



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad Ciencias de la Vida**

"Implementación de procesos productivos dentro del Banco de Alimentos  
Diakonía"

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

### **Biólogo**

Presentado por:

Sara Elizabeth Carrera Cruz

Lourdes Vanessa Victores Soledispa

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo va dedicado a nuestros padres quienes día a día se esforzaron por darnos la mejor educación, a nuestros compañeros que fueron parte importante durante la carrera y a los docentes quienes no dudaron en brindarnos las mejores enseñanzas para hacer de nosotros profesionales preparados y capacitados para el mundo laboral.

## **AGRADECIMIENTOS**

Nuestros sinceros agradecimientos a los directivos del Banco de Alimentos Diakonía quienes nos brindaron la oportunidad de trabajar en sus instalaciones, a nuestra tutora María Isabel Jiménez, al profesor Diego Gallardo quienes fueron parte fundamental en este proyecto. De la misma manera a todos nuestros familiares, amigos y compañeros que nos ayudaron y apoyaron durante todo el transcurso del proyecto.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Sara Elizabeth Carrera Cruz y Lourdes Vanessa Victores Soledispa* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

---

Sara Elizabeth Carrera  
Cruz

---

Lourdes Vanessa  
Vitores Soledispa

# EVALUADORES

---

**MSc. Diego Gallardo**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**María Isabel Jiménez PhD.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

El Banco de Alimentos Diakonía (BAD) es una organización que tiene como sede la ciudad de Guayaquil. La misión del BAD es reducir el hambre dentro de las zonas vulnerables de la ciudad de Guayaquil, mediante la intervención directa con fundaciones que asisten en la alimentación de menores de edad. Bajo estos objetivos el BAD, está desarrollando un nuevo programa denominado FRUVER el cual consiste en la recolección de frutas y verduras en los mercados mayoristas para la entrega a las fundaciones beneficiarias. Uno de los objetivos del programa es ampliar la disponibilidad de productos con contenido proteico animal y vegetal para cubrir las demandas alimenticias. En este marco uno de los problemas encontrados es el manejo ineficiente de desechos de frutas y verduras luego de la selección. A su vez, también se observó la carencia en la diversidad de productos de entrega con contenido proteico animal. Como solución, se realizaron protocolos y prototipos, para el proceso de compost (manejo de desechos) y un sistema de acuaponía para suplir la necesidad proteica. El compost, tuvo una etapa de diseño de selección de materiales y elección de una estructura para el proceso, finalmente una fase de validación del producto obtenido, para ser utilizado en la producción de hortalizas. Por otro lado, el sistema acuapónico fue diseñado y se prototipó para evidenciar la interacción de cultivo de peces y plantas, es decir combinar la acuicultura tradicional con la hidroponía, en cuya relación se torna de gran importancia la evaluación de parámetros fisicoquímicos, selección de peces y plantas, densidades de cultivos y datos técnicos. La principal ventaja, de ambos sistemas propuestos es que pueden ser replicados en áreas urbanas y de dimensiones a corta escala.

**Palabras Clave:** Banco de Alimentos Diakonía, Compostaje, Sistema Acuapónico

## **ABSTRACT**

*“Banco de Alimentos Diakonia” (BAD) is a food bank organization which has headquarters on Guayaquil city. The mission of BAD is alleviate hunger around vulnerable zones of Guayaquil city, through the direct intervention with foundations that assist in the nutrition of the underage. Under these objectives, the BAD is developing a new program named FRUVER, "frutas y verduras" (fruits and vegetables) that consists in the collection of the fruits and vegetables from the wholesales markets of the city to be departure and delivered to ours affiliated foundations. One of the program objectives is to expand the products availability with animal and vegetable protein to supply the nutritional demand. In this context one of the problems founded was the inefficient management of fruit and vegetable waste after selection. At the same time, also observed the lack of products diversity that deliver with animal protein. As a solution, 2 protocols and prototype were design, one to composting (waste management) and an aquaponic system to supply the protein demand. The composting had a phase of design the selection materials and the choice of the estructure for the process, and finally a phase of validation of the final product, to be used in the vegetable production. Furthermore, the aquaponic system was design and prototyped to prove the interaction of fish farming and plants growing, in other words, the relation between traditional aquaculture and hydroponic, from wich is therefore of great importance the take of physic and chemical parameters, fish and plants selection, cultivation densities and technical data.*

*The principal advantage for the aquaponic system and the composting is the facility to be replicated in urban areas and small scale dimensions.*

**Keywords:** *Composting, Aquaponic system, Food bank*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS .....	VI
SIMBOLOGÍA .....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	10
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	10
1.1 Compost .....	10
1.2 Acuaponía.....	11
1.3 Descripción del problema .....	13
1.4 Justificación del problema.....	14
1.5 Objetivos.....	14
1.5.1 Objetivo General .....	14
1.5.2 Objetivos Específicos .....	15
1.6 Marco teórico .....	16
1.6.1 Compostaje .....	16
1.6.2 Acuaponía .....	17
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	20
<b>2. METODOLOGÍA</b> .....	20
2.1 Área de estudio.....	20



2.2 Levantamiento de Información.....	21
2.3 Compostera .....	21
2.3.1 Elaboración del protocolo y prototipo.....	21
2.3.2 Validación del abono orgánico final .....	23
2.4 Cultivo Acuapónico .....	24
2.4.1 Selección de peces y plantas.....	24
2.4.2 Empaque y traslados de alevines.....	24
2.4.3 Aclimatación y Siembra.....	25
2.4.4 Densidad de siembra .....	25
2.4.5 Alimentación.....	26
2.4.6 Sistema de Acuaponía .....	26
<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>27</b>
<b>3. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>27</b>
3.1 Compostera .....	27
3.1.1 Selección efectiva de componentes .....	27
3.1.2 Diseño del tipo de estructura.....	29
3.1.3 Medición parámetros fisicoquímicos .....	29
3.1.4 Medición componente microbiológico .....	31
3.1.5 Prueba de germinación de semilla simple.....	31
3.2 Sistema Acuapónico .....	33
3.2.1 Diseño .....	33
3.2.2 Lavado de tanques.....	33
3.2.3 Llenado de tanque .....	34
3.2.4 Filtros.....	34
3.2.5 Especificaciones técnicas de los materiales a usarse .....	35
3.2.6 Densidad de siembra .....	36

3.2.7	Alimentación.....	38
3.2.8	Recambio de agua .....	40
3.2.9	Parámetros fisicoquímicos .....	40
3.2.10	Comportamientos anormales de los peces .....	41
3.2.11	Diseño final .....	42
<b>CAPÍTULO 4</b>	.....	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>43</b>
4.1	Conclusiones .....	43
4.2	Recomendaciones .....	45
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>ANEXOS</b> .....	<b>51</b>

## **ABREVIATURAS**

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

BAD Banco de Alimentos Diakonía

UFC Unidades Formadoras de Colonias

## SIMBOLOGÍA

g	Gramo
mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
cm	Centímetro
Cu	Cobre
Ni	Níquel
C	Carbono
N	Nitrógeno
Q	Caudal
V	Velocidad
P	Potencia
Pulg	Pulgadas
H	Altura

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ubicacion del Banco de Alimenos Diakonia.....	20
Figura 2.2 Esquema sinóptico sobre las partes de la realización del protocolo de la compostera .....	21
Figura 2.3 Mapa sinoptico sobre las partes del sistema acuaponico .....	24
Figura 2.4 Primer diseño del sistema acuapónico.....	25
Figura 3.1 Frecuencia de los materiales que se desperdician semanalmente.....	27
Figura 3.2 Diseño final del compost.....	28
Figura 3.3 Curvas de temperatura y pH durante las etapas del compost.....	29
Figura 3.4 Siembra de la lechuga. Dia 1 .....	32
Figura 3.5 Crecimiento de semillas de lechuga Dia 14 .....	32
Figura 3.6 Crecimiento de semillas de lechuga. Dia 21 .....	32
Figura 3.7 Diseño final del sistema acuaponico.....	420

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Cantidades agregadas al compost (4 gavetas) Jueves 21 de Junio .....	276
Tabla 3.2 Tipo y cantidad de materia orgánica total colocada por semana .....	28
Tabla 3.3 Mediciones de temperatura y pH .....	29
Tabla 3.4 Resultados de análisis de titulación .....	31
Tabla 3.5 Conteo de microorganismos eficientes .....	31
Tabla 3.6 Productos de limpieza.....	34

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

El Banco de Alimentos Diakonía (BAD), es una organización mundial auto financiada y auto gestionada, que tiene como sede diversas ciudades del mundo. Una de sus sedes tiene como lugar la ciudad de Guayaquil y tiene como objetivo, erradicar el hambre en los sectores vulnerables de la ciudad. El BAD, cuenta con diversos programas que le permiten la vinculación directa con la sociedad y empresas para el cumplimiento de los objetivos sobre los cuales fue basada su creación.

FRUVER, es uno de los programas del BAD, que se encarga del rescate de frutas y verduras que se encuentran aún óptimos para el consumo, los mismos que tienen diferentes orígenes de venta o producción. Las actividades del programa comenzaron a inicios del 2018, desde el mercado de transferencia de víveres. El objetivo principal es el de mostrar cuán importante es el consumo de frutas y verduras para el desarrollo de una persona.

El programa busca ampliarse y mejorar sus procesos, optar por una alternativa que busque disminuir el desperdicio de las frutas y verduras que ya no se puedan aprovechar para el consumo, por lo cual se realizara composteras, para utilizar los desperdicios como materia orgánica. Por otro lado, al mejorar la distribución, también se busca ampliar la gama y disponibilidad de sus productos, por lo cual, se diseñará un sistema de acuaponía, que combina la producción de peces y a su vez, la de hortalizas utilizando

1.1 la recirculación de agua.

### **Compost**

En los últimos años, son constantes los esfuerzos para concientizar a la sociedad sobre la importancia de darle una vida útil a lo que erróneamente se creía que no servía. Bajo esta premisa surge el concepto de reciclaje, el cual consiste en la recuperación y transformación de un nuevo material a partir de residuos o desechos orgánicos, de una forma parcial o total (Alvarez Gómez de Cos, 2013).

Un ejemplo claro, es la utilización de desechos orgánicos, para la realización de compostaje para complementar actividades de agricultura, que al mismo tiempo puede significar una fuente económica de subsistencia.

El sistema de compostaje es un proceso aeróbico con factores de humedad, temperatura y aireación controlada, donde las poblaciones microbiológicas, juegan un papel fundamental para la degradación del material orgánico, dando como resultado final humus, gases y lixiviado provenientes del metabolismo de los microorganismos. Es importante comprender el funcionamiento del sistema para realizar una eficiente implementación y para poder controlar posteriormente el proceso (Moreno & Moral, 2008).

Otro factor que se debe considerar es la relación carbono y nitrógeno, la misma que se debe encontrar en equilibrio óptimo de *“19 a 30 partes de carbono por una de nitrógeno”*. Estos elementos son importantes para el metabolismo de los microbios, el carbono, por ejemplo, es usado para la oxidación, mientras que el nitrógeno influye en el crecimiento celular. Si la relación antes mencionada es mayor, el proceso de transformación se retrasa y existe desprendimiento de olores poco agradables, por otro lado, si la relación es menor habrá un consumo rápido de carbono y se liberará nitrógeno como amoníaco (Navarro, 2003).

El compostaje es considerado a nivel mundial como una alternativa viable, económica y beneficiosa para disminuir la contaminación causada por el mal manejo de desechos orgánicos. Al mismo tiempo representa una herramienta importante en la producción agrícola, utilizándose como vía alternativa de fertilización para disminuir el impacto sobre la composición del suelo natural, su flora y fauna por la utilización de fertilizantes químicos (Carolla, Sanchez, & Montiel, 2009).

1.2 Esta herramienta es utilizada constantemente por parte de fundaciones u otras entidades como una opción para la educación ambiental en escuelas, colegios e incluso en zonas rurales con la finalidad de realizar huertos caseros, concientizando sobre la importancia de reciclar.

### **Acuaponía**

La Acuaponía consiste en la elaboración de sistemas de producción cerrado, donde el objetivo principal se basa en el aprovechamiento de nutrientes hacia las plantas



producidos por los desechos de los peces. Debido a la gran cantidad de desechos orgánicos dentro del Banco de Alimentos y por ende producción de compost, es una manera de aprovechar los recursos y proveer la elaboración de huertos caseros dentro de un sistema de cultivo de tilapias.

El término “tilapia” es utilizado comúnmente para la descripción de especies del género *Oreochromis*, el cual es de gran importancia en el campo de acuicultura debido a su adaptabilidad y rápido crecimiento en diversas condiciones ambientales (Barreto-Curiel, 2015).

La tilapia es una especie exotérmica, es decir la temperatura de su ambiente influye en su metabolismo (Castillo Soto Wilson, 2014). Además de la temperatura, existen otros factores intrínsecos y extrínsecos que también afectan en su desarrollo, tales como disponibilidad de espacio, actividad reproductiva y metabólica y disponibilidad de alimento (Ibañez Ana, 2017).

A nivel mundial, la producción de tilapia es la segunda actividad más importante en relación con cultivos de peces, por lo cual es considerado como el cultivo de mayor crecimiento dentro de acuicultura en el último siglo (Fitzsimmons, 2010). La producción y exportación de tilapias en el Ecuador ha ido incrementando con el paso de los años, logrando alcanzar una posición importante dentro de mercados internacionales (Baltazar, 2007).

La producción de tilapias en el Ecuador se dio inicio en el año 2000 luego de la presencia de la mancha blanca (WWS, White Spot Syndrome) en los cultivos de camarón, siendo el cultivo de tilapias una alternativa para la industria acuícola. En el Ecuador existen zonas con mayor adaptación para el cultivo de tilapias, tales como: Taura, Chongón, Daule, Santa Elena, El Triunfo, cantones en las provincias de Esmeraldas, Manabí y parte del Oriente Ecuatoriano (FAO, 2016).

