poseen agujeros donde se colocan los vegetales en algún recipiente plástico rasurado, manteniendo suspendidas sus raíces en contacto con la película de la solución circulante. Figura 4.

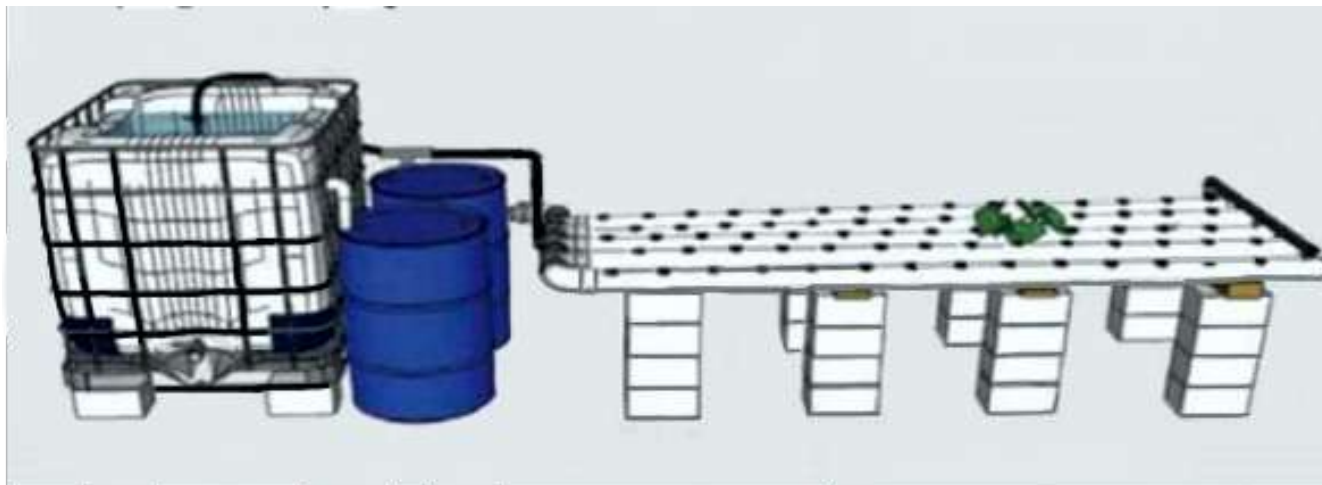
El NFT es muy utilizado en hidroponía, tiene gran versatilidad y práctico a la hora de su establecimiento, pudiéndose inclusive, diseñar sistemas verticales que permiten un aprovechamiento mayor del espacio en áreas reducidas, obteniendo así, altos rendimientos de producción por superficie. Tiene además, una ventaja, en cuanto a la buena oxigenación, al estar la película del agua en contacto con abundante aire dentro de las canales.

Este sistema es indicado para plantas que no requieran de mucho sostén, como ejemplo, lechugas, perejil, o demás especies denominadas "de hojas". Es una técnica que utiliza el menor volumen de agua (aproximadamente del volumen de balsa flotante y de lechos de sustratos), por lo que es el más propenso a fluctuaciones térmicas y otras variables como el pH. Esta diferencia de volumen, también suele provocar una concentración mayor de nutrientes en el agua que en los otros sistemas, por lo que se debe considerar de





**Figura 4.** Diseño a baja escala de sistema NFT



importancia al momento de evaluar el balance de cargas del sistema a través de un monitoreo minucioso de la conductividad eléctrica.

Debido a la escasa superficie de contacto del agua en las canaletas para la colonización por las bacterias nitrificantes, comparadas con las otras técnicas, los cultivos que emplean NFT requieren un diseño por separado de ambos tipos de filtros previo al paso del agua por las canaletas, tanto de tipo mecánico para separación de sólidos como biológico, a fin de una correcta nitrificación.

### 5.2 Cultivo en Balsa Flotante

Los cultivos de aguas balsas flotantes o también llamados de “aguas profundas”, se caracterizan por el gran volumen de agua que hace las veces de reservorio del sistema, además de alojar al componente vegetal del mismo.

Estos reservorios, pueden construirse con cajones de madera, bateas, artesas, etc., los

que se llenan enteramente, y flotando en ellos, se colocan láminas de durapax (poliestireno) u otro material similar, en el cual se realizan perforaciones que alojen, en recipientes rasurados, los vegetales a cultivar.

### 5.3 Lechos de Sustratos

La modalidad de camas de sustratos, tiene similitudes con el cultivo de aguas profundas en las estructuras, excepto que aquí los lechos se encuentran enteramente llenos de algún tipo de material inerte (partículas), elemento que brindará una serie de beneficios al sistema.

También el sustrato cumple la función de filtración mecánica, donde el mismo es utilizado para la retención de sólidos provenientes del tanque de peces, aunque de esta forma, el sistema no tolerará una alta carga de peces; esta situación lo cataloga poco viable para una escala de producción comercial. De esta forma, el sustrato, tiene propiedades para retener y liberar nutrientes contenidos en los sólidos capturados; favoreciendo en diferen-





*Tipo de sustratos y dispositivos de sifón de campana utilizado en la técnica de lecho de sustrato*

tes grados el proceso de mineralización dentro del sistema.

Otra función muy determinante por el tipo de especies de plantas y hábito de crecimiento es el sustrato, que sirve de soporte (anclaje) a las plantas, de mucha utilidad máxime en el caso de vegetales de fruto (que necesitan sostén por su peso), como tomate, chile pimiento, o especies rastreras, como el zapallo, melón y otras con tubérculos como remolacha, cebolla, por citar algunas.

Los análisis de los sistemas de sustratos indican que "pueden ser manejados con flujo

continuo o por pulsos de inundación. Acá, el lecho es inundado y vaciado de manera constante. Los pulsos de inundación son muy recomendables, ya que al ingresar de manera continua aire, sustrato, se garantizan las condiciones de oxígeno necesarias para el proceso de nitrificación" (Lewis, et al. 1978; Rakocy, 1984)<sup>7</sup>. Considerando estas experiencias y los resultados el Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar, se desarrolló esta práctica en el manejo del sustrato, utilizando materiales locales, como ladrillo y teja triturado, lo cual permite mejorar la aireación del sistema radicular de las plantas.

<sup>7</sup> Aquaculture Production Systems Lewis et al. 1978; Lewis et al. 1980; Sutton & Lewis 1982; 1984; Rakocy 1984)



## Sección VI.

### Componentes del Sistema de Acuaponía

#### 6.1 Tanque para peces o pecera

Es el medio o espacio en donde se desarrolla la mitad del sistema acuapónico y que requiere un tamaño adecuado para el crecimiento y movimiento de los peces. No es recomendable el uso de estanques subterráneos, también, se deben preferir aquellos materiales plásticos por su durabilidad, aunque se pueden reseca cuando la incidencia del sol es directa. El color del tanque puede influir de dos maneras; la primera al ser un material claro ayuda a observar mejor el estado general, sin embargo, la incidencia de luz provoca el crecimiento de algas; y, el segundo aspecto, es la coloración externa que puede captar más de energía solar generando calor, caso contrario de menos en el color negro.

##### 6.1.1 Tipo de unidades para tanque de peces o pecera

Las unidades para tanque de peces o pecera de crecimiento, deben seleccionarse cuidadosamente, debido a su incidencia en el costo total de la unidad acuapónica.

En la definición del tipo de unidades, su forma, tipo de material en su composición y el color, serán determinantes en el funcionamiento y durabilidad. Estos, deberán cuantificarse según el plan de manejo preestablecido (cultivo por lotes, escalonados, cohortes o unidades múltiples, etc.). Así, estos deberán contar con buenos sistemas de drenajes, de carácter individual, que permitan su limpieza y el mantenimiento de las unidades por separado.

El tipo de contenedores para peces de materiales plásticos o de fibra de vidrio, son

recomendados por su durabilidad; aunque sobre los primeros, deberá considerarse la incidencia de rayos ultravioleta (UV), ya que estos resecan su superficie y composición, provocando su fácil destrucción ante eventuales golpes.

Los colores claros en la composición y el material de los tanques, favorecerán en el contraste destinado a la observación y control general de los peces (comportamiento, sólidos, restos de alimento), aunque las experiencias señalan que deberá considerarse la incidencia de la luz y el efecto no deseado de proliferación de algas dentro del sistema; por lo que se sugiere evitar la transparencia del material. Por otro lado, la coloración externa de los tanques, incidirá sobre la temperatura, al captar más o menos la energía solar; por lo que pueden pintarse con colores claros, evitando el calentamiento, o colores oscuros en el caso de querer captar el calor.

En el componente de peces, se debe tener presente que el crecimiento y la actividad de los peces dependen de la temperatura de sus cuerpos. La temperatura del cuerpo de los peces, es aproximadamente la misma que la del agua y varía con ella. El rango óptimo de la temperatura es de 28- 32°C, tiende a tener efectos sobre el oxígeno disuelto (DO) y también en la toxicidad (ionización) del amonio; las temperaturas altas causan menos oxígeno disuelto y más amonio desionizado (tóxico). Tabla 3.

Por la naturaleza de las producciones y comunidades en el Sur de Honduras, se utiliza el tanque plástico tipo IBC (por sus siglas en inglés Intermediate bulk containers), reutilizado con una capacidad de 1000 litros (1m<sup>3</sup> de agua), de





**Tabla 3.** Condiciones importantes en la cría de peces

Especie	Temperatura (°C)	Total Amonio (mg/litro)	Nitritos (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Oxígeno disuelto (mg/l)	Proteína bruta alimentación (%)
Tilapia	28-32	<0.1	<0.1	1.5-2	05-sep	23-30

**Fuente:** Tomado de Manual Acuaponía: Producción de Plantas y Peces, FAO, 2014.

forma cuadrada y con una leve ovalación en sus esquinas, viene recubierto con un reforzamiento de barras de metal para que el líquido (agua) en su interior no deforme el depósito, el cual se adapta a la confección de los depósitos.

El tanque de peces, se confecciona de uno de los tres tanques utilizado en todo el sistema. Las medidas para el tanque de peces o pecera son de 1.10 m x 90 cm x 1m, con una capacidad de 1000 litros de agua, para el manejo de una densidad de 60 peces por m<sup>3</sup>, incorporando al sistema una fuente de aireación

## 6.2 Maceteras para componente de plantas

También los contenedores para las camas o maceteras, son de material de plástico resistentes, como tanques tipo IBC, de forma cuadrada, aunque en el comercio los hay de forma rectangular o circular. Para el sistema implementado, se requieren dos tanques para confeccionar tres camas o maceteras de las que se compone el sistema.

Estos contenedores no suelen tener más de 30 cm. de profundidad, ingresando el agua por uno de sus extremos y drenando por el



*En la construcción de los depósitos para los componentes del sistema de acuaponía a escala baja, se requiere de tres tanques tipo IBC de 1000 litros.*





opuesto, retornando así, al reservorio. En su llenado, se utiliza sustrato inerte que sirve de sostén o anclaje a las plantas, como ladrillo o teja triturada y grava de río.

**Maceteras y colores:** Los colores y la temperatura están directamente relacionados. Cuanto más oscuro sea un objeto mayor será el calor que absorba en regiones donde el calor ambiente es alto puede alterar el agua y el sustrato provocando un efecto negativo en las bacterias nitrificantes, por lo que el color negro, se recomienda en zonas donde la temperatura ambiente es menor a 28°C ya que las bacterias nitrobacter crecen en temperaturas optimas de 20 - 30°C Centígrados.

**Dimensiones de la macetera:** Todo recipiente destinado al área de siembra, tiene que tener como mínimo una profundidad de 30cm para el desarrollo radicular y el buen funcionamiento del sifón de campana. La cantidad y tamaño del espacio de siembra, está regida por el área y la cantidad de peces que resulta adecuada a su capacidad y dimensiones.

En el diseño implementado en la región que, consta de tres maceteras construidas de dos tanques IBC. El tamaño de cada macetera es de 1m. de ancho x 30 centímetros de profundidad, con una altura del sifón de 23 cm, que en conjunto suman una superficie de 3m<sup>2</sup> con una cubierta de agua de 200 litros por macetera.

En las maceteras, se estableció la siembra en cuadrantes, en forma combinada entre vegetales de hoja y de fruto, haciendo plantaciones en forma escalonada, llegando a alcanzar hasta cinco ciclos de cultivo al año.

**Llenado de la macetera:-** El llenado de sustrato, tiene que alcanzar de 1-2 pulgadas arriba del nivel del agua. La altura del sifón de

campana es de 23 cm, por lo que solo se debe llenar unos 28 cm de sustrato en la macetera. Al momento del llenado, se debe de tener el cuidado de hacerlo sujetando el sifón de campana para que en la incorporación del sustrato no remueva de su lugar, la posición idónea del mismo.

Se recomienda que después de cada ciclo de cosecha, se debe hacer mantenimiento del área de producción de vegetales, retirando la materia orgánica del cultivo anterior (raíces, tallos, hojas), para evitar su descomposición o adquieran algún tipo de hongo que afecte el sistema y la sanidad de los peces. Además, es conveniente revisar el sifón de campana como parte del proceso de mantenimiento post-cosecha.

**Tipo de sustrato utilizado:** En la experiencia se utilizó como sustrato el ladrillo y teja triturada (arcilla cocida), accesible para las familias, con muy buena capacidad de retención de humedad (72%), encontrando que el desgaste por erosión hídrica, se presenta de forma más frecuente en comparación cuando se utiliza piedra de río o piedra volcánica, por ser esta última de mayor dureza. Se concluye, que en caso de sustratos de arcilla, esta deberá ser renovada al menos cada 3- 4 años en igual proporción que la inicial.

El uso combinado de grava, teja o ladrillo triturado en partículas de 2 cm, aprovechando remanentes locales de sustratos con alta retención de humedad. La proporción aplicada es de 20 % del sustrato requerido en la macetera, el cual debe ubicarse en la superficie. En las experiencia del uso combinado de sustratos, se validó la proporción de 80% de grava en el fondo de cada macetera combinada con un 20% de teja o ladrillo triturado en partículas de 1-2 centímetros de tamaño.



En transcurso del tiempo el sustrato de las maceteras sufre de erosión hídrica, y con ello, un desgaste sobre los materiales duros de la superficie terrestre ejercida por el agua (Raffino, 2020)<sup>8</sup>. Al presentarse este fenómeno, los niveles de retención del sustrato bajan por lo que resulta necesario incorporar un nuevo material para mantener el nivel de las maceteras.

### 6.3 Reservorio en el sistema de acuaponía

El reservorio es el recipiente diseñado para recolectar el agua que viene del proceso de filtración de sólidos, realizado por el sustrato; el agua es depositada en el reservorio por la acción del sifón de campana y distribuida por tubos de drenaje de cada macetera (área de cultivo). Posteriormente el agua es incorporada al tanque de peces impulsada por una bomba sumergible (1500 litros/hora), colocada al interior del contenedor.

El reservorio constituye el medio donde se podrá incorporar el agua que se perdió por evapotranspiración, entendida como la suma de dos fenómenos que tiene lugar en la relación cultivo-sustrato, la transpiración del cultivo y la evaporación del sustrato, constituyendo la reducción fundamental de agua, que sirve para calcular la necesidad de agua de los cultivos. La incorporación de agua al reservorio será dependiendo de la evapotranspiración, la que se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la reducción de agua por transpiración de la vegetación. La evapotranspiración, se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

En la experiencia del sur del país, el reservorio también se utilizó como depósito de transición

del ciclo de tilapia, para mantener los peces hasta que alcancen su tamaño de consumo (área de engorde), esta práctica sirve para liberar el espacio que ocupaban anteriormente (tanque de peces) para una nueva siembra de alevines, con lo cual, se realizan siembras de forma escalonada para una producción de peces continua.

### 6.4 Componentes biológicos del sistema: Biofiltros naturales

#### 6.4.1 Función del sifón de campana

El sifón de campana, es un dispositivo que va colocado en las maceteras de cultivo (área del sustrato donde se desarrolla todo el tejido radicular de la planta), cuya función es controlar el llenado y vaciado de agua de las camas de producción de vegetales. Sirve para proporcionar a las plantas en un primer momento, abundante agua con nutrientes y en segundo lugar oxigenar las raíces, así crecerán más rápido, saludables y fuertes.

En la estructura del sistema de acuaponía, el sifón de campana está formado por una tubería de PVC (las siglas PVC significan cloruro de polivinilo, un plástico rígido de muchos usos), de 4 pulgadas de diámetro y 35 cm de alto. Este primer tubo sirve de protección para la campana del sifón, el cual posee en su estructura varias semi ranuras separadas, las que sirven para que circule el agua, y a la vez, evitar que pase sustrato y que se obstruya el sifón de campana. Tiene una pequeña abertura de una separación de 2 pulgadas del fondo del tanque, por la cual circula el agua, creandose un vacío, drenandola y dejando solo 2 pulgadas de agua en su base para el crecimiento de las bacterias.

En la experiencia del Proyecto sobre el sifón de campana, se comprobó que la diferencia

<sup>8</sup> Raffino, M. E. (12 de Febrero de 2020). concepto. Obtenido de <https://concepto.de/erosion-hidrica>



entre la campana y el tubo de protección, es conveniente dejar una separación entre 1-2 cm, para facilitar las labores de mantenimiento de la campana.

#### **Zonas que distribuye el sifón de campana:**

La condición de inundación y drenaje, crea tres zonas separadas que pueden ser consideradas micro ecosistemas, que se diferencian por el agua y oxígeno contenido. Cada zona hospeda un grupo diverso de bacterias, hongos, microorganismos, gusanos, insectos y crustáceos. Una de las más importantes es la bacteria nitrificante utilizada para biofiltración, pero hay muchas otras especies de microorganismos que también tienen una función en la descomposición de desechos de los peces.

*Zona seca:* La forman entre los 2-5 cm superiores del lecho, la cual funciona como una barrera de luz, evitando que la luz golpee el agua de forma directa, lo que puede provocar el crecimiento de algas. Con esta zona, se previene el crecimiento de hongos y bacterias dañinas en la base del tallo de la planta, que puede causar pudrición del collar y otras enfermedades. Otra razón para mantener una zona seca, es minimizar la evaporación cubriendo la zona húmeda de forma directa y ligera. Además, las bacterias beneficiosas son sensibles a la luz solar directa.

*Zona húmeda:* Esta es la zona que tiene humedad y un alto intercambio de gases. En inundación y drenaje, ocupa un espacio de 15-20 cm donde se encuentra la cama de inundaciones y los desagües intermitentes. Si no utiliza técnicas de inundación y drenaje, esta zona será el camino para que el agua fluya a través del medio. La mayoría de la actividad biológica ocurre en esta zona. El desarrollo del sistema radicular, la colonización de las bacterias beneficiosas, y los microorga-

nismos beneficiosos, están activos en esta zona. Las plantas y los peces reciben su agua, nutrientes y oxígeno debido a la interfaz entre el aire y agua.

*Zona Inundada:* Esta zona, ocupa la parte inferior de 3-5 cm de la cama, permanece húmeda. En esta zona, los pequeños residuos sólidos en partículas se acumulan y, por lo tanto, los organismos que son más activos en mineralización se encuentran aquí. Estos incluyen bacterias heterotróficas y otros microorganismos, los cuales son responsables de descomponer los desechos en fracciones más pequeñas y moléculas, que pueden ser absorbidas por las plantas a través del proceso de mineralización.

#### **6.4.2 Uso de sustratos**

Dentro de las definiciones de sustrato, se señala que "es aquel material sólido diferente a la tierra que puede ser el resultado de procesos naturales de origen mineral o residuos orgánicos, que se coloca en un recipiente y que sirve de medio de soporte para las raíces de las plantas" (INFOAGRO,2007)<sup>9</sup>.



*Cada zona en la macetera de cultivo cumple su función dependiendo de sus niveles de manejo de la humedad .*

<sup>9</sup> www.infoagro.com Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas - INFOAGRO, 2007.







Sustrato de ladrillo



Sustrato de grava



Sustrato de teja

*Algunos tipos de sustratos de muy buenos resultados en sistemas acuapónicos.*

Físicamente el sustrato es un medio sólido e inerte que da soporte a las plantas; su función principal es proteger a las raíces de la luz y permitir que tengan una correcta aireación, asimismo, ayuda a retener el agua y aporta los nutrientes que las plantas necesitan para su crecimiento. Tabla 4. El sustrato sólido debe reunir algunas características como las siguientes:

*Inerte:* No debe contener residuos de materia orgánica, macro o microorganismos, y no debe reaccionar a la adición de la solución nutritiva.

*Buen drenaje:* Debe retener la humedad de tal manera que las plantas crezcan bien y facilitar el paso del exceso. De esta manera, las plantas siempre dispondrán de la cantidad de agua necesaria para su normal crecimiento.

*Buena aireación:* Debe facilitar la aireación de las raíces y el crecimiento de las mismas. Con ello se logra un buen desarrollo de las plantas.

*Reutilizable:* Debe permitir su reutilización, una vez lavado y desinfectado, para disminuir los costos de reproducción.

**Tabla 4.** Tipos de sustratos para sistemas acuapónicos

Tipos de sustratos	Retención de humedad (%)
Permiculita	63%
Vermiculita	69%
Arcilla expandida (teja o ladrillo)	72%
Lana de roca	78%
Piedra pómez	38%
Grava	17%
Roca volcánica	49%
Arena de río	56%

**Fuente:** Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.





El sustrato, se puede utilizar en mezcla y en combinación. Se sugiere considerar su condición, tamaño, dureza y peso, en virtud que un sustrato muy pesado y duro "apretarán" los tubérculos o raíces haciendo que estos no crezcan adecuadamente; en cambio un sustrato blando, por ejemplo la perlita, vermiculita, lana de roca, etc. sucederá lo contrario. Cuando su uso es combinado, deberá ser para crear las mejores condiciones para el desarrollo de las plantas y alcanzar una adecuada asimilación de solución nutritiva.

#### 6.4.2.1 Funciones del sustrato

- a) Dar soporte a las plantas.
- b) Retiene humedad para el funcionamiento vegetativo.
- c) Tiene funciones clarificante y mineralizador.
- d) Alojamiento de las bacterias nitrificantes.
- e) Facilita una aireación adecuada a las raíces.
- f) Disminuyen enfermedades y plagas generadas en la tierra.

**Selección del sustrato:** Al momento de seleccionar el sustrato, lo primero es considerar sus características, disponibilidad y las facilidades que presenta para su incorporación al sistema acuapónico. Es conveniente si se tiene a disposición varios sustratos comparar su porcentaje de retención de humedad (agua), su facilidad de aireación en el momento del drenaje realizado por el sifón y desde luego el costo en el mercado. Es importante señalar que aunque la arena de río tiene un porcentaje alto de retención de humedad (56 %),

presenta la desventaja que no posee un buen drenaje del agua y puede provocar obstrucción en los sifones, además que no ofrece una aireación adecuada en las raíces (Campos, 2012)<sup>10</sup>.

Al seleccionar el tipo de sustrato en el cultivo hidropónico, es conveniente tomar en cuenta variables como precio, acceso, disponibilidad y su propiedad de retención de humedad. Algunos sustratos como lana de roca (78%), la arcilla expandida (72%), la vermiculita (69%) y el permiculita (63%), poseen un alto porcentaje de retención de humedad, en cambio otros sustratos tienen bajos niveles de retención de humedad como el caso de la grava (17%). Tabla 9.

Es recomendable antes de usar el sustrato, someterlo a un buen lavado y esterilizado previamente, para evitar problemas en el cultivo. Hay que tener cuidado de aquellos sustratos "no aptos" para usarse en la hidroponía como arena de construcción y arena de mar.



*Tipo y combinación de sustratos utilizados en las unidades acuapónicas instaladas.*

<sup>10</sup> www.ridaa.unicen.edu. Acuaponía como alternativa productiva social Campos, 2012



El ladrillo incorporado demostró buena condición de retención de humedad dada su alta porosidad, sin embargo, siempre es conveniente analizar su origen en cuanto a la presencia de elementos calcáreos. Igualmente, se coincide con otras experiencias que afirman que "el uso de partículas entre 0.5 y 2 cm proveen una buena granulometría (distribución de los tamaños de las partículas) y alta capacidad de absorción, situación que ofrece la grava aunque tienden a degradarse físicamente por lo que no se recomienda utili-

zarlo por más de 2 años"(Rodríguez de la Rocha, 2006)<sup>11</sup>.

Agregan que el ladrillo presenta un buen porcentaje de aireación mayor al 40 %, esto hace que las raíces tengan buena disponibilidad de oxígeno, lo que favorece los procesos de división celular y por tanto, el crecimiento de las raíces. Los principales resultados de los sustratos se manifiestan sobre las raíces, influyendo sobre el crecimiento de la parte aérea de la planta.



*Vista del tipo de estructura del sistema de acuaponía y los momentos del llenado de las maceteras con sustratos utilizados en forma combinada.*

11 Acuaponía: bases y alternativas Biotecnología para un desarrollo acuícola sustentable Rodríguez De la Rocha



## Sección VII.

### Condiciones en la Instalación del Sistema de Acuaponía

#### 7.1 Tamaño del sistema de acuaponía

El tamaño, modelo y la estructura de un sistema de acuaponía resultan muy variables, muchas veces estas elementos están determinadas por las condiciones del medio, los objetivos de la explotación, la inversión, entre otras. Otros aspectos a tener presente, son las especies de peces y plantas a cultivar, las fluctuaciones de temperatura, la calidad del agua, la estacionalidad del clima y la época del año que podrían afectar la producción.

En si, el sistema se conforma de varias unidades; una de estas es el tanque o pecera de crecimiento de peces; otra el sistema de bombeo de agua y aire; luego están las tres camas o maceteras de plantas; y, finalmente, un tanque tipo reservorio, en la figura 4, se presenta la distribución de los componentes, tuberías y otros accesorios.

