

**CASO DE APLICACIÓN DEL MANUAL DE ACUAPONÍA DE LA FAO 2014 EN  
EL VALLE DEL CAUCA**

**NHORA HELEN BELTRÁN ASPRILLA**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI**

**Caso de aplicación del manual de Acuaponía de la FAO 2014 en el Valle del Cauca**

**Nhora Helen Beltrán Asprilla**

**Trabajo de grado para optar el título de  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Director proyecto  
CARLOS RONCANCIO**

**UNIVERSIDAD ICESI  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
CALI  
2018**

## Contenido

<b>LISTA DE ANEXOS .....</b>	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>8</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>9</b>
<b>1 Definición del Problema .....</b>	<b>10</b>
1.1 Contexto del Problema .....	10
1.2 Formulación del Problema .....	13
1.3 Justificación.....	13
<b>2 Objetivos.....</b>	<b>15</b>
2.1 Objetivo del Proyecto .....	15
2.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>3 Marco de Referencia.....</b>	<b>16</b>
3.1 Antecedentes o Estudios Previos .....	16
3.2 Marco Teórico .....	18
3.2.1 Acuaponía .....	19
Ventajas de la Acuaponía.....	19
Desventajas de la Acuaponía .....	19
3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto .....	20
<b>4 Metodología .....</b>	<b>21</b>
4.1 Objetivo Especifico 1.....	21
4.2 Objetivo Especifico 2.....	21
4.3 Objetivo Especifico 3.....	22
<b>5 Identificación de las especies de plantas y peces .....</b>	<b>23</b>
5.1 Hidroponía, Acuicultura y Acuaponía.....	23
5.2 Componentes importantes a tener en cuenta .....	26
5.2.1 Ciclo del Nitrógeno .....	26
5.2.2 Biofiltro.....	26

5.2.3	pH del agua .....	26
5.2.4	Temperatura del agua .....	27
5.2.5	Oxígeno disuelto.....	27
5.3	Sistemas acuapónicos .....	28
5.4	Selección del sitio .....	30
5.5	Agua en los tanques .....	31
5.6	Tanques para la cría de los peces .....	31
5.7	Sistemas de filtración.....	32
5.8	Sistemas de oxigenación.....	32
5.9	Sistemas de circulación de agua.....	32
5.10	Peces .....	33
5.10.1	Actividad piscícola en el Valle del Cauca .....	34
5.11	Plantas.....	35
5.11.1	Actividad Agrícola en el Valle del Cauca .....	36
5.12	Proceso productivo.....	37
<b>6</b>	<b>Elaboración del presupuesto conceptual .....</b>	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Normas agrícolas mínimas para el desarrollo de un cultivo acuapónico .....</b>	<b>43</b>
<b>8</b>	<b>Recomendaciones .....</b>	<b>46</b>
<b>9</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>47</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>48</b>

## **Lista de Figuras**

Figura 1. Unidad Simple Acuapónico. Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 24. ....	24
Figura 2. Sistema de Recirculación de Acuicultura (RAS). Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 25.....	25
Figura 4. Técnica de cama de sustrato. Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 57. ....	28
Figura 5. Técnica de cultivo en capas de nutrientes (NFT). Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 59.....	29
Figura 6. Técnicas de cultivos en aguas profundas. Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 60. ....	29

## **Lista de Tablas**

Tabla 1. Componentes y rangos que debe tener un sistema acuapónico .....	27
Tabla 2. Parámetros ideales para establecer un término medio de calidad de agua.....	31
Tabla 3. Niveles de Temperatura, Nitrógeno y Oxígeno Disuelto requeridos en un sistema acuapónico.....	33
Tabla 4. Tipo y cantidad de peces sembrados en el año 2016 .....	34
Tabla 5. Producción piscícola en el año 2016.....	34
Tabla 6. Tipos de plantas que se pueden cultivar en un sistema acuapónico.....	35
Tabla 7. Resumen de la siembra, cosecha, rendimiento y producción de Hortalizas. ....	37
Tabla 8. Inversión inicial del sistema acuapónico .....	42

## **LISTA DE ANEXOS**

Anexo 1- Tabla – Costo de producir 50.000 tilapias en un año.