Ecuador se caracteriza debido a sus recursos naturales, calidad de suelo y condiciones climáticas, lo que favorece en la producción acuícola y la acuicultura, ya sea tanto como para cultivo en cautiverio de camarón, como el cultivo de tilapias en ambientes controlados (Zambrano, 2017).

Los sistemas de producción de tilapias varían desde sencillos hasta muy complejos, como también los sistemas tradicionales tales como Extensivo, Semi-extensivo, Intensivo y Súper+6 intensivo (Ornelas-Luna, 2017).

El cultivo extensivo se caracteriza debido a la poca inversión debido a que el cultivo se realizada en el mismo medio, aprovechando los nutrientes para su alimentación. Las densidades de cultivo para este sistema son de 1-2 peces por m<sup>3</sup> (metro cubico) (Vega-Villasante F, 2010). El cultivo Semi-extensivo se basa en el recambio parcial de agua (50%) cada 7 días, para esto es necesario la implementación de sistemas de filtración y sistemas de desagüe. Las densidades de cultivo son de 3-8 peces por m<sup>3</sup>. Para este sistema es necesario la incorporación de alimentos balanceados (Ruiz Velazco Arce, 2006).

Así también, el sistema de cultivo intensivo se basa en construcciones con almacenamiento de agua entre 100-500 m<sup>2</sup> (metros cuadrados) o estanques con capacidad de 500-3000 m<sup>2</sup>. Para este sistema es necesario la implementación de aireación, entrada y salidas de agua, sistemas de bombeos, y la alimentación se basa en balanceados de acuerdo con la edad del pez. Finalmente, el cultivo Super-Intensivo tiene relación con los cultivos de sistema intensivo, debido a que se basa en construcciones con almacenamiento de 100-500 m<sup>2</sup> o jaulas las cuales tienen capacidad de 48-180 m<sup>3</sup>. Para este sistema se necesita recambio de agua constante (Z. Crivelenti, 2011).

El presente proyecto busca mejorar el programa FRUVER, estableciendo protocolos o guías para la clasificación y posterior procesamiento del material orgánico que no es apto para el consumo humano, así como instaurar un protocolo para el cultivo acuapónico de tilapias con el propósito de que puedan ser replicados y enseñados a la comunidad y

### 1.3 otras agencias afiliadas.

#### **Descripción del problema**

El programa FRUVER desarrollado por el BAD localizado den la ciudad de Guayaquil, necesita mejorar y estandarizar sus procesos.

Uno de estos procesos es la selección de frutas y verduras, donde se eligen los que se encuentran aptos para el consumo humano y posteriormente realizan las entregas. Sin embargo, no cuentan con procesos que permitan el aprovechamiento de aquellos productos con una calidad óptima para la ingesta y aquellos desperdicios propios de las verduras, tales como las cáscaras.

Al mismo tiempo, existe falencias en la gama de productos con altos niveles de proteína animal, lo que trae como consecuencia un déficit de esta macromolécula en la dieta de las personas a las cuales se les realiza la entrega.

### **Justificación del problema**

1.4 La entrega de productos a las fundaciones afiliadas al BAD, supone un reto en cuanto al valor nutricional que debe llegar a cada uno de los niños y/o adolescentes de las fundaciones.

La elaboración de compost y la producción de peces comestibles en las instalaciones del Banco de alimentos Diakonía, representa una gran oportunidad en cuanto a la producción de proteína animal y vegetal que se entrega semanalmente. Es importante tener en cuenta el correcto procedimiento para su elaboración, y así mismo el aprovechamiento de los desperdicios orgánicos dentro de la institución, los cuales servirán para otros procesos entre los que se mencionan la mejora de huertos caseros. Además, estos sistemas pueden ser replicados en fundaciones aliadas al BAD o en escuelas, colegios y hasta hogares.

1.5 Con la implementación de procedimientos de selección, protocolos y prototipos con respecto a la elaboración de compost y producción de peces comerciales favorecería en la ampliación de ingresos dentro de la institución y se disminuirían algunos costos de producción en el mantenimiento de huertos para la producción de hortalizas.

### **Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Fortalecer el programa FRUVER para su optimización mediante la revisión de sus procesos y servicios.

### 1.5.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un protocolo para el manejo de desechos orgánicos para la elaboración de compostaje (Biología)
- Elaborar un protocolo para cultivo acuapónico como base para la producción de tilapias y hortalizas dentro del Banco de Alimentos. (Biología)
- Evaluar el estado nutricional de los niños de las fundaciones beneficiarias (Plenitud de Dios y Apina); del programa FRUVER de edad 2 a 12 años. (Licenciatura en nutrición)
- Determinar el porcentaje de malnutrición en los niños beneficiarios del programa FRUVER, mediante la comparación de los indicadores nutricionales. (Licenciatura en nutrición)
- Diseñar un manual de evaluación nutricional, para la toma de datos personales y físicos de cada niño de las agencias seleccionadas, beneficiarias del programa FRUVER. (Licenciatura en nutrición)
- Identificar los hábitos alimentarios, por medio de la Tabla de Frecuencia de Consumo de Alimentos. (Licenciatura en nutrición)
- Estimar las calorías del almuerzo consumido para comparar frente al requerimiento para la edad y sexo. (Licenciatura en nutrición)
- Estandarizar recetas de preparaciones y porciones de alimentos durante el almuerzo, para el aprovechamiento de frutas y verduras. (Licenciatura en nutrición)
- Desarrollar un producto para el aprovechamiento de papas recuperadas en mercados. (Ingeniería en alimentos)
- Establecer la línea de proceso y sus parámetros para la elaboración del producto a escala piloto. (Ingeniería en alimentos)
- Realizar caracterización, análisis físico, microbiológico y sensorial para la materia prima y el producto final. (Ingeniería en alimentos)
- Realizar una estimación de los costos de producción del proyecto. (Ingeniería en alimentos)

## **Marco teórico**

### **1.6.1 Compostaje**

1.6 Internacionalmente la realización de compostaje nace como solución a la problemática de suelos mineralizados (Alonso et al, 2003), donde estos están perdiendo su característica fértil por la disminución de materia orgánica. En otras palabras, puede usarse también como acondicionador de suelos, mejorando la composición y estructura del suelo, reduciendo un gran porcentaje la erosión. Su beneficio también influye sobre la vegetación, evitando el crecimiento de hongos o bacterias que afecten a la planta. En varios estudios resaltan la importancia económica, social y ambiental del reciclaje del material orgánico para el uso de compost. En España y Europa, los abonos orgánicos son utilizados en la producción de cultivos de viñedos, hortalizas, cereales, entre otros (Comando, 2006).

Haciendo referencia a la importancia económica y social de realizar compostaje, un estudio realizado en Mérida, México, en un centro de educación superior, se demostró que se reduce hasta un 70% el material enviado a los depósitos finales de basura, al mismo tiempo que se ahorra en costos de manejo de residuos. se recalca el impacto positivo que tendría en centros escolares, empresas y demás industrias, la implementación de programas para la disminución de residuos sólidos urbanos(Maldonado, 2006).

Como se ha mencionado, el compostaje es un proceso aeróbico, de la cual también se puede obtener lixiviados (usados como fertilizantes), dependiendo del manejo y el espacio puede tener una fase anaeróbica o fermentación de donde se desprenden gases (Biogás), que puede ser usado como generador de energía y para uso de calefacción (Arce Cabrera, 2011).

Factores como la relación carbono-nitrógeno influyen sobre el sistema de compostaje, un valor de 12.5-30 indica la existencia de un rendimiento alto. Monetariamente, la aportación de macronutrientes como nitrógeno, fosforo y potasio en 100 kg de abono reemplazan alrededor de 12 dólares de fertilizantes (Reinoso & Ruiz, 2008).

Los rangos de parámetros físicos (pH y temperatura), demuestran que para cada etapa existen valores predeterminados como, mesofílica 30-40 °C, seguida de la etapa

termofílica que comprende 70 °C y finalmente una etapa de enfriamiento donde la temperatura desciende hasta 10-20 °C. De la misma forma el pH, como resultado de las actividades metabólicas comienza con un valor de 4, seguido de un crecimiento hasta 8.5 y finalmente se mantiene entre 7.5 y 8 en la etapa de enfriamiento y maduración (Negro & al, 2000).

Otro factor determinante para el desarrollo de un buen compost es su exposición al ambiente. Estudios revelan que existe una mayor velocidad de biodegradación en compostajes bajo cubierta, que aquellos que se encuentran a la intemperie, esto regula la aireación del sistema y a su vez condiciona la temperatura (Castillo, 2006).

Estudios realizados en la provincia de Chimborazo, Ecuador, cuyo objetivo se basó en la determinación de la composición de materia orgánica de los residuos urbanos de la provincia y posteriormente el desarrollo de sistemas de compostaje de estos, demostraron la importancia sobre la selección y clasificación de los residuos de mercado para tener una mayor biodegradabilidad dentro de la compostera. Además de resaltar la repercusión del uso del material residual de la poda de jardineras y afines sobre la calidad del abono resultante de la compostera (Jara Samaniego, 2016).

El compost también complementa programas educativos para la enseñanza sobre el cuidado ambiental, es decir, una vez obtenido el abono orgánico, se puede proceder a la elaboración o diseño de un huerto ecológico dentro de centros educativos, como fue el caso de la Unidad Educativa “Ciudad de Machala” en la Provincia del Oro, donde destacaron la importancia de estas acciones para los niños, quienes podrán hacer un reconocimiento de plantas u hortalizas y también consumirlas (Burgos, Estrada, & Benitez, 2017).

### **1.6.2 Acuaponía**

El cultivo de tilapias ha existido por miles de años, teniendo como inicios en Medio Oriente y Egipto (Toledo-Pérez, 2000). El cultivo de tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) empezó desde los tiempos egipcios, aproximadamente más de 4000 años debido a muestras encontradas en estanques de peces ornamentales, sin embargo, llegó a su distribución entre los años 1960 y 1980. Mientras que, el cultivo de *Oreochromis*

*mossambicus* tuvo inicios y llegó a su distribución por todo el mundo en 1940 y 1950. (FAO, 2018).

La acuicultura rural tuvo inicios en los años 50 en el Caribe y Centro América, pero años después en países como Paraguay (1964) y Perú (1966). En el año 1974, las tilapias (*Oreochromis niloticus* *O. mossambicus*) fueron introducidas al Ecuador mediante empresas privadas de Brasil, desde entonces se han realizado cultivos mediante estanques de tipo familiar, los cuales sirven para su extensión. En la actualidad, se estima que existen unas 80 hectáreas con producción en estanques. (Alvarez Galvez, 1983)

En el Ecuador, existe un proyecto denominado “Difusión de Tecnología y Conocimiento en Acuicultura a nivel rural, como herramienta de mejoramiento de la calidad de vida y diversificación de la producción” que se encuentra en la provincia de Manabí. Donde las personas han sido capacitadas para la elaboración de piscinas, control de parámetros y protocolos para siembras, cultivo y cosechas (Ministerio de Acuicultura y Pesca, 2012). Por otra parte, existe otro proyecto denominado “Acuicultura Rural” el cual se desarrolla en la Provincia de Esmeraldas, Manabí y El Oro. Este proyecto tiene como finalidad brindar plazas de trabajo a los pequeños agricultores rurales (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2013).

Los sistemas de Acuaponía se basan en el uso óptimo del espacio, e incluso permite el cultivo en tierras no aptas para su procesamiento. Este sistema brinda cultivos totalmente orgánicos debido al no uso de fertilizantes y químicos sintéticos durante su producción.

Es por esto, que varios países como por ejemplo Estados Unidos, han realizado sistemas de acuaponías a escalas domésticas para el autoconsumo de los productos cultivados. En Europa, específicamente en los países del norte, se están implantando recientemente estos sistemas debido a la creciente demanda de pescados y verduras los cuales sean producidos de forma ecológica y que de tal manera sean sostenibles. En el caso de Reino Unido, Francia, Alemania, presentan interés para la implantación de los sistemas de Acuaponía por la reducción de espacios, ahorro energético y consumo de agua, pero sobre todo por la cantidad nutricional de los cultivos realizados en poco tiempo (Cabezas, 2016).

Dentro del sistema de Acuaponía es importante saber el tipo de peces y plantas que se pueden implementar. En el caso de los peces, son los primeros en ser establecidos

dentro del sistema. Para la selección de los peces a cultivar en el sistema acuapónico, es importante saber si la producción es de peces ornamentales o comestibles. Las especies de peces más comunes a cultivar son Carpa Común, Tilapia de Nilo, Pez gato y Trucha arcoíris. Por otra parte, las plantas más recomendadas a sembrar dentro de este sistema son las hortalizas como la lechuga, o plantas aromáticas tales como orégano, menta, albahaca, debido a que el cultivo se produce en ciclos cortos.



# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

### Área de estudio

El BAD se encuentra ubicado en la Cooperativa 29 de Abril, Mz 1338 Solar 1 y 2, sector La Prosperina, Ciudad de Guayaquil.

- 2.1 El proyecto se llevó a cabo durante el periodo de Mayo-Agosto, es decir, en verano, donde las noches baja la temperatura y durante el día, aumenta considerablemente. El BAD, cuenta con un amplio espacio destinado para parqueadero, sin contar con la extensión donde están ubicados los semilleros y los huertos. Es específicamente por los huertos, donde se ubicó el sistema de compostaje, por la buena luz solar que llega al sitio. En cuanto al sistema acuapónico el lugar más apropiado para su implementación debería ser un espacio plano que tenga luz solar por varias horas, el cual ayudara al crecimiento de los peces y las plantas.