La unidad de crecimiento de peces o pecera es construida de un tanque IBC de 1000L, con aireación distribuida mediante una bomba de aire de 10 watts, conectada a una piedra difusora de aire ( $8 \text{ l/min}^{-1}$ ), ubicada en el centro del tanque. En el reservorio, se instala la bomba sumergible de 25 watts, que impulsa de forma continua agua por el sistema de recirculación a través de una tubería de PVC con conexiones de 16 mm. El volumen de agua en el sistema debe ser constante con reposiciones cada vez que se evapora o hay una pérdida mayor del 10% del volumen total de 1500 litros de agua.

Al instalar un sistema de filtro, se logra trasladar los sólidos que descienden al fondo, entre ellos heces y restos de alimento

concentrado al sistema de producción de plantas, utilizando para ello, una tubería de PVC de 2 pulgadas, en un dispositivo o filtro que recorre de forma diagonal el fondo y conecta al área del reboso del tanque para conducir el agua a las maceteras. En total, circula un volumen de 1500 litros de agua en todo el sistema.

En el modelo trabajado en la región sur, los tres camas o maceteras de plantas se construyen de 2 tanques IBC de 1000 litros y como sustratos inorgánicos, se utiliza arcilla expandida (teja y ladrillo triturado) y grava de río; todos en forma combinada. En esta mezcla, se utiliza el 80% de grava de río en el fondo de cada macetera y un 20% de teja o ladrillo triturado en partículas de 1-2 centímetros de tamaño.

Características del sistema de acuaponía con tanques IBC para el crecimiento de peces:

- Capacidad máxima de llenado . 1000 litros
- Altura efectiva ..... 100 centímetros.
- Volumen de agua para manejo de los peces .....900 litros (90 cm).
- Aireación del agua con bomba de aire de 10 watt con una salida de 8 litros/minuto, conectada con una tubería de 3 mm de polietileno transparente a una piedra difusora colocada en el fondo del tanque para una distribución del aire de abajo hacia arriba.
- Bomba de agua de 25 watt con un empuje de 1500 litros/ hora, colocada en el reservorio y conectada a una manguera de polietileno transparente de  $\frac{1}{2}$  pulgada para llevar el agua ya filtrada al tanque de peces.





- Sistema instalado en una proporción de 1m<sup>3</sup> de agua para peces x 3m<sup>2</sup> destinado a la producción de vegetales.
- Cada macetera tiene una altura de 36 centímetros, con llenado de sustrato hasta los 28 centímetros y una capacidad de almacenamiento de 200 litros de agua hasta realizar el vacío

## 7.2 Consideraciones medioambientales

Al momento de planificar la instalación de un sistema de acuaponía, se deben analizar todos los factores climáticos predominantes en la zona o región, debido a que la variabilidad o bien estabilidad, ejercen influencia en la temperatura ambiente, humedad, fuentes y calidad de agua disponible; en esta última, el agua y sus características físicas y químicas que resultan claves para la producción de peces.

En lo posible, se deberá disponer de análisis del agua, por lo que resulta de mucha utilidad contar con datos recientes en la zona lo que ayudará a determinar aspectos de composición, y sus características: temperatura y el nivel de oxígeno disuelto (DO); factores que tienen mucha incidencia directa en el manejo del sistema y en los componentes de peces y plantas.

## 7.3 Ubicación del sistema

La zona seleccionada para la instalación del sistema, deberá, en cierta medida, estar protegida de climas severos que pueden afectar los procesos de desarrollo y crecimiento de las especies tanto de peces como las plantas y desde luego las producciones.

Un aspecto a considerar es la exposición solar, pues la mayoría de plantas se desarrollan y crecen bien en condiciones normales de luminosidad, aunque de ser necesario, se podrán colocar estructuras protegidas

(techadas) como medias sombras, de observarse una excesiva intensidad de luz. Estas consideraciones ambientales, ejercen mucha influencia al momento de instalar el sistema acuapónico; por ejemplo, el área donde estará ubicado, el desplazamiento y dirección del sol, ya que las plantas necesitan luz, al contrario los peces no.

*Dirección del sol:* Al determinar la ubicación para el sistema, hay que tener en cuenta que las plantas necesitan al menos 6 horas de luz del sol, los peces aunque no requieren de gran cantidad, demandan una mínima luminosidad. Es por ello, que el tanque de peces debe estar protegido de la luz solar en todo momento. Además, la luz solar directa afecta a las bacterias nitrificantes, reduce los niveles de oxígeno en el agua, provoca estrés a los peces (*derivado en inglés stress*), y puede alcanzar un calentamiento mayor en aquellos meses de temperaturas más calientes.

Una buena práctica, será el orientar las maceteras de cultivo de Norte a Sur, con lo cual se obtendrá una mejor exposición al sol y de circulación de aire. Si las hileras de plantas van de Este a Oeste tienden a dar sombra las unas a las otras.

Asimismo, para protegerse de sombra, con cultivos altos como el pepino, el frijol alacín, se deben sembrar en el lado norte de la macetera. Otros cultivos de tamaño medio, tales como repollo, coliflor, brócoli, tomate, zapallo, deben plantarse en el centro de la macetera. En el extremo sur de la macetera poner plantas como lechuga, rábano, cebolla y otras de porte bajo.

En la región sur, debido a las condiciones climáticas y temperaturas elevadas y abundante sol, se determinó el manejo de estructuras protegidas o techadas con malla sombra zarán (del tipo 63% de filtración) y manta





térmica. Este tipo de materiales colocados en el techo y en los laterales de la estructura, sirven, para aislar el sistema de las condiciones naturales adversas y suministrarle entorno ambiental y climatológico favorable. La región sur de Honduras, presenta un promedio de hasta 11 horas luz (diciembre-mayo), la cual se reduce por presencia de nubosidad entre los meses de septiembre-octubre de cada año.

Para construir los soportes para la colocación de malla de sombra en techos, se optó por levantar una estructura de madera rústica, aunque también se puede construir de madera de bambú, hierro metálico, columnas de cemento y tubería de PVC.

También existen modelos de sistemas de acuaponía que son levantados en invernaderos aunque no son esenciales para un normal desarrollo del ecosistema, suelen extender la estación de crecimiento de los peces/plantas

en ciertas regiones, por lo que resultan más indicadas para aquellas zonas con climas fríos.

Las estructuras techadas, son también una forma para proteger el sistema de vientos fuertes, la lluvia y otros factores climáticos que pudieran ser negativos para el manejo de peces y plantas y desde luego en la producción.

#### 7.4 Sistema eléctrico o conexión a red pública de energía

Para el funcionamiento del sistema de acuaponía, lo mejor es disponer de una instalación propia o bien la conexión a un tendido eléctrico confiable, en lo posible lo mejor es disponer de generador eléctrico de emergencia. Opcionalmente, se puede aspirar a instalar un sistema automatizado que combine energía eléctrica con el uso de baterías, energía eólica, solar, etc.



*Tipo de techado con el uso de malla de sombreo y térmica en los sistemas de acuaponía en la región sur de Honduras*



En la región sur por las condiciones de las comunidades y de las familias, se conectan a la red pública de energía, siendo el consumo de kilowatts, igual que los costos de operación del sistema. Como plan de contingencia, se establecen pequeños sistemas solares con capacidad de carga en acumuladores de hasta 8 horas conectado a un inversor para proveer la energía necesaria y no detener el funcionamiento de los sistemas de aireación y bombeo de agua.

Ante el corte o suspensión del fluido eléctrico y el no funcionamiento de la bomba de aire; se debe hacer un monitoreo y observar si de forma evidente hay exigencia de oxígeno, los peces tienden a subir a la superficie, esto indica que necesitan oxígeno, ante estas circunstancias y con una cubeta limpia, se debe sacar agua y luego dejarla caer, procurando hacerlo desde la altura de los brazos, de forma que el golpe incorpore oxígeno en la columna de agua, esto se debe de hacer unos 5-8 minutos por hora y continuar con el monitoreo. En estas condiciones no se recomienda alimentar a los peces, ya que no van a comer por el estrés de falta de oxígeno.

### 7.5 Temperatura ambiente y su influencia en el sistema de acuaponía

La temperatura ambiente, es un factor muy importante que se debe considerar para el buen funcionamiento de la instalación, debido a que en ella viven 3 poblaciones (peces, plantas y bacterias), y además de contener los nutrientes para las plantas.

En la región sur, donde se establece el sistema acuapónico existen patrones de comportamiento de la temperatura que obedecen al clima, y desde luego a las condiciones de altitud y latitud. A mayor altitud (msnm), menor temperatura ambiente y viceversa. En los municipios de El Triunfo y San Lorenzo, durante el transcurso del año, la temperatura

ambiente generalmente varía dependiendo de algunas horas del día (ej. al amanecer, mediodía y tarde noche) y que varía según los meses del año y temporada (verano invierno). La temporada seca o sin lluvias, generalmente se extiende de noviembre a mayo con meses muy calurosos como marzo, abril y mayo, con una temperatura ambiente entre los 39-40 °C. Tabla 2.

En el componente de peces, se debe tener presente que el crecimiento y la actividad de los peces depende de la temperatura de sus cuerpos. La temperatura del cuerpo de los peces es aproximadamente la misma que la del agua y varía con ella. El rango óptimo de la temperatura en agua oscila de 28-32°C, tiende a tener efectos sobre el oxígeno disuelto (DO) y también en la toxicidad (ionización) del amonio; las temperaturas altas causan menos oxígeno disuelto y más amonio desionizado (tóxico). Tabla 5.

Respecto a este parámetro (la temperatura del agua), se presentan dos situaciones que podrían provocar problemas en el funcionamiento del sistema:

**Temperaturas bajas en el agua:** La nitrificación se hace más lenta (ralentiza) y los peces reducen su metabolismo, esto resulta en un menor consumo de alimento y crecimiento más lento.

**Temperaturas altas en el agua (calientes):** Los niveles de oxígeno descienden rápidamente pudiendo alcanzar niveles de anoxia (carencia casi absoluta de oxígeno) y también se producen situaciones de desgano de alimentación por parte de los peces produciendo un aumento del rechazo del alimento, lo cual resulta en acumulación de materia orgánica en el sistema. El agua más caliente contiene menos oxígeno, esencial para el metabolismo de los peces. Las altas temperaturas también afectan a las bacterias.



En forma general, la temperatura del agua afecta a dos partes fundamentales del sistema acuapónico, que son: Al pez, que su tolerancia térmica es de 15- 37°C, alcanzado su óptimo rendimiento de crecimiento y de conversión de alimento en torno a los 25-32°C.

A la biofiltración que según DeLong<sup>12</sup> (2012), los parámetros óptimos de temperatura, para conseguir mayor porcentaje de nitrificación es de 25 - 30°C. Tabla 5.

**Tabla. 5** Organismos y requerimientos de oxígeno disuelto

Tipo de poblaciones	Niveles de oxigeno disuelto	Fuente
Peces (tilapia)	5.0 a 9.0 mg/l	Martínez, 2006
Bacterias nitrificantes	1 mg/l	Selva, 1999
Respiración anaeróbica plantas	0.2 a 1.0 mg/l	Marlow, 2009

**Fuente:** Manual Acuaponía: Producción de Plantas y Peces, FAO,2014. Proyecto de Acuaponía Familiar.



*La temperatura tiene efectos en la condición del agua, por ejemplo las temperaturas altas reducen el oxígeno disuelto y provocan más amonio.*

12 DeLong et al. 2012 Sea surface temperature variability in the southwest tropical Pacific since AD 1649





## Sección VIII.

### Instalación de las Partes del Sistema de Acuaponía

#### 8.1 Tipo de diseño en los sistemas implementados

Tal como se indicó, existen varios modelos y tipos de estructura en el montaje de un sistema de acuaponía, partiendo de la base general de un sistema de recirculación de agua (SRA), lo cual radica básicamente en sus principales diferencias en el componente hidropónico del sistema.

De estos modelos, en la región sur, se optó por la técnica de lecho de sustratos y el manejo de los mismos, por la naturaleza de la producción de baja escala, costos y acceso al tipo de materiales en la preparación de los diferentes contenedores para peces y plantas. En la adaptación del diseño, se tomó como base, la estructura del sistema de acuaponía con sustrato modelo implementado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).

La instalación del sistema, se puede programar en varias fases, Figura 5 pues conlleva varias labores o actividades, algunas en forma sucesiva y otras de forma separada, las primeras tienen que ver con las condiciones climáticas de la zona o región, otras propias para el funcionamiento como la fuente de agua y la conexión eléctrica, el sistema de bombeo y los materiales para la preparación de los contenedores para los peces y plantas.

El sistema ocupa un área física de 18 m<sup>2</sup> (3.0 m de ancho x 6.0 m largo x 2.50 m de altura de la estructura del techo medido desde la superficie. El tamaño del tanque de peces, es para el manejo de un volumen de 1m<sup>3</sup> de agua

(1000 litros), lo suficiente para alojar una población de 50-60 peces. Para las maceteras se requieren tres depósitos de iguales dimensiones para un área de plantas de 3m<sup>2</sup>, es decir un metro de cultivo por cada una, por donde circulan unos 200 litros de agua.

#### 8.2 Materiales

Para la preparación de los contenedores, se necesitan tres tanques de plástico tipo IBC con capacidad de 1000 litros de agua, de los cuales uno servirá para el tanque de peces o la pecera y los dos restantes para las tres maceteras de plantas y el reservorio.

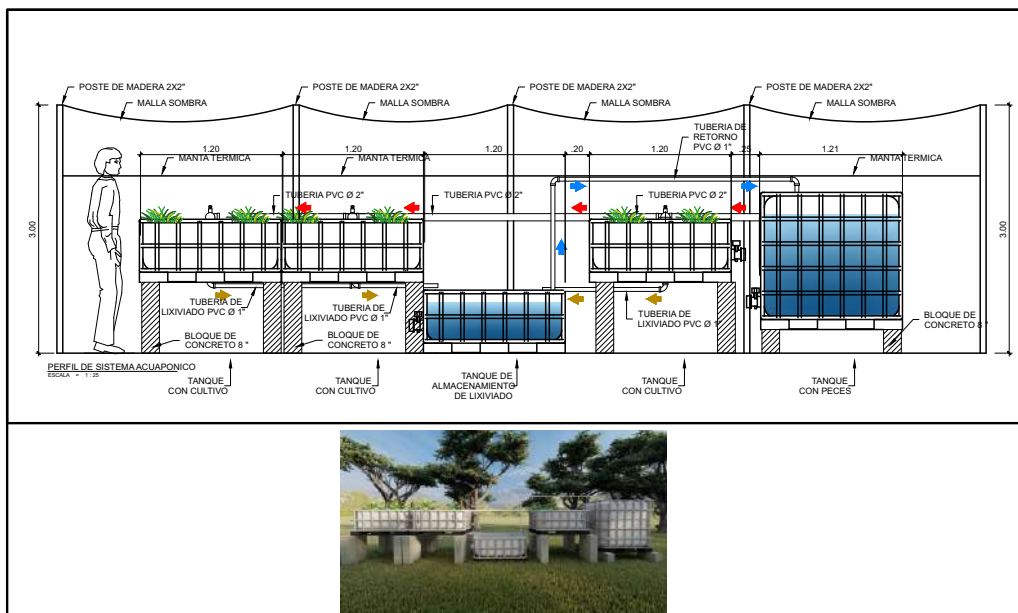
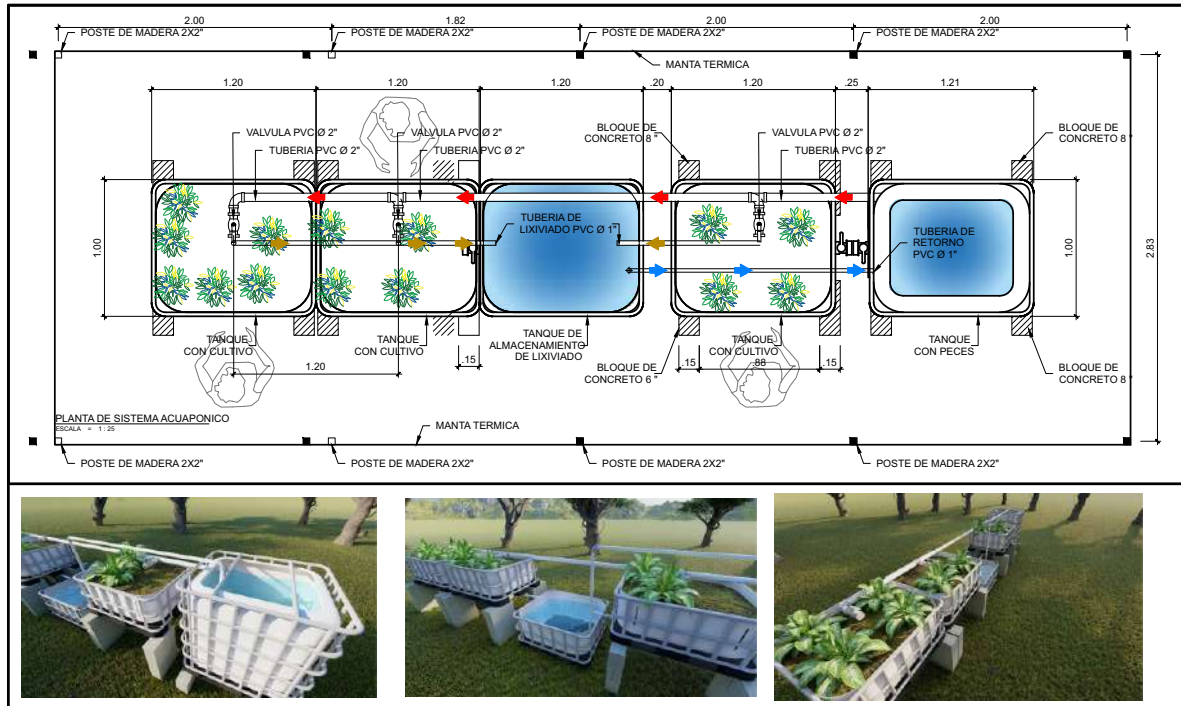
Otros materiales, son las tuberías, accesorios de PVC y mangueras de polietileno para conexiones, con lo cual se diseñan el sistema de flujo y reflujo en la recirculación de agua y la construcción del sifón de campana que hace la función de llenado y vaciado, reglas de madera para reforzar los contenedores, es decir la pecera, maceteras y reservorio de forma especial para mantener su rigidez ante el peso del agua, los sustratos y las plantas. Las partes van montadas en columnas de bloque de concreto, separadas unas de otras a la distancia recomendada.

Finalmente, se realiza la instalación, montaje de las partes, y las conexiones de tuberías. El sistema esta ordenado de izquierda a derecha inicia con el tanque o pecera, después hacia la derecha, la macetera uno, distribuidas una muy cerca del área de peces, las dos restantes separadas por el reservorio ubicada un poco abajo en relación a la altura de los contenedores de plantas.





**Figura 5.** Parte superior plano de planta del sistema de acuaponía, parte inferior plano lateral del sistema.



### 8.3 Preparación del tanque de peces o pecera

Se debe seguir el procedimiento siguiente:

#### a) Retirar barras metálicas horizontales de soporte del tanque

En un primer momento, se procede a retirar las barras metálicas horizontales que vienen recubriendo el tanque IBC. Para ello, se comienza retirando los 4 tornillos con un destornillador de estrella. Una vez que se abre la estructura y que se separan las barras metálicas, se extrae el depósito interior de plástico.

#### b) Extraer el tanque de plástico para retirar las barras metálicas

La estructura metálica que da soporte al tanque plástico, debe retirarse para hacer los cortes, acción que se logra separando las dos barras metálicas que sujetan al tanque en la parte superior, ambas barras vienen atornilladas, por lo que se extraen con la ayuda de un destornillador.

#### c) Hacer trazado de medidas para corte en parte superior del tanque IBC

Una vez que se ha extraído el tanque, se realiza un trazo o rayado de las medidas de corte en la parte superior en todo el contorno siguiendo la forma del tanque (cuadrada). Se marca una línea de corte a una altura de 10 cm desde la superficie del tanque en los 4 lados del mismo (especie de capa o tapadera), lo que permite dejar una medida de 30 pulgadas de ancho x 36 pulgadas de largo.

#### d) Hacer el corte en parte superior del tanque IBC

Con una sierra circular eléctrica o manual, se hace el corte de esta parte del tanque. Una vez realizado el corte, esta capa en forma de



Lo primero es extraer el depósito para iniciar las otras labores.



En el tanque IBC se traza en la parte superior la línea de corte para la pecera del sistema.



tapadera, se deja una parte sujeta en un extremo, esta abertura en el tanque, facilitará el manejo de los peces, en las labores de alimentación, captura y limpieza.

#### e) Lavado del tanque

Enseguida, se lava el interior del tanque con agua caliente y jabón y se pone a secar durante 24 horas. La pieza cortada se puede utilizar como tapadera o cubierta del tanque de peces.

#### f) Colocar la estructura de metal de nuevo en el tanque

Seguidamente, la estructura de metal se vuelve a colocar en el tanque para su protección y firmeza ante el peso del agua.

#### g) Hacer agujero en la parte superior

Inicie marcando un punto para perforar un agujero de 2 pulgadas a una altura de 12 cm desde la parte superior y a 12 cm desde el lado del tanque, con una broca circular, acá se deberá colocar un empaque esponjoso de 2 pulgadas.

#### h) Preparar e instalar sistema de filtro en tanque de peces

Al fondo del tanque, debe instalarse un sistema de filtro diseñado en forma de L, que va colocado en el fondo del tanque de peces, permitiendo trasladar, los sólidos que descienden al fondo, entre ellos heces y restos de alimento concentrado al área de producción de plantas.

Se construye con tubería de PVC de 2 pulgadas de diámetro, el cual permite trasladar los sólidos disueltos en el agua. Esta tubería, recorre de forma diagonal la base del tanque de peces y se conecta al área del reboso para conducir el agua a las maceteras de plantas.



*Se debe hacer el lavado interior del tanque*



*El filtro en forma de L, construido de tubería PVC, va colocado al fondo del tanque de peces.*





A lo largo de la tubería, se perforan agujeros o rendijas horizontales o hendiduras de 2-3 mm de ancho con un taladro o sierra circular, estos agujeros permiten que los residuos sólidos puedan entrar en el tubo, y evitar que los peces puedan hacerlo.

**i) Hacer perforación en ángulo superior de salida**

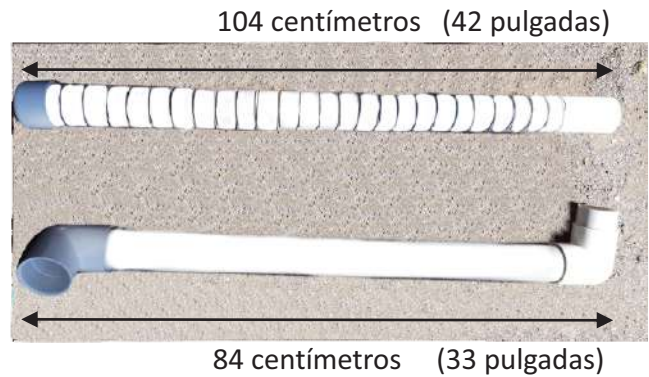
Realizar una perforación justo en el ángulo superior de salida del filtro para evitar que este filtro pueda en momentos de falta de recirculación, convertirse en un sifón.

**j) Instalar la tubería de salida del tanque de peces**

La tubería de salida del tanque de peces, consta de 2 tubos de PVC de 2 pulgadas de diámetro, el primero de 4.6 metros de largo, que va colocado de forma horizontal a lo largo de la superficie de las maceteras, el segundo tubo de 0.40 metros de largo, va ubicado de forma vertical junto a la pared externa del tanque, conectado a través de un codo de PVC de 2 pulgadas por el área de reboso.

A lo largo de la tubería horizontal de PVC, lleva varias conexiones donde van colocadas las válvulas que descargan el agua proveniente del tanque, estas uniones, se hacen a través de TEE de PVC de 2 pulgadas y con reductores de PVC de 2 a 1 pulgadas, para luego hacer la instalación de las válvulas de bola de 1 pulgada; al final de la tercera macetera, se conecta por medio de un codo recto de PVC de 2 pulgadas de diámetro.

Finalmente, se debe perforar un agujero de 0.1 centímetros de diámetro en el codo ubicado en la salida de reboso interna del tanque de peces, esto evitará cualquier sello de aire y que se drene por efecto sifón el agua del tanque.



*Sistema de filtro para el traslado de los sólidos que descienden al fondo del tanque de peces en el sistema.*



*El agujero se hace en el ángulo superior del interior del tanque.*



*Tubería instalada en la parte inferior de cada uno de los depósitos en el recorrido o movimiento del agua del sistema.*





#### 8.4 Preparación de las dos primeras camas o maceteras

Tal como se describió, hay que preparar 3 camas o maceteras que conforma el componente de plantas, para lo cual, se utilizan los otros 2 tanques IBC.

##### a) Retirar las barras metálicas horizontales de soporte del tanque

Se procede a retirar la barras metálicas horizontales, haciéndolo de igual forma que en el tanque de peces.

##### b) Extraer el tanque de plástico para retirar las barras metálicas

Una vez que se abre la estructura de soporte, se extrae el tanque de plástico. También con barras metálicas horizontales, en la parte central, se hace un corte que las separa en dos partes, una para cada macetera.

##### c) Hacer trazado de medidas de corte del tanque para maceteras

Se comienza con el trazado de líneas de corte del tanque, utilizando un metro y lápiz marcador. Para ello, desde las orillas (izquierda y derecha) al centro del tanque, se marca una medida de ancho de 14 pulgadas en los dos extremos horizontales del tanque; lo que deja una franja (tira de tanque) de 22 cm, en la parte central del tanque, tal como se aprecia en la foto.

##### d) Hacer corte del tanque para obtener dos maceteras

Ahora con el taladro o sierra circular, se hace el corte a lo largo de ambas líneas marcadas en el tanque. El propósito, es obtener dos contenedores uniformes con una profundidad de 36 centímetros.