Anexo 2- Tabla- Costos de instalación de un sistema acuapónico

Anexo 3- Tabla- Costos de cultivo de lechuga

Anexo 4- Tabla de semillas por gramo de las principales hortalizas.

## RESUMEN

El proyecto de grado ha sido elaborado como caso de aplicación del manual de la FAO del año 2014 en el Valle del Cauca, para que las comunidades puedan tener una base para construir un sistema acuapónico. La metodología empleada para elaborar el proyecto permitió identificar los tipos de peces y planta que se pueden cultivar en el sistema acuapónico, además conocer los costos iniciales que implica construir, plantar y criar las especies en un sistema acuapónico y, por último, las pautas mínimas de agricultura que debe tener presente a la hora de cultivar plantas y criar peces en el sistema.

En este sentido, el documento explora en primera medida, la literatura en cuanto a que es acuaponía, los sistemas que se utiliza, las especies que se pueden cultivar, materiales e insumos que se necesitan y las recomendaciones básicas que la persona debe tener en cuenta. Con base en la información recolectada, se planteó un presupuesto, con información adicional de las plantas y peces que se cultivan en la región del Valle del Cauca, para establecer un costo conceptual aproximado del sistema acuapónico aplicado. Los resultados obtenidos, brindará información que le proporcionará a la persona un panorama general acerca de construir un sistema acuapónico.

**Palabras claves:** Acuaponía, Sistemas acuapónicos, presupuesto conceptual.

## INTRODUCCIÓN

El proyecto de grado tiene la finalidad de ayudar a las comunidades ubicadas en el Valle del Cauca, a tener un medio para generar soluciones que le permitan autoabastecerse en cuanto alimentación, y tener la posibilidad de crear una oportunidad de negocio por medio de un manual para desarrollar cultivos acuapónicos.

A lo largo de la presentación del proyecto, se puede observar las actividades que se presentan para desarrollarlo, en las cuales es primordial tener un conocimiento previo de que es la Acuaponía, los tipos de sistemas que existen en la actualidad, los costos que acarrear construirlo y las medidas preventivas que se debe tener en cuenta a la hora de realizar un montaje, ya sea en la casa, edificio o finca.

La metodología empleada para realizar el proyecto consta de las siguientes etapas: en primera instancia se realizó una revisión bibliográfica de los sistemas acuapónicos que se pueden utilizar, posteriormente se investigó cuáles son los tipos de cultivos tanto vegetales como peces que se pueden emplear para cultivar en los sistemas, luego se investigó los costos los materiales e insumos para elaborar un presupuesto de manera conceptual para elaborar un sistema acuapónico y por último, se investigó las normas mínimas agrícolas que debe tener en cuenta para la construcción del sistema.

# 1 Definición del Problema

## 1.1 Contexto del Problema

El Valle del Cauca es considerado una de las regiones más importantes de Colombia. Debido a su ubicación geográfica, el Valle del Cauca cuenta con una red hidrográfica que se compone por varias corrientes entre ellas está el río Cauca, el cual atraviesa todo el departamento de sur a norte, constituyéndolo en el eje fluvial principal. Además, cuenta con un clima agradable (23°C aproximadamente), con una humedad relativa (65% aproximadamente) y con una región montañosa estupenda que le permite tener climas de páramo, seco y frío; convirtiendo al Valle del Cauca, en una región óptima para la variedad de productos agrícolas y piscícolas.

Según el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, el departamento del Valle del Cauca se encuentra en el puesto 6 con un puntaje de 5,8 en cuanto al índice departamental de competitividad 2017, el cual ubica al departamento en una posición valiosa frente a otros departamentos.