Figura 2.1 Ubicacion del Banco de Alimenos Diakonia

## 2.2 Levantamiento de Información

Previa a la toma de decisiones acerca de que sistemas les conviene más al BA, por motivos de costo, espacio y disponibilidad de materiales, se realizó durante 4 semanas visitas por el lapso de dos o tres veces por semana para realizar entrevistas y observaciones sobre la política del manejo de los desechos con la que ellos cuentan. Hubo reuniones con expertos del BA, y personal administrativo para consultar disponibilidad de espacio y financiamiento. También se ayudó en el proceso de selección de frutas y verduras para conocer, que materiales se recibían con mayor frecuencia y bajo qué criterios estos eran seleccionados.

## 2.3 Compostera

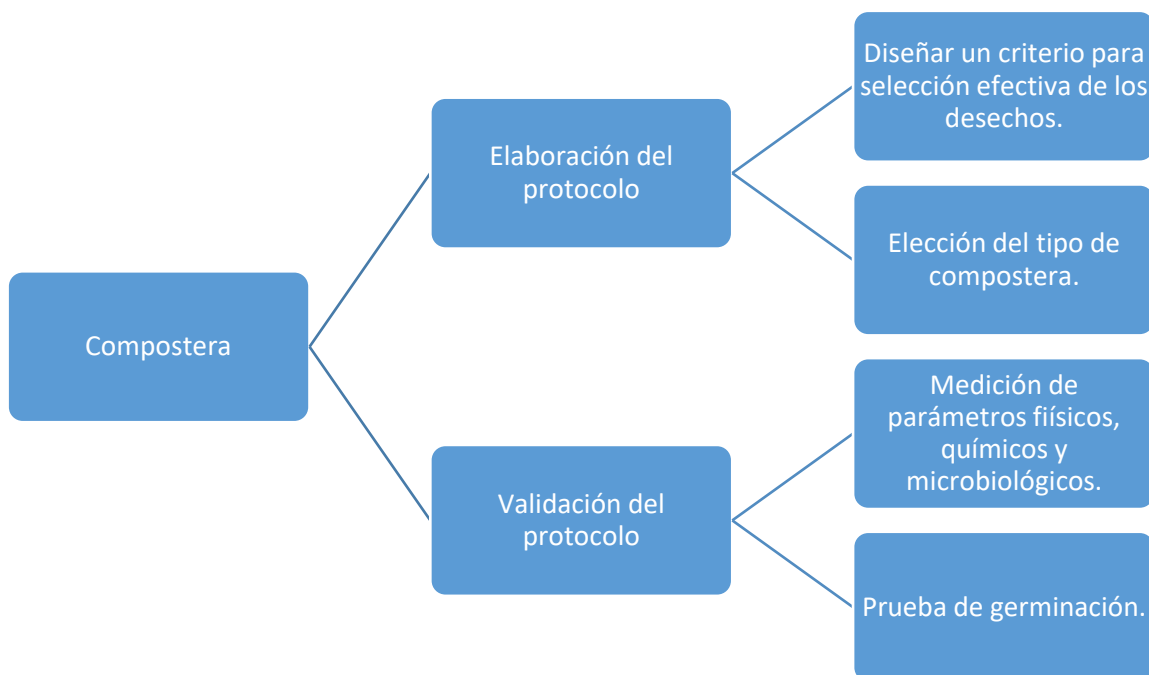


Figura 2.2 Esquema sinóptico sobre las partes de la realización del protocolo de la compostera

### 2.3.1 Elaboración del protocolo y prototipo

#### 2.3.1.1 Diseño de la selección de materiales para el compost

Aquellas frutas y verduras que no están en condiciones de ser repartidas para el consumo son clasificadas y ordenadas para procesarlas según los requerimientos de la compostera. Al elegir la materia orgánica se debe considerar el valor nutricional

(composición que tienen cada producto, para formar parte de la compostera) de cada uno, y su aporte al compost. Seleccionar entre cascara y pulpa marcan la diferencia en el tiempo de descomposición.

Una de las premisas que se establecieron en el diseño de la compostera, fue la utilización de materiales económicos. Por esta razón, todos los componentes, son reciclados y recolectados de diferentes lugares.

Como base, se colocó una capa gruesa (30-50cm) de ramas secas, posteriormente una capa de 15 cm con hojas verdes y césped, seguido de otra capa de 15 cm de tierra y por último los materiales orgánicos picados finamente. Todos los materiales con excepción de los orgánicos fueron recolectados de las zonas cercanas a el Bosque Protector Prosperina.

### ***2.3.1.2 Elección del tipo de compostera***

Debido a que el área en la cual se trabajó es un espacio en el patio de las instalaciones del Banco de alimentos se optó por un sistema de cajones cerrados lateralmente y abiertos por arriba debido también a que la naturaleza de los materiales y su implementación resultan ser económicamente viables.

Generalmente este sistema no permite tener un control de las condiciones físicas del sistema, sin embargo, se podría usar otro material que permita cubrirlo, como mallas metálicas o plásticas. Bajo las condiciones anteriores, se diseñó una compostera que conste de 2 pilas estáticas ubicadas verticalmente.

Los recipientes usados fueron 2 gavetas plásticas de 60 cm L x 40 cm A x 18.5 cm H, ubicadas verticalmente una encima de la otra, y como base se usó una gaveta sin orificios de 60 cm L x 40 cm A x 13 cm H, la cual fue usada para la recolección del lixiviado eliminado por los materiales en durante el proceso. Al tener orificios, estos recipientes permitieron una buena aireación y remoción de los materiales en los tiempos establecidos. Se implementaron un total de 2 estructuras, dentro del cual se colocaron los materiales que se clasificaron de la recolección realizada previamente.

### ***2.3.1.3 Movimiento del sistema***

Pueden ser usados dos formas de mover los materiales, con una vara de madera, tratar de mezclar todo homogéneamente, o simplemente voltear cada gaveta para asegurar

uniformidad al momento de la descomposición de los materiales. En el presente trabajo, el movimiento se hizo alternando el uso de ramas secas y volteando los materiales durante tres etapas, a los 5 días, a los 14 días y finalmente 21.

### **2.3.2 Validación del abono orgánico final**

#### **2.3.2.1 Medición de parámetros físicos, químicos y microbiológicos**

Las mediciones de temperatura fueron realizadas con un termómetro bilateral marca Wika. Por su parte, las mediciones de pH, se llevaron a cabo con la utilización de tiras de la marca Macherey-Nagel, ambas mediciones se realizaron al mismo tiempo (pH y temperatura).

El control de la humedad se realizó con la prueba del puño, que consiste en, tomar un puñado de compost apretándolo de esta forma se verifica que no escurra agua y que tampoco este demasiado seco. Una humedad excesiva del 60 por ciento influenciaría la fermentación anaerobia con la consecuente eliminación de olores indeseables. A su vez, una humedad menor a 40, impide el desarrollo de las actividades microbiológicas. (Tapia, 2010)

El análisis químico que se realizó fue titulación, en el cual se determinó el porcentaje de materia orgánica, carbono orgánico y relación carbono nitrógeno que permitió conocer la calidad del abono.

Para el análisis de microbiología se realizó siembras en agares específicos, como Dextrosa Saboraud y MRS (Man, Rogosa, Sharpe), para levaduras y bacterias ácido-lácticas respectivamente. dichas siembras se hicieron con 1 g del abono disuelto en 9 ml de agua destilada esterilizada. Se incubaron durante 24 horas y posteriormente se realizó un conteo aproximado de cada placa. La metodología empleada fue de diluciones seriadas para facilitar el conteo de las siembras.

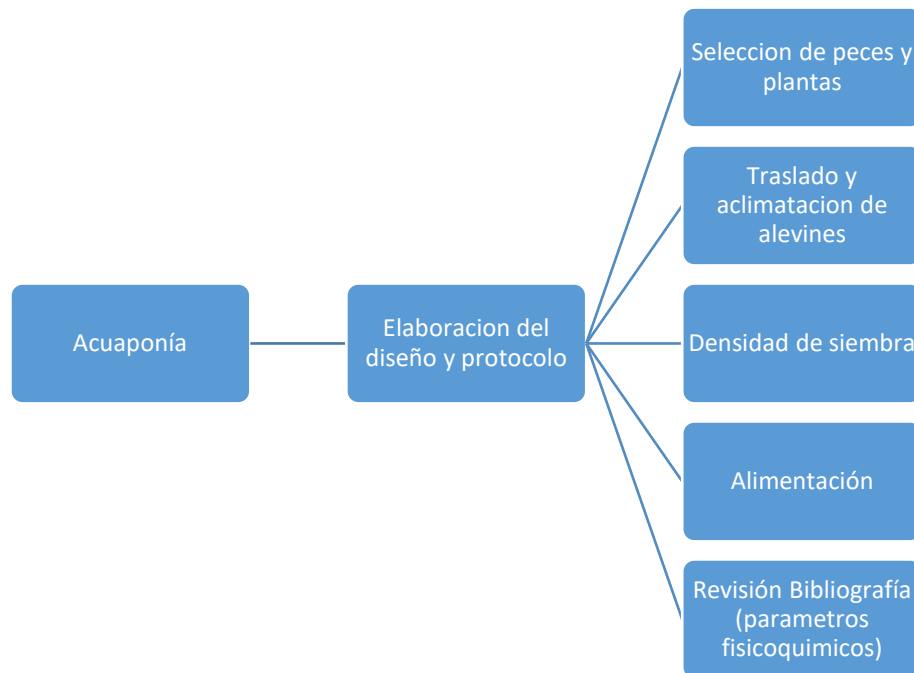
#### **2.3.2.2 Prueba de germinación**

Estas pruebas son las más usadas debido a la sencillez que implica, y por la fácil interpretación. Ayudar a corroborar la calidad final del compost, ya que, si este se encuentra en alguna etapa previa a la maduración, las altas temperaturas y el pH ácido, evitaría el normal crecimiento de la planta. Se realizó la siembra de semillas de lechuga romana (*Lactuca sativa*), por ser sensible ante las perturbaciones del sustrato donde se

desarrolla, particularmente temperatura. Esto fue un indicativo de la correcta maduración del compost.

## Cultivo Acuapónico

2.4



**Figura 2.3 Mapa sinóptico sobre las partes del sistema acuapónico**

### 2.4.1 Selección de peces y plantas

La selección de peces y plantas se debe realizar de acuerdo con el tamaño del lugar del cultivo. Existe una relación peces-plantas dentro del sistema, debido que, si existe gran cantidad de peces en relación con las plantas, existirá mayor cantidad de restos de balanceados dentro del sistema. Caso contrario ocurre cuando existe gran cantidad de plantas y poca cantidad de peces, en donde existirá poca cantidad de nutrientes para las plantas.

### 2.4.2 Empaque y traslados de alevines

El empaquetamiento y traslados de alevines es la primera etapa dentro del cultivo, siendo una de las más importantes; el empaquetamiento se realizó dentro de bolsas plásticas. Es importante tener en cuenta la cantidad de peces dentro de cada

recipiente, esta cantidad dependerá el tamaño del pez. Los empaques deben contener más cantidad de oxígeno que de agua para su supervivencia hasta la llegada al estanque.

Luego de ser empaquetados, los peces se trasladaron de manera directa y rápida a su destino, debido a la pérdida de oxígeno a medida que pasa el tiempo.

### **2.4.3 Aclimatación y Siembra**

La aclimatación es un paso fundamental antes de la siembra, debido a que si se procede a colocar los peces directamente en el agua donde los peces van a ser sembrados, puede ocurrir la muerte de los alevines, el cual es producido por un “shok térmico” debido a que la temperatura del agua del estanque es menor que la de las bolsas plásticas.

El procedimiento de aclimatación consistió en colocar las bolsas plásticas en el agua del estanque para que permanezcan flotando durante 15 a 35 minutos aproximadamente, luego se procedió a soltar la funda plásticas y esperar hasta que los peces naden hacia la nueva agua.

### **2.4.4 Densidad de siembra**

Los valores de densidad de siembra para pre-cría se consideran de 100 a 150 *peces/m<sup>2</sup>* con sistemas de aireación, caso contrario se sugiere la siembra de 50 a 60 *peces/m<sup>2</sup>*. En el caso de la etapa de levante o pre-engorde se consideran peces entre 5 y 80 gramos, teniendo una densidad de siembra de 20 a 50 *peces/m<sup>2</sup>*. Finalmente, para la etapa de engorde, la densidad de siembra varía entre 1 a 12 *peces/m<sup>2</sup>*, los cuales comprenden entre los 80 gramos hasta el peso de cosecha (Nicovita S.A, 2010).

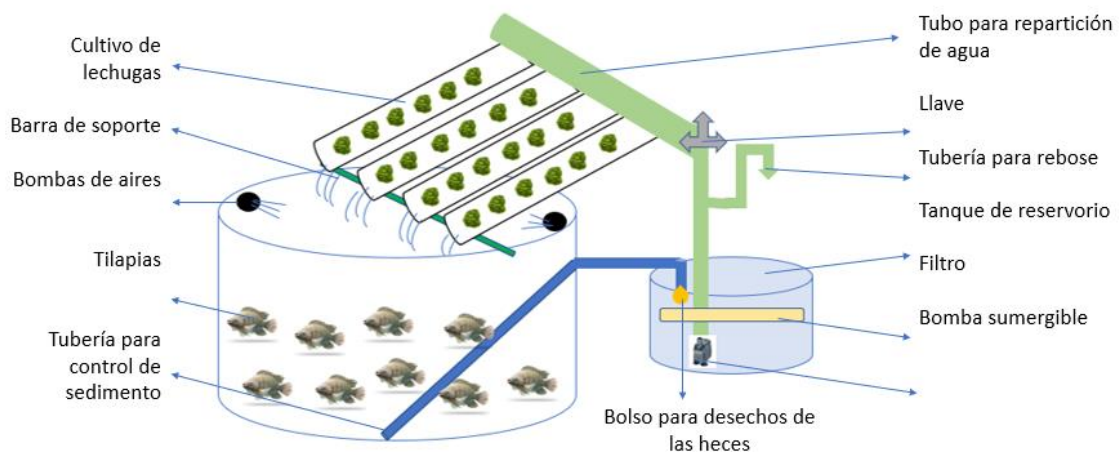
### 2.4.5 Alimentación

La importancia de la alimentación es una clave óptima para la obtención de una proteína en excelente calidad. Por otro lado, la sobrealimentación influye directamente en la calidad del agua y el estado de los peces.