Se retiran las barras metálicas horizontales



Trazado de los cortes en el centro del tanque para obtener dos contenedores para maceteras.



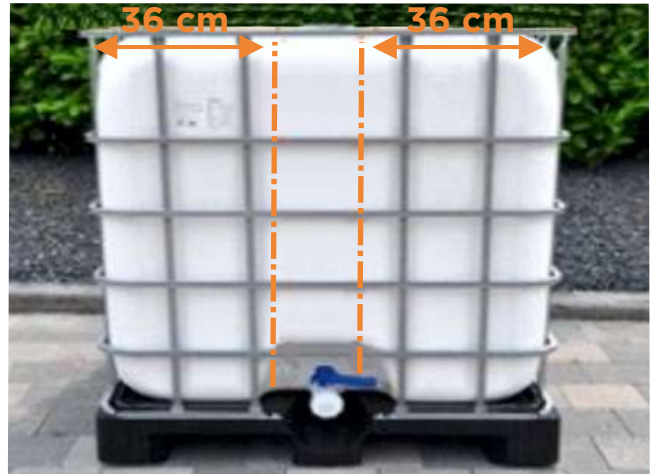
Sobre las líneas trazadas, se realiza el corte en el tanque para maceteras



**e) Corte de barras metálicas para soporte de maceteras**

Inicialmente se toma la estructura de soporte de metal del tanque IBC, para después proceder a cortar dos marcos de soporte, una en cada macetera.

Se hace el corte con una altura de 14 pulgadas y esta servirá de protección a la macetera, utilizando para ello el taladro o sierra circular. Al cortar los dos lados de un diámetro de 36 cm y en el centro de las barras metálicas, asegúrese de mantener los dos perfiles o tubos horizontales intactos, para proporcionar un excelente soporte a los lados de las camas o maceteras una vez que están cargados de agua y sustrato, lo cual evitará que se abra a los lados y pierda su forma cuadrada del tanque una vez depositada la cantidad de agua necesaria.



*Trazo de corte inicialmente de barras metálicas, luego se hace en el tanque para las maceteras.*

**f) Lavar los dos contenedores o depósitos para maceteras**

Los dos contenedores se deben lavar con agua tibia y jabón, dejándolas secar al sol durante 24 horas.

**g) Reforzar soportes metálicos con madera en las dos primeras maceteras**

Se deben colocar varias reglas intermedias de madera, en el centro de la macetera y en las dos cabeceras. En total, para las tres maceteras se necesitarán: 6 reglas de madera de 1.5 x 8 x 1.22 m; 12 reglas de madera de 1.5 x 8 x 1.04 m; y, 6 reglas de madera de 1.5 x 8 x 1.14 m. Tabla 6.

Las 4 reglas de un tamaño de 1.04 m de largo van puestas en el marco metálico en los espacios que posee la estructura. Para ello, se



*Colocación de reglas de madera en el marco metálico del contenedor para plantas.*



deja el espacio central para las reglas de 48 cm de largo y la regla de 42 cm; estas 2 piezas están diseñadas para crear un espacio por donde pasará la tubería del flujo del agua proveniente de la cama o maceteras de plantas.

Las 2 reglas del tamaño de 1.22 m de largo sirven para dar soporte, ya que van instaladas entre la cama de plástico y el marco de metal soporte en ambos lados.

Todas las reglas donde van sentadas las maceteras de plantas, se sujetan debido a la presión que ejerce el peso del agua, el sustrato y los cultivos a establecerse.

Además, se deben instalar un par de reglas de madera en los 2 extremos (sin soportes), las cuales se colocan a la altura de la parte media de la macetera, para proporcionar firmeza a las maceteras.

**Tabla 6.** Tipo de madera para soportes de maceteras

Descripción	Cantidad	Tamaño	Diámetro/Espesor
Reglas de madera aserrada marco	4	104 cm	8 x 1 cm
Reglas de madera aserrada centro	1	48 cm	8 x 1 cm
Reglas de madera aserrada centro	1	42 cm	8 x 1 cm
Reglas de madera aserrada de soporte	2	122 cm	8 x 1 cm

Fuente: Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.

### 8.5 Preparación de la tercera macetera y el reservorio

Del tercer tanque IBC, se prepara la otra macetera y el resto del tanque, se destinará para el reservorio. Este último, es donde se deposita el agua de las maceteras una vez filtrada para luego ser reenviada al tanque pecera de cría de peces a través de la bomba de agua. En la preparación de la tercera macetera, se sigue el mismo procedimiento:

#### a) Retirar las barras metálicas horizontales de soporte del tanque

Se procede a retirar las barras metálicas horizontales, haciéndolo de igual forma que en el tanque de peces y con las primeras maceteras.

#### b) Extraer el tanque de plástico para retirar las barras metálicas

Una vez que se abre la estructura metálica de soporte, se extrae el tanque de plástico.

#### c) Hacer trazado de medidas de corte del tanque para macetera y reservorio

Luego de colocado el tanque en posición vertical, se trazan las líneas de corte, utilizando un metro y lápiz marcador, tomando desde la orilla al centro del tanque, una medida de 36 cm (14 pulgadas), la pieza restante que quedara de un tamaño de 58 cm, será para el reservorio.





**d) Hacer corte del tanque para obtener la tercera macetera**

Ahora con el taladro o sierra circular, se hace el corte a lo largo de la línea marcada en el tanque de 36 cm (14 pulgadas). Al hacer este corte, se obtendrán dos depósitos, el que se dejará una para la macetera y la otra parte para el reservorio.

**e) Preparación del reservorio**

La pieza restante del tercer tanque de donde se obtuvo la tercera macetera, que es una pieza de 58 cm, se destinará para acondicionar el reservorio.

**f) Lavar los dos contenedores o depósitos**

Igual que como se indicó anteriormente, se debe lavar con agua tibia y jabón y dejar secar al sol durante 24 horas.

**g) Reforzar soportes metálicos con madera en la tercera macetera**

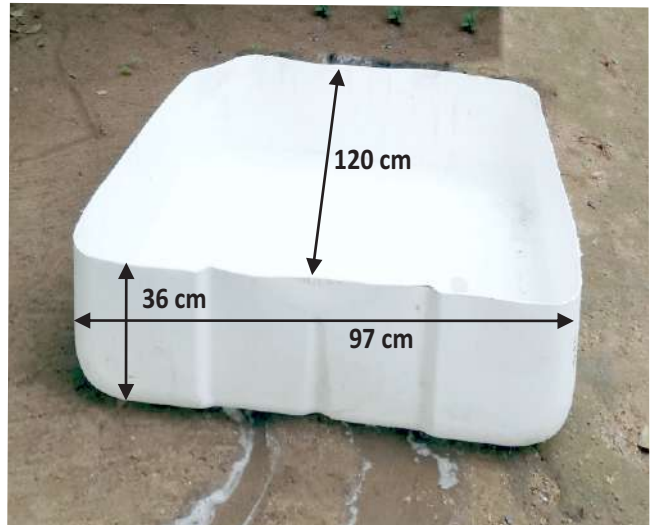
Para la tercera macetera, seguir el mismo procedimiento con respecto a la colocación de las reglas de madera como se detalló anteriormente para las dos primeras maceteras.

**h) Hacer agujero para instalar tubería de agua**

Por último, al tanque reservorio, se deben perforar dos orificios en la parte superior de 1 pulgada de diámetro, acá van colocados los tubos que conducen y drenan el agua filtrada de las maceteras al reservorio.



*Corte para la tercera macetera para plantas y el tanque de reservorio.*



*De la otra parte del tanque, se obtiene la pieza para el reservorio.*





### i) Montaje de tanque de peces y maceteras sobre columnas de bloques de concreto

Los contenedores diseñados para tanque o pecera de peces, maceteras para plantas y el reservorio, van colocados sobre columnas de bloques de concreto de 8 pulgadas. Las maceteras van dispuestas de forma lineal al tanque de cría de peces.

En total, cada estructura del sistema va emplazado en 12 columnas, por lo que se necesitarán un total 36 bloques de concreto. Figura 6.

**Nivelación del terreno:** Una vez nivelado el terreno donde se instalará el sistema, la cual tiene como propósito asegurar la posición y estabilidad de los diferentes componentes de peces y plantas, y que se puedan fijar las

columnas de bloque, sobre las cuales van colocados todos los contenedores.

Los cinco contenedores o depósitos preparados; uno para tanque de peces, tres para maceteras de plantas y un cuarto para el reservorio, deben ir colocados sobre 12 columnas de bloques de concreto de 8 pulgadas.

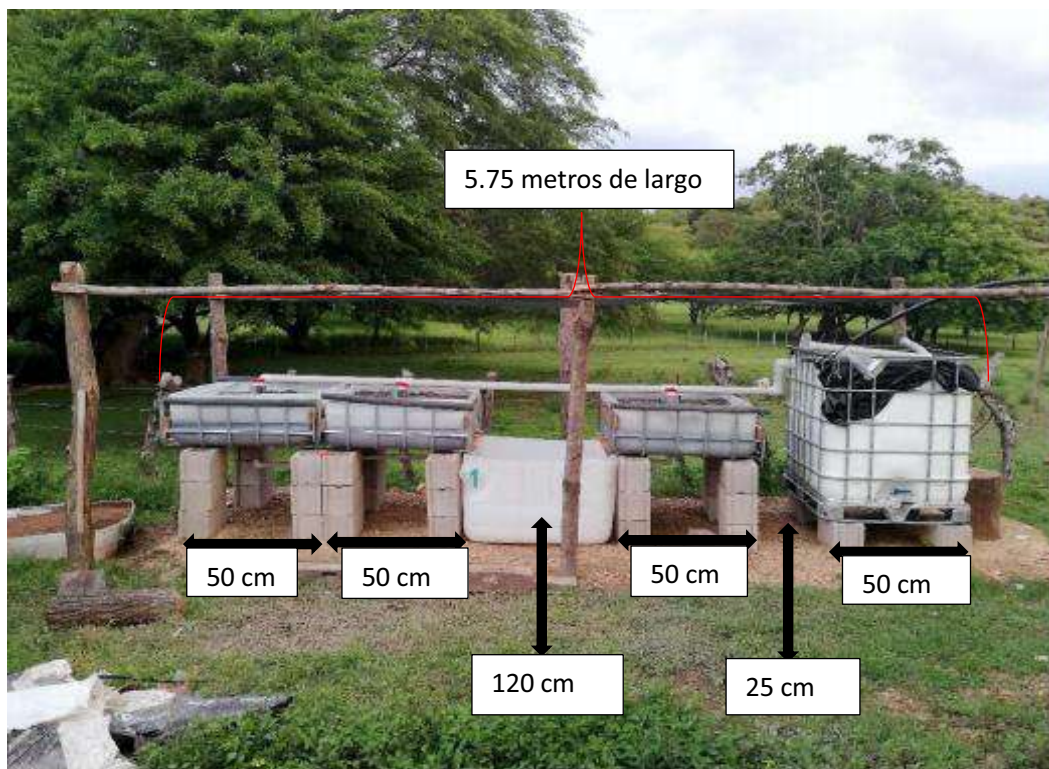
#### **Distribución de las columnas de bloques:**

Se colocan 8 bloques de 8 x 8 x 15.5 pulgadas para cada depósito, dos bloques uno sobre otro en cada esquina y separados cada 50 centímetros.

#### **Altura y colocación de las columnas de bloques:**

Las columnas de bloques van levantadas a una altura desde la superficie de 32 pulgadas, separadas en las primeras dos maceteras a 50 cm, dejando una separación

**Figura 6.** Distribución de las columnas para el montaje de las partes de la unidad de acuaponía.



entre la tercera macetera y el tanque de peces de 25 cm. Las maceteras están colocadas de forma lineal a la pecera para que conduzca el agua a las mismas.

La primera macetera va separada a una distancia de 25 centímetros del tanque de peces o pecera. Las otras dos maceteras, van separadas de la primera, por el tanque recolector de agua que es el reservorio. Cada macetera está sentada en cuatro hileras de bloques separados a 50 centímetros, una de otra.

## 8.6 Construcción del sifón de campana

El sifón de campana (*bell syphon*), es un dispositivo instalado en cada macetera que ayuda a la aireación de las raíces de las plantas por el efecto de llenado y vaciado del depósito. Sirve para el drenaje de pequeños recipientes y de igual forma cumple la función de dejar salir el agua cuando está al nivel del tubo de PVC.

De un tamaño de 30 cm, el sifón de campana está formado por 3 piezas elaboradas de tubería de PVC, de tamaños y diámetros diferentes: tubo vertical, campana del sifón y protector de la campana.

### a) Preparación del sifón de campana

Para el tubo vertical: Cortar un tubo de PVC de un diámetro de 1 pulgada de una longitud de 23 cm, el cual va colocado en el centro de la macetera sobre el conector de 1 pulgada. Este tubo define el nivel de agua que se desee que llegue a la cama, para accionar el sifón.

**Para la campana de sifón de tubería:** Cortar un tubo de PVC de un diámetro de tres pulgadas y de una longitud de 30 cm de largo, va colocado en la parte superior un tapón de 3 pulgadas a la altura de dos pulgadas del



*Las tres partes elaboradas de tubería PVC de que se compone el sifón de campana colocado en cada macetera de plantas.*

tubo donde se harán ranuras en su contorno de 1 pulgada y se colocará sobre el tubo de 1 pulgada. Drena el agua para trasladarla al tubo vertical y poder romper el vacío, para hacer el drenaje de la cama de cultivo. Además, determina hasta dónde llegará el nivel del agua una vez succionada o drenada.

### b) Instalación del sifón de campana en maceteras

Se deben instalar tres sifones de campana por cada unidad, esto indica que se deben instalar en cada una de las tres maceteras.

- i) Primero perforar en el centro de la macetera un agujero de 1 pulgada con una broca circular para instalar el sifón.





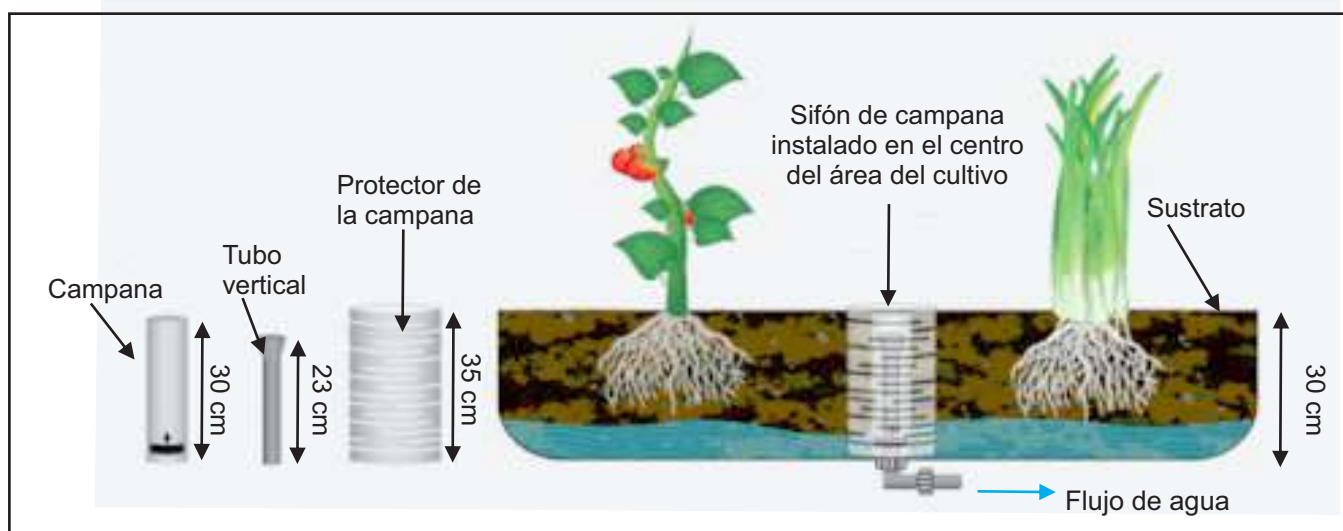
- ii) En el agujero perforado en la macetera, con un adaptador macho de 1 pulgada, lleva un sello de goma por cada lado de la pared del tanque para evitar fugas y un adaptador hembra en el extremo exterior para el acople de la tubería del drenaje.
- ii) Hacer igual procedimiento con las dos maceteras restantes.

En la región sur de Honduras, se utilizó el sistema simple de sifón denominado "sifón de campana", elaborado de tubería de PVC. Este dispositivo facilita el llenado y vaciado automático de cada una de las maceteras dispuestas como contenedores de plantas. El tiempo de llenado de las maceteras es de 45-50 minutos y el vaciado se realiza entre 5-8 minutos. Una bomba de agua de caudal regulable de 1500-3000 l/h, sirve para aspirar el agua desde el colector, hasta las camas o maceteras y tanque de peces.



*Preparación de las ranuras que lleva el protector de campana para que no filtre el sustrato por el sifón.*

**Figura 7.** Sifón de campana y control del flujo de agua que llena y drena de forma constante

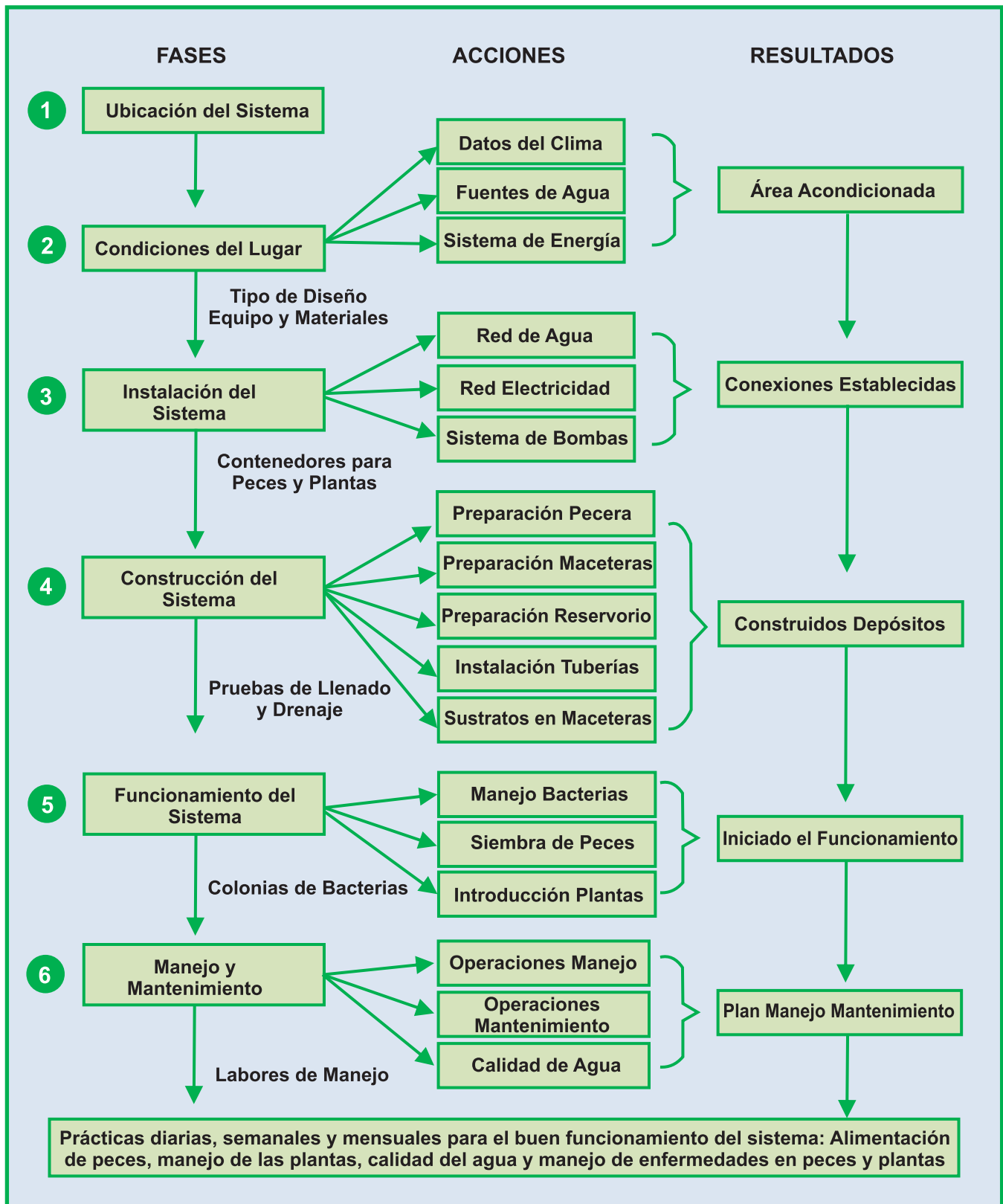


**Fuente:** Acuaponía/Acuacultura y Hidroponía, S. Verdes. C. Díaz J





**Figura 8.** Fases para la instalación del sistema de acuaponía a nivel familiar



## Sección IX.

### Funcionamiento del Sistema de Acuaponía

#### 9.1 Manejo de bacterias en el sistema

Una vez completada la instalación del sistema y su montaje, se realizan pruebas de fugas importantes en los sistemas de tuberías, para después poner a funcionar la bomba sumergible para la recirculación del agua. Para favorecer el cultivo de las bacterias, habrá que ponerla a funcionar durante 4-6 días, sin peces, ni plantas, para que proliferen las bacterias y microorganismos, colonizando de esta forma, toda la instalación.

**Maduración de bacterias:** Al comenzar a funcionar el sistema acuapónico y cuando el crecimiento de bacterias no está listo para la siembra de los alevines, y se tienen plantas ya para el trasplante, se puede acelerar la maduración de bacterias, incorporando alimento concentrado para provocar el crecimiento bacteriano; esto es posible por el nitrógeno que posee la proteína en el alimento para peces.

En este caso, la práctica recomendada, se debe hacer unos 5 días antes de realizar la siembra de alevines, dejando pasar otros 4 días para su incorporación, en total suman 9 días de maduración en este proceso, que es cuando ya las bacterias nitrobacter y nitrosomonas están trabajando en el sistema, siendo el momento, de realizar la siembra. Acelerar la maduración de las bacterias utilizando alimento concentrado, se debe hacer si las plantas están cerca del periodo de trasplante y que se necesite reducir el tiempo del ciclado del nitrógeno.

Si las plantas se introducen después que los alevines, el proceso de maduración comenzará con la alimentación de los peces, actividad que tendrá un margen de 8 días para generar el ciclado del sistema y dentro de este tiempo (8 días), el ciclado del nitrógeno estará estable y preparado para entrar en funcionamiento con la incorporación de las plantas. En el proceso de maduración y ciclado del nitrógeno no debe estar en contacto directo con los



*Sistema de acuaponía ya conectados todos sus componentes para comenzar la fase de introducción de los peces y plantas.*



rayos del sol, ya que las bacterias que se encargan del ciclado, son sensibles a la exposición directa a la luz solar.

En la experiencia de la región sur, el proceso de inducir a la creación de poblaciones de bacterias, se redujo a 10 días, mediante la práctica de introducir en los tanques para peces, pequeñas porciones de concentrado comercial (1/4 de libra), en virtud que este alimento por su contenido (maíz, soya, contiene minerales como calcio, magnesio y otros), al descomponerse, favorece y crea un medio de cultivo. El alimento concentrado hace las veces de un estimulador y un hábitat favorable para la formación de colonias de bacterias.

Otra práctica recomendada para reducir este tiempo (4-6 días), es incorporar directamente bacterias nitrificantes al agua, que pueden adquirirse en el comercio, o bien porque han sido producidas en otros biofiltros con sustratos cargados de bacterias.

## 9.2 Introducción y manejo de peces en el sistema

### 9.2.1 Peces adaptados al sistema de recirculación acuapónico

Los sistemas de recirculación de agua son utilizados en general, para el cultivo de organismos acuáticos que toleran condiciones de altas densidades, aprovechando el espacio, así como condiciones de resistencia a enfermedades comunes en organismos cultivados. Asimismo, debe tratarse de organismos que presenten un buen crecimiento y cierta tolerancia a los compuestos nitrogenados; ya que se encuentran en permanente riesgo de incrementarse ante eventuales circunstancias.

Varias especies han sido cultivadas exitosamente en sistemas acuapónicos en distintos países y muchas de ellas han sido introducidas en sitios distintos al de su lugar de origen, tomando en cuenta, a sus particulares características de cultivo; como por ejemplo las distintas especies de tilapia y los populares peces ornamentales *Carassius*, conocidos como "goldfish". Entre estas se incluyen: tilapia, híbridos de tilapia, carpa híbridos de carpa y trucha arco iris. Tabla 7.

De igual manera, se utilizan algunas especies de crustáceos como *Cheraxquadri carinatus*. No obstante, la tilapia es el género más comúnmente usado en los sistemas de acuaponía debido a que "crece muy bien en tanques de recirculación y además tolera las condiciones fluctuantes del agua, tales como pH, temperatura, oxígeno y los sólidos disueltos" (Turkmen y Guner, 2010)<sup>13</sup>.

En las densidades de siembra, la cantidad de agua a manejar en el sistema, permite manejar la población máxima tolerable para esta especie de tilapia. Las condiciones ambientales para esta especie adaptables a países tropicales, permiten una producción constante durante todo el año. Esta especie puede alcanzar pesos de 1-1.5 libras en un período de 6 - 9 meses.

En las unidades establecidas en la zona sur de Honduras, se seleccionó la tilapia roja (*Oreochromis niloticus*) como la especie más conocida con siembras de alevines (juveniles revertidos sexualmente), en densidades de 60 peces por 1000 litros de agua (1m<sup>3</sup>), obteniendo una relación de 16.16 litros por pez.

13 [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net). Sistemas de recirculación acuapónicos Turkmen y Guner, 2010.