La revista Dinero publicó un artículo sobre el crecimiento del Valle del Cauca en los últimos tres años con un aporte del PIB del 9.7%. Una de las razones por la cual se ha venido presentando este crecimiento es por el desarrollo agroindustrial, ya que, a raíz de los conflictos armados, hoy se vive en proceso de pacificación, convirtiendo a la región en zona aptas para el cultivo de frutales, como la piña, aguacate, uva, papaya, arándano y mango. (Revista Dinero, 2017)

Entre las actividades agrícolas que resaltan son el cultivo de frutales, hortalizas, tubérculos, entre otros; y con respecto a la actividad pecuaria se encuentran la apícola, avícola, bovinos, piscícola, entre otros. Sin embargo, estas actividades agrícolas y pecuarias se realizan en la tierra, es decir, que la forma de cultivar lo realizan de forma tradicional, donde la producción se basa en el consumo de insumos externos frente al sistema productivo natural, por ejemplo, la utilización de energía fósil, abonos químicos, pesticidas, etc. La producción agropecuaria

por lo general no toma en cuenta el medio ambiente, ni el uso adecuado de los recursos naturales, ni sus ciclos naturales, por ende, algunas entidades que pro del medio ambiente han creado mecanismos para mejorar dicha situación dando paso a la agricultura ecológica. Esta agricultura ecológica trae como beneficios la prohibición de plaguicidas, rotación y diversidad de cultivos, la utilización de abonos naturales como el compost, abonos verdes, etc.

Una de las entidades que vela por el bienestar del medio ambiente en las actividades agropecuarias, es la FAO (La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), el cual tiene como objetivo erradicar el hambre. Esta entidad tiene alta fuente de información y conocimiento para ayudar a los países desarrollados y en vías de desarrollo, para que puedan mejorar y modernizar sus actividades agrícolas, forestales y pesqueras.

Para ello, en el año 2014, la FAO publicó un manual con el fin de ayudar a las personas, comunidades, regiones o países a cultivar de manera ecológica por medio de un sistema acuapónico. Este manual ha sido de gran ayuda para cultivar en varias partes del mundo. Claros ejemplos son los países ubicados al Norte y Este de África, ya que estos países carecen de agua dulce (reducción del 60% de agua en los últimos 40 años) y el uso de ésta para la agricultura es de 85% aproximadamente. Países como Argelia, Egipto y Omán, no sólo escasea el agua, sino también el suelo no es apto para el cultivo por su alto nivel de salinidad (45%), provocando agotamiento de los nutrientes y problemas de erosión. Según Valerio Crespi, Oficial del Pesca y Acuicultura de la FAO señala que: “La FAO ha sido uno de los primeros organismos de la ONU en abordar la acuicultura en tierras áridas y desérticas e investigar las soluciones más adecuadas para la escasez de agua, la degradación del suelo y la seguridad alimentaria (por ejemplo, la AAI y la acuaponía). Es un privilegio para la FAO ser considerada como una organización experta en este tipo de intervenciones”. Los resultados en estos países (Argelia, Egipto y Omán) han sido positivos, forjando conexión entre ellos, brindando consejos y técnicas aprendidas durante los experimentos. (Crespi, n.d.)

Otro ejemplo a resaltar es el proyecto INAPRO (Innovative model & demonstration based water management for resource efficiency in integrated multitrophic agriculture and

aquaculture systems). Este proyecto tiene 18 socios ubicados en 8 países de la Unión Europea (Alemania, China, Italia, Bélgica, Países Bajos, Austria, Noruega y España), el cual tiene como objetivo optimizar la gestión de los alimentos y el agua para contribuir a la seguridad alimentaria global. Este proyecto comenzó en el año 2014, con resultados favorables como el aprovechamiento del recurso más importante que es el agua (98%), ya que éste recircula por los tanques de las crías de los peces. A sí mismo, la técnica de acuicultura permite disponer espacios reducidos (4m<sup>2</sup>) para criar 40 Kg de tilapia al año, cerca de 200Kg de tomate con 5 plantas y combinarlas con otras hortalizas de la temporada (pepino, lechugas, brócolis hasta fresas). El costo aproximado de la inversión inicial es de 300 euros para producir alimentos sostenibles en una casa. Otros resultados arrojados del proyecto, las tilapias (8.9 Ton) como los tomates (8.6 Ton en 3 ciclos de 5 meses) en agosto de 2016 han sido ecológicos, puesto que los desechos generados por los peces han servido como fertilizante para el vegetal. (García, 2018)