Para la alimentación es necesario la utilización de un alimento con alto contenido proteico, el cual contenga alrededor de 45%, debe ser energético y presentar un tamizaje para asegurar el consumo de los peces según su etapa de crecimiento.

### 2.4.6 Sistema de Acuaponía

En el área a trabajar se colocará el sistema de cultivo de tilapias, el cual estará conectado directamente con el sistema hidropónico que contiene semillas de hortalizas. El montaje se basa en un sistema de recirculación cerrado, por lo cual el agua que aporta nutrientes a las plantas será la misma agua que mantenga a los peces, tal como se muestra en la figura a continuación:



**Figura 2.4 Primer diseño del sistema acuapónico**

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### Compostera

#### 3.1.1 Selección efectiva de componentes

3.1 Los materiales del compost fueron medidos (peso) para ser ubicados de manera equitativa dentro de cada gaveta, tal y como se observa en la Tabla 3.1, en todas las gavetas fueron colocadas la misma cantidad de materiales para asegurar un compost homogéneo.

El compostaje realizado tuvo como aporte de materia orgánica desperdicios de comida (Frutas y Verduras), los cuales fueron pesados antes de ser agregados a ambos sistemas como se muestra en la Tabla 3.2, donde se tiene el total por material colocado en las 4 gavetas.

**Tabla 3.1 Cantidades agregadas al compost (4 gavetas) Jueves 21 de Junio**

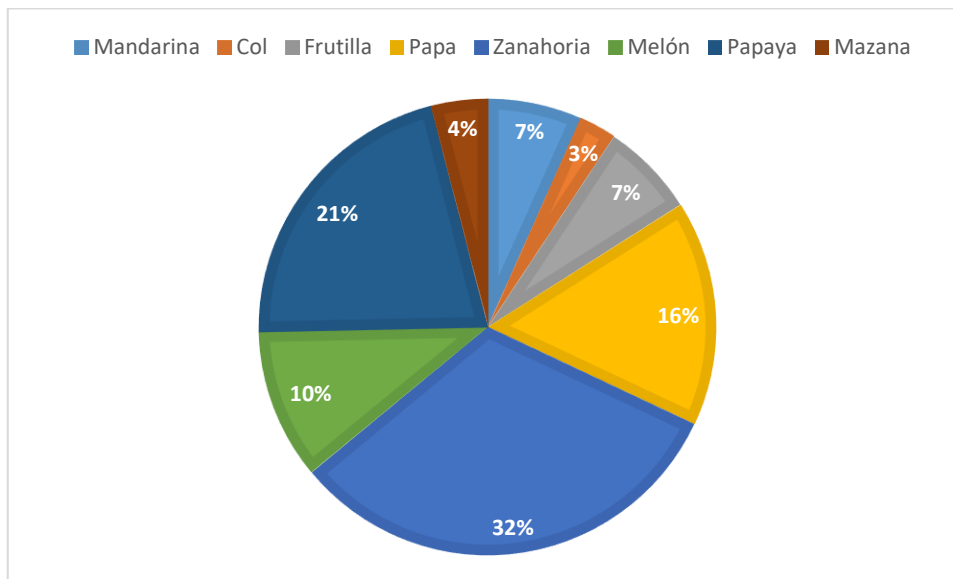
Gaveta	Hojas secas (g.)	Ramas secas (g.)	Capa de tierra (g.)	Hojas verdes (g.)	Materia orgánica Total (g.)	Ultima capa de tierra (g.)	Contenido total (g.)
<b>TODAS</b>	100	50	1600	100	450	1600	3900



**Tabla 3.2 Tipo y cantidad de materia orgánica total colocada por semana**

FECHA	Mandarín a (g.)	Col (g.)	Frutilla (g.)	Papa (g.)	Zanahoria (g.)	Melón (g.)	Papaya (g.)	Manzana (g.)
<b>21-06</b>	1000	400	400					
<b>29-06</b>			600	2400	2400			
<b>6-07</b>							1600	600
<b>13-07</b>					2400	1600	1600	

Al momento de realizar las selecciones del material, se notó que existe un patrón en los materiales que llegaban cada martes y jueves. La figura 3.1 describe el porcentaje de cada material frecuente. Se nota la presencia predominante de papa (16%) y zanahoria (32%), lo que significaría el aporte de carbohidratos que los microorganismos necesitan para su normal metabolismo, de la misma forma sobresale la cantidad de frutas como la mandarina (21%) y el melón (10%), los cuales serían el aporte de azúcar.



**Figura 3.1 Frecuencia de los materiales que se desperdician semanalmente en el BAD**

### 3.1.2 Diseño del tipo de estructura

Teniendo en cuenta los materiales con los que cuenta el BAD, se realizó un diseño que evite gastos económicos en estructuras. Pensando también en las perturbaciones del medio externo, fue necesario la implementación de mallas para evitar la inclusión de insectos que retarden el proceso tal como se muestra en la figura 3.2.



**Figura 3.2 Diseño final del compost**

### 3.1.3 Medición parámetros fisicoquímicos

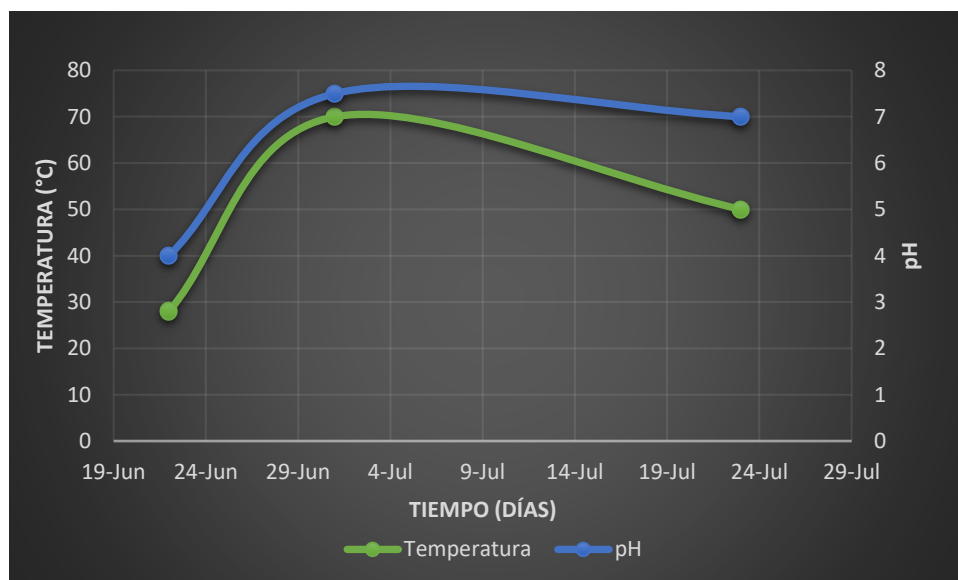
Las mediciones de temperatura y pH se realizaron simultáneamente en tres ocasiones, la primera en la etapa mesofílica, la siguiente en el periodo termofílico y por último en la

etapa de enfriamiento, como se muestra en la Tabla 3.3. La humedad del compost se controló con la adición de material seco o con la adición de agua.

Cabe mencionar, que, al finalizar el proceso, la apariencia del abono fue, café oscuro, con olor característico de la tierra de sembrado.

**Tabla 3.3 Mediciones de temperatura y pH**

FECHA	TEMPERATURA (GRADOS °C)	pH
22 - 06	28	4
1- 07	70	7.5
23- 07	50	7



**Figura 3.3 Curvas de temperatura y pH durante las etapas del compost**

La relación de Carbono y Nitrógeno ayuda a conocer el correcto desarrollo del compost, así como su calidad. Indica también la disponibilidad de C y N para el crecimiento de la planta. Los valores 12:1 demostrados en la Tabla 3.4 indican que existen 12 partes de C

por 1 de N disponibles para los procesos fisiológicos de cualquier planta que se desee sembrar.

**Tabla 3.4 Resultados de análisis de titulación**

Cantidad analizada	Carbono Orgánico %	Materia Orgánica %	Relación C:N
<b>1 g.</b>	12.7	21.86	12:1

### 3.1.4 Medición componente microbiológico

Los valores mostrados en la tabla 3.5, demostraron la calidad nutricional del abono orgánico final que aporta para la germinación de las plantas. Además, son indicadores de que los valores físicos medidos se encuentran dentro de los rangos correctos.

**Tabla 3.5 Conteo de microorganismos eficientes**

Dilución	Mrs (bacterias ácido-lácticas) UFC/g	Dextrosa (levaduras) UFC/g
<b>10<sup>5</sup></b>	<b>5.9x10<sup>6</sup></b>	<b>6.3x10<sup>6</sup></b>

### 3.1.5 Prueba de germinación de semilla simple

En la Figura 3.5 se muestra el momento en el que se colocaron 2 semillas en 5 orificios en el abono. El crecimiento de la hortaliza fue paulatino tal cual se muestra en la Figura 3.6, finalmente, luego de 3 semanas, la germinación fue 100% exitosa, siendo el tamaño de la hoja más larga 14 cm, como se observa en la Figura 3.7.



**Figura 3.4 Siembra de la lechuga. Dia 1**



**Figura 3.5 Crecimiento de semillas de lechuga Dia 14**



**Figura 3.6 Crecimiento de semillas de lechuga. Dia 21**

## **Sistema Acuapónico**

### **3.2.1 Diseño**

3.2 El diseño elaborado consiste en un estanque de 3m de diámetro y 1.5m de altura el cual brinda facilidad al momento de querer replicar el sistema, este se encuentra conectado a dos tanques de 1m de altura y 0.75m de diámetro, los cuales sirven como filtros.

El primer tanque tiene como función recolectar las heces de los peces para su posterior tratamiento y realización de materia orgánica como abono o fertilizantes.

El segundo tanque recibe agua desde la parte superior del primer filtro, la cual mediante el uso de tapas plásticas permitirá la proliferación de las bacterias nitrificantes, siendo de ayuda para las plantas.

Luego del tratamiento del agua del segundo filtro, esta pasa directamente hacia las plantas, en donde su caudal es controlado mediante una llave, logrando así que este sea lento para el uso de las plantas.

El agua que no pase por las plantas debido al pequeño caudal retorna al segundo filtro para continuar con el tratamiento de las bacterias nitrificantes.

Luego que el agua pasa por las plantas, las cuales absorben los nutrientes que posee el agua, esta retorna al estanque donde se encuentran las tilapias, generando mayor aireación al momento de caer el agua.

### **3.2.2 Lavado de tanques**

Para el cultivo de tilapias es importante realizar una buena desinfección del tanque a cultivar para evitar cualquier contaminación cruzada, ya sea por presencia de patógenos u hongos.

Después de cada cultivo es importante limpiar todo el tanque principalmente el fondo, el cual se desinfecta con cloro al 98% y virkon S. Estos ayudan a la eliminación de virus, bacterias, hongos y sus esporas.

De la misma manera para la limpieza del agua se coloca Cloro para eliminación de bacterias y antes de cultivar las tilapias se debe colocar Vitamina C y Tiosulfato para la eliminación total del cloro en el agua.

En la siguiente tabla, se presentan las dosis empleadas por cada litro de agua:

**Tabla 3.6 Productos de limpieza**

<b>Productos</b>	<b>Dosis por litro</b>
<b>Cloro 98%</b>	0.1 ml
<b>Virkon S</b>	10 g
<b>Vitamina C</b>	0.005 g
<b>Tiosulfato</b>	ml

### **3.2.3 Llenado de tanque**

3.1

El llenado del tanque se realizó un día antes de la siembra con agua tratada, logrando así la recirculación del agua para la siembra. Además del llenado del tanque se debe realizar el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del agua mediante la utilización de tirillas de PH, termómetros, etc.

### **3.2.4 Filtros**

#### **3.2.4.1 Filtro mecánico**

El filtro mecánico tiene la función de realizar la recolección de las heces excretadas por los peces, es decir mediante la tubería implementada en el tanque de los peces y por medio de la gravedad y el movimiento, las heces pasan al filtro mecánico en donde se colocarán en una bolsa, ayudando así a eliminar gran cantidad de heces ya que provocaría un impedimento del paso del agua hacia las plantas.

#### **3.2.4.2 Filtro biológico**

Dentro del sistema es importante la implementación de un filtro biológico, el cual consiste en la utilización de organismos vivos para la eliminación de alguna sustancia dentro del agua.

La mayoría de los biofiltros tienen el mismo principio, el cual es proporcionar grandes áreas para la fijación de bacterias nitrificantes. La función de las bacterias nitrificantes es realizar la transformación del amoníaco proveniente de la excreción de los peces, en nitrito, el cual a su vez se convierte en nitrato.

Es importante tener en cuenta que el nitrato tiene poca toxicidad en los peces. Pero mayor toxicidad produce tener amoníaco y nitrito al mismo tiempo, provocando la muerte del animal.

Además, este filtro es importante realizarlo, debido a que las plantas aprovecharán los nitratos presentes en el agua.