**Tabla 7.** Tipo de aguas o hábitat por especies de tilapia

Hábitat	Familia	Nombre Científico	Nombre Común
Aguas Cálidas 25 a 34 °C	<i>Cichlidae</i>	<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia plateada
Agua Lenticas 20 a 30 °		<i>Oreochromis niloticus</i>	Tilapia plateada
Agua Lenticas 20 a 30°		<i>Oreochromis</i>	Tilapia roja

**Fuente:** Tomado de Manual Acuaponía: Producción de Plantas y Peces, FAO, 2014.

El crecimiento es isométrico en todas las etapas de su desarrollo a partir de alevín y depende de varios factores como son temperatura, densidad de individuos en el ambiente y principalmente, tipo de alimento disponible. Tabla 8.

**Alevín:** Se llama así, al pez recién salido de el huevo y que aún conserva el saco vitelino, – siendo este, la fuente de alimentación durante varios días.

**Cría:** Se denomina de esta manera, al pez, cuando absorbió por completo el saco vitelino y comienza a alimentarse por sí mismo.

**Juvenil:** El organismo sigue creciendo; sus necesidades nutritivas se van diferenciando y se asemejan más a las de un organismo adulto.

**Adulto:** El pez alcanza su madurez sexual y presenta todas las características distintivas de su especie.

### 9.2.2 Línea genética de la tilapia

En Honduras se pueden encontrar 2 líneas genéticas a nivel comercial, la Red Florida y la Gift. Los híbridos originales de Red Florida, no son resistentes a bajas temperaturas, su crecimiento se ve totalmente afectado, en tempe-

**Tabla 8.** Talla y peso aproximado en diferentes estadios de desarrollo de la tilapia

Estadio	Talla (cm)	Peso (gr)	Tiempo (días)
Huevo	0.2 - 03	0.01	3 - 5
Alevín	0.7 - 1.0	0.10 - 0.12	10 - 15
Cría	3 - 5	0.5- 4.7	15 - 30
Juvenil	7-12	10 - 50	45 - 60
Adulto	10-18	70 - 100	70 - 90

**Fuente:** Manual de Acuaponía: Producción de Plantas y Peces, Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.



raturas inferiores a los 22° C aumentado la incidencia de enfermedades y se presentan altas mortalidades por debajo de 16°C, los efectos son más severos luego del día 12 de exposición a bajas temperaturas. (Castillo, 2011)<sup>14</sup>.

Ambas líneas Gift y Red Florida, se trabajan en explotaciones mayores en la región sur y otras del país; la línea Gift tilapia es de color gris y Red Florida la tilapia roja, especie que se introdujo en los sistemas implementados por el proyecto. Tiene mayor demanda que la Gift, alta preferencia de la población para consumo y disponibilidad de proveedores para la obtención de alevines, aunque también hay producción de alevines de Red Florida.

**Reversión Sexual:** Las especies de tilapia más comunes, *Oreochromis niloticus*, alcanzan su madurez sexual al llegar al peso de 80-100 gramos en un periodo de 1.5-2 meses de edad. En condiciones ambientales favorables, las tilapias pueden crecer 30-40 gr. en un intervalo de 2-4 meses. Una vez que han madurado, las tilapias pueden realizar la puesta todo el año mientras la temperatura del agua sea superior a los 24°C. Tabla 9

En los proyectos de comercialización de alevines, hacen prácticas de reversión sexual para garantizar la homogeneidad de género, apostándole a obtener machos para su venta garantizando que no se desarrollará reproducciones en los tanques de engorde como proceso no deseado en la cría de tilapia.

**Tabla 9.** Características de la maduración sexual de la tilapia

Edad/Condiciones	Periodo
Edad	2 - 3 meses
Peso	70 - 100 grs.
Longitud	10 - 18 cm.
Temperatura para el desove	Optima: 25 - 30 °C Mínima: 21°C
Fecundidad	Rango: 100 - 2000 huevos/desove Promedio: 200 - 400 huevos/desove Hembra de 200 grs: 200 - 500 alevines/4-5 semanas
Tamaño óptimo para la reproducción	100 - 200 grs.

**Fuente:** Elaborado tomando como base a Cantor, 2007.

14 Tilapia roja 2011 una evolución de 29 años, de la incertidumbre al éxito, Luis Fernando Castillo Camp.



### 9.2.3 Adquisición, traslado y manejo de alevines

Los alevines son peces de tilapia de corta edad y de tamaño pequeño, son la semilla que se utiliza para iniciar el ciclo de producción en el sistema de acuaponía. Hay 3 fases o momentos en la labores para hacer llegar los alevines al sitio definitivo de crecimiento:

- a) **Adquisición de alevines:** Es recomendable adquirir los alevines de peso y talla diferentes (5, 15, 20, 40, 50 gramos), lo importante es evitar mortalidades posteriores, un mayor tamaño favorece un rápido crecimiento y reducir el ciclo a la cosecha. Tabla10.
- b) **Traslado de alevines al lugar del sistema:** El transporte desde los laboratorios de producción, hasta el lugar del sistema acuapónico, se debe realizar en horas de la mañana, evitando los rayos del sol que puede incrementar la temperatura del agua y provocar la mortalidad por anoxia (falta de oxígeno) y stress.
- c) **Siembra de alevines en el sistema:** La siembra se realiza aclimatando de acuerdo a la temperatura del agua en el transporte, y la del tanque o pecera, evitando el

"*shock térmico*" (cambio brusco de temperatura del agua que puede hacer sufrir al alevín).

Por lo general, se adquieren los alevines en proveedores (identificar el laboratorio) que cumpla con características siguientes:

- a) Una buena línea genética.
- b) Alevines reversados.
- c) Evaluación del lote de alevines antes de la adquisición.
- d) Proceso de cosecha transparente.
- e) Tallas homogéneas de los alevines.
- f) Que cumplan con procesos de sanidad animal.

En la adquisición de alevines, es importante observar que el tamaño sea uniforme con la talla de comercialización establecida, que estén activos, siendo esta una señal de estar saludables. La sanidad animal a simple vista se mira en el alevín. Un alevín en estado de letargo hacinado o aplicación de antibiótico, son señales de un mal manejo sanitario, los alevines no deben de tener laceraciones en su cuerpo, ni deterioro en sus branquias.

En la experiencia del Proyecto de Acuaponía Familiar, se maneja una población de 60 peces. La introducción a la pecera de cría, se realizó de una vez todo el lote de alevines,

**Tabla 10.** Tallas y pesos estimados para cada etapa de vida de la tilapia

Estadio	Talla (cm)	Peso (gr)
Huevo	0.2 - 03	0.01
Alevín	0.7 - 1.0	0.10 - 0.12
Cría	3 - 5	0.5- 4.7
Juvenil	7-12	10 - 50
Adulto	10-18	70 - 100

Fuente: Elaborado tomando como base a Cantor, 2007.





pero antes se aseguró que la temperatura del tanque coincidiera con la temperatura del depósito de traslado. Desde el laboratorio del proveedor, los alevines son depositados en un tanque que ha sido aclimatado posteriormente para que posea la misma temperatura en agua que el tanque para no generar un shock térmico. Este depósito de transporte, tiene incorporado oxígeno (cilindros) para los peces durante el traslado de los alevines a las comunidades.

El trasvase de los alevines del tanque de transporte, al tanque de peces con los respectivos cuidados, se procede a la entrega de alevines a los beneficiarios, utilizando un recipiente de plástico limpio de no menos de 5 galones, llenándolo de agua del tanque de donde vienen los peces.

Tomando todas las precauciones, se procede a realizar la siembra de alevines, introduciéndolos al recipiente plástico, procurando que el agua del tanque se va mezclando con el agua de dónde vienen los peces para establecer una misma temperatura del agua, proceso que tarda unos 8 minutos, donde los peces se incorporan ellos solos a su nuevo hábitat.

Reducir el riesgo de mortalidad en la siembra de alevines: En el proceso de siembra de alevines, el porcentaje de mortalidad es de un 3.33% (2 peces) de una población de 60 peces), comportamiento que se manifestó

durante la primera semana de su introducción al tanque de crecimiento o pecera.

Al adquirir alevines de mayores tamaños (ej. 20 gramos), se asegura una menor mortalidad, en el periodo de introducción y aclimatización, el ganar un mes de levante y alcanzar cosecha en 4 meses con un peso de 350 gramos. A mayor tamaño, el alevín, es superior y a la inversa entre menor es su volumen se reduce su precio de venta. Sin embargo, cuando se adquiere alevines a tamaños pequeños se expone a mayor porcentaje de mortalidad y a mayor tiempo de crecimiento en las etapas juveniles y de engorde. Se recomienda, introducir alevines al menos con un peso de 5 gramos, esto equivale a un periodo de crecimiento a cosecha entre 4-5 meses. Tabla 11.

#### 9.2.4 Alimentación de los peces

La alimentación de peces en sistemas acuapónicos de escala baja, es fácil, ya que en el comercio se ofrecen alimentos balanceados en forma de *pellets* que contienen los requerimientos para cada especie. Los *pellets*, están elaborados para flotar o para situarse en el fondo del tanque en función de las necesidades de los peces. El tamaño varia según la edad y la especie, para hacerlo más accesible y facilitar la alimentación.

La proteína, es el componente más importante como alimento para el crecimiento del pez.

**Tabla 11.** Análisis del tamaño de tilapia y ciclos por año

Peso Alevín	Tiempo para 0.5 libra	Ciclos por año
1 - 7 gramos	6 meses	2
20 - 30 gramos	3 meses + 14 días	3
40 - 60 gramos	2 meses + 20 días	4

Fuente: Ficha Técnica, Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar



Generalmente, los peces más jóvenes necesitan mayores cantidades de proteína en su dieta. Las tilapias o carpas adultas comunes necesitan un 25-35% de proteína en su dieta.

Un alimento bien formulado y con ingredientes de alta calidad, llevará a mejor crecimiento y sobrevivencia, y por consiguiente, un mejor rendimiento en peso final. Una adecuada utilización del alimento, redundará en mejores tasas de conversión alimenticia y reducirá el impacto en el medio ambiente originado por la producción de peces.

#### 9.2.4.1 Elementos técnicos en la alimentación de peces

En general, los peces tienen uno de los mejores índices de conversión (IC) de los animales. En buenas condiciones, la tilapia tiene un IC de 1.4-1.8. Significa que por cada 1.4-1.8 kg de comida que ingieren, incorporan 1.0kg en su organismo.

IC = cantidad de alimento (t)/incremento de peso (t).

Se afirma que debido al conocimiento del IC, puede comprobarse periódicamente si el crecimiento en el tanque en su conjunto, es el correcto (Somerville, et al. 2014)<sup>15</sup>.

Durante el periodo de crecimiento, un pez ingiere entre un 1-2% su peso en comida. El conocimiento de este balance alimentario permite calcular la cantidad diaria a introducir de alimento en el tanque, conociendo el tamaño medio de la tilapia.

**Relación de la temperatura y la alimentación de los peces:** Para cada especie de peces, hay un intervalo óptimo de temperatura en el que crecen, se alimentan y reproducen en las mejores condiciones. Las tilapias tienen



*Las tilapias se deben alimentar y preparar las raciones de alimento de acuerdo a la biomasa que se maneja.*

estos rangos óptimos entre 28-32°C, o las truchas sobre 13-15°C. A mayor temperatura, los peces están más activos y comen más, pero sólo hasta límites por encima de los cuales cada pez deja de comer. Una tilapia, comerá más alimento diario a 28°C que a 23°C, sin embargo, por encima de 33°C empiezan a dejar de comer. Esta situación también ocurre a una temperatura límite inferior en que igual dejan de comer, por ejemplo las tilapias bajan mucho su consumo de alimento, o dejan de comer, por debajo de 18° C. Tabla 12.

Existen tablas de alimentación para diferentes especies de peces y cada una viene a una temperatura concreta. Tabla 13. En función de cada temperatura, cada tipo de pez come diferente cantidad de comida diaria (diferentes raciones). Por ejemplo, un pez de 20 gramos requiere más comida diaria (en relación a su peso) que el mismo pez con un peso de 200

<sup>15</sup> Producción de alimentos acuapónico a pequeña escala: cultivo integrado de peces y plantas C Somerville , M Cohen, E Pantanella FAO, 2014



gramos. Se debe tener presente que los peces aún pequeños hay que proveerles las raciones diarias en varias veces según lo indicado. Esto sucede porque tienen poco desarrollado su intestino; si se les suministra la ración diaria de una sola vez, intentarán comer todo lo que puedan, esto puede provocar “empachos”, mala digestión, desperdicios de comida en el agua y hasta la muerte repentinas.

Buenas prácticas de alimentación: Las tilapias se alimentarán de acuerdo a la biomasa que se maneja, la cual se puede calcular con el uso

de tablas, mediante esta referencia, las raciones ya están establecidas para proveer solo el alimento necesario según el desarrollo y peso del pez. Los horarios de alimentación que se pueden manejar son:

- 2 raciones en el día: 6-7 de la mañana y de 4 - 5 de la tarde.
- 3 raciones en el día: 6-7 de la mañana, 11 de la mañana -12 mediodía y de 4 - 5 de la tarde.

**Tabla 12.** Factores ambientales y la alimentación

Variable	Rango	Óptimo
Temperatura	15 - 370 C.	28 - 320 C.
pH	6 - 9	07- 8
Oxígeno disuelto	Mínimo 1 ppm	5 ppm
Alimentación	Omnívora, fitoplanctófaga, herbívora	

Fuente: Manual de Acuaponía: Producción de Plantas y Peces, FAO, 2014.

Al momento de alimentar los peces, el alimento que no sea consumido en un lapso de 5 - 10 minutos se debe retirar para evitar su descomposición en el tanque o pecera.

Es muy importante no sobrealimentar, pues el alimento sobrante provoca que se eleven los niveles de amonio y nitrito a un nivel tóxico. También puede obstruir los filtros mecánicos, lo que se puede evitar removiendo de la superficie, el alimento sobrante no consumido después de 5 a 10 minutos de aplicado.

Cuando se tienen pocos peces como en las instalaciones acuapónicas familiares (50-60 peces), se puede preparar alguna parte o el total de la alimentación para los peces, fabri-

cando sus propias papillas para peces con ingredientes que contienen proteína animal y otros con proteína vegetal. Estas papillas son húmedas y se debe tener precaución al manipularlas y congelarlas rápidamente, o darlas directamente recién hechas para que no se contaminen. También pueden secarse con secadoras solares.

Se debe llevar un programa de alimentación de cada etapa de desarrollo. i) Etapa de inicio; ii) Etapa de crecimiento; iii) Etapa de engorde; iv) Etapa final. La sobrealimentación puede ocasionar problemas como: mala calidad del agua, dañar a los peces e incrementar los costos de producción. Tabla 14.





**Tabla 13.** Tabla de alimentación y raciones para peces de forma semanal

Semanas	No. Peces	Proteína (%)	Promedio (gr)	Biomasa (gr)	Ración semanal (gr)
1	60	38%	20	1200	504
2	60	38%	25	1500	525
3	60	38%	30	1800	630
4	60	38%	35	2100	735
5	60	38%	42	2520	706
6	60	38%	49	2940	618
7	60	38%	56	3360	788
8	60	38%	71	4260	746
9	60	38%	79	4740	830
10	60	32%	107	6420	1124
11	60	32%	135	8100	1418
12	60	32%	163	9780	1712
13	60	32%	191	11460	2006
14	60	32%	219	13140	2300
15	60	32%	248	14880	2084
16	60	32%	278	16680	2335

Esto es: IFA= Ración semanal IFA=14642gr = 19061g = 1.23 gr  
16680 g-1200 gr 15480 g

**Tabla 14.** Requerimiento de proteína según tamaño y peso de la tilapia

Tamaño tilapia	Contenido de proteína	Presentación comercial (lb)
0.1 - 25 gramos	45%	50
25 - 80 gramos	38%	50
80 -200 gramos	36%	100
200- 400 gramos	32%	100
400 - 800 gramos	28%	100





Fuente: Programa Alimentario de Tilapia Empresa ALCON.



En la etapa inicial y de engorde, los peces se alimentaron con una dieta comercial de puritilapia que contiene 38 y 32% de proteína cruda, respectivamente. Tabla 15. Los peces son alimentados diariamente, 3 ó 2 veces al día a una tasa calculada sobre 7% del peso corporal del pez.

Los peces deben ser muestreados al menos cada 2 semanas para ajustar la ración alimenticia, de igual forma, cada 30 días se debe determinar el peso promedio del pez, de preferencia utilizando una balanza de precisión (0.1 mg).

**Tabla 15.** Etapas de desarrollo y porcentaje en el alimento

Etapa	Alimento	Producto Comercial
<b>Etapa de inicio</b>	Alimento de tilapia 45% PC. Es un alimento diseñado para larvas y alevines de 0.1 - 25 gramos	
<b>Etapa de crecimiento</b>	Concentrado al 38% PC. Diseñado para el fortalecimiento de los órganos vitales del pez joven y para lograr crecimientos de 0.9 - 1 gramo diario.	
<b>Etapa de engorde</b>	Concentrado del 32% PC. diseñado para el crecimiento y acumulación de tejido muscular en peces entre 80 - 400 gramos	
<b>Etapa final</b>	Alimento para lograr el crecimiento máximo en la etapa final de desarrollo del pez en las tallas de 400 - 800 gramos de peso corporal	

**Nota:** PC= Proteína Cruda



### 9.2.5 Plan de manejo productivo de peces

Al seleccionar el plan de manejo, se debe considerar factores como la concentración de nutrientes en el agua, no debiendo existir grandes variaciones en los niveles de nutrientes del sistema. Debe tratarse que en la introducción del alimento, como la absorción de nutrientes, sean lo más equilibrado posible. Este equilibrio, debe estar directamente relacionado entre el número de plantas y peces que se mantienen en el sistema acuapónico.

En el manejo del componente de peces, es de gran importancia que la cantidad en peso de peces en el sistema, sea lo más pareja posible en el tiempo, asegurando así una generación de nutrientes constantes.

**Cultivo escalonado:** Tiene el mismo principio de manejo que el cultivo escalonado de plantas. Considerando un período de crecimiento de 24 semanas (6 meses), y disponiendo de 4 tanques de peces, se deberán sembrar cada tanque con un intervalo de 6 semanas. Mediante este proceso, en la semana 18, se tendrán los 4 tanques sembrados y en la semana 24, la cosecha de los peces del primer tanque, el que deberá volverse a sembrar inmediatamente. De esta forma, siempre se contará con una cantidad en peso (biomasa), similar en todo el sistema, permitiendo que la introducción de alimento y por ende la generación de nutrientes, sea equilibrada y estable. Este manejo, se adapta a sistemas comerciales, al generar cosechas regulares y facilita la planificación de la producción.

En la región sur, se estableció la siembra escalonada y resultó una excelente alternativa, al realizar siembras de alevines en forma periódica; 3-4 siembras por año, con un ciclo entre 3 o 4 meses, en base a la capacidad del

sistema y de los objetivos de los sistemas implementados con las familias.

En este sistema de producción, se recomienda que al momento de cosechar los peces, debe estar crecimiento otra siembra; es decir, contar siempre con peces en crecimiento, estos se pasaran al reservorio para que completen su peso.

**Cultivo de unidades múltiples:** Se utiliza en sistemas pequeños, donde sólo se dispone de un tanque de peces y se pretenda realizar cosechas regularmente, como los sistemas caseros. Consiste en colocar en un mismo tanque, más de una unidad de peces (grupo de peces nacidos en el mismo periodo). Los peces de mayor periodo (unidad más grande), llegarán a una talla de cosecha antes que el resto. Al cosechar, se deberá sembrar la misma cantidad de peces, de menor tamaño que los que quedan en el tanque. Esto hará que el ingreso de alimento y generación de nutrientes sea bastante equilibrada.

En este método, se deberá tener en cuenta el volumen del alimento a suministrar, que deberá ser consumido por los peces grandes y pequeños. De preferencia, se deben utilizar peces que no tengan comportamiento caníbal, pues los peces de mayor tamaño, podrán preñar a los más diminutos, por esta razón, no utilizar especies carnívoras. Este método, es poco funcional, debido a que la competencia por espacio, alimento, y oxígeno resulta desigual, logrando que la camada más pequeña pueda perder vigor y reduzca su tasa de crecimiento.

**Off-flavor (mal sabor):** Los peces cultivados en sistemas acuapónicos, suelen tener un sabor conocido en acuicultura como “*off flavor*” (en general “sabor a barro”). Este sabor en los peces, es generalmente asociado con el barro, aunque esta más en la percepción del consumidor, y es causado por





una sustancia química denominada “*geosmina*”, generada en forma habitual, en los estanques excavados en tierra, por un alga *Cyanofita* o alga verde-azul. En los sistemas acuapónicos, se presume que la sustancia tiene su origen en alguno de los grupos bacterianos que coexisten en el sistema.

El proceso de eliminación de esta sustancia, y por lo tanto del *off-flavor*, es muy simple, se debe dejar a los peces a cosechar, en un sistema de recirculación o de agua corriente que no haya sido utilizada para acuicultura previamente. El tiempo de permanencia de los peces en este proceso de purga, variará de 1-3 días dependiendo de la intensidad del *off-flavor*.

En la experiencia del proyecto, es importante señalar, que aunque esta característica no fue encontrada, siempre será importante reducir esta situación en el sabor del pescado con esta práctica.

### 9.3 Introducción y manejo de especies de plantas

Varias especies de plantas responden exitosamente en sistemas acuapónicos. Al momento de seleccionarse para su cultivo, deben previamente ser sometidas a la evaluación de los distintos parámetros y factores ambientales requeridos para su óptimo crecimiento. Los cultivos de plantas de hojas, son aptos para el manejo de siembras y cosechas, por su rápido crecimiento, resultan apropiadas para obtener producciones en periodos cortos. Las plantas de fruto, suelen requerir mayor cantidad de nutrientes, y condiciones de dinámica de los mismos, con cierta estabilidad.

Algunos análisis, indican que "cultivos como la lechuga, la espinaca, las cebolla y la albahaca (entre otras), tienen bajos a medios

requerimientos nutricionales y están bien adaptadas a sistemas de recirculación de acuaponía. Las plantas que producen frutos como tomates, los pimientos y los pepinos, tienen una mayor demanda nutricional y se desarrollan mejor en sistemas acuapónicos más complejos" (Diver, 1996; Masser, 2002)<sup>16</sup>.

En la región sur, se manejaron en los sistemas vegetales de hojas y de fruto, como pepinos, tomates, chile pimiento, ayote común, frijol alacin, albahaca con muy buena respuesta a requerimientos de temperatura con rangos desde los 20-30°C, presentando buen desarrollo, resistencia a plagas y enfermedades. Algunas especies como el pepino, las altas temperaturas favorecen su floración y fructificación, tanto en la zona de San Lorenzo como en El Triunfo.

Una constante en los sistemas, fue el monitoreo de la temperatura ambiente y del agua, entre los meses de noviembre y mayo, presentándose registros bastante altos desde las primeras horas de la mañana (06:00 -08:00 a.m.), siendo los meses de abril y mayo los más calurosos con una temperatura ambiente de 32°C por la mañana, al mediodía entre las 13-15 horas, alcanza los 39°C; y, ya entrada la tarde noche, baja a los 30°C. Las temperaturas más altas en el agua de los tanques llega a 32°C entre las 13-15 horas, en los meses de abril y mayo. Tabla 2-pág 19.

#### 9.3.1 Cultivos manejados en los sistemas implementados

En los primeros sistemas establecidos, se comenzó con cinco cultivos: pepino, tomate, chile pimiento, cilantro y zapallo. Estos cultivos, se seleccionaron por su respuesta a las condiciones climáticas de la región, preferencias de consumo en hogares y para alcanzar rendimientos de producción fijados en los

16 [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) Sistemas de recirculación acuapónicos Diver, 1996; Masser, 2002



**Tabla 16.** Especies de plantas utilizadas en sistemas acuapónicos

Especie	pH	Plantas /m2	Tiempo de germinación	Tiempo de crecimiento	Temperatura (°C)	Exposición solar
Albahaca	5,5-6,5	8-40	6-7 días	5-6 semanas	20-25	Moderada/alta
Coliflor	6-6,5	3-5	4-7 días	2-4 meses	10-20	Alta
Lechuga	6-7,0	20-25	3-6 días	4-5 semanas	15-22	Moderada/alta
Pepinos	5,5-6,5	2-5	3-6 días	7-9 semanas	18-26	Alta
Berenjenas	5,5-7	3-5	8-10 días	3-4 meses	15-25	Alta
Chile pimiento	5,5-6,5	3-4	8-12 días	2- meses	15-30	Alta
Tomates	5,5-6,5	3-5	4-7 días	2-3 meses	15-30	Alta
Repollo	6-7,2	4-8	4-7 días	6-10 semanas	5-20	Alta
Brócoli	6-7,0	3-5	4-7 días	2-3 meses	10-20	Moderada/alta
Acelga	6-7,5	15-20	4-5 días	4-5 semanas	15-25	Moderada/alta
Perejil	6-7,0	1-15	8-10 días	3- semanas	15-25	Moderada/alta

**Fuente:** Manual Acuaponía: Producción de Plantas y Peces, FAO, 2014 P.Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.

objetivos del proyecto para dar respuesta a una situación de inseguridad alimentaria de las familias.

Con varios cultivos, se observan buenos resultados en la producción de pepinos, por su nivel de adaptación, rendimientos y resistencia a plagas y enfermedades. Esta especie se ve favorecido por las altas temperaturas en su floración y fructificación, así como, por las condiciones de manejo en acuaponía. Otras especies, como chile pimiento, tomate y cilantro también presentan resultados muy significativos. Tabla 16.

Para optimizar y fortalecer las labores de manejo y mejorar el balance de la cantidad de especies por superficie, se optó por establecer cultivos escalonados, para obtener cosechas de forma regular, y alcanzar una

buena calendarización de la producción. De igual forma, el manejo de especies en forma combinadas para el mejor aprovechamiento del espacio de siembra; por ejemplo, en determinados períodos con plantas de ciclos largos y otras de ciclos cortos, bajo un sistema de rotación y diversificación de cultivos, intercalando plantas de hojas y de frutos, considerando la adaptabilidad a la zona, los hábitos de crecimiento y comportamiento de cada estrato. Tabla 17.

Algunas especies como el cilantro (cilantro de castilla), se vieron afectadas por las altas temperaturas especialmente en el prendimiento de la raíz; otras, como el zapallo, presentaron un desarrollo vegetativo muy satisfactorio, sin embargo, el ataque de plagas como gusano de tallo, afectó considerablemente su fase de fructificación.



**Tabla 17.** Cultivos establecidos con mayor respuesta en los sistemas

Especies	Factores edafoclimáticos	Periodo de crecimiento (semanas)	Temperatura °C	Exposición solar
Pepino	Exige temperaturas elevadas, se adapta a climas cálidos y templados. Se cultiva desde zonas costeras hasta los 1200 msnm.	7- 9	18-26°C	Alta
Chile pimiento	Se adapta a un rango de altitud de 0-2000 msnm, exige suelos profundos y bien drenados.	8- 12	15-30°C	Alta
Culantro	Amplia adaptación climas cálidos, frescos y fríos moderados, con altitudes de 200 -2000 msnm.	5- 7	19-35°C	Media
Albahaca	Se adapta muy bien en climas secos y rangos medios de temperatura y responde bien en altitudes entre 0 -900 msnm.	4- 6	16-38°C	Media
Ayote criollo	Amplia adaptación a climas cálidos desde los 40°C hasta los 15°C, con altitudes de 0 -1000 msnm.	8	15-40°C	Alta
Frijol alacín	Se adapta muy bien en climas secos y rangos altos de temperatura, alta tolerancia a la sequía y responde bien en altitudes entre 0 -700 msnm.	6-8	25-40°C	Alta
Frijol rienda	Se adapta muy bien en climas secos y rangos altos de temperatura, alta tolerancia a la sequia y responde bien en altitudes entre 0 -500 msnm	7-9	25-40°C	Alta
Tomate	Se adapta de los 0 - 2000 msnm, para su desarrollo óptimo se requiere temperaturas de 16 - 30 °C.	9-12	15-25°C	Alta

**Fuente:** Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.





**Tabla 18.** Sistema de siembra de plantas en los sistemas, región sur

Cultivos	Sistemas de siembra de cultivos
Pepino	Pepino + frijol
Chile pimiento	Chile pimiento + albahaca +culantro
Tomate	Tomate + orégano + albahaca
Ayote criollo	Ayote + tomate
Zapallo	Zapallo + tomate + chile pimiento
Rábano	Rábano + culantro + tomate
Albahaca	Albahaca + orégano
Culantro	Culantro + tomate + chile pimiento
Cilantro	Cilantro + tomate + chile pimiento
Melón	Melón + orégano + albahaca
Orégano	Orégano + tomate+ chile+ albahaca
Cebolla	Cebolla + ajo + culantro + tomate
Ajo	Ajo+ culantro+ rábano+ tomate
Camote	Camote + chile pimiento
Frijol alacín	Frijol alacín + culantro

**Fuente:** Elaboración Proyecto de Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar

### 9.3.2 Manejo de semillas de plantas

En el manejo de las semillas en el cultivo de vegetales, hay que tener presente las diferentes etapas en la germinación de la semilla. Figura 9.

Etapas de germinación de la semilla: a) Imbibición o absorción de agua; b) Digestión y traslocación: En esta etapa hay menos absorción de agua. Las hor-

monas del crecimiento, giberilina-citoquinina y el gas etileno, ayudan a la conversión de grasas y aceites de la semilla en ácidos grasos, luego en azúcares y almidón; c) División celular: Hay absorción de agua, en la medida en que aumenta la respiración; y, d) Primeros vástagos: Aparecen las radículas (primera raíz) y los cotiledones (primeras hojas) y la planta empieza a depender de los nutrientes del exterior.



**Figura 9.** Etapas del proceso de germinación de la semilla y desarrollo de la planta



**Germinación:** Las semillas son el material genético almacenado y fácilmente disponible para adquirirse de forma comercial. Son tejidos vivos y la respiración, y los que permanecen más largos tienden a tener la mayor reserva de nutrientes y bajo contenido de humedad.

La germinación se entiende, como el conjunto de fenómenos que ocurren cuando el embrión contenido en la semilla, pasa de la vida latente, a la vida activa, y se da cuando las reservas nutritivas son movilizadas por la acción de la enzima diastasa, al ser puesta la semilla en condiciones de temperatura y humedad adecuadas. Sin embargo, un proceso de germinación rápida y sana es vital para tener éxito en el cultivo.

Dentro de la experiencia del proyecto, se fortalece la promoción de siembra y rescate de semillas criollas, de fácil manejo y conservación que han demostrado su adaptabilidad a las condiciones agroclimáticas de la región sur.

El proceso de germinación de la semilla, tiene mucho que ver con el ambiente que se ma-

neja, por ejemplo, los ambientes flotantes y otras en los sistemas acuapónicos, ya que depende de algunas condiciones esenciales, al ser una etapa sensible de desarrollo para evitar problemas. Cada especie tiene su temperatura ideal para la germinación. Algunas especies, como la lechuga, prefieren temperaturas de germinación más bajas y pueden no germinar si están muy calientes (la semilla puede entrar en un entumecimiento secundario si esto ocurre). Otras, como tomate, pepino, requieren condiciones mucho más calientes.

Otro problema común es el exceso de agua, que elimina el oxígeno vital, ya que a veces se tiende a sobreestimar la cantidad de humedad necesaria para la germinación.

Un buen sustrato de creación de semillas, debe ser capaz de retener la humedad suficiente mientras esté drenando libremente, para que haya bastante oxígeno presente. Muchas semillas se benefician de no ser regadas durante la germinación, por lo tanto, un plástico o cobertura vegetal a base de zacate o planta que proteja del embiste directo del agua y del sol o de algún animal de patio.



En la experiencia del proyecto, no se recomendó realizar germinación de semillas utilizando maceteras con sustrato, ya que el porcentaje de pérdida de semilla y germinación es muy alta debido a varios factores; el primero es que la semilla se profundiza, así como el efecto de succión del sifón puede llevar a la semilla por los ductos de evacuación. Ante ello, la práctica recomendada, fue la preparación de almácigo en semillero para luego trasplantar la plantita al alcanzar 4 hojas verdaderas, dependiendo del tipo de vegetal. Este periodo oscila de 10 a 22 días de germinado.

Para aquellas especies de siembra indirecta o de germinación controlada como tomate, chile, cebolla, u otras, se preparan semilleros, utilizando recipientes remanentes de tanque IBC, cubetas y otros, para el llenado con suelo preparado; esto evita, costos en envases, aunque lo más conveniente es utilizar determinado tipo bandejas según el cultivo.

### 9.3.2.1 Manejo de semilleros con sustratos

Para mudas de vegetales pueden ser usados varios tipos de recipientes, como vasos de plástico, o bandejas de isopor. La práctica tradicional de producción de mudas de hortalizas normalmente trasplantadas, consiste en sembrar las semillas en almácigos, desde donde las plantitas son repicadas para un vivero o directamente trasplantadas al lugar definitivo.

Uno de los inconvenientes de esta técnica, son las heridas causadas al sistema radicular de la planta, que se traducen en puntos de entrada de patógenos causantes de enfermedades, además de la pérdida en sí de numerosas raicillas. El resultado es que numerosas plantas no "prenden" luego del trasplante, disminuyendo la población por



*Una práctica en la obtención de plantulas para trasplante es el manejo de semilleros en recipientes especiales para estos propósitos.*

área y, consecuentemente, el rendimiento del cultivo.

Estos inconvenientes se acentúan en la época del verano, cuando las altas temperaturas causan una mayor evapotranspiración en el sistema suelo-planta y la proliferación del ataque de hongos. De ahí, la importancia que viene adquiriendo en los últimos tiempos el uso de diversos tipos de recipientes en la producción de mudas de hortalizas.

Las mudas pueden ser formadas en varios sustratos como espuma fenólica, vermiculita, lana de roca, fibra de coco, perlite, etc. La espuma fenólica, se adquiere en placas con 345 células, siendo cada célula utilizada para la formación de una muda. El procedimiento es el siguiente:

- a) Colocar en una bandeja o similar y lavar la espuma abundantemente con agua corriente para retirar todos los residuos de fabricación.
- b) Hacer un agujero en cada célula y colocar una semilla (o más, dependiendo del cultivo), hasta más o menos la mitad de la altura de la espuma. De preferencia, a las





semillas peletizadas pues son más fáciles de manejar.

- c) Hacer un agujero con un lápiz, clavo, o mejor aún, compre una jeringa desechable de 2ml y corte la punta metálica de forma que quede sólo 1 cm de la aguja.
- d) Hacer un agujero en el centro del cuadrado hasta más o menos la mitad de la altura de la espuma (con la jeringa, hasta que quede debajo y coloque la semilla, apretando un poco hasta que se apoye en el fondo del agujero).
- e) Dejar la planta en un lugar con sombra y mantener la espuma húmeda con agua pura hasta la aparición de las primeras hojas (aproximadamente 48 horas), utilizando un spray manual. Una vez mojada la espuma, nunca deje de mantenerla húmeda, pues si llega a secar no reabsorbe el agua.
- f) Cuando inicie la germinación, retirar de la sombra y colocar al sol. En épocas de intensa insolación, hacer una pequeña protección con pantalla a la hora más caliente del día. La planta con poco sol, se estira buscando el sol. Se llama efecto fototrópico. Continuar manteniendo la espuma húmeda sólo con agua pura para evitar la aparición de algas.

**Fase de pre-crecimiento de plántulas:** La fase pre-crecimiento, se hace en los perfiles hidropónicos pequeños de 58 mm de ancho. En esta fase, la planta pasa a recibir la solución nutritiva.

Para el caso de la lechuga, las plantitas quedarán en el área de pre crecimiento aproximadamente 3 semanas o hasta que las hojas empiecen a estar próximas. Esto significa, que las raíces también están cerca. Como las plantas ya no tienen más espacio para crecer, se hace el traslado a los recipientes mayores para que se complete su crecimiento.



*En las unidades se pueden cultivar una diversidad de vegetales, pero es importante llevar un buen manejo, igual que para los peces.*

En esta fase de pre crecimiento, se deben hacer los controles de calidad, pues aquellas plantas que no se desarrollaron bien, se descartan. En virtud de esto, el área de pre crecimiento es normalmente dimensionado con un número de agujeros mayor que en el crecimiento final.

**Crecimiento final:** Se deben conocer las características de cada planta en lo que se refiere a necesidades nutricionales, insolación, etc., para obtener cosechas de la mejor calidad posible. Recordar que el ciclo de cultivo, se cambia en función de la duración del día, temperatura, etc.

**Manejo de plántulas:** Plántula es un término para nombrar a las primeras etapas de desarrollo de la planta, desde que germina la semilla hasta que adquiere sus primeras hojas verdaderas.

### 9.3.3 Preparación de maceteras

- a) Elección del sustrato a utilizar (grava, teja o ladrillo triturado en partículas).



- b) Llenar de sustrato la macetera hasta 2/3 de su espacio. El sustrato seleccionado y previamente desinfectado, teniendo en cuenta no mover el sifón.
- c) Una vez sembrados los peces, dar tiempo para que las bacterias se alojen en las porosidades del sustrato.
- d) Al finalizar el ciclo productivo, se deben retirar los desechos que se encuentren en el sustrato para preparar un nuevo ciclo de siembra de plantas.
- e) Renovar o completar el sustrato por el desgaste debido a la erosión hídrica.

### 9.3.4 Trasplante de especies a maceteras de crecimiento

Una vez germinada la semilla y llegado el momento del trasplante, se utiliza una estaca de madera o con la mano para hacer espacio en el sustrato y colocar la plántula, siembra que debe hacerse en horas de la tarde para evitar estrés por temperatura.

Con aquellas especies de plantas de reproducción a través de esquejes o partes de tallo, se sugiere la siembra de forma directa, debido a que el prendimiento responde muy bien en cultivos como, albahaca, orégano, ajo y camote.

Al momento de realizar el trasplante, se deben considerar las recomendaciones siguientes:

- a) Antes de realizar el trasplante disminuya el riego para endurecer las plantas, trasplante plántulas con cuatro hojas verdaderas, de altura entre 10 y 15 cm.
- b) Realizar el trasplante en horas de la tarde cuando el sol este ocultándose.
- c) Regar abundantemente el semillero 2-3 horas antes del trasplante, para facilitar el arranque sin dañar las raíces y que las

- plantitas lleguen con suficiente humedad a la cama o maceteras.
- d) Trasplantar plantas uniformes, sanas, hojas bien desarrolladas, de color verde y erectas.
- e) No trasplantar plantas con una coloración púrpura en las hojas, ya que esto indica una deficiencia de Fósforo (P).
- f) Las plantas listas para el trasplante, deben tener raíces blancas y delgadas, las raíces con un color marrón y que no se extiendan hacia la parte inferior del contenedor, significa de que han estado creciendo bajo un estrés de humedad o hay pudriciones radicales, lo cual retardará el enraizamiento en las maceteras.

### 9.3.5 Manejo de podas

La práctica de poda en hortalizas, es una actividad muy importante. Una poda correcta provee fuerza y vigor; mejora la floración y el desarrollo general de la planta.

La poda, tiene como propósito eliminar las hojas en la parte baja de la planta, donde hay poca incidencia de luz y convirtiéndose de una fuente a un sumidero de nutrientes, reduciendo el alimento a los frutos.

**Poda de formación:** Su finalidad principal es darle bienestar general a la planta, puede iniciarse desde que la planta es muy pequeña. Posteriormente, la poda ayudará a las labores culturales, tratamientos, recolección, tutorado, entre otras.

Esta poda, controla el crecimiento tratando de evitar que sea desordenado,



además de conducir el desarrollo de la planta desde el principio, para formar tallos y ramas bien dispuestos y equilibrados.

**Poda fitosanitaria:** Se realiza desde que se siembra la planta, deben realizarse revisiones en el cultivo periódicamente para eliminar hojas, flores, frutos viejos, o dañados por deficiencia de nutrientes o por alguna enfermedad, de esta manera, se previenen la entrada de patógenos y plagas. Todos los desechos deben ser eliminados cuidadosamente para evitar que sean focos de infección y propagación de enfermedades.

### 9.3.6 Práctica de tutorado

El sistema de tutorado en lo posible, debe realizarse antes del trasplante para evitar daños posteriores a la plántula. El tutorado, es una práctica imprescindible que se realiza para mantener la planta erguida mejorando la aireación y aprovechando la radiación solar, que ayuda en la calidad del fruto y control de plagas y enfermedades. El tipo de tutorado a utilizar, depende de la especie cultivada y desde luego de los recursos disponibles, se recomienda usar el diseño de la malla espaldera por el buen soporte que brinda.

### 9.3.7 Cosecha

La cosecha es recomendable hacerla en horas de la mañana, en este momento los cultivos están más fríos y frescos y resulta más fácil su manejo, transporte y almacenamiento. Para cosechar hortalizas, se pueden usar diferentes tipos de herramientas como: cuchillos, tijeras, machete, otros. La principal desventaja de las herramientas, es que los virus y otros organismos que causan enfermedades, son diseminados cuando se les usa sin desinfectar; deben mantenerse limpios, desinfectados y lavados antes del uso.

### 9.3.8 Plan de producción de plantas

Por lo general, los cultivos acuapónicos generan mayor producción e ingresos por plantas que por peces, aunque por su valor de mercado, los mayores ingresos provienen de los peces. Es importante definir el plan de siembra y manejo de cultivos de forma ordenada, a fin de establecer los periodos de siembra y cosecha.

**Cultivo por lote:** Se basa en la siembra del total del área (m<sup>2</sup>) o la superficie destinada para plantación definitiva, esperando a que el cultivo alcance el crecimiento y desarrollo necesario para la cosecha y luego recolectarlo. Es adecuado para cultivos de ciclo largo, como tomate o chile pimiento (3-4 meses), además resulta de fácil manejo, dado que una vez sembrado, sólo habrá que esperar a que alcance su tamaño, sin otras labores que el control de plagas.

Este sistema de cultivo, tiene la desventaja que "el consumo de nutrientes por parte de las plantas no es igual, puesto que estas



*Práctica del tutorado en el manejo de los cultivos de fruto o de porte alto o de guía.*





consumirán mucha menor cantidad en las primeras etapas del cultivo que sobre el final del mismo. Los cultivos por lote, tienden a generar una caída brusca de los nutrientes, haciéndose evidente al tercer ciclo de producción" (Rakocy, 2004)<sup>17</sup>.

**Cultivo escalonado:** Consiste en dividir la superficie de cultivo (m<sup>2</sup>) en varios sectores, teniendo en cada uno, una fase de cultivo diferente; por ejemplo: sembrar una especie de crecimiento de 4 semanas intercaladamente, para tener 4 fases diferentes del cultivo. Esto permite que semanalmente se coseche el cultivo e inmediatamente se debe volver a sembrar. Este método es adecuado para aquellos cultivos de corta duración como lechuga u otros vegetales de hoja.

Este sistema, es el que mejor se adapta a una extracción de nutrientes equilibrada y continua, ya que el cultivo nunca deja de tener plantas y a su vez siempre se cuenta con un tamaño muy similar; no obstante, requiere de mayor nivel de siembras y de preparación de las camas o maceteras, igual que disponer de semillas y de semilleros para plántulas (germinación y trasplante).

**Intercultivos:** Consiste en cultivar diferentes especies, unas de ciclo largo y otra de ciclo corto. Por ejemplo: si se cultiva tomates con lechugas, se podrá obtener una cosecha de lechuga antes de que el follaje de las plantas de tomate produzca mucha sombra. Este sistema, requiere de un buen manejo y cuidados, sin embargo, no siempre generará una constante en las cosechas.



*Es importante tener un plan de siembra y cosechas de forma ordenada para asegurar una producción sostenida de vegetales.*

---

<sup>17</sup> Ibis Rakocy J. (2007). Aquaponics: integrating fish and plant culture



## Sección X.

### Manejo del Agua en el Sistema de Acuaponía

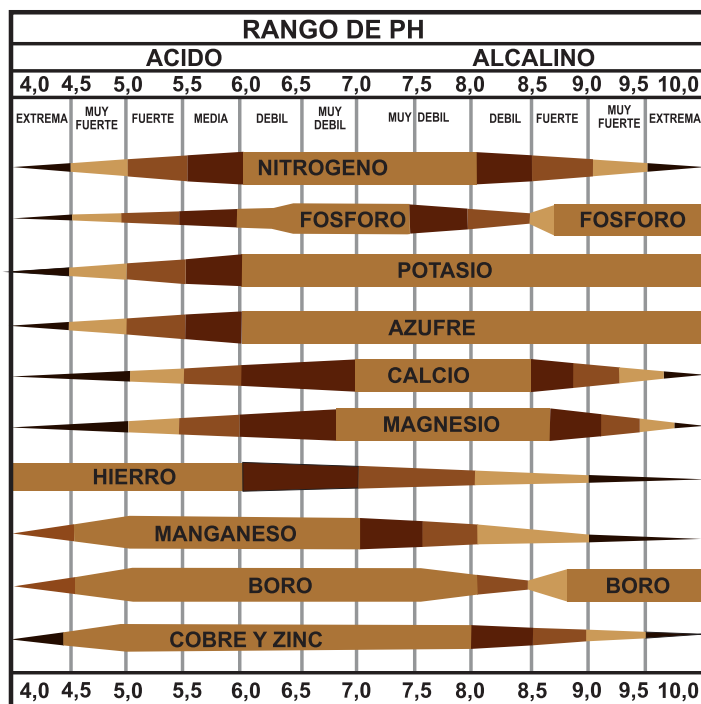
#### 10.1 pH del agua del sistema

El pH interviene en la asimilación de nutrientes por parte de la planta y mantiene condiciones óptimas para los peces; el nivel ideal está determinado por el tipo de planta y especie de peces a utilizar, tal como se aprecia en la Figura 10, considerando como afecta el pH en el agua, la asimilación de los nutrientes por las plantas.

Se tendrá certeza de que el sistema estará funcionando bien, cuando posee un pH<sup>18</sup> en torno a 6,5-7, no más allá de 7,2. Es impor-

tante, el monitoreo con cierta frecuencia del pH del agua, al menos 1 vez por semana. Estos resultados darán una idea confiable de cómo está funcionando el sistema. A valores de 6,5-7, los peces, plantas y bacterias crecen y se mantiene de forma adecuada sin problemas y manteniendo productivo el sistema. Al pH por encima de 7,2-7,5, las plantas no absorben bien el agua y algunos nutrientes como el Hierro (Fe), y a pH por debajo de 6-6,5, la actividad de las bacterias se hace más lenta y se puede frenar la nitrificación acumulándose peligrosamente los nitritos y el amoniaco.

**Figura 10.** Rangos en los cuales el sistema está funcionando bien que va de 6.5-7.



<sup>18</sup> El pH mide el grado de acidez o basicidad del agua en una escala entre 0 y 14. Las aguas ácidas tienen pH por debajo de 7 y las que no son ácidas (aguas básicas) tienen pH por encima de 7. Un agua alrededor de 7 se dice que tiene pH neutro. Los test de pH son muy sencillos de usar y se pueden encontrar de forma comercial.



Los estudios han comprobado que los cambios de pH del agua no son inmediatos y la alteración de un solo punto en la escala de 0 a 14 son muy grandes. Un pH de 6, es 10 veces más ácido que uno de 7 y 100 veces más ácido que uno de 8. Aún así, es importante conocer los valores de forma semanal.

Desde el momento que se introducen los peces y las plantas al sistema en ese mismo tiempo, se comienza a incorporar el alimento a los peces. La acción de las bacterias y la respiración de los peces, va a influir para que el pH del agua comience a bajar. Si en la primera llenada de agua de la instalación acuapónica el agua es “dura” con un pH entre 8,4-8,5, el propósito será ir bajando por lo menos a 7,2 y son las bacterias quienes se encargan de esta función, pudiendo tardar desde unas semanas hasta varios meses.

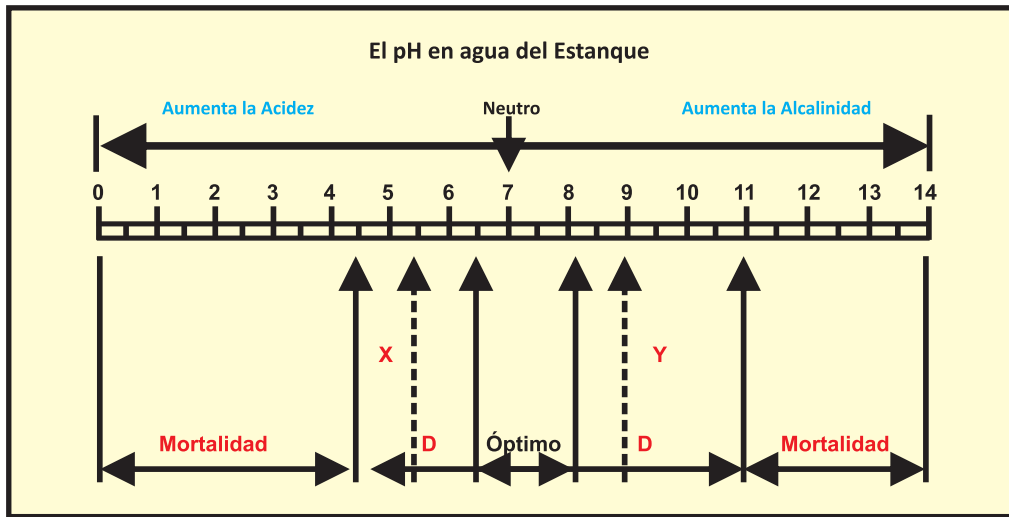
La velocidad de este descenso del pH va a depender de la cantidad de peces y de su peso total (biomasa total). A mayor biomasa de los peces, más comerán, por lo tanto, más desechos al agua y mayor “ataque” bacteriano a

estos residuos, obteniendo como resultado un descenso más rápido del pH. Sin embargo, a determinado tiempo se deberá reponer el agua al circuito acuapónico por las pérdidas por evaporación y evapotranspiración de las plantas, si se agrega aguas “duras” estas contienen también carbonatos que van a frenar la caída del pH, que dependiendo la cantidad de agua que se incorpore, pueden hasta subirlo. En los sistemas acuapónicos es muy común que el agua se acidifique, pero el problema de pH bajo, no debe ser corregido con bicarbonato de sodio, porque tiende a acumular sales de sodio que son tóxicas para las plantas.

La conductividad eléctrica hace referencia a la salinidad del agua, misma que no debe rebasar los 1500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

Por último, la dureza ayuda a contrarrestar la acidez de los procesos de nitrificación. Esta se debe balancear para mantener un pH adecuado y evitar estrés en los peces y plantas; el nivel adecuado fluctúa entre 60-140 mg/L de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).

**Figura 11.** Niveles de pH en extremos que son altamente peligrosos en la vida de los peces



- D** = Disminuye la producción de peces: hay que corregir el pH
- X** = Difícil que se de la reproducción
- Y** = Difícil para las larvas y los huevos





Ante estos factores, se manejó un monitoreo constante tanto en el municipio de San Lorenzo como en el municipio de El Triunfo. En estos lugares, los sistemas se conectaron a la red pública y otros se abastecen de agua de pozo. El pH del agua potable por la cantidad de piedras calcáreas en las comunidades monitoreadas, se observó un pH muy alto, razón por lo cual se recurre a la práctica de introducción de cítricos al sistema para bajar la cantidad de base del agua.