### 3.2.5 Especificaciones técnicas de los materiales a usarse

Para la elaboración del sistema acuapónico es importante tener en cuenta varios factores, como las densidades de siembra tanto para los peces y las plantas. Además, se debe realizar los cálculos respectivos para la implementación del sistema, como se muestra a continuación:

#### Accesorios

- 3 adaptador de tanque
- 5 T de 90
- 4 codos de 90
- 1 válvula de control
- Tubería de 1 pulgada
- Velocidad 10 litros/seg

#### Cálculos

- ❖ Convertir los diámetros de pulgadas a metro.

$$1\text{pulg} \times \frac{1\text{m}}{39.37\text{pulg}} = 0.0254\text{m}$$

- ❖ Convertir el caudal de litros/seg a m<sup>3</sup>/seg

$$Q = \frac{10\text{l}}{\text{seg}} \times \frac{1\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0.01 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

- ❖ Calcular el área de la tubería.

$$\text{Tubería de 1pulg} \quad A = \frac{\pi \times (0.0254\text{m})^2}{4} = 5.067 \times 10^{-4} \text{m}^2$$



- ❖ Calcular la velocidad de la tubería de 1 pulgadas.

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{0.01m^3/s}{5.067 \times 10^{-4}m^2} = 19.74 m/s$$

- ❖ Potencia

$$P = \gamma Q H / 750 \text{ [HP]}$$

$$P = \frac{1000 \frac{kg}{s^2m^2} \times 0.01 \frac{m^3}{s} \times 1.70}{750} = 0.023HP$$

$$Pf = \gamma Q H/e$$

$$Pf = 0.23 \text{ HP} / 0.85 = 0.026HP$$

### 3.2.6 Densidad de siembra

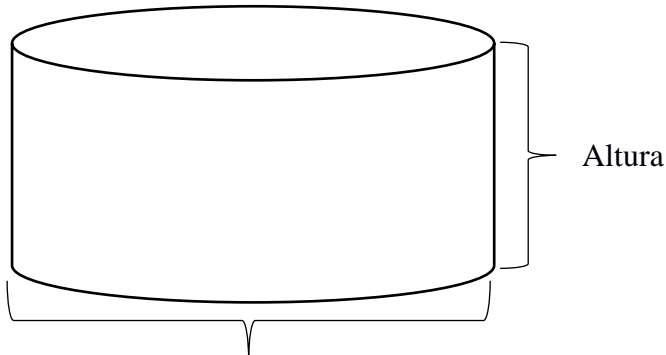
La densidad de siembra se encuentra relacionada entre la biomasa y el volumen final. Pero en los cultivos de peces, más que el volumen se considera los metros cuadrados, además de esto también depende hasta que etapa se va a realizar la crianza.

Para el diseño del sistema acuapónico mencionado se pretende la obtención del peso comercial de la tilapia, el cual varía entre 230 – 250 g lográndolo aproximadamente en 6 meses.

Es importante tener en cuenta la relación entre machos y hembras, debido a que en un cultivo comercial se tiene preferencia por los machos, ya que su crecimiento es mucho más rápido, logrando así una mayor talla en comparación con las hembras. Esto se debe a que las hembras necesitan mayor cantidad de alimento por el gasto energético en la reproducción. A esto se lo denomina cultivo monosexo de tilapia el cual brinda una mejor fuente de proteína y por ende una mayor ganancia. (Alex, 2015)

Para la obtención de la cantidad estimada de siembra se realizan los siguientes cálculos:

- **Área**



Diámetro: 3 m

Radio: 1.5 m

Altura: 1.5 m

$$Al = 2\pi rh$$

$$Al = 2\pi(1.5m)(1.5m)$$

$$Al = 14.13 \text{ m}^2$$

$$AB = \pi r^2$$

$$AB = \pi(1.5m)^2$$

$$AB = 7.06 \text{ m}^2$$

$$AT = 2AB + Al$$

$$AT = 2(7.06\text{m}^2) + 14.13\text{m}^2$$

$$AT = 28.25 \text{ m}^2$$

- **Densidades**

$$D = \text{area} \times \text{animales}/\text{m}^2$$

$$D = 28.25 \text{ m}^2 \times 10 \text{ animales}/\text{m}^2 = 283 \text{ animales}$$

- **Densidad de hembras**

1% de la población salgan hembra

$$D = \text{densidad} \times 1\% \text{ hembras}$$

$$D = 283 \text{ animales} \times 1\% = 3 \text{ animales hembras}$$

- **Densidad de machos**

$$D = \text{biomasa} - \text{biomasa de hembras}$$

$$D = 283 \text{ animales} - 3 \text{ animales hembras} = 280 \text{ animales machos}$$

- **Mortalidad**

Mortalidad de un 5%

$$D = \text{biomasa de machos} \times 5\%$$

$$D = 280 \text{ animales machos} \times 5\% = 14 \text{ animales machos}$$

- **Densidad final de cultivo**

$$D = \text{Biomasa} - \text{mortalidad}$$

$$D = 280 \text{ animales machos} - 14 \text{ animales machos} = 266 \text{ animales machos}$$

- **Peso**

$$\text{Peso} = \text{Biomasa} \times \text{peso promedio}$$

$$\text{Peso} = 280 \text{ animales} \times 250g = 70,000g$$

$$\text{Peso} = 70,000 \text{ gr} \frac{1kg}{1000gr} = 70 \text{ kg}$$

- **Precio de venta**

Precio por kg \$1.60

$$\text{Precio} = \text{kg de animales} \times \text{precio}$$

$$\text{Peso} = 70 \text{ kg} \times 1.60 = 112 \text{ \$/kg}$$

Para la selección de la cantidad de plantas ya sean de cultivos de hojas o de frutos se consideró los metros cuadrados cultivados con las tilapias, debido a la relación que existe con los gramos de alimentación diario.

Es decir, si se cultiva un metro cuadrado de cultivos de hojas, se deberá alimentar de 40 a 50 gramos diariamente. Para el caso de cultivos de frutas, la alimentación diaria debe ser de 50 a 80 gramos de alimento.

### 3.2.7 Alimentación

Para la obtención de la cantidad de alimento a suministrar se realizó un muestreo del 5-10% de la población total, para la obtención del peso promedio de la población.

Además de esta característica importante que brinda el muestreo, también sirve para conocer sobre el estado de salud y la uniformidad del animal.

#### **4.2.3.1 Cálculo de la ración alimenticia de la tilapia**

La cantidad de alimento a suministrar se calcula de acuerdo con la biomasa y la tabla de alimentación de la FAO (Tabla 4.1)

**Tabla 4.1 Ración alimenticia de las tilapias**

<b>PESO PROMEDIO DEL PEZ (G)</b>	<b>RACIÓN ALIMENTICIA (%)</b>
<b>1-14</b>	<b>10</b>
<b>15-20</b>	<b>6</b>
<b>21-34</b>	<b>5</b>
<b>35-44</b>	<b>4</b>
<b>45-54</b>	<b>3</b>
<b>55-229</b>	<b>2.5</b>
<b>230-330</b>	<b>2</b>
<b>331-380</b>	<b>1.9</b>
<b>381-432</b>	<b>1.8</b>
<b>433-516</b>	<b>1.6</b>

#### **Porcentaje de alimentación**

Ejemplo del cálculo alimenticio diario:

Peso promedio de la población: 15.2 g

Mediante la tabla se tiene que aplicar el 6% de alimento

Si el total de peces dentro del cultivo es 250, entonces:

$$250 \times 15.2 \text{ g} = 3,800 \text{ g}$$

$$3,800 \text{ g} \times 6\% = 228 \text{ g}$$

$$228 \text{ g} / 454 \text{ g} = 0.50 \text{ libras}$$

### **3.2.8 Recambio de agua**

El recambio de agua depende de la etapa de cultivo. Para el inicio del cultivo se debe realizar un recambio del 10% en relación con el volumen final del estanque por un lapso de mes y medio. Seguido de esto se debe realizar el recambio de agua de un 15% alrededor de un mes más, luego un 20% por un mes y finalmente 25% el tiempo que continúe el cultivo (Morales, 2016).

### **3.2.9 Parámetros fisicoquímicos**

Dentro de los parámetros más importantes para el cultivo acuapónico se encuentra el oxígeno, el pH, y la temperatura.

#### **3.2.9.1 Oxígeno**

El oxígeno es uno de los parámetros más importantes dentro del cultivo, debido a esto el rango se debe encontrar mayor a 4.5ppm. En el caso de que el oxígeno se encuentre entre 0.0-0.3 los peces que encuentren pequeños sobrevivirán por poco tiempo. Cuando el oxígeno se encuentra entre 0.3-2.0 es letal cuando tienen exposiciones prolongadas. A partir de 3.0-4.0 los peces crecerán lentamente y cuando el oxígeno es mayor a 4.5 los peces tienen un óptimo crecimiento.

Se debe tener en cuenta que tener exceso y falta de oxígeno no es bueno dentro del sistema, debido a que se pueden presentar diversas enfermedades.

El síntoma principal cuando los peces tienen falta de oxígeno es cuando pasan mucho tiempo nadando en la superficie e incluso pueden intentar saltar para lograr obtener oxígeno. Además de esto, si se coloca una cantidad mayor de oxígeno en relación con la cantidad normal, se producirá trastornos graves como la enfermedad conocida "embolia".

### **3.2.9.2 Temperatura**

El rango óptimo para la temperatura en el sistema acuapónico es de 28 a 32 C, cuando existen cambios bruscos de temperatura los peces se ven afectados directamente en la tasa metabólica. Debido a esto entre mayor sea la temperatura, mayor tasa metabólica y esto afectara también al oxígeno el cual aumentara.

Cuando la temperatura no se encuentra dentro de sus rangos óptimos, el sistema inmune se ve afectado y se debilita. Lo cual los hace vulnerables a enfermedades.

### **3.2.9.3 pH**

El rango óptimo del pH varía entre 6.5 a 9.0. cuando el pH se encuentra más alto o se encuentra por debajo que los rangos óptimos, provocan un cambio de comportamiento de los individuos, tales como letargia, retraso de reproducción, pero sobre todo disminución del crecimiento. Cuando el pH se encuentra cercano a 5 produce mortalidad de las especies durante un periodo de 3 a 5 horas debido a fallas respiratorias.

### **3.2.10 Comportamientos anormales de los peces**

Los peces la mayor parte del tiempo cuando o se encuentran dentro de las condiciones normales de salud, presentan signos anormales que pueden alertarnos sobre su desarrollo. Algunos de los signos son los siguientes:

- Presencia de coloración anormal en el cuerpo del pez
- Letargia
- Pérdida del apetito
- Inflamación/decoloración en las branquias
- Inflamación abdominal
- Presencia excesiva de mucus
- Movimientos giratorios

### 3.2.11 Diseño final

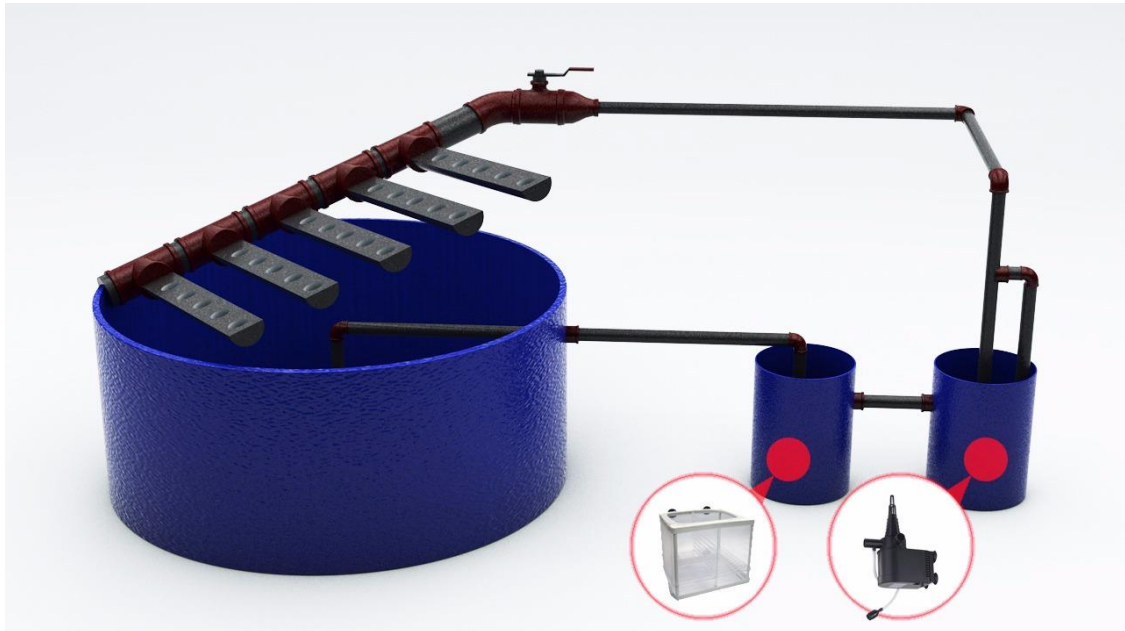


Figura 3.7 Diseño final del sistema acuapónico

# CAPÍTULO 4

## 4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En los análisis realizados para la comprobación de la descomposición de los materiales agregados, los resultados de los parámetros físicos (pH y temperatura), mantuvieron la misma tendencia con los obtenidos por Negro *et al*, 2000. De la misma forma, la relación C:N de 12:1 se encuentra en los rangos óptimos de 10-20 partes de Carbono por una de Nitrógeno, según Reinoso y Ruiz, 2008. La realización de composteras urbanas es una propuesta factible y económica como lo demuestra Jara, 2016 donde resaltan la importancia del aprovechamiento de los desperdicios de mercado, sumado a los restos de poda de jardín. Los resultados del diseño del sistema acuapónico, para la obtención de cultivos orgánicos aptos para el consumo humano, combinado con la producción de proteína animal basada en peces, presenta similitud con el trabajo de Cabezas, 2016 en Estados Unidos. Por otro lado, los resultados obtenidos, contribuirán de igual forma que los sistemas utilizados por BAD en zonas europeas, para la distribución de los dos tipos de proteínas (animal y vegetal).