## 10.2 Manejo de temperatura, el oxígeno y el nitrógeno total del agua

Dentro del plan de manejo del sistema, se tiene que medir con cierta frecuencia parámetros como la temperatura y el oxígeno disuelto en el agua, con el fin de asegurar que los peces están creciendo en su intervalo óptimo e inclusive si sube o baja ¿Pero qué pasa si se da esta situación? Si baja demasiado, los peces comerán menos y se tendrá que dar menos comida; y si sube de manera desmedida, también comerán menos los peces e incluso bajará la cantidad de oxígeno disuelto en el agua y quizás se necesite de aire adicional con un pequeño compresor de aire o con saltos de agua. Para las plantas y bacterias, temperaturas entre 18 - 30° C son adecuadas. Tabla 19.

En relación al nivel de oxígeno, los niveles adecuados son de 5-6 miligramos de oxígeno



*Es importante, el monitoreo con cierta frecuencia del pH del agua, al menos 1 vez por semana.*

por litro de agua ó 5-6 ppm (partes por millón). Los niveles de oxígeno comienzan a disminuir si aumenta de forma considerable la densidad de peces, los sólidos en el agua y la temperatura, se debe prestar atención a estos cambios y medir el oxígeno en el tanque de peces al menos cada 15 días. El oxígeno no sólo es importante para los peces, sino para que las bacterias transformen bien los desechos de los peces y para que las raíces de las plantas absorban sin dificultad los nutrientes que contiene el agua.

La ausencia de oxígeno disuelto, puede causar muerte de los peces en pocas horas, disminuir el proceso de nitrificación y provocar asfixia de raíces. En este sentido, es importante tener un nivel de aireación adecuado en

**Tabla19.** Parámetros del agua para los organismos de un sistema acuapónico

	Temperatura (°C)	Amonio (mg/litro)	Nitrito (mg/litro)	Nitrato (mg/litro)	DO (mg/litro)
Acuaponía	18 - 30	< 1	< 1	5 - 150	< 5

**Fuente:** Tomado de Small-scale aquaponic food production - FAO



el sistema; que está por encima de 3 mg/l, siendo deseable tener 5 mg/l o más.

*Manejo del nitrógeno total: Amoníaco, nitrito y nitrato:* El nitrógeno es el cuarto parámetro crucial de la calidad del agua. Es requerido por toda la vida, y es parte de todas las proteínas. El nitrógeno ingresa originalmente en un sistema acuapónico desde el alimento para los peces, generalmente etiquetado como proteína cruda y medido como un porcentaje. Parte de esta proteína, es utilizada por los peces para el crecimiento, y el resto es liberada como desecho encontrándose principalmente en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), que se liberan a través de las branquias y como orina de los peces. Igualmente, se liberan otros desechos sólidos, algunos de los cuales se convierten en amoníaco por actividad microbiana. Este amoníaco es luego nitrificado por las bacterias y convertido en nitrito ( $\text{NO}_2$ ) y nitrato ( $\text{NO}_3$ ).

Un factor a tomar en cuenta, es la medición de los niveles de nitratos en el agua cada 15 días. Los nitratos son uno de los principales nutrientes de las plantas y son los que están en mayor cantidad en la llamada “sopa acuapónica”. Son un indicador del nivel de los otros nutrientes y sirven para saber si el sistema acuapónico está funcionando bien. Un intervalo óptimo de nitratos puede estar entre 40 y 80-100 ppm. Por encima de 40 ppm, se considera que ya hay suficiente nivel de nutrientes para las plantas.

Se sugiere no mantener niveles de nitratos por encima de 100 ppm, para evitar que se acumulen en exceso en las hojas verdes de las plantas. Una práctica para bajar el nivel de nitratos, es hacer cambios periódicos de agua, es decir, renovar cierto volumen de agua del sistema y sustituir la misma cantidad por agua nueva.



*Parte de los equipos y materiales necesarios para el monitoreo de varios parámetros sobre la calidad del agua.*

fácilmente, también con kit de test que se pueden adquirir en el comercio. Se conocen como kit de colorimetría para medir amonio, nitrito, nitrato y pH. Para este propósito el proyecto en sus unidades, utilizó el API Freshwater Master Test Kit, para tomar lecturas de muestras de agua.

Uso de instrumento de medición de agua: Para mantener controlado los estándares de calidad de agua, se deben trabajar con herramientas que faciliten el monitoreo como el uso de un termómetro para medir la temperatura del agua (termómetro HI98107), que puede ser lectura digital, que permite en pocos segundos, lectura de temperatura del pH en el agua.

Para los niveles de oxígeno, lo ideal es usar un oxigenómetro (HI9142) para medir la cantidad de oxígeno disuelto (DO), que se maneja en el área de producción de peces.

Las pruebas químicas y físicas del agua, se deben realizar en los primeros estadios del sistema, específicamente desde el día 2 antes de la siembra hasta el día 9; luego, se debe



hacer 2 veces por semana y después cada vez que se observe algo extraño en las poblaciones que se manejan en el sistema (peces, plantas, bacterias).

Las principales variables a considerar al equilibrar una unidad son:

A qué capacidad funcionará el sistema.

- Método de producción acuapónica.
- Tipo de pez (carnívoro vrs. omnívoro, nivel de actividad).
- Tipo de alimento para peces (nivel de proteína).
- Tipo de plantas (hojas verdes, tubérculos o frutas).
- Tipo de producción vegetal (especies únicas o múltiples).
- Condiciones ambientales y de calidad del agua.
- Método de filtración.
- Las tasas diarias recomendadas de alimentación de peces son:
  - Para vegetales de hoja verde: 40-50 gramos de alimento por m<sup>2</sup> por día.
  - Para vegetales de fruto: 50-80 gramos de alimento por m<sup>2</sup> por día.

**Alimento diario para peces por cada metro cuadrado de cultivo.** Es más útil equilibrar un sistema sobre la cantidad de alimento que le ingresa, que calcular la cantidad de peces directamente. Al usar la cantidad de alimento, es posible calcular cuántos peces se alimentan, basados en su consumo diario promedio. Las proporciones de la tasa de alimentación sustentarán un ecosistema equilibrado para los peces, las plantas y bacterias, siempre que haya una biofiltración adecuada.



*El uso de kit para pruebas de varios parámetros en la calidad del agua, es una de las prácticas constantes en el manejo del sistema de acuaponía*

Los desbalances más comunes son:

- Cuando existe un exceso de plantas y pocos peces, provoca que el alimento transformado no sea suficiente para cubrir la demanda nutricional de las plantas y se necesiten más peces.
- Cuando hay más peces y el alimento transformado en nutrientes, es mayor al consumo requerido por las plantas, se eleva la cantidad de nitratos y se necesitan más plantas.

Corrección de desbalances del sistema acuapónico según los requerimientos siguientes:

- 1m<sup>2</sup> de cultivos de hojas (cilantro, apio, lechuga, entre otros): 40-50 gramos de alimento/día.
- 1m<sup>2</sup> de cultivos de frutos (tomate, pepino, zapallo, entre otros): 50-80 gramos de





## Sección XI.

### Manejo de Enfermedades en Peces

Muchas veces resulta difícil evitar completamente las enfermedades en los peces, aunque siempre es preferible prevenir su aparición en el sistema. En el manejo de una enfermedad, se debe aplicar el tratamiento adecuado para evitar su evolución. En algunos casos, los peces supervivientes se encuentran tan debilitados que se hace difícil llevar a cabo un tratamiento efectivo.

Las causas principales de enfermedades son: a) Una alimentación inadecuada; b) Estrés por exposición a productos tóxicos; y, c) Ataque de organismos patógenos.

Hay varias enfermedades que "los peces pueden contraer, algunas especies son más susceptibles que otras, en ello tienen que ver factores como la calidad del agua y la temperatura, factores que reducen en gran medida el sistema inmunológico de los peces, lo que disminuye su capacidad para protegerse de la enfermedad". (Arredondo, 2014)<sup>19</sup>.

Los parámetros de calidad de agua, son la primera consideración para el buen funcionamiento de la producción y el indicador que impacta en el bienestar/salud de los peces y en las necesidades de las plantas. Cambios repentinos en la densidad de cultivo, tasa de crecimiento, tasa de alimentación o volumen del agua puede generar cambios en la calidad del agua.

Las bajas temperaturas inhiben la respuesta inmune y la capacidad de los peces para reaccionar a diferentes antígenos. La respuesta inmune de la tilapia, se inhibe a una temperatura alrededor de 16-18°C, a estas

condiciones también se reduce la actividad bacteriana. Cuando se produce un aumento de la temperatura ambiental, las bacterias restauran más eficientemente el funcionamiento de su sistema inmunológico y recuperan su actividad más rápido que los peces.

La tilapia cultivada a temperaturas de 23-32°C es menos propensa a parasitosis y enfermedades, a menos que estén sometidas a agua de baja calidad, manejo nutricional y alimentario inadecuado y a deficientes prácticas de manejo.

#### 11.1 Factores que favorecen la presencia de problemas de salud en peces

Algunos factores como la presencia de sólidos en suspensión en el tanque, toxinas endógenas y lesiones mecánicas pueden afectar la salud de los peces.

**Sólidos en suspensión:** Las partículas de materias extrañas presentes en el agua de los recipientes de cultivo, pueden generar lesiones en las branquias produciendo serios trastornos respiratorios. La gravedad de los daños branquiales está directamente relacionada a la cantidad de partículas presentes y la naturaleza de las mismas. Las más dañinas son las partículas duras, angulosas o con punta fina, las cuales a veces pueden incorporarse al agua del tanque posterior de una lluvia o provenir del fondo del recipiente durante los labores rutinarias de manejo.

**Toxinas endógenas:** Los desechos del metabolismo de los peces (amoníaco y nitrito) pueden tener un efecto tóxico si se acumulan en niveles elevados, conduciendo a los peces

---

19 Arredondo, A. (2014). HungryWorld.org. Obtenido de <https://www.hungryworld.org/>



a la muerte o una patología branquial crónica. Esta situación, suele presentarse en aquellos contenedores de cultivo cuya calidad del agua no sea controlada con elevadas densidades de peces, por una sobre alimentación o por el poco recambio de agua.

Se ha encontrado, que los altos niveles de bióxido de carbono en el agua, producen *nefrocalcinosis*, que es una deposición en el riñón de sales de calcio insolubles produciendo una extensa lesión renal y la consecuente disfunción renal.

**Lesiones mecánicas:** Las labores rutinarias de manejo que se realizan en los contenedores de cultivo de peces suelen provocar lesiones, en especial durante el manipuleo o recogida de los peces con el uso de redes, ya que pueden llegar a generar pérdidas de escamas, o provocar lesiones en la epidermis, que pueden originar consiguientes infecciones en zonas desprotegidas expuestas por este tipo de lesiones. Algunas lesiones pueden derivar en severas complicaciones, tales como, ulceraciones profundas y fallas en el control osmoregulador del pez, por lo que es importante disminuir la manipulación y aplicar medidas profilácticas durante su manejo.

## 11.2 Práctica de muestreo de los peces

El muestreo es una práctica importante en la cría de peces, que sirve para verificar la salud, el desarrollo y comprobar la uniformidad de los peces. Asimismo, es una forma para determinar la cantidad de alimento a suministrar. La práctica de muestreo, se debe realizar de preferencia cada 15 o 30 días, muestreando el 5 o 10 %, de la población total de la unidad de producción (tanque, otros).

Para obtener el 5% de la población total de peces sembrados en el tanque se procede de

la siguiente manera: el total de la población multiplicado por 5% = número de peces que representa ese porcentaje. Ejemplo, si se tiene 2000 peces sembrados x 5% será =100 peces.

Si se muestrea una cantidad total de 100 peces, con un peso de 180 gramos, para determinar el peso promedio por pez con la fórmula:  $100 \text{ peces} / 55 \text{ gramos} = 1.8 \text{ gramos}$  peso promedio por pez. El peso promedio por pez representa una media de la biomasa de todos los peces sembrados en el estanque.

## 11.3 Enfermedades parasitarias, por bacterias y por virus

Las prácticas para reducir los riesgos de introducción o diseminación de enfermedades o infecciones, son altamente importantes.

Son varios los factores a considerar para mantener el bienestar de los peces, principalmente evitar las enfermedades bacterianas y virales, los parásitos y el daño físico a la piel y branquias; de esta forma, el bienestar y la producción se benefician de la prevención y el manejo oportuno para preservar su salud.

### 11.3.1 Enfermedades parasitarias

El parasitismo es un fenómeno frecuente, en los peces, sin embargo, las enfermedades parasitarias no se manifiestan más que cuando las condiciones del medio ambiente permiten la proliferación del parásito. Tabla 20.

Los parásitos son organismos que viven sobre o dentro de otro organismo vivo, del que obtiene parte o todos sus nutrientes, en muchos casos, los parásitos dañan o causan enfermedades al organismo hospedante.



**Tabla 20.** Enfermedades parasitarias en peces

Enfermedad	Cuadro clínico	Agente causal	Control o Tratamiento
Chilodenellasis	El cuerpo afectado puede presentar una purulencia que asemeja papel de lija, pero que con el transcurso del tiempo comienza la piel a desprenderse. Ataca las branquias, hay cuadros bastantes críticos, además de frotarse contra el fondo y superficie duras, problemas respiratorios "boqueo en superficie". Los peces presentan movimientos lentos, y se separan de los cardúmenes.	Chilodonella sp, que es un protozoo ciliado	Realizar baños (inmersiones) en agua con sal común en una proporción de 1 % (1g/litro de agua) durante 10 minutos, con repeticiones durante las siguientes semanas hasta que se observe una mejoría. Para la eliminación total del parásito los mismos pasos descritos como medidas de prevención para el punto blanco.
Trichodinasis	Los síntomas muestran características típicas de infestación con parásitos externos, secreción excesiva de mucus en el cuerpo y branquias, desprendimiento de escamas, enrojecimiento de la zona infectada y opacidad en la piel.	El agente agresor son parásitos del grupo Trichodina, formado por tres géneros: Trichodina, Trichodonella y Tripartiella.	Realizar inmersiones en agua con sal común de 1%(1g/litro de agua) durante 10 minutos. Repetir durante las siguientes semanas hasta observar mejoría. Hacer baños de 3% de formol mezclarlo con agua, sumergir el pez en la mezcla 2 a 5 segundos, así el permanganato de potasio da buenos resultados, utilizar 1gr/10 litros de agua durante 5 a 10 minutos. Usar agua oxigenada, mojar un hisopo y humedecer la parte de las branquias o área afectada.
Dactylogyrus	Los síntomas no son visibles en una primera etapa. Cuando el ataque avanza hay engrosamiento de los bordes branquiales y los opérculos un poco abiertos. El comportamiento del pez es anormal desde un principio, le dificulta la respiración, se le irritan las láminas branquiales y tiende a frotarse en busca de desprenderse del parásito.	Son tremátodos pequeños de 2 mm. Es un gusano parásito de las branquias que se aferra con garfios. Se alimenta de mucus, piel y sangre del pez.	Hacer baños de sal con inmersiones de 30 minutos hasta que los huevos eclosionen. Con la inmersión con sal, los peces enfermos están expuestos a una fuerte solución salina por un período corto de tiempo de hasta 30 segundos o un minuto. Usar 1kg de sal por cada 40 litros de agua (una solución al 3%).





### 11.3.2 Enfermedades producidas por bacterias

En los peces las bacterias junto con los virus son los grupos de organismos patógenos de mayor

importancia. Estos microorganismos son pequeños de unos 0.5 a 100 micras y se requieren para su identificación la utilización de microscopios. Tabla 21.

**Tabla 21.** Enfermedades producidas por bacterias

Enfermedad	Cuadro clínico	Agente causal	Tratamiento
Botulismo de los peces	Pérdida del equilibrio, nadan dando vueltas continuamente subiendo y bajando desde el fondo hasta la superficie del agua.	Bacteria Clostridium-botulinum, del grupo de las Gram+	No existe. Mortalidad superior al 90 %. Cuando se diagnostica, es recomendable la eliminación e incineración de los organismos infectados. Nunca utilizar peces muertos o moribundos para consumo humano, donde se ha detectado la enfermedad, ya que el botulismo es una enfermedad grave en seres humanos.
Estreptococosis	Los peces nadan lentamente y se agrupan en los bordes del estanque, inapetentes, se presenta abultamiento del abdomen y prolapso del ano, además de un cuadro meningo encefálico. La enfermedad puede ser aguda, con mortalidad de 2 a 3 semanas en la que la temperatura del agua es alta. Cuando la temperatura del agua es baja se puede ser crónica, causando mortalidad baja pero persistente.	Streptococcus	Se recomienda disminuir la alimentación para reducir la mortandad, porque los peces presentan anorexia (falta de apetito) y la acumulación de partículas no consumidas deterioran la calidad del agua. El disminuir la densidad de cultivo, ayuda a bajar el nivel de estrés y la carga del patógeno, igual que el mantener niveles de oxígeno óptimos y temperaturas bajas
<i>Columnaris</i>	Se aprecia sobre la piel manchas blanquecinas que dan lugar a un rápido deterioro del área afectada con ulceraciones en un lapso de 24 horas, las aletas pueden mostrarse lechosos y erosionadas. Es típico observar boqueos de peces en la superficie. Se infecta todo el	Es causada por bacterias filamentosas, entre las cuales destacan Flavobacterium columnare y Flexibacter columnaris	En los tanques de producción, una vez instalada la enfermedad, se torna muy difícil el control, debido a la extensión y volumen de los cuerpos de agua, obligando a tomar medidas drásticas como la eliminación del



Enfermedad	Cuadro clínico	Agente causal	Tratamiento
	cuerpo, piel, branquias, órganos internos, dependiendo de la virulencia del ataque, se confunde con una infección micótica, diferenciada de esta última por no presentar la estructura algodonosa.		lote y secado y desinfección para su eliminación.

### 11.3.3 Enfermedades producidas por virus

Los virus son parásitos, microorganismos específicos, visibles solo en el microscopio.

La trasmisión se puede realizar en forma horizontal, siendo la principal vía de infección las lesiones cutáneas, branquias e intestinales, como también en forma vertical a través del huevo de reproductores infectados a sus descendientes. Tabla 22.

**Tabla 22.** Enfermedades producidas por virus

Enfermedad	Cuadro clínico	Agente causal	Tratamiento
Necrosis Pancreática Infecciosa.	Los peces se presentan con inapetencia, ascitis, exoftalmia y pérdida de equilibrio, las heces se visualizan en forma de cadenas unidas unos con otros. Después de la muerte, se puede apreciar el intestino con un exudado blanco y la lesión apreciada es la necrosis e inflamación del páncreas. La mortalidad es superior a los 90 %, en alevines, en peces de mayor edad disminuye su gravedad.	El virus pertenece a varios serotipos.	No hay tratamientos para dicha enfermedad. Se recomienda en caso de presencia de la patología en un establecimiento el sacrificio de todos los animales existentes, y la desinfección de la explotación.



#### 11.4 Práctica de baños de sal para prevenir o tratar enfermedades en peces

El uso de la sal común es una práctica muy útil, cuyo ingrediente ofrece múltiples beneficios para prevenir o tratar infecciones, igual que para controlar parásitos externos. La sal es un producto seguro, eficaz y accesible para prevenir pérdidas por muerte de peces cultivados tanto en acuicultura en general como en sistemas acuapónicos. A continuación algunas prácticas en el uso de baños de sal:

- a) En un tratamiento de inmersión con sal, los peces heridos o enfermos están expuestos a una fuerte solución salina durante un período corto de tiempo, ejemplo, hasta 10 y 30 minuto. La dosis generalmente recomendada es 1kg de sal por cada 40 litros de agua (una solución al 3%).
- b) Un baño de sal es útil para el tratamiento de peces en estanque pequeños o en acuarios usados solamente para este propósito. Los peces se exponen a una solución salina moderada durante un máximo de 10 o 30 minutos. La dosis generalmente recomendada es 1kg. de sal por cada 40 litros de agua (una solución 1,2%).
- c) El tratamiento prolongado de sal dura un período indefinido de tiempo, tal vez incluso de manera permanente. Se trata de la adición de sal al agua del estanque y el mantenimiento de ese nivel de salinidad es de una cuestión de días, semanas o meses. La dosis generalmente recomendada es de 65 gr. de sal por cada 40 litros de agua (una solución 0,18%).
- d) Esta actividad de los baños de sal acciones preventivas y curativas de algunas enfermedades las dosis y efectos son las mismas.
- e) Los baños de sal se realizan a los peces por separado del sistema acuapónico para no afectarlo y posteriormente, se incorporan los peces al tanque o pecera.





## Sección XII.

### Manejo de Plagas y Enfermedades en Plantas

#### 12.1 Recomendaciones para un manejo integral de plagas

El control de plagas y enfermedades en un cultivo acuapónico, es una práctica que requiere de especial atención, máxime cuando no pueden utilizarse pesticidas tradicionales, porque se correría el riesgo de provocar muerte de los peces. No deben utilizarse agroquímicos en el manejo de plagas en los cultivos de especies vegetales (por riesgo de muerte de peces) y tampoco antibióticos en alimento para peces (por riesgo en las bacterias nitrificantes).

Es importante conocer el tipo de plaga, y el tipo de daño que puede provocar al cultivo. Tabla 23. Todos los métodos de control de las plagas o las enfermedades que pueden afectar el cultivo de las plantas, deberán ser de carácter orgánico. A continuación algunas recomendaciones para un manejo integral de plagas:

- a) Tener un plan de manejo previo a la aparición de fitopatógenos.
- b) Revisar periódicamente las plantas en busca de plagas o síntomas.
- c) Llevar registros de plagas encontradas (número, tipo de plagas, daños, otras).
- d) Seleccionar especies de plantas resistentes.
- e) Realizar prácticas preventivas para plagas conocidas.
- d) Utilizar más de un método de control.

Lo recomendable para el control de fitopatógenos es el manejo integrado, el cual consiste en mantener el daño de la plaga o enfermedad bajo el nivel económicamente aceptable, es decir, si el costo de controlarlos supera el valor de producción proyectada.

*Control cultural:* Consiste en rotar o alternar los tipos de vegetales a lo largo del tiempo, para evitar atraer enfermedades generadas por mantener sólo plantas pertenecientes a la misma familia.

*Métodos físicos:* La malla sombra y manto térmico, reducen la incidencia de plagas actuando como barrera física.

*Uso de trampas:* Se recomienda el uso de trampas adhesivas de colores; las de color azul atraen estados adultos de trips, mientras que las amarillas atraen las moscas blancas o voladores pequeños.

*Uso de biopesticidas:* Son organismos o sustancias de origen natural derivados de animales, plantas, microorganismos y minerales. Los más comunes con los biopesticidas vegetales y se elaboran a base de extractos de cebolla, ajo y chile, mismos que son efectivos para repeler y controlar plagas y enfermedades. Por su manera de aplicación, no contaminan la solución nutritiva, pues se aplican el mismo día de su elaboración y pierden efectividad en poco tiempo. Tabla 23.

*Control biológico:* Consiste en usar los agentes naturales para el control o minimización de las plagas y enfermedades. Se introducen depredadores naturales en el ambiente para controlar las infestaciones, debiéndose conocer la plaga y su depredador natural. Algunas de las ventajas son: ausencia de residuos, no desarrolla resistencia en las plagas, económicamente viable (en proyectos a gran escala) y es ecológico. También el uso de entomopatógenos es seguro; los más comunes son *Beauveria bassiana* y *Bacillusthur ingiensis*.



**Tabla 23** Principales plagas que afectan las especies de plantas.

Nombre	N. Científico	Daños	Ciclo Biológico	Tomate	Melón	Lechuga	Zapallo	Pepino	Papa	Sandia	C. dulce	Calabaza	Cebolla
Mosca Blanca	<i>Bemisia tabaci</i>	Como Ninfa y adulto se alimentan de savia, provocan amarillamiento y marchitez de la planta.	Depende mucho de la temperatura. El ciclo de vida dura de 28 - 39 días.	x	x	x	x	x					
Pulgón	<i>Myzus persicae</i>	Ninfas y adultos se alimentan de savia de tejidos jóvenes, provoca amarillamiento y reduce el crecimiento.	Se reproduce a 26 °C, aparece durante todo el año, aumento de poblaciones de febrero - abril.	x	x		x	x	x	x	x	x	
Trips	<i>Franklinella occidentalis</i>	Ninfas y adultos hacen daño, dejan manchas en el haz y envés de hojas de coloración blanquecina con puntos negros por su hábito raspador-chupador.	Su ciclo depende de la temperatura y alimentación. En el tomate dura de 9 - 12 días a 30°C que sube de 35 - 39 días a 15°C. más de 35°C mortalidad en estado larval se eleva.			x		x	x				x
Acaro Rayado Arañita Roja	<i>Tetranychus urticae</i>	Ninfas y adultos introducen sus estiletes en el tejido para vaciar las células y absorber sus jugos. Duran de 10 - 15 días a 25 °C, superados los 40°C aumenta su mortalidad.				x	x		x		x	x	
Palomilla	<i>Tuta absoluta</i>	Estados larvales provocan daños por su estado minador. El adulto es una pequeña mariposa con estados: huevo, larva, pupa y adulto.		x	x		x		x	x	x	x	x



**Tabla 23.** Principales plagas que afectan las especies de plantas.

Nombre	N. Científico	Daños	Ciclo Biológico	Tomate	Melón	Lechuga	Zapallo	Pepino	Papa	Sandia	C. dulce	Calabaza	Cebolla
				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Minador de la Hoja		El estado larval causa daño minando junto a las nervaduras basales.	La longevidad de hembras es de 11.4 días y fecundidad de 130 huevos por hembra.	x	x	x	x	x	x	x	x	x	

**Tabla 24.** Uso de algunas aplicaciones naturales para control de plagas.

Aplicación	Plagas	Control	Dosis	Frecuencia
Infusión o preparado de cebolla	Mosca Blanca y Pulgón	Trampa color amarillo	Machacar 3 cebollas y vaciar en 1 litro de agua hasta formar una masa uniforme, dejarla reposar por 12 horas.	2 veces a la semana
Infusión o preparado de tabaco	Afidos	Trampa color amarillo	Mezclar 60 gramos de tabaco con 1 litro de agua.	Es semanal al menos 8 veces
Infusión o preparado de ajo	Pulgón	Trampa amarillo	Deshacer 2 bulbos enteros de ajo (no solo 2 dientes), licuar en 1 litro de agua.	1 vez a la semana
Infusión de hojas de tomate	Gusano Minador Oruga	Manual cortar la hoja	Mezclar 60 gramos de hoja de tomate picarlas y agregarle 1 litro de agua .	Cuando este comenzando
Infusión de tabaco, ajo y cebolla	Trips	Trampa color amarilla	Mezclar 60 gramos de tabaco, 1 diente de ajo, 1 cebolla en cuadros en 1 litro de agua, dejar reposar por 48 - 72 horas.	Una vez por semana. Si la plaga es muy persistente, usarla cada tres días.



## 12.2 Nutrientes de las plantas

Las plantas se alimentan de las sales minerales que contiene la llamada “sopa acuapónica” de nutrientes, que a su vez proceden de las bacterias, que transforman los desechos que liberan los peces en el agua y los restos de la alimentación suministrada. A mayor peso (biomasa total) de todos los peces, más desechos liberan al agua y más sales minerales llegan a las plantas, y por lo tanto se puede ir ampliando la superficie de cultivo de vegetales conforme vayan creciendo las tilapias.

No obstante, esa cantidad de nutrientes y minerales que proveen los peces, algunos nutrientes estarán en mayor cantidad, o más disponibles que otros. El tipo de especies crecerán mejor o deficiente según esté disponible en el agua más de un tipo de nutrientes. Se afirma que una planta necesita aproximadamente 16 nutrientes para vivir y crecer bien (nitrógeno, fósforo, potasio, hierro, calcio, etc.), en el sistema acuapónico normalmente los contienen todos, pero tienen poca cantidad de hierro, potasio (y en algunos casos también de fósforo y de calcio).

### 12.2.1 Enmiendas nutricionales en el manejo de plantas (nutrición vegetal)

En la corrección de las deficiencias nutricionales, es decir, suplir de aquellos elementos minerales que presenta el cultivo, se subraya siempre que la obtención y aplicación del nutriente sea de manera orgánica. Tabla 25.

Los elementos esenciales para las plantas son 17 incluyendo O, H y C provenientes de H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y aire. (El carbono y el oxígeno son tomados del aire a través de la fotosíntesis y el oxígeno por la respiración, el agua proporciona hidrógeno y oxígeno, además de desempeñar múltiples funciones en la fisiología

vegetal). Los restantes elementos, corresponden a los nutrientes minerales, los cuales según la cantidad absorbida por la planta, se clasifican en macro elementos y micro elementos. Figura 12.

Los macro elementos, son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en mayores cantidades. En este grupo se incluye: el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg). Según su frecuencia de aplicación en los cultivos, se dividen en macroelementos primarios (N, P y K) y secundarios (S, Ca y Mg), algunos de ellos en cantidades tan pequeñas que se les denomina oligoelementos.

**Macroelementos primarios:** Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K).

**Macroelementos secundarios:** Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Azufre (S).

**Microelementos:** Son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en cantidades menores, incluyéndose en este grupo el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo) y Boro (B). Ocho de los 17 nutrientes esenciales para las plantas se denominan microelementos, los cuales constituyen los elementos por excelencia catalíticos, ya que son esenciales en las reacciones redox a nivel biológico: Boro (B), Cobre (Cu), Hierro (Fe), Manganeseo (Mn), Molibdeno (Mo) y Zinc (Zn). Estos elementos son tan importantes para la planta como los nutrientes primarios y secundarios, a pesar que son requeridos en concentraciones menores.

Los nutrientes minerales, se distribuyen a través del xilema por toda la planta gracias al flujo de corriente ascendente que genera la transpiración.

**Uso de soluciones nutritivas:** Las soluciones nutritivas, se usan en sistemas

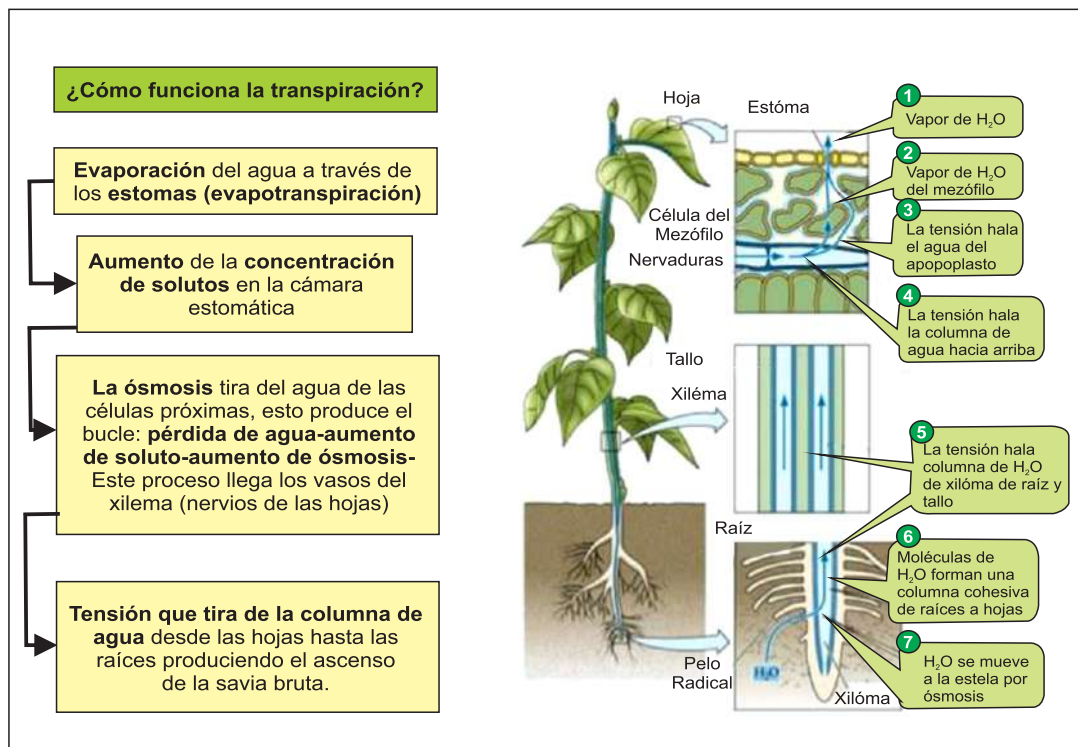





puros de hidroponía, cuando esta se complementa con la acuicultura, y se crea el concepto de acuaponía. Los nutrientes que van a las plantas, son incorporados por el proceso bacteriano efectuado en los desechos

metabólicos del pez. En la experiencia del proyecto, no se aplicaron este tipo de prácticas en el manejo del componente de vegetales en los sistemas acuapónicos.


**Figura 12.** Proceso de como funciona la transpiración en las plantas y como se presenta en sus partes desde la raíz a las hojas.








**Tabla 25.** Deficiencias nutricionales en especies vegetales y prácticas de enmiendas

Elemento	Sintomatología	Enmienda
<b>Nitrógeno (N)</b> 	<p>Se detiene el crecimiento de sus órganos, lo que propicia la muerte de algunos órganos y tejidos.</p> <p>Se asocia una coloración verde pálida, que aparece, en primer lugar en hojas inferiores, que luego se muda hacia las superiores. Las deficiencias extremas de Nitrógeno (N), las hojas se tornan amarillas y llega a producirse coloraciones púrpuras en tejidos y venas.</p>	<p>El aporte de este nutriente es gracias a las excretas de los peces en forma de amonio, mediante nitrificación se convierte a nitrato compuesto asimilado por las plantas.</p>



Elemento	Sintomatología	Enmienda
<p><b>Fosforo (P)</b></p> 	<p>Las hojas superiores muestran decoloraciones irregulares color marrón negrozco o una coloración púrpura en el envés. Hay hojas de color verde oscura con puntas muertas. Madurez retardada. Poco desarrollo de granos, frutos y/o semillas.</p>	<p>La ceniza de madera es rica en Potasio y en Fósforo. Se prepara recogiendo la ceniza de la madera quemada y diluirla en agua.</p>
<p><b>Potasio (K)</b></p> 	<p>En las hojas inferiores, sus bordes muestran un amarillamiento y una posterior desecación conforme avanza la deficiencia de Potasio. Hay defoliación prematura de las hojas viejas.</p>	<p>Se puede preparar un té de conchas de banana o plátano, ya que contienen alto nivel de Potasio.</p>
<p><b>Calcio (Ca)</b></p> 	<p>El contenido de Calcio (Ca) aumenta con la edad de la planta y se acumula de manera irreversible en los tejidos viejos, lo que propicia que desarrolle la deficiencia en los órganos jóvenes y limite el crecimiento tanto tejidos y frutos. Se presenta necrosis en los tejidos.</p>	<p>Se recomienda el uso de cáscara de huevos molida al pie de las plantas para el aporte de Calcio, sobre todo en las etapas de floración/ fructificación.</p>
<p><b>Azufre (S).</b></p> 	<p>La planta muestra una decoloración general, pero a diferencia que la deficiencia del Nitrógeno los síntomas aparecen primero en las hojas jóvenes debido a la inmovilidad de este elemento.</p>	<p>Suministrar Azufre (S) en polvo en proporciones mínimas.</p>
<p><b>Hierro (Fe).</b></p> 	<p>Las hojas jóvenes de la planta son las que muestran primero los signos visibles. Disminución de la concentración de clorofila. Deficiencias muy severas en las hojas jóvenes pueden llegar a aparecer manchas cloróticas. En estos casos, la división celular puede inhibirse y detenerse el crecimiento de la hoja</p>	<p>Óxido de hierro, extraído de clavos, tuercas, virutas de hierro, colocadas en una botella con agua y un poco de Azufre (S) para su obtención.</p>



Elemento	Sintomatología	Enmienda
<b>Manganeso (Mn)</b> 	<p>Síntomas de deficiencia pueden aparecer en hojas medias, debido a la preferencia del transporte del manganeso ( Mn) desde la raíz a las hojas medias y no a las jóvenes. Los signos de la deficiencia se manifiestan por una clorosis internerval, que puede llegar a necrosarse</p>	<p>Incorporaciones de ceniza.</p>
<b>Cobre (Cu)</b> 	<p>Clorosis intervenal, seguida de una necrosis y un curvado de las hojas hacia el envés.</p>	<p>Incorporar Cobre en forma diluida en cantidades de 10 gramos por mil litros de agua.</p>
<b>Zinc (Zn)</b> 	<p>Enanismo de la planta, el acortamiento entre los nudos y la restricción del crecimiento de las hojas. Decoloración internerval en la parte media de la planta, similar a la deficiencia de magnesio.</p>	<p>Incorporaciones de ceniza diluida.</p>
<b>Boro (B)</b> 	<p>Los síntomas de deficiencia se presentan en los ápices y en las hojas jóvenes. La planta sufre una detención del crecimiento. Los entrenudos se acortan, las hojas se deforman y el diámetro de los pecíolos se incrementa, os frutos se deforman</p>	<p>Mezclar 1 cucharadita de ácido bórico en 4 litros de agua</p>
<b>Molibdeno (Mo)</b> 	<p>Los síntomas de deficiencia se manifiestan por una falta de vigor y achaparramiento de la planta.</p>	<p>Incorporaciones de ceniza diluida una onza de ceniza en un litro de agua, aplicar medio litro al sistema cada cuatro días.</p>





## GLOSARIO

**Acidez:** La acidez de un agua es su capacidad cuantitativa para reaccionar con una base fuerte hasta un pH designado. El pH es una medida que indica la acidez del agua. La escala de pH varía de 0-14, donde 7 es rango promedio-neutral. Un pH menor indica acidez, mientras que un pH mayor a 7, indica que el agua es básica.

**Acuicultura:** Cultivo de organismos acuáticos en un ambiente controlado.

**Acuaponía:** La combinación de acuicultura (piscicultura) y el cultivo hidropónico (cultivo de plantas sin suelo). Uso de bacterias nitrificantes, la acuaponía combina dos ecosistemas tan dispares, peces y plantas, para producir alimentos limpios.

**Aeróbico:** Requiere o tiene aire.

**Alcalinidad:** Regula el poder de la amortiguación del agua para resistir el cambio de pH. Si el agua tiene una alcalinidad alta, es más resistente a los cambios de pH.

**Alcalino:** En una escala de pH de 0-14, donde siendo 7 es el punto neutro, más de 7 se considera alcalino.

**Agente causal:** Factor que se encuentra en el medio ambiente y que, por sus características, puede generar un trastorno de salud a un huésped, son el motivo; directo o indirecto, del desarrollo de una enfermedad.

**Amoníaco:** Primer componente del ciclo del nitrógeno. Las fuentes primarias son excreciones del pescado por medio de sus branquias y la conversión de materia orgánica en descomposición, tales como alimento no ingerido, desechos de pescado, y la materia vegetal muerta dentro de las camas de crecimiento del sistema de acuaponía. El amoníaco puede acumularse y llegar a ser tóxico si no se diluye o se convierte en el sistema.

**Anaeróbico:** Sin necesidad de aire.

**Arcilla expandida:** Bolitas de arcilla cocidas en un horno que se expanden en "bolas" porosas que se utilizan a menudo en las camas de medios de acuaponía.

**Sifón de campana:** Un mecanismo para el control de los ciclos de llenado y drenaje de una cama de cultivo.

**Bacterias nitrificantes:** Ver Nitrobacter y Nitrosomonas.

**Biofiltro:** Un componente del sistema de acuaponía diseñado para crear un área de superficie en el que las bacterias nitrificantes pueden colonizar. Es construido de muchos materiales denominados sustratos, tales como grava, conchas, perlas de plástico o de malla, rizadores de pelo, o esteras de fibra de vidrio. Es importante que ninguno de los materiales reaccione con el agua.

**Biopesticidas:** Son organismos o sustancias de origen natural derivados de animales, plantas, microorganismos y minerales. Los más comunes son los biopesticidas vegetales y se elaboran a base de extractos de cebolla, ajo y chile, que son efectivos para repeler y controlar plagas y enfermedades.

**Cambio de agua:** Una medida destinada a aliviar algunos problemas del agua tales como picos de nitrito u otros tipos de contaminación del sistema.

**Carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>):** sustancia que se encuentra naturalmente en yeso, piedra caliza y mármol, a menudo usada para amortiguar el pH más alto.

**Ciclado:** Proceso para establecer una población suficiente de bacterias beneficiosas para completar el ciclo del nitrógeno y neutralizar las toxinas del agua.

**Ciclo del Nitrógeno:** Proceso por el cual el amoníaco, a través de las bacterias nitrificantes, es convertido en nitratos de nitritos.

**Ciclado sin peces:** un proceso para el ciclado en un sistema de acuaponía utilizando un método que no incluye peces.

**Clarificador:** Un tipo de filtro mecánico comúnmente empleado en acuaponía con sistemas de balsa o sistemas NFT. En general, se encuentra entre el depósito de pescado





y macetero de plantas y es diseñado para eliminar los sólidos del tanque de peces.

**Decloración:** Un proceso que elimina el cloro.

**Desgasificación:** Un término que se refiere a la eliminación de gas de cloro del agua de acueductos en una red pública.

**Dureza del Carbonato:** Es la medida de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) y carbonato ( $\text{CO}_3^{2-}$ ) iones en el agua, también llamado enlace de ácido, capacidad de amortiguación del ácido, y la alcalinidad.

**Dureza general (DG):** Una medida del Calcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^{++}$ ) iones.

**Filtración biológica:** Un proceso biológico que ayuda al sistema de acuaponía a convertir desechos tóxicos (amoníaco y nitritos) a nitratos no tóxicos.

**Flujo continuo:** Una configuración de acuaponía diseñada para bombear agua continuamente a través del sistema.

**Flujo intermedio:** Un método de flujo de agua de acuaponía diseñado para bombear agua en el macetero de plantas en intervalos predefinidos generalmente por medio de un temporizador eléctrico conectado a la bomba de agua, o mediante un autosifón, que resulta en un tiempo de drenaje deseado de vuelta al tanque de peces.

**Flujo y refluo:** Un método de flujo de agua diseñado para bombear agua en un macetero de plantas en intervalos predefinidos, ya sea por medio de un temporizador eléctrico conectado a la bomba de agua, o mediante un autosifón resultando en un tiempo de drenaje especificado de vuelta al tanque de los peces.

**GRG IBC portables:** Un recipiente intermedio, utilizados para almacenar y transportar líquidos a granel. Modificados para ser utilizados para sistemas de acuaponía en escala baja.

**Híbrido:** La descendencia de dos animales o plantas de diferentes razas, variedades, o géneros, especialmente cuando se produce a través de la manipulación de características genéticas específicas.

**Hidroponía:** La ciencia de plantar plantas en una solución rica en nutrientes sin tierra.

**Inundación y drenaje:** Un método de flujo de agua de acuaponía diseñado para bombear agua en la macetera de plantas en intervalos predefinidos, ya sea por medio de un temporizador eléctrico o mediante un autosifón resultando en un tiempo especificado de drenaje de vuelta al tanque de los peces.

**Macro nutrientes:** Son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en mayores cantidades. En este grupo, se incluye el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg).

**Micro nutriente:** Son aquellos elementos nutritivos absorbidos por la planta en cantidades menores, incluyéndose en este grupo, el Hierro (Fe), Cobre (Cu), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo) y Boro (B).

**Nitratos:** Los nitratos son el resultado de los nitritos convertidos por bacterias nitrificantes. Los nitratos son muy beneficiosos para las plantas.

**Nitritos:** Los nitritos son el resultado del amoníaco al ser convertido por bacterias nitrificantes. Los nitritos, como el amoníaco, son tóxicos para el sistema.

**Nitrobacter:** Una bacteria que convierte los nitritos en nitratos, como parte del ciclo de nitrógeno.

**Nitrógeno Amoniacal Total (NAT):** Lectura de amoníaco que se compone de ambos, amoníaco ionizado y no ionizado.

**Nitrosomonas:** Una bacteria que convierte el amoníaco en nitritos, como parte del ciclo del nitrógeno.

**Oxígeno disuelto (DO):** Una medida de oxígeno disuelto en el agua.

**pH:** Es la escala utilizada para expresar la acidez o alcalinidad de una solución en una escala de 0 a 14, donde 7 representa la neutralidad, menos de 7 representa acidez, y más de 7 representa alcalinidad.

**PPM:** Partes por millón.

**PPT:** Partes por mil.



**PVC Policloruro de vinilo:** Un polímero plástico de uso frecuente para la plomería en Acuaponía, especialmente en sistemas de tipo NFT.

**Pico de nitrato:** Un período que se da por lo general, durante el proceso de ciclado, cuando se produce la acumulación de amoníaco y nitritos. Estos son tóxicos para los peces y las bacterias beneficiosas.

**“Piping”:** Una condición cuando los peces se encuentran en la superficie del agua y tratan de tragar aire. Esta es una clara indicación de que algo está mal con el agua.

**Quelato de hierro:** Una forma de hierro que es más utilizable por las plantas en un sistema de acuaponía.

**RAS:** Recirculation Aquaculture System

**Reactivos:** una forma de análisis de agua basados en líquidos, que, cuando se combina con el líquido de ensayo, proporciona una lectura de color de las condiciones del agua.

**Reversión sexual en peces:** Consiste en la aplicación de hormonas (17 alfa metil testosterona) a los alevines, cuando comienza la diferenciación de su tejido gonádico para

inducir la producción de solo machos. Los cultivos se convierten en mono sexo reduciendo de esta manera el riesgo de la reproducción.

**Sistema de recirculación:** Son un conjunto de procesos y componentes que se utilizan para el cultivo de organismos acuáticos, donde el agua es continuamente limpiada y reutilizada.

**Sustrato:** Físicamente el sustrato es un medio sólido e inerte que da soporte a las plantas, éste puede ser de material orgánico, inorgánico o sintético.

**Técnica de Película de Nutrientes (NTF):** Un método de cultivo de plantas acuapónicas usando una película fina de agua aireada y rica en nutrientes, que fluye a través de un canal para alimentar las puntas de las raíces de un cultivo suspendido.

**Tiras de prueba:** Una forma de pruebas para agua, que residen en una tira de papel plástico que, después de ser sumergida en el líquido a ensayar, proporciona una lectura de colores de las condiciones del agua.



## Bibliografía

1. Acuicultura.(2006). Diseño de tanques en acuicultura intensiva. Obtenido de <http://www.ipacuicultura.com>
2. Arredondo, A. (2014). HungryWorld.org. Obtenido de <https://www.hungryworld.org/>
3. Burbano, H. E. (2015). Udenar. Obtenido de <http://biblioteca.udenar.edu>.
4. Campos, J. A. (2012). asohofrucol. Obtenido de <http://www.asohofrucol.com>
- 5.Castillo, L. F. (2011). Mundo Tilapia. Obtenido de <https://mundotilapia.es.tl/Tilapia-Red-florida.htm>
6. Colo, P. (2011). Obtenido de <http://chilorg.chil.me/download-doc/86262>
7. Cuellar J. A. (2017). Evaluación del Cultivo de Lechuga y Viabilidad Económica de Sistema Acuapónico con Tilapia.
8. D. Marlow.(2009). Hortalizas. Obtenido de <https://www.hortalizas.com>. Miscelaneos/riego-y-oxigeno
9. D. García, D. Felipe, M. Justo y D. Motero J. V.(2017). Proyecto de Instalación y Producción de un Sistema Acuapónico.
10. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural. (2018).
11. FAO. (2014). Evaluación Preliminar de Sistemas Acuapónicos e Hidropónicos en Cama Flotante. Small-scaleaquaponicfoodproduction. Obtenido de : <http://www.fao.org/3/a-i4021e.pdf>
12. Haro, R., & E. C. (2011) Hidroponia y Acuicultura Sistema Integrado de Producción de Alimentos. Obtenido de [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net).
13. Infoagro. (2007). Disponibilidad de agua. Obtenido de <https://www.infoagro.com>
14. J. M. Julian. (2009). Acuaponía: Hidroponía y Acuicultura, Sistema Integrado de Producción de Alimentos. Obtenido de [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net) .
15. Lennard. (2009). Sistemas de recirculación acuapónicos
16. Martínez, M. A. (2006). Manejo del Cultivo de Tilapia Nicaragua. Managua.Obtenido de: <https://www.crc.uri.edu/downloadCIDEA>.
17. L.R. Nelson. Producción de Alimentos para Acuaponía. Cría de peces y ganancias. Primera Edición. Islas Vírgenes Nelson y Pade, Inc.Obtenido de: <https://es.slideshare.net/amyv2828123/informe-final-de-acuaponia>
18. OIRSA. (2018). Manual de Buenas Prácticas Piscícolas, Info Agrónomo, Manual de Técnicas de Acuaponía.
19. Plantiber. (2008). Tratamientos con sal en el acuario de agua dulce.Obtenido de <https://www.plantasdeacuarios.com>.
20. Rakocy J. (2007). Aquaponics: integrating fish and plant culture.
21. Popma and Green. (1994). Reversión sexual de las Tilapias Roja (*Oreochromis Sp.*). Obtenido de [www.researchgate.net](http://www.researchgate.net)
22. Raffino, M. E. (2020). Concepto de Erosión Hídrica. Obtenido de <https://concepto.de/erosion-hidrica>.
23. Ramírez et. al. (2009). Cultivo de Orégano (*origanumvulgare: lamiaceae*).
24. Roosta y Mohsentan. (2012).Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Licopersicums culentum L.*) en sistema de acuaponía.
- 25.Somerville, M. Cohen, E. Pantanella. (2014). Producción de alimentos acuapónicos a pequeña escala: cultivo integrado de peces y plantas.



## Anexo 1.

### Costo- Beneficio Implementación del Sistema de Acuaponía

El análisis costo-beneficio, es una herramienta financiera que mide la relación que existe entre los costos y beneficios asociados a un proyecto o actividad de inversión, con el fin de conocer su rentabilidad. Los costos y beneficios de un sistema acuapónico a pequeña escala, tiene como objetivo proporcionar la comprensión de los gastos necesarios para instalar y manejar una unidad productiva, así como, los gastos esperados, producción e ingresos durante el año.

Se considera una unidad de acuaponía de pequeña escala, aquella determinada por un tamaño de pecera de 1000 litros ( $1 \text{ m}^3$ ) y espacio de cultivos de unos  $3 \text{ m}^2$ , diseñada y apropiada para el manejo de una producción familiar. El objetivo principal de este tipo de unidades acuapónicas, es la producción de alimentos para el consumo, con poblaciones de peces bajas (50-60/60-70 peces) y varios tipos de vegetales de hoja y fruto, incluyendo hierbas condimentos que crecen a la vez.

#### Factores del análisis costo - beneficio

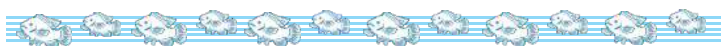
Los costos y beneficios de una unidad de acuaponía a pequeña escala, son una forma para sintetizar entre otros factores, el costo total de materiales para la instalación inicial (inversión de capital) para una área de medios de crecimiento de  $3 \text{ m}^2$  (materiales, accesorios y costos); luego enumerar todos aquellos costos de funcionamiento anuales (manejo y operaciones); para enseguida valorar la producción esperada de peces en kilos y producción de vegetales en un año; y, por último, el análisis de los costos e ingresos, para concluir en la identificación del benefi-

cio total entre la inversión inicial y el período de recuperación de la inversión realizada.

Los datos acá indicados, se deben tomar para orientar a nuevos emprendedores en este tipo de actividades productivas. Estos valores están sujetos a muchos factores de producción y financieros, en los cuales pueden influir, aspectos climáticos, como temperaturas, estaciones, tipo de peces, calidad y porcentaje de alimento para peces, proteínas, precios de mercado, etc.