### 4.1 Conclusiones

La implementación del sistema de compostaje fue positivo, sencillo y rápido utilizando los materiales que llegaron al BAD.

La estructura elegida de dos gavetas (con orificios) verticales una bajo otra con otra gaveta como base (sin orificios), esta elección de la estructura se hizo basándose en la utilización de recursos que el BAD tuviera en sus instalaciones. Con las gavetas se aprovecha también el lixiviado que se recogía al momento del riego para enriquecer la compostera, de tal forma que se recicla todo lo que se obtiene. Al tener orificios, las gavetas facilitaban el ingreso de aire para oxigenar la compostera.

Las composteras son una forma de reciclar materiales de fácil alcance, como las hojas, tierra, ramas y desechos orgánicos, además, beneficia la pequeña producción de hortalizas que se realiza de forma complementaria para la distribución de frutas y verduras en las agencias que el BAD maneja.



Para la producción de hortalizas, frutas o verduras, el producto final de las composteras, el abono orgánico, significa un ahorro en fertilizantes, ya que éste tiene gran cantidad de macro y micronutrientes que favorecen el crecimiento de la planta.

Las mediciones de parámetros físicos tomadas a lo largo de los dos meses estuvieron cercanas a la curva modelo de los procesos de compostaje.

En la microbiología, el análisis realizado fue generalizado para dos agares en específicos, donde existió un crecimiento abundante de levaduras y bacilos, los cuales fueron los protagonistas en la descomposición de la materia orgánica y demás materiales agregados al compost.

Para la prueba de germinación simple, donde se sembró semillas de lechuga, se demostró que el abono orgánico final, es apto para beneficiar el crecimiento de hortalizas en general.

El abono obtenido será entregado para su utilización en el huerto dentro del BA o para la distribución de este entre sus agencias.

La acuaponía es una alternativa de los cultivos tradicionales de plantas y peces, por el cual lo convierte en un sistema a partir de la hidroponía y la acuicultura. Al igual que esto, la técnica del sistema acuapónico brinda una mejoría en cuanto a la producción de materia prima, siendo esta apta para el consumo humano. Además de esto, es una técnica que ayuda al medio ambiente ya que no necesita el uso de fertilizantes, herbicidas, abono.

La especie que se usa mayormente en peces es la tilapia, debido a que presenta una mayor resistencia a cambios extremos de temperatura y pH. Además, la tilapia representa una fuente principal en cuanto a la economía. En cuanto al cultivo de lechugas, este es importante debido a que es una especie de pocos cuidados y se logra realizar el cultivo en zonas pequeñas o espacios verticales, con relación a un cultivo común utilizado en la agricultura.

Dentro del sistema es importante tener los parámetros fisicoquímicos en los rangos permitidos, de tal manera que el sistema no afecte a los peces ni a las plantas. Debido a que, si uno de los parámetros se encuentra fuera del rango, estos pueden provocar enfermedades en los peces o incluso llegar hasta la

muerte. Así mismo la desinfección de los materiales antes del cultivo, como la calidad del agua antes y durante la producción.

La calidad de agua es lo primordial dentro de un sistema acuapónico, ya que si desde un inicio el agua no fue tratada correctamente esta provocara inconvenientes dentro del sistema. El agua es el medio por el cual todos los nutrientes se van a transportar hacia las plantas y al espacio donde se encuentran los peces.

La principal ventaja de los sistemas de acuaponía se basa en que estos sistemas se pueden replicar sin ningún problema dentro de los hogares, permitiendo así un aporte de alimento producido de una manera orgánica, es decir, sin la utilización de fertilizantes, pesticidas ni herbicidas los cuales no son buenos para la salud de los seres humanos. Además de poder realizarse en lugares reducidos y utilizando poco tiempo para su mantenimiento.

## **4.2 Recomendaciones**

Antes de la adición de los materiales, se debe pesar cada tipo a usar, para llevar un control, sobre lo que se deberá colocar la semana del recargo de materia orgánica, y también para garantizar un abono orgánico de calidad.

Se debe destacar que el sistema, por la gaveta de base, servirá para la recolección del lixiviado, el mismo que servirá para nutrir nuevamente el sistema o para usarse también para el huerto como fertilizante. Esto se puede recolectar, al día siguiente de colocar agua en las gavetas, y puede almacenarse en un recipiente de vidrio o plástico, en temperatura ambiente.

Es importante colocar mallas sombras por dentro y por fuera de las gavetas para evitar el ingreso de moscas de frutas u otros insectos que perturben la normal descomposición del sistema.

Para agregar los materiales, estos deben ser picados muy pequeños para facilitar y acelerar la descomposición.

Al colocar agua, debe realizarse cuando se sienta que la temperatura este disminuyendo, por otro lado, hay bibliografía que explica que la compostera siempre debe estar húmeda, comprobándolo tomando una porción en tu puño y

apretándolo cerciorarte de que no escurra y este compacta. En caso de que exista mayor humedad, colocar más material seco.

Si existe presencia de hormigas, se debe humedecer el sistema para repelerlas, y prevenir que regresen más.

La adición de materia orgánica debe ser semanal, de preferencia se debe realizar un balance entre frutas y verduras, es decir, no poner más material húmedo (papaya, melón, frutillas) que seco, siempre en relación equitativa.

Recordar siempre remover la mezcla dos veces al mes, para garantizar la homogenización de materiales, así como su aireación.

La utilización de microorganismos eficientes es importante si no se cuenta con lombrices o heces de animales, como fue el caso, donde se utilizó AquaStar PondZyme, solución que contiene enzimas, y bacterias eficientes para activar la descomposición de los materiales.

Tratar de tomar mediciones de temperatura dos veces al mes, para llevar un control de lo que sucede en nuestro sistema.

Para saber que está listo, el compost debe adquirir un color marrón, no debe haber ningún pedazo de material colocado (materia orgánica, hojas, ramas), y debe tener olor a humedad.

Para el caso del cultivo acuapónico se debe realizar una limpieza diaria de los filtros lo cual evita contaminación dentro del sistema. Dado que dentro del sistema existe un filtro mecánico, el cual tiene como función retener la mayor cantidad de heces debido a que si dentro del cultivo llega a encontrarse grandes cantidades de heces, estas pueden tapar las tuberías impidiendo la correcta absorción de los nutrientes por parte las plantas.

Controlar entradas y salidas de agua, dado que si la velocidad del agua es mayor al rango normal los peces tendrán problemas y en cuanto a las plantas no absorberán la debida cantidad de nutrientes.

Mantener los parámetros fisicoquímicos y condiciones ambientales dentro de los parámetros establecidos.

Al momento de realizar la selección de peces y plantas se debe tener en consideración que tanto los peces como las plantas tengan los mismos

requerimientos como pH y temperatura. Ya que la mayoría de las plantas se basan en un pH de 5.5 y los peces en 7.5.

Para la selección de las verduras a sembrarse es importante tener en cuenta el valor nutricional que requiera la planta. Debido a que entre más carga nutricional necesite, más cantidad de peces se tendrá que sembrar. Pero si el espacio de cultivo de los peces es reducido, estos no lograr el crecimiento adecuado.

Realizar muestreos poblacionales para detectar alguna anomalía como enfermedades y pestes que pueden encontrarse en sistemas acuapónicos, debido a que no se usan pesticidas ni fertilizantes.

Para la prevención de las plagas y enfermedades es importante realizar la limpieza diaria de los alrededores, dado que por lo general las plagas se encuentran dentro de las malezas de las plantas. Es importante llevar una bitácora con todos los registros diarios de temperatura, pH, problemas existentes, tamaño del pez, ración alimenticia, peso del pez.

## 5 BIBLIOGRAFÍA

- Alex, B. (17 de Abril de 2015). *Acuicultura y Aprovechamiento del agua para el desarrollo rural*. Obtenido de Cultivo de Machos de Tilapias sexados a mano:  
<http://tilapiasdelosur.com.ar/downloads/CultivodemachosSexadosaMano.pdf>
- Alvarez Galvez, M. (1983). INFORME SOBRE EL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA EN EL ECUADOR. En P. Fernando-Criado, *Informes nacionales sobre el desarrollo de la acuicultura en América Latina* (págs. 6.1-6.8). Roma, Italia: FAO.
- Alvarez Gómez de Cos, C. (Diciembre de 2013). *RECICLAJE Y SU APORTE EN LA EDUCACIÓN AMBIENTAL*.
- Alvarez M. (2008). *Informe sobre el desarrollo de la Acuicultura en el Ecuador*. Guayaquil: FAO.
- Arce Cabrera, J. (Agosto de 2011). *Diseño de un Biodigestor para generar biogas y abono a partir de desechos orgánicos de animales aplicable en las zonas agrarias del litoral*.
- Baltazar, P. M. (2007). La Tilapia en el Perú: acuicultura, mercado, y perspectivas. *Revista Peruana de Biología*, 13(3), 267-273.
- Banco de Alimentos Diakonia. (2017). Programa FRUVER. Obtenido de *Banco de Alimentos Diakonia*:  
<https://www.diakonia-ec.org/>
- Barreto-Curiel, F. D. (2015). Crecimiento, excreción de amonio y consumo de oxígeno de la tilapia híbrida roja (*Oreochromis mossambicus* × *Oreochromis aureus*) cultivada en agua de mar y en agua dulce. *Ciencias Marinas*, 41(3), 247-254.

- Burgos, O., Estrada, M. E., & Benitez, C. (Diciembre de 2017). *DISEÑO DE UN HUERTO ESCOLAR PARA LA FORMACIÓN AGROECOLÓGICA DE LOS EDUCANDOS DE LA UNIDAD EDUCATIVA "CIUDAD MACHALA". CANTÓN MACHALA, ECUADOR.*
- Cabezas, E. (10 de Diciembre de 2016). Acuaponía: criar peces y plantas en un mismo sitio. *SUR*.
- Carolla, C., Sanchez, R., & Montiel, E. (2009). Modelo de superficie de respuesta que permite inferir concentración de nitrógeno en "compost" producido a partir de desechos orgánicos. *Revista Ingeniería e investigación*, 128-133.
- Castillo Soto Wilson, L. P. (2014). Adaptabilidad de la tilapia, *Oreochromis niloticus*, sometida a dietas con alta densidad de nutrientes y diferentes temperaturas de agua en la costa de la region La Libertad, Peru. *Pueblo cont*, vol.25(1).
- Castillo, C. (Agosto de 2006). *ELABORACIÓN DE COMPOST EN MANIZALES A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS URBANOS.*
- Comando Suluda, A. (2006). *Optimación del compostaje de residuos sólidos urbanos en proceso de serie anaerobio-aerobio.*
- Comando, A. (2006). *Optimación del compostaje de residuos sólidos urbanos en proceso de serie anaerobio-aerobio.*
- Dalzell, H., Gray, K., & Biddlestone, A. (1981). *Composting in tropical agriculture*. England: International Institute of Biological Husbandry.
- Diakonia. (22 de Mayo de 2014). *Diakonia*. Obtenido de <https://www.diakonia.se>
- FAO. (2009). *Oreochromis niloticus*.
- FAO. (2016). Características, estructura y recursos del sector Ecuatoriano. *Departamento de Pesca y Acuicultura*.
- FAO. (2018). *Oreochromis niloticus*. Roma: Departamento de Pesca y Acuicultura de la FAO.
- Fitzsimmons. (2010). Potential to Increase Global Tilapia Production. *Global Outlook for Aquaculture Leadership*, 35.
- Ibañez Ana, C. M. (2017). Influencia de la temperatura, densidad, oxígeno y alimento en la formación de marcas en la escama de tilapia. *Biología Tropical*, Vol. 65 (2): 613-622.
- Jara Samaniego, L. (2016). *Oportunidad de valorización mediante compostaje de los residuos orgánicos de origen urbano y afines en Ecuador: Propuesta de gestión para la provincia de Chimborazo.*
- Maldonado, L. (2006). Reducción y reciclaje de residuos sólidos urbanos en centros de educación superior: Estudio de caso. *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 59-68.
- Ministerio de Acuicultura y Pesca. (4 de Septiembre de 2012). *Ministerio de Acuicultura y Pesca*. Obtenido de <http://www.acuaculturaypesca.gob.ec/subpesca1292-subsecretaria-de-acuicultura-capacito-en-la-provincia-de-manabi.html>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1 de Octubre de 2013). *Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/proyecto-de-acuacultura-rural-beneficia-a-familias-de-esmeraldas/>
- Morales, A. (2016). Cultivo de tilapias en estanques circulares. *Coastnature*.
- Moreno, J., & Moral, R. (2008). Introducción. En *Microbiología y bioquímica del proceso de Compostaje* (págs. 95-96). Madrid: Ediciones Mundi-Prensa.
- Navarro, R. (2003). Manual para hacer composta Aérobica. San Salvador: CESTA Amigos de la tierra.
- Negro, M., & al, e. (2000). *Producción y Gestión del Compost*. Obtenido de <http://digital.csic.es/bitstream/10261/16792/1/2000%20Compost%20CIEMAT.pdf>
- Nicovita S.A. (2010). Manual de crianza de Tilapia.
- Ornelas-Luna, R. & -P.-D.-L.-S. (2017). Un enfoque sustentable al cultivo de tilapia. *Acta Universitaria*, 27 (5), 19-25.
- Reinoso, A., & Ruiz, P. (Diciembre de 2008). *Determinación de la mejor cantidad de agua y relaciones carbono:nitrogeno para el establecimiento de una compostera*.
- Ruiz Velazco Arce, J. &. (2006). Evaluación de un cultivo semi-Intensivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en tanques circulares con aguas termales. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, VII (11), 1-12.
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. Nicaragua: CIDE.
- Tapia, V. (2010). *Estudio Comparativo de la descomposición aerobia y anaerobia de la materia orgánica para el desarrollo de una metodología de elaboración de compost aplicable en pequeñas comunidades del área de influencia de ENAP Sipetrol*.
- Toledo-Pérez, S. y.-C. (2000). Nutrición y Alimentación de Tilapia Cultivada en América Latina y el Caribe. pp 83-137.
- Vega-Villasante F, F. &.-L.-M.-C.-L.-R.-S. (2010). Cultivo de tilapia (*Oreochromis niloticus*) a pequeña escala ¿alternativa alimentaria para familias rurales y periurbanas de México? *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 11 (4), 1-15.
- Z. Crivelenti, L. B. (2011). Valores bioquímicos séricos de tilapia del nilo (*Oreochromis niloticus*) en cultivo intensivo. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 22(4), 318-323.
- Zambrano, A. (2017). Pesca y Acuicultura en el Ecuador. *Revista El Agro*, 15.

# **ANEXOS**

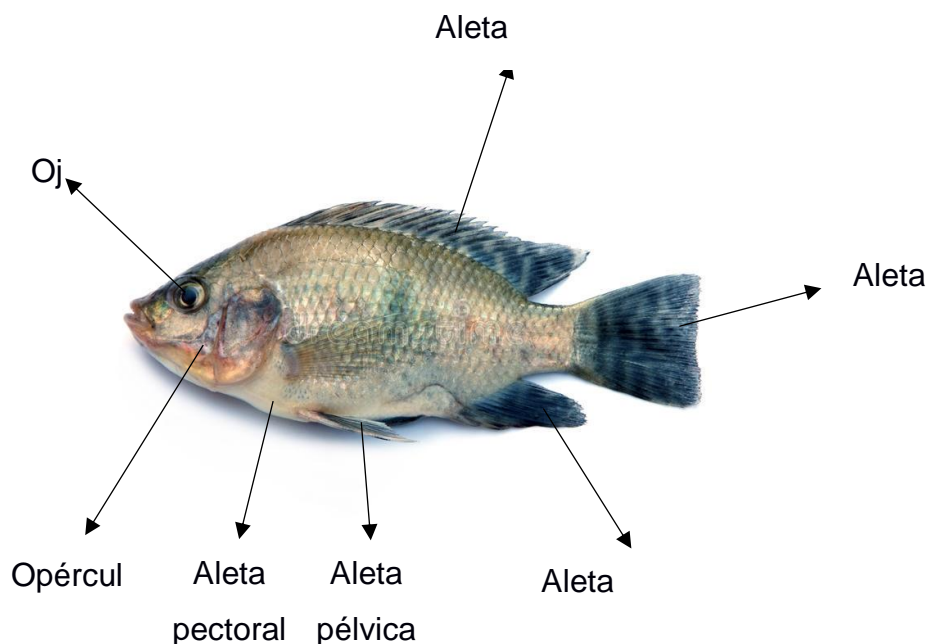
## 6 ANEXOS

# Protocolo del Sistema Acuapónico

### 1. ¿Por qué usar tilapia dentro del Sistema?

La tilapia es una especie con rápido crecimiento, lo cual es favorable al momento de la comercialización debido a que se requiere menos gastos en balanceado o insumo para su crecimiento. Por otra parte, es de fácil manejo, es decir es resistente a enfermedades, a la manipulación, a factores físicos y químicos dentro del sistema. Además, esta especie se adapta rápidamente a su ambiente, lo cual beneficia al momento de realizar el cultivo, ya sea de diferentes modalidades en cuanto al tamaño.

### 2. Morfología externa de la Tilapia



### 3. Parámetros ambientales para la crianza de la tilapia

Para el cultivo de tilapia es importante tener en cuenta varios factores fisicoquímicos que debe tener la calidad del agua del estanque a sembrar. Los rangos de estos parámetros varían según la siguiente tabla:

Parámetros	Rangos óptimos
Oxígeno disuelto	3 a 10 mg/l
Temperatura	24 a 28 C



pH	6.5 a 9.0
Dureza	10 a 500 mg/l
Magnesio	0 a 36 mg/l
Manganeso	0 a 0.01 mg/l
Calcio	5 a 160 mg/l
Dióxido de Carbono	0 a 2.0 mg/l
Amonio Total	Hasta 2.0 mg/l
Amonio no ionizado	0 a 0.05 mg/l
Nitritos	0 a 0.1 mg/l
Fosfatos	0.5 a 1.5 mg/l

Es importante tener en cuenta todos estos valores dentro de los rangos establecidos, debido a que si uno de estos rangos esta alterado, todo el sistema se verá afectado.

### 3.1 OXIGENO

En el caso del oxígeno disuelto, es el parámetro más importante dentro del sistema debido a que si existe poca cantidad de oxígeno los peces sobrevivirán en un estimado de tiempo cortos, e incluso los peces que sobreviven logran crecer, pero de una manera lenta. En cuanto el oxígeno se encuentre dentro del rango establecido, los peces crecerán sin ningún problema.

Existen factores que disminuyen la cantidad de oxígeno presente, principalmente es la cantidad de heces presente dentro del sistema así también como los restos de balanceado que no ha sido consumido. Es por esto por lo que es importante realizar una buena dosis de alimentación, por otra parte, también es importante tener una buena aireación ya sea natural (cascadas de agua, chorros) o mecánica (bombas, piedras difusoras, aireadores)

### 3.2 TEMPERATURA

Las tilapias al ser peces poiquilotermos, es decir que dependen de la temperatura del medio para la obtención de su temperatura corporal. Pero de la misma manera son peces termófilos lo cual el cambio brusco de temperatura los afecta directamente.

La temperatura ideal para el cultivo de tilapias oscila entre 28 y 32, donde puede variar máximo 5. Al momento de la variación de la temperatura, los peces se verán afectados en la tasa metabólica. Mientras más aumenta la temperatura mayor será la tasa metabólica, caso contrario ocurre si la temperatura disminuye.

### 3.3 pH

En las especies acuáticas los rangos normales de pH varían entre 6.5 y 9.0, pero la mayoría tiende a sobrevivir sin problemas en aguas ligeramente alcalinas o neutrales donde el pH es de 7.0. este pH permite la secreción de mucus en la piel de los peces.

El pH del agua también está influenciado por la concentración de dióxido de carbono, la alcalinidad total, la densidad del fitoplancton y la dureza del agua.

### 3.4 SALINIDAD

Las tilapias son especies eurihalinas, gracias a esto pueden vivir en aguas marinas, dulces y salobres. Esto se debe a que las tilapias evolucionaron a partir de un antecesor marino hasta convertirse en especies de agua dulce, s por esto su gran adaptabilidad en aguas de diferentes salinidades. La tolerancia de salinidad es de 0 a 40 ppm.

### 3.5 AMONIO

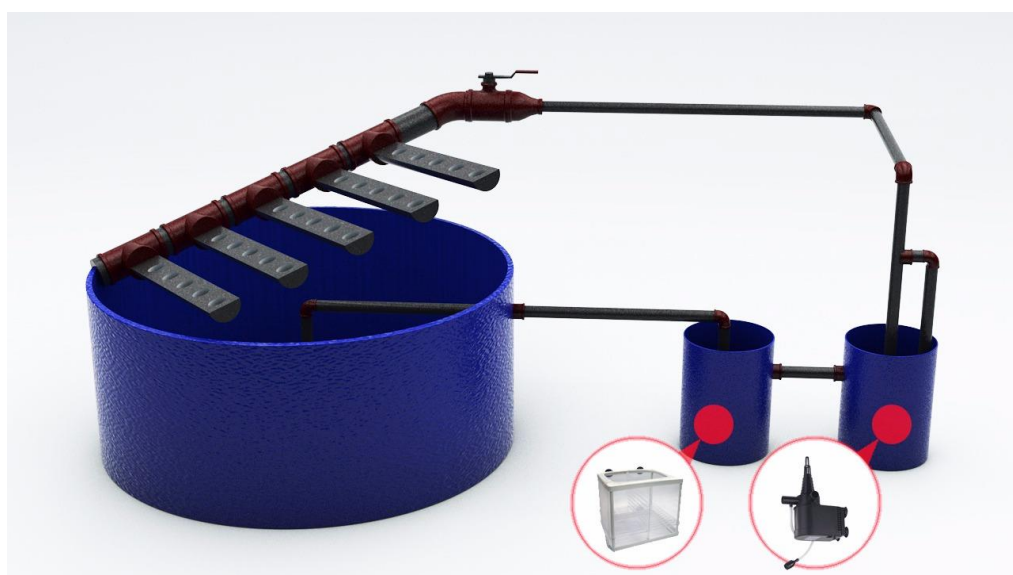
El amonio es producto de la orina y heces de los peces, así también como la descomposición de la materia orgánica. Existen dos tipos de amonio, el amonio ionizado y el no ionizado. El amonio no ionizado es el más preocupante debido a su toxicidad. El Amonio no ionizado se lo conoce también como Amoniaco, el cual tiende a aumentar su concentración al momento de disminuir la concentración de oxígeno, al tener un pH alto y cuando la temperatura se encuentra alta. El rango del amonio para la tilapia se debe encontrar en 0.6 a 2.0 ppm

Las concentraciones altas de amonio provocan daños en las branquias, lesiones en órganos internos del animal, enfermedades y deformaciones morfológicas, pero sobre todo disminución del crecimiento y supervivencia de la especie.

### 3.6 DIOXIDO DE CARBONO

La concentración del dióxido de carbono depende de la fotosíntesis, el rango de tolerancia debe ser menor a 20 ppm debido a que si sobrepasa el valor del rango los peces presentarían letargia.

## 4. Diseño del Sistema Acuapónico



## 5. Preparación del tanque

Para el cultivo de tilapias es importante realizar una buena desinfección del tanque a cultivar para evitar cualquier contaminación cruzada, ya sea por presencia de patógenos u hongos.

Después de cada cultivo es importante limpiar todo el tanque principalmente el fondo, el cual se desinfecta con Cloro al 98% y Virkon S. Estos ayudan a la eliminación de virus, bacterias, hongos y sus esporas.

De la misma manera para la limpieza del agua se coloca Cloro para eliminación de bacterias y antes de cultivar las tilapias se debe colocar Vitamina C y Tiosulfato para la eliminación total del cloro en el agua.

En la siguiente tabla, se presentan las dosis empleadas por cada litro de agua:

**Tabla 3.7 Productos de limpieza**

<b>Productos</b>	<b>Dosis por litro</b>
Cloro 98%	0.1 ml
Virkon S	10 g
Vitamina C	0.005 g
Tiosulfato	0.1 ml

## 6. Aclimatación y siembra de alevines

Es importante en la siembra de la tilapia, realizar una aclimatación previa al sembrado ya que si se coloca directamente ocurrirá un choque térmico y las tilapias morirán. Esta aclimatación consiste en colocar las bolsas plásticas sobre el agua donde los peces serán sembrados alrededor de 10 a 15 minutos, luego de esto se deberá abrir la funda plástica y dejar que los alevines naden hacia el agua a sembrar.

## 7. Alimentación

La tilapia en sus inicios necesita de alimento vivo, como el fitoplancton y el zooplancton los cuales son producidos en el agua donde viven y mediante la fertilización estos incrementan.

La ración alimenticia de la tilapia depende principalmente de la densidad de siembra entre otros factores como estrés, temperatura, disponibilidad de oxígeno, entre otras.

Para determinar crecimiento de la tilapia existen cuatro tipos de raciones las cuales describen la dependencia entre la cantidad de alimentos y el crecimiento del pez.

- Ración óptima: en este punto el pez crece con la mayor eficiencia

- Ración máxima: el pez crecerá de acuerdo con la cantidad de alimento suministrado, a mayor cantidad de alimento mayor peso, pero llegara a un punto donde el pez ya no crecerá así se le administre más alimento.
- Ración de mantenimiento: con la cantidad de alimento el pez no gana ni pierde peso.
- Ración cero: el crecimiento del pez es negativo, no aumenta de peso ni se mantiene solo pierde peso.

### **Calculo de la ración alimenticia de la tilapia**

La cantidad de alimento a suministrar se calcula de acuerdo con la biomasa y la tabla de alimentación de la FAO (Tabla 4.1)

**Tabla Ración alimenticia de las tilapias**

<b>PESO PROMEDIO DEL PEZ (G)</b>	<b>RACIÓN ALIMENTICIA (%)</b>
<b>1-14</b>	<b>10</b>
<b>15-20</b>	<b>6</b>
<b>21-34</b>	<b>5</b>
<b>35-44</b>	<b>4</b>
<b>45-54</b>	<b>3</b>
<b>55-229</b>	<b>2.5</b>
<b>230-330</b>	<b>2</b>
<b>331-380</b>	<b>1.9</b>
<b>381-432</b>	<b>1.8</b>
<b>433-516</b>	<b>1.6</b>

Porcentaje de alimentación

Ejemplo del cálculo alimenticio diario:

Peso promedio de la población: 15.2 g

Mediante la tabla se tiene que aplicar el 6% de alimento

Si el total de peces dentro del cultivo es 250, entonces:

$$250 \times 15.2 \text{ g} = 3,800 \text{ g}$$

$$3,800 \text{ g} \times 6\% = 228 \text{ g}$$

$$228 \text{ g} / 454 \text{ g} = 0.50 \text{ libras}$$

## 8. Especificaciones técnicas de los materiales a usarse

### Accesorios

- 3 adaptador de tanque
- 5 T de 90
- 4 codos de 90
- 1 válvula de control
- Tubería de 1 pulgada

### Cálculos

- 7 Convertir los diámetros de pulgadas a metro.

$$1\text{pulg} \times \frac{1\text{m}}{39.37\text{pulg}} = 0.0254\text{m}$$

- 8 Convertir el caudal de litros/seg a m<sup>3</sup>/seg

$$Q = \frac{10\text{l}}{\text{seg}} \times \frac{1\text{m}^3}{1000\text{l}} = 0.01 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

- 9 Calcular el área de la tubería.