#### Supuestos del cálculo

- Todos los cálculos se basan en una unidad a pequeña escala, con  $3 \text{ m}^2$  de espacio de cultivos y 1000 litros de agua ( $1 \text{ m}^3$ ) en la pecera, con poblaciones de 60 peces.
- La unidad de acuaponía, está destinada al consumo familiar y no a la producción de ingresos, aunque se opera a valores comercializados (costo de venta). Los beneficios financieros pueden variar y pueden ser mayores que las cifras mostradas, si se llegara a seleccionar cultivos más rentables, igual que aumento de poblaciones de peces. Como la atención se centra en acuaponía a pequeña escala para el consumo, se han considerado varias especies de cultivos en los cálculos, aunque variedades como el pepino, chile dulce, tomate, ayote común, reflejan mejores comportamientos de producción.
- Los rendimientos se obtienen de una producción continua de 12 meses, con hasta 3 ciclos de siembra de peces (3-4 meses), alimentando los peces con buena calidad de proteína 32%, para una ganancia de peso (GP), entre 300-350 gramos.
- Los peces producen en  $1 \text{ m}^3$  de agua 14.96 kilogramos por ciclo de tilapia fresca, para





una producción total estimada de 44.90 kilogramos en tres ciclos de siembra.

- El kilogramo de tilapia se puede comercializar a L.100.00 lo que representa ingresos al año de L.4,500.00 por la comercialización de 45.0 kilogramos de tilapia.
- Los peces al inicio tienen un peso (PI) de 20 gramos, aunque el tamaño de adquisición puede variar, inclusive puede ser de 5 gramos al momento de introducirlo a crecimiento.
- Los peces cultivados son tilapias. Se alimentan con una proporción de 50 gramos por cada metro cuadrado de espacio de cultivo, equivalente a un consumo total de alimento de 150 gramos por día (50 g × 3 m<sup>2</sup>). El peso de la población de peces para engorde es de 50 gramos; la cosecha esperada en peso es de 300- 350 gramos por pez en 3- 4 meses.
- Semillas y plántulas: Plántulas por macetera promedio por cada 3m<sup>2</sup> de espacio de

**Tabla 1.** Calculo de equipos, materiales y accesorios para una unidad de acuaponía

No.	Descripción	Costo Total (L)	Costo Total (USD)
1.	Componente PVC para instalación de conexiones de conducción de agua.	1,126.40	145.49
2.	Componente accesorios varios	288.13	11.65
3.	Componente instalación eléctrica	345.18	13.96
4.	Componente construcción de maceteras y tanque de engorde de peces	10,097.19	1408.28
5.	Componente sistema de bombeo de agua y aire	3,210.00	130.09
6.	Componente mallas de protección sol, vientos, temperatura, plagas	492.15	19.90
7.	Componente peces y alimento concentrado	635.00	25.68
8.	Componente hortalizas y equipo	210.00	8.49
9.	Mano de obra calificada y no calificada	800.00	32.35
	<b>Total</b>	<b>17,204.05</b>	<b>695.89</b>

Fuente: Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar

**Tabla 2.** Costos operativos para una unidad de acuaponía a pequeña escala

Entradas al Sistema	Unidad	Unidades por mes	Unidades por Trimestre	Precio Unidad (USD)	Costo Total (USD)	Costo Total (L)	Costo Por Trimestre (L.)
Semillas plantas varias	Onzas	0.3		0.25	0.75	6.18	18.55
Peces: alevín de tilapia	Alevines		60	0.20	12.13	100.00	300.00
Servicio electricidad	KWT	25		0.09	2.25	54.50	163.50
Servicio de agua	M3	0.35		0.02	0.17	4.2	12.60
Alimento para peces (38/32 %)	Libras	10		0.35	3.45	86.00	258.00
<b>Total/Mes</b>						<b>L. 250.88</b>	
<b>Total/Trimestre</b>							<b>L.752.65</b>
<b>Total/Anual</b>							<b>L.3,010.56</b>

Fuente: Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar



- crecimiento. Vegetales de hoja: 24 plantas/m<sup>2</sup>; vegetales de fruto: 6-9 plantas/m<sup>2</sup>.
- Alevines de siembra: La adquisición por ciclo de 15 kg, con 60 peces sembrados, mortalidad de 9%. Por lo tanto, la unidad necesita 180 peces por año, para producir 45 kg de carne de pescado en este periodo.
  - Servicio de electricidad: 30 W. (bomba de agua) + 5 W (bomba de aire) x 24 horas x 30 días ÷ 1000 = 25 kwh por mes.
  - Conexión de agua: En promedio, el volumen de reposición de agua para una unidad que cultiva plantas de hoja y de fruto es aproximadamente 0.25 % del volumen total de agua en la unidad (1500 litros) por día; 12 litros x 30 días = 360 litros por mes. La region sur mantiene características ambientales extremas (39-41°C), Evaporación de 7-9 mm/día.
  - Alimento para peces: 150 g, distribuidos en 3 camas de maceteras x 30 días = 4.5 kg por mes.

**Tabla 3.** Producción anual de peces y vegetales por sistema de acuaponía

Salidas	Unidad medida	Producción Mensual (Kg)	Producción Ciclo (Kg)	Valor de Mercado Unitario (L)	Total/ Mes		Total/Ciclo		Total/Año	
					USD	L	USD	L	USD	L
Carne de Peces	Kg	5	15	88.00	18.00	445.14	54.00	1,335.42	162.00	4004.64
Plantas	Kg	4.13	20,64	19.70	7.00	169.42	16.60	406.61	83.00	2,033.05
<b>Total</b>									<b>316.60</b>	<b>7,828.79</b>

Fuente: Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar

En el sistema implementado, se pueden hacer cinco ciclos de vegetales, produciendo un aproximado de 40 kg por sistema y tres ciclos de peces, obteniendo en un metro cúbico de agua, aproximadamente 60 Kg de tilapia fresca.

En una familia que inicia, se podrá cosechar 3 ciclos de peces equivalente a 45 kilogramos (15 kg/ciclo) en 1m<sup>3</sup> de agua al año y 5 ciclos de vegetales para cosechar 79 libras por 1m<sup>2</sup> por año.

- Rendimiento promedio de vegetales por año: 3m<sup>2</sup> (de cultivo) x 3kg/m<sup>2</sup> de vegetales equivalen a 9 kg por mes. En un año se obtienen = 108 kg.

- Rendimiento promedio de peces es de 180 por año: alevines sembrados a 20 g de peso. Adultos cosechados a 220-350 g después de 3-4 meses. Densidad media de la población de peces entre 10-20 kg/m<sup>3</sup> en tanque de 1000 litros de agua. Cosecha promedio de 15 peces por mes equivalente a 4.5 kg/mes, para un total de 54 kg/año de tilapia.

Los cálculos se basan en una producción escalonada de peces y vegetales en un sistema acuapónico. Para sistemas nuevos, se sugiere que los alevines se alimenten en mayor número para suministrar suficientes nutrientes para plantas. La cosecha de peces, puede comenzar a partir del tercer o cuarto mes hacia adelante (peces de 250- 300 g) para mantener una biomasa estable.



Tomando las cifras finales de los costos operativos anuales y los ingresos anuales por unidad acuapónica. El beneficio total es de L. 4,667.38 (188.81 USD). Tabla 4. Esto sugiere que, en general, una vez establecida una unidad, se tiene una ganancia neta de L.1.47 por cada Lempira invertido en el cultivo de peces y vegetales.

El período de recuperación de la inversión inicial es de 44 meses. Se puede reducir los costos de capital (usando tanques reciclados); los costos de funcionamiento (al suplementar el alimento para peces); o aumentar los ingresos (mediante comercialización especial) disminuyendo considerablemente el período de recuperación.

**Tabla 4.** Análisis anual de costo-beneficio de unidades de acuaponía

Costos Totales/Año	Total/Año (USD)	Total/Año (L)
Costos iniciales de instalación	695.89	17,204.05
Costos operativos anuales	122.85	3,010.56
Ingresos anuales	316.60	7,828.79
Beneficio neto anual	188.81	4,667.38
Devolución de costos iniciales de instalación (meses)	44	

**Fuente:** Proyecto Acuaponía para la Seguridad Alimentaria Familiar.



## Anexo 2.

### Manejo y Mantenimiento del Sistema de Acuaponia

El manejo y la buena atención de todas aquellas operaciones de manejo y mantenimiento del sistema, tienen como finalidad verificar su buen funcionamiento.

#### 1.- Componente de manejo de especies de plantas

Al momento de su siembra en las maceteras de crecimiento, se debe asegurar que queden acopladas de manera adecuada, es decir, que no estén oprimidas en los sustratos y que las raíces alcancen al fondo para un buen contacto con el agua.

Actividades diarias:

- a) Observación minuciosa para descartar presencia de plagas.
- b) Remoción de hojas enfermas, para no contaminar al resto.

#### 2.- Componente de manejo de peces

Con los peces, el principal cuidado a tener es su alimentación.

- Observación diaria de los peces:

Esto incluye realizar varias labores que conllevan la observación diaria igual que con las plantas.

#### Suministro de raciones de alimento:

- a) Los peces se deben de alimentar entre 2 - 3 veces al día, la cantidad de alimento será proporcional a la cantidad de biomasa. El alimento que permanezca en la superficie por 5 minutos, se debe retirar

para evitar el deterioro y la contaminación del agua.

- b) Alimentar a los peces todos los días y retirar el alimento no consumido después de 5 minutos y ajustar la porción siguiente para evitar dichos excesos.
- c) Evitar sobrealimentar a los peces. Los residuos y restos de comida deben retirarse, por ser perjudiciales para los peces, porque al descomponerse en el interior del sistema, pueden causar enfermedades y consumir todo el oxígeno disuelto.
- d) Los residuos de alimento puede obstruir los filtros, esto se puede evitar removiendo el alimento sobrante no consumido de la superficie después de 5 minutos de suministrado.
- e) A los peces pequeños, hay que proveerles las raciones diarias varias veces según lo indicado, debido a que tienen poco desarrollado su intestino. Si se les suministra la ración diaria de una sola vez, intentarán comer todo lo que puedan, esto puede provocar “empachos”, mala digestión, desperdicios de comida en el agua y hasta la muerte repentina.

#### 3.- Inspección y revisión del sistema de recirculación de agua y tuberías

Cada semana se recomienda:

Las tuberías deben revisarse y repararse en caso de poseer bloqueos. Al diseñar el sistema, tener en cuenta la ubicación de válvulas y de espacios para que puedan ser desarmadas y darles mantenimiento.

- Control del nivel de agua: Verificar que el nivel del caudal de agua en las tuberías no sea mucho ni muy poco.
- Control de entradas y salidas de agua: Verificar que los flujos de entrada y salida de agua estén funcionando.





- Control de fugas en las tuberías: Revisar las tuberías para evitar fugas.

#### 4.- Limpieza y renovación de materiales del sustrato (biofiltro)

El sustrato utilizado sea ladrillo, teja grava, arena, otros, se recomienda semanalmente lo siguiente:

- Revisar si el sustrato contiene sedimentos y proceder a limpiarlo.
- Retirar residuos de vegetales como ser hojas y cualquier otros residuo.
- Limpieza, o reutilización y renovación del sustrato
- En sustratos como arcilla cocida (ladrillo o teja triturado), el desgaste se presenta de forma más frecuente en comparación que cuando se utiliza piedra de río o piedra volcánica.
- El sustrato de arcilla, deberá ser renovada al menos cada 3 años, no así la grava que puede durar al menos 10 años.
- La limpieza debe hacerse cada 3 meses o al concluir el ciclo de producción, para asegurar la inocuidad del agua.
- La renovación va a depender del desgaste por erosión hídrica que pueden sufrir estos materiales, en 2-3 años dependiendo del tipo de sustrato.
- Antes de incorporar el sustrato a las maceteras, se deberá realizar un lavado para eliminar materiales extraños, opcionalmente se puede realizar un esterilizado del material utilizando agua hirviendo.
- Tener una reserva de sustrato para incorporar por acciones de la erosión hídrica y mantener los niveles de sustratos adecuados en las maceteras.

Nivel adecuado del sustrato en maceteras:

- Manejar el nivel adecuado de sustrato evitando inundaciones prolongadas sobre

la superficie destinada para la siembra de las plantas.

- La medida es llenar 28 cm de sustrato en la macetera.

Extracción de producto o partes y readaptación del sistema:

- Cuando los vegetales están en punto de cosecha (de acuerdo al ciclo de cultivo), se puede proceder a retirar una parte del producto o toda la planta, por ejemplo, en aquellas especies de hoja y de fruto: lechuga, albahaca, cilantro, extraer hojas o extraer solo los frutos como el tomate.
- Al terminar el ciclo de vegetales, se deberá hacer una limpieza previo a realizar la siguiente siembra; retirar los residuos del ciclo anterior como raíces, hojas, tallos o cualquier otro material orgánico que se presente en el sistema.

#### 5.- Mantenimiento y cuidados del sistema de bombeo

Se recomienda que diariamente se realicen las siguientes actividades:

- Revisar el funcionamiento de las bombas de agua y aire para asegurar que todo esté bien.

Cada semana se recomienda realizar las siguientes actividades:

- En bomba de agua y aireación, conservar limpias las partes. En el caso de las bombas mantenerlas libres de residuos atrapados dentro de los filtros.
- Hacer una limpieza como mínimo 3 veces por semana.

Cuidados con bomba de aire:

- Ubicarla en un lugar seguro, protegida de



la lluvias, golpes y alejado del acceso de niños y animales.

- b) Revisar que la manguera no esté doblada o dañada para que el aire pueda fluir sin problemas hacia el tanque de peces.
- c) Limpiar la piedra difusora cada 15 días.
- d) Desconectar la bomba cuando se va la energía eléctrica y conectarla después de 15 - 20 minutos del retorno, asegurando que el sistema eléctrico se estabilizó.
- e) Evitar manipular la bomba con las manos mojadas para impedir deterioros en el funcionamiento y prevenir un accidente por electrocución.

Cuidados con bomba sumergible:

- a) El filtro de la bomba sumergible, se deberá limpiar como mínimo 2 veces por semana.
- b) No dejar trabajar la bomba con una lámina de agua menor a 20 centímetros equivalente a 200 litros de agua.
- c) Limpiar el filtro sintético 3 veces a la semana.
- d) No manipular la bomba fuera del agua sin antes quitarle el fluido eléctrico.
- e) Desconectar la bomba cuando se suspenda el servicio de la energía eléctrica (red pública) y conectarla después de 15 - 20 minutos del retorno asegurando que el sistema eléctrico se estabilizó.
- f) Manipular la bomba de agua, con las manos limpias para que no se dañe el sistema.
- g) Limpiar la piedra difusora cada 15 días.

## 6.- Limpieza y mantenimiento del reservorio

- a) Limpiar en forma periódica el reservorio y el tanque de peces, haciendo un sifoneo para la optimización del agua, evitando la acumulación de sedimentación por el viento, que arrastra polvo al espejo de

agua y por el desperdicio metabólico de los peces.

- b) Monitorear todos los días el nivel de agua del reservorio para que la bomba sumergible, no quede trabajando en seco, dejando una lámina de seguridad mínimo de un pie.
- c) Limpiar el reservorio cada 15 días, con un sifón de poliducto para no botar el agua.

## 7.- Medidas de prevención y recomendaciones para enfermedades en plantas

Prácticas preventivas con las plantas:

- a) Todos los días revisar las plantas para asegurar que no haya presencia de plagas o enfermedades, deficiencias nutricionales o bien problemas de raíz.
- b) Ser muy cuidadoso al momento de trasplante de plantas para evitar daños o ruptura del tallo o de las raíces, que pueden ocasionar su muerte.
- c) Realizar una constante y minuciosa observación para descartar la presencia de plagas y/o enfermedades que afecten a las especies de plantas y evitar contagiar a todo el sistema de acuaponía.
- d) Durante el crecimiento y desarrollo de los vegetales principalmente de porte alto para evitar problemas de derribo de plantas y frutos, se deberá de utilizar tutores.
- e) Realizar prácticas de manejo integrado de plagas: control cultural, control biológico, uso de trampas y hacer aplicaciones de bio insecticidas fungicidas dependiendo de qué problemas se estén presentando.

Limpieza y mantenimiento de macetera:

- a) Mantener el área de limpia, para evitar posibles enfermedades de las plantas.
- b) El polvo o la acumulación de desechos en la maceteras pueden dar lugar a enfermedades. Una medida de prevención muy



habitual es colocar una pequeña cubeta con 2 o 3 cm. de agua al 50% de lejía para desinfectar el calzado antes de entrar en el área del sistema.

### **8.- Medidas preventivas y recomendaciones con enfermedades en peces**

- a) Los peces pueden padecer de estrés, esto conlleva a que sean más vulnerables a enfermedades, debido a la variación de parámetros como la temperatura, calidad del agua y alimentación.
- b) Las enfermedades provocadas por hongos, pueden ser contrarrestadas aplicando 0.5 gr/L de sal de ganadería y aumentando la temperatura del agua (dependiendo de las condiciones exigidas por las especies de peces criados).

Realizar muestreo de los peces:

- a) Los muestreos sirven para verificar la salud, el desarrollo y uniformidad de los peces, y es una práctica para determinar la cantidad de alimento a suministrarse.
- b) Los muestreos se realizan de preferencia cada semana, muestreando al 5 o 10 % de la población total de peces de la unidad (tanque, otros).

### **9.- Limpieza y mantenimiento en tanque de peces.**

Mantener limpio el sistema de acuaponía:

- a) Los residuos y restos de alimentos, son muy perjudiciales para los peces, ya que en virtud que pueden pudrirse en el interior del sistema.
- b) Los alimentos descompuestos pueden causar enfermedades y consumir todo el oxígeno disuelto.

Sobre el manejo de agua de red pública:

- a) Es necesario dejar reposar el agua que se colocará en el sistema en un recipiente limpio, después de su limpieza y/o mantenimiento, por un periodo de 1-2 días con la finalidad de que el cloro contenido en el agua se desgasifique o evapore, evitando así que esta sustancia dañe a las especies.
- b) Desmontar cuidadosamente el sistema de acuaponía para realizar una mejor limpieza.
- c) Es recomendable usar una red para sacar con cuidado los peces y pasarlos a un recipiente con el 50% de agua tratada (libre del cloro) y el otro 50% con el agua del tanque.

De forma anual:

- a) Se recomienda lavar la pecera, limpiar la tubería y demás implementos, no utilizar jabón o detergente para evitar se afecte la salud de las especies.

### **10.- Mantener una buena calidad del agua**

Monitorear los cinco parámetros importantes de calidad del agua que se deben controlar: oxígeno disuelto (5 mg/litro), pH (6-7), temperatura (18-30 °C), amonio, nitrito, nitrato.

Cada semana se recomienda:

- a) Hacer revisiones semanales del comportamiento de los parámetros físico químicos, en especial el pH y los compuestos nitrogenados presentes en el agua. El control de la oxigenación es fundamental y para esto se puede utilizar un aparato oxímetro. De no disponer de este equipo observe si hay una buena oxigenación en el agua del sistema; por ejemplo, si los peces suben a la superficie y toman bocanadas de aire, se asume que hay una oxigenación deficiente, así como si al alimentar a los peces, estos no ingieren la



comida o no existe ningún interés de ellos hacia el alimento (desgano).

- b) Los kit de medidores de pH, y otros, deben mantenerse siempre en las mejores condiciones de limpieza, conservación y calibrarlos periódica-mente siguiendo las instrucciones del fabricante. Es recomendable, adquirir aparatos de medición de calidad, en hidroponía; valores como pH, y temperatura, son de vital importancia. Una medición errónea resultará perjudicial para peces y cultivos.
- c) Las pruebas químicas y físicas del agua, se recomiendan en los primeros estadios del sistema, desde el día 2 antes de la siembra, hasta el día 9 cuando esta listo el sistema para introducir los peces; luego, 2 veces por semana y después realizarlas cada vez que se observe algo extraño.

### Monitoreo de la calidad del agua

- a) La calidad de agua debe tener la mayor atención para que el sistema funcione bien; es el medio, donde conviven peces y bacterias y las plantas obtienen sus nutrientes.
- b) Realizar de forma constante, monitoreo de algunos parámetros físicoquímicos del agua. Deben ser monitoreados en forma diaria (temperatura, oxígeno disuelto y pH), mientras otros, pueden ser medidos de manera periódica (NAT, nitritos y nitratos).
- c) Cuando los niveles de nitratos en el agua del sistema superen los 100 miligramos por litro (100 ppm), se tiene que dar cambios de agua, haciendo lo siguiente:
  - Extraer un volumen de agua de la unidad vaciar el mismo volumen de agua nueva (sin nitratos).
  - La cantidad de agua a extraer, dependerá de la cantidad de nitratos que se tenga que reducir. Este proceso se facilita, con unas

cuantas pruebas, sacando volúmenes de agua hasta que los nitratos bajen 100 ppm.

- Normalmente, hay que cambiar entre el 1 y 3% del volumen total del agua de la instalación, según el nivel de nitratos. Por ejemplo, si se tienen 1000 litros totales de agua y cambia el 1%, se tienen que extraer 10 litros de agua de la instalación y vaciar 10 litros de agua nueva.

Sustitución del agua del sistema por evaporación:

- a) El agua del sistema debe ser cambiada mensualmente. No se cambia toda el agua, sólo el volumen que se ha evaporado o por evapotranspiración (15%) del volumen, de manera que el sistema continúe funcionando con normalidad.
- b) Es necesario dejar reposando el agua que será colocada en el sistema por un periodo de 1-2 días, con la finalidad de que el cloro contenido en el agua, se evapore y no dañe a las especies del sistema de acuaponía.
- c) Cuando se trata de desgasificar (eliminar el cloro) de un tanque de 1000 litros de agua o cualquier cantidad mayor a este volumen, burbujee el agua durante 3-5 días y luego, realice pruebas para ver si aún conserva cloro.

### 11.- Asegurar una adecuada aireación y circulación del agua

- a) El uso de sistemas de bombas de agua y aire es para asegurar altos niveles de oxígeno disuelto y buen movimiento del agua para que los peces, bacterias y plantas, estén saludables.
- b) Los costos de electricidad, son una parte significativa del costo general del sistema. Elegir la bomba adecuada al sistema de





bombas y fuente de energía y considerar la energía fotovoltaica, si es posible.

### **Ante la suspensión del fluido eléctrico**

- a) Ante la ausencia del fluido eléctrico y el no funcionamiento de la bomba de aire., lo primero, es hacer un moni-toreo del sistema con el propósito de observar si los peces tienden a subir a la superficie, lo que indicará que necesitan oxígeno.
- b) Con una cubeta limpia, se debe sacar agua y luego dejarla caer, procurando hacerlo desde la altura de los brazos, de forma que el golpe incorpore oxígeno en la columna de agua, haciendolo por unos 8-10 minutos y continuar con el monitoreo.

Actividades mensuales en el sistema:

- a) Almacene nuevos peces en los tanques, si es necesario.
- b) Limpie el fondo de la pecera con redes de pesca.
- c) Hacer un muestreo de peso de los peces y verificar si hay alguna enfermedad.

### **12.-Medidas de seguridad en el manejo del sistema**

- a) En el sistema de acuaponía, se deben tomar precauciones para evitar accidentes por la proximidad de la electricidad y el agua. .
- b) Seguridad eléctrica: En la instalación eléctrica, utilizar siempre un dispositivo de corriente residual (RCD). Este es un tipo de disyuntor que corta la energía del sistema si la electricidad cae al agua.
- c) Proteger cables, enchufes de los elementos especialmente lluvia, salpicaduras de agua y humedad. Existen cajas de conexiones al aire libre disponibles para estos fines.

### **13.- Evitar enfermedades transmitidas por alimentos**

- a) Use prácticas adecuadas para lavarse las manos y desinfecte siempre el equipo de cosecha.
- b) Al cosechar, no permita que el agua toque el producto; tampoco permita que las manos mojadas o los guantes mojados tengan contacto con el producto.
- c) La mayoría de los patógenos están en el agua y no en los productos. Lávelos después de la cosecha, y nuevamente antes del consumo.
- d) Evitar colocar la cosecha y equipo en el suelo.
- e) Evitar que roedores como ratas, entren al sistema, y mantener los animales como perros, gallinas y otras aves, cerdos y vacas lejos del área del sistema.
- f) Cuando se recolecte agua de lluvia, asegúrese que las aves no se posen en el área o depósitos, o considere tratar el agua antes de incorporarla al sistema.
- g) No maneje el pescado, plantas o medios con las manos, use guantes desechables.

### **14.- Recomendaciones generales**

- a) Evitar colocar el sistema directamente a la luz solar, debido a que esto aceleraría el crecimiento de algas, y por ende se tendrá que limpiar con mayor frecuencia. Otra medida para minimizar la proliferación de algas, es el flujo constante del agua a través de las plantas.
- b) La proliferación de algas puede llegar a obstruir el paso del agua por el sistema al disminuir, el área de ingreso del agua. Además, compiten con las plantas, por los nutrientes del sistema de acuaponía.



# **MANUAL TÉCNICO DE ACUAPONÍA**

**Autores**

MUNDO RENOVADO Y DIACONÍA NACIONAL

**Con apoyo de**  
EUROSAN OCCIDENTE

**Financiado por**  
UNIÓN EUROPEA

Plaza Millennium, Local B10, Tegucigalpa, M.D.C., Honduras, C.A.  
Apartado Postal 2720, Teléfonos: (504) 2225-5525, 2225-5466  
<https://worldrenew.net/honduras>

Octubre 2020



★ ★ ★ ★ ★  
SECRETARÍA DE COORDINACIÓN  
GENERAL DE GOBIERNO

★ ★ ★ ★ ★  
SCGG - UNIDAD TÉCNICA DE SEGURIDAD  
ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL  
UTSAN

**EUROSAN**  
OCCIDENTE