Tubería de 1pulg  $A = \frac{\pi \times (0.0254\text{m})^2}{4} = 5.067 \times 10^{-4} \text{m}^2$

- 10 Calcular la velocidad de la tubería de 1 pulgadas.

$$Q = A \times V$$

$$V = \frac{0.01\text{m}^3/\text{s}}{5.067 \times 10^{-4}\text{m}^2} = 19.74 \text{m}/\text{s}$$

- 11 Potencia

$$P = \gamma Q H / 750 \text{ [HP]}$$

$$P = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{s}^2 \text{m}^2} \times 0.01 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1.70}{750} = 0.023 \text{HP}$$

$$P_f = \gamma Q H / e$$

$$P_f = 0.23 \text{HP} / 0.85 = 0.026 \text{HP}$$

## 9. Densidad de siembra

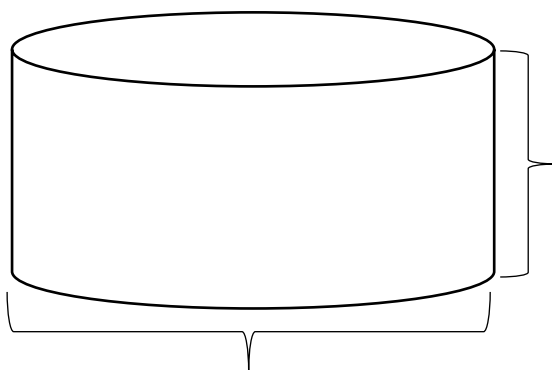
La densidad de siembra se encuentra relacionada entre la biomasa y el volumen final. Pero en los cultivos de peces, más que el volumen se considera los metros cuadrados, además de esto también depende hasta que etapa se va a realizar la crianza.

Para el diseño del sistema acuapónico mencionado se pretende la obtención del peso comercial de la tilapia, el cual varía entre 230 – 250 g lográndolo aproximadamente en 6 meses.

Es importante tener en cuenta la relación entre machos y hembras, debido a que en un cultivo comercial se tiene preferencia por los machos, ya que su crecimiento es mucho más rápido, logrando así una mayor talla en comparación con las hembras. Esto se debe a que las hembras necesitan mayor cantidad de alimento por el gasto energético en la reproducción. A esto se lo denomina cultivo monosexo de tilapia el cual brinda una mejor fuente de proteína y por ende una mayor ganancia.

Para la obtención de la cantidad estimada de siembra se realizan los siguientes cálculos:

- **Área**



Diámetro: 3 m

Radio: 1.5 m

Altura: 1.5 m

$$Al = 2\pi rh$$

$$Al = 2\pi(1.5m)(1.5m)$$

$$Al = 14.13 \text{ m}^2$$

$$AB = \pi r^2$$

$$AB = \pi(1.5m)^2$$

$$AB = 7.06 \text{ m}^2$$

$$AT = 2AB + Al$$

$$AT = 2(7.06\text{m}^2) + 14.13\text{m}^2$$

$$AT = 28.25 \text{ m}^2$$

- **Densidades**

$$D = \text{area} \times \text{animales}/\text{m}^2$$

$$D = 28.25 \text{ m}^2 \times 10 \text{ animales}/\text{m}^2 = 283 \text{ animales}$$

- **Densidad de hembras**

1% de la población salgan hembra

$$D = \text{densidad} \times 1\% \text{ hembras}$$

$$D = 283 \text{ animales} \times 1\% = 3 \text{ animales hembras}$$

- **Densidad de machos**

$$D = \text{biomasa} - \text{biomasa de hembras}$$

$$D = 283 \text{ animales} - 3 \text{ animales hembras} = 280 \text{ animales machos}$$

- **Mortalidad**

Mortalidad de un 5% durante todo el ciclo

$$D = \text{biomasa de machos} \times 5\%$$

$$D = 280 \text{ animales machos} \times 5\% = 14 \text{ animales machos}$$

- **Densidad final de cultivo**

$$D = \text{Biomasa} - \text{mortalidad}$$

$$D = 280 \text{ animales machos} - 14 \text{ animales machos} = 266 \text{ animales machos}$$

- **Peso**

$$\text{Peso} = \text{Biomasa} \times \text{peso promedio}$$

$$\text{Peso} = 280 \text{ animales} \times 250g = 70,000g$$

$$\text{Peso} = 70,000 \text{ gr} \frac{1kg}{1000gr} = 70 \text{ kg}$$

- **Precio de venta**

Precio por kg \$1.60

$$\text{Precio} = \text{kg de animales} \times \text{precio}$$

$$\text{Peso} = 70 \text{ kg} \times 1.60 = 112 \text{ \$/kg}$$

Para la selección de la cantidad de plantas ya sean de cultivos de hojas o de frutos se considera los metros cuadrados cultivados con las tilapias, debido a la relación que existe con los gramos de alimentación diario.

Es decir, si se cultiva un metro cuadrado de cultivos de hojas, se deberá alimentar de 40 a 50 gramos diariamente. Para el caso de cultivos de frutas, la alimentación diaria debe ser de 50 a 80 gramos de alimento.

## **10. Plantas**

Dentro de lo que consiste el sistema acuapónico, las plantas juegan un papel importante, ya que son aquellas las que se encargaran de receptor los nutrientes provenientes de los desechos del pez.

Dentro de este sistema se pueden colocar diferentes tipos de plantas, tales como albahaca, lechuga, pepino, tomate, brócoli, entre otras.

En el caso de las plantas que tiene gran tamaño, lo idea es empezar el cultivo en el sistema hidropónico y luego sembrar en maceteros.

Es importante también la relación entre la cantidad de peces y plantas dentro del sistema, debido a que, si se encuentra mayor cantidad de peces, existirán mayor cantidad de nutrientes y será un factor negativo para las plantas. Caso contrario ocurre si existe mayor cantidad de plantas, la cantidad de nutrientes será escaso para el número de plantas cultivadas.

Debido a esto, existe una relación en la cual, por cada metro cuadrado de cultivo de hojas, los peces deben producir de 40 a 50 gramos de alimento por día. En el caso de los cultivos de frutos, se debe producir 50 a 80 gramos de alimento diarios por metro cuadrado.

## **11. Recomendaciones**

- Al momento de realizar la selección de peces y plantas se debe tener en consideración que tanto los peces como las plantas tengan los mismos requerimientos como pH y temperatura. Ya que la mayoría de las plantas se basan en un pH de 5.5 y los peces en 7.5.
- Para la selección de las verduras a sembrarse es importante tener en cuenta el valor nutricional que requiera la planta. Debido a que entre más carga nutricional necesite, más cantidad de peces se tendrá que sembrar. Pero si el espacio de cultivo de los peces es reducido, estos no lograr el crecimiento adecuado.
- Realizar muestreos poblacionales para detectar alguna anomalía como enfermedades y pestes que pueden encontrarse en sistemas acuapónicos, debido a que no se usan pesticidas ni fertilizantes.



# Protocolo para Compostaje

## 1. Importancia del reciclaje de materia orgánica

La materia orgánica posee la mayor cantidad de micronutrientes y macronutrientes necesarios para que el proceso de compostaje se lleve a cabo de manera óptima. A la vez que utilizamos dicho material para el compost, se disminuye la cantidad de desechos que son enviados día a día a los botaderos y/o rellenos de la ciudad, contribuyendo así, al cuidado ambiental.

Este proceso también puede ser llevado a escuelas y colegios, para su replicación e implementación de nuevas metodologías, como un huerto escolar.

A su vez el compost puede ser mostrado en otras agencias afiliadas al banco para su venta o distribución entre las personas que asisten a sus instalaciones.

## 2. Estructura del Compostaje



Fig. 1 Diseño inicial de dos composteras apiladas verticalmente.

Gaveta	Hojas secas (g.)	Ramas secas (g.)	Capa de tierra (g.)	Hojas verdes (g.)	Materia Orgánica Total (g.)	Ultima capa de tierra (g.)	Contenido total (g.)
Todas	100	50	1600	100	450	1600	3900

**Tabla 1** Materiales agregados y ordenados para el armado.

Cada 9 días se debe colocar más materia orgánica según la disponibilidad. Entre los que más se reciben y sus cantidades:

Mandarina (g.)	Col (g.)	Frutilla (g.)	Papa (g.)	Zanahoria (g.)	Melón (g.)	Papaya (g.)	Manzana (g.)
250	100	100	600	600	400	400	150

**Tabla 3** Tipo y cantidad de materia orgánica recomendada para cada compostera.

Debido a la invasión por parte de las mosquillas y hormigas, se optó por cubrir el sistema con malla sombra como se muestra en la Fig. 2, y se cerraban con amarres y un extremo con imperdibles para facilitar su apertura al momento de la mezcla y adición de materiales.



**Fig. 2** Diseño final de la compostera.

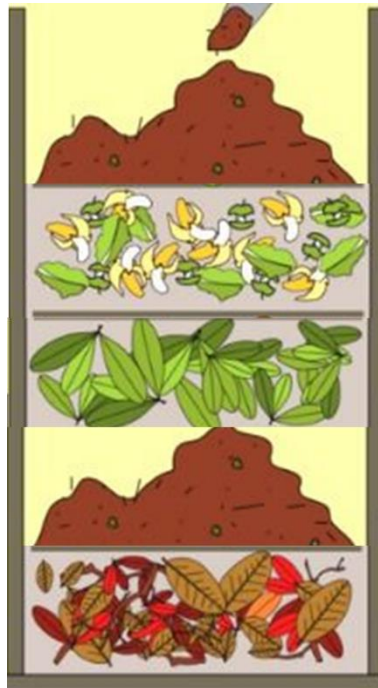


Fig. 3 Orden de las capas para el compost.

### 3. Parámetros ambientales para el compost

Para realizar un buen compostaje, es necesario tener en cuenta que es un sistema controlado, parámetros, como la temperatura, pH y humedad deben ser medidos para tener un abono orgánico final de excelente calidad.

Al ser un sistema cerrado, la oxigenación se llevará a cabo por medio de la remoción de los materiales, la primera vez se realizará a los 7 días de haber armado el sistema, posteriormente se volverá a mover, a los 28 días y finalmente a los 42 días, de esta forma se asegura la circulación de aire dentro de cada compostera.

Con respecto a la temperatura, es necesario tomar al menos tres mediciones para garantizar que el proceso se esté llevando de la manera adecuada. Para el pH, también se deben hacer mediciones al mismo tiempo que la temperatura, dado que son factores que van de la mano. La siguiente tabla indica las medidas óptimas del sistema para un correcto proceso de descomposición.

Fases	Temperatura (°C)	pH
Mesófilica	15-50	4
Termofílica	60-70	8
Enfriamiento	20-30	7
Madurez	10-20	7

#### 4. Microorganismos eficientes

Se conoce que los microorganismos descomponedores son los protagonistas de la elaboración de abono orgánico, estos van desde lombrices o bacterias. Las lombrices pueden ser agregadas al sistema para una descomposición rápida. Por otro lado, las bacterias pueden ser agregadas en forma de heces de ganado o simplemente con probióticos comerciales, que aceleraran el proceso de descomposición.

La marca usada para este proceso fue, AquaStar PondZyme, con una aplicación de 1 kg, por hectárea de suelo.

#### 5. Recomendaciones



La compostera no puede estar seca, se realiza una prueba tomando con el puño un poco de la mezcla y apretar, en caso de que escurra agua, colocar mas material seco.



La materia orgánica debe ser colocada, cada 9 días (segun coincida con la recepción de las donaciones).



La mezcla se realizara tres veces, una a los 7 días de haber colocado los materiales, posteriormente 28 y finalmente 42 días.



## FOTOS



Figura 1. Medición de la temperatura del compost.



Figura 2. Remoción de los materiales a compostar. Diseño inicial.



Figura 3. Proceso de descomposición de los materiales.

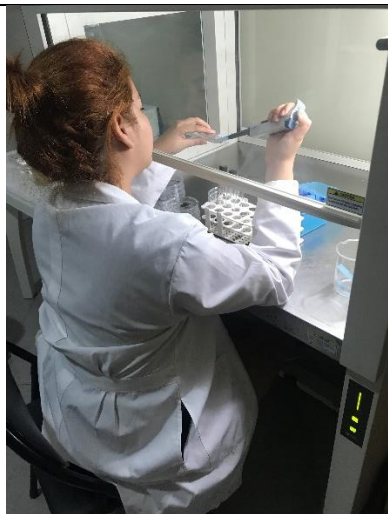


Figura 4. Análisis microbiológico del suelo.



Figura 5. Selección y picado de los materiales.

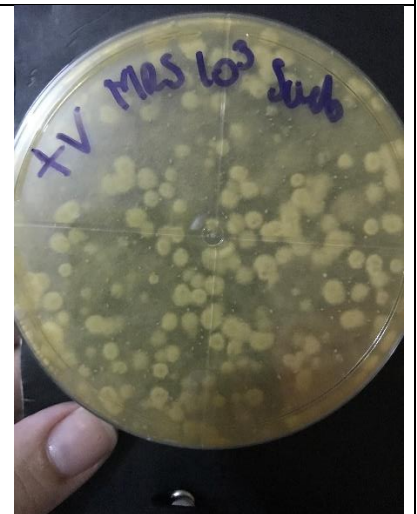


Figura 6. Placa de MRS, 24 horas después de la siembra, dilución  $10^3$ .



Figura 7. Remoción y mezcla de materiales.



Figura 8. Selección de materiales dentro del BAD.



Figura 9. Hoja de lechuga luego de 21 días de germinación.