En nuestro país hay un largo camino para recorrer, a pesar de que se han hecho algunos proyectos de implementación de la acuicultura, según la AUNAP (La Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca), ésta entidad busca ahondar el tema y aclarar algunas inquietudes técnicas para buscar el nivel de rentabilidad del sistema acuapónico y conocer más sobre su funcionamiento. Una de las regiones que tomó la iniciativa de implementar sistemas acuapónicos fue el Huila, dejando como resultados la necesidad de mayor superficie para el cultivo de vegetales conforme al diseño que se empleó en su momento, puesto que no tenían la información necesaria, por lo tanto, requerían de mayor área y costos de energía altos. Otra región que tomó la delantera fue Atlántico, en la Universidad de Simón Bolívar, diseño modelos prototipos de manera educativo, para enseñar como debe ser el montaje y los equipos necesarios para dicho montaje. Para obtener resultados más concretos, se construyó un sistema acuapónico para realizar la investigación, cuyos resultados fueron que se debe cultivar vegetales de alta demanda en el mercado y con buen valor comercial, para obtener buena rentabilidad.

De igual manera, el Valle del Cauca han venido presentado proyectos acuapónico a baja escala , sin embargo, esta practica esta práctica requiere de conocimiento previo para el

diseño de los sistemas y por supuesto un acompañamiento de personal calificado con experiencia en temas como la hidroponía y acuicultura para obtener resultados satisfactorios.

## **1.2 Formulación del Problema**

En la actualidad existe una carencia o ausencia de casos aplicados del manual de la FAO 2014 en nuestra región, que permitan a las comunidades desarrollar sistemas acuapónicos, con el objetivo de brindar soluciones económicas, sociales y ambientales. Para ello es preciso preguntarse, ¿Es asequible realizar un sistema acuapónico en el Valle del Cauca?

## **1.3 Justificación**

Este proyecto de grado tiene como finalidad ayudar a las comunidades ubicadas en el Valle del Cauca, por medio de un caso aplicado de adaptación del manual de la FAO del año 2014, que permita cultivar peces y vegetales mediante un sistema acuapónico. Es importante ya que las personas que hacen parte de la comunidad tienen la posibilidad de tener un medio de sustento o en un futuro la oportunidad de realizar un negocio.

La propuesta del proyecto brindaría beneficios, en cuanto a la buena calidad de los productos sembrados, puesto que estos estarían libres de fertilizantes, residuos tóxicos procedentes de químicos o aditivos sintéticos, protegiendo la salud de los consumidores y de las personas que lo van a cultivar y a su vez, estos productos serían más nutritivos, con mejor sabor y color.

Además, beneficiaría al medio ambiente, puesto que, al no utilizar productos peligrosos como fertilizantes químicos, eliminaríamos la posible contaminación de las fuentes del agua. De igual manera, el sistema permite que el agua empleada sea reutilizada ayudando a que el consumo sea mínimo y pueda ser emplearla en otras actividades agrícolas. También ayudaría

a disminuir la huella de carbono personal ya que el uso del agua, energía, transporte, consumo de alimentos no orgánicos son mínimos.

La elaboración de un sistema acuapónico permite el cultivo de peces y plantas, sacando provecho de ambos, donde los residuos generados por los peces, es una oportunidad de alimentación para las plantas, creando un sistema ecológico y disminuyendo el desperdicio de recursos como el agua. Los impactos negativos al medio ambiente y a la salud del consumidor son mínimos, generando un desarrollo sostenible, el cual es bueno para la región.

## **2 Objetivos**

### **2.1 Objetivo del Proyecto**

Caso de aplicación del manual acuapónico de la FAO del 2014, para desarrollar cultivos en el Valle del Cauca, como alternativa de sustento alimenticio y oportunidad de negocio a nivel de comunidades.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificación de las especies de plantas y peces aptas para un cultivo acuapónico para la región del Valle del Cauca.
- Elaboración de un presupuesto conceptual del caso de aplicación del manual de la FAO 2014 al Valle del Cauca.
- Revisión de las normas agrícolas mínimas para el desarrollo de cultivos acuapónicos en Colombia.

### **3 Marco de Referencia**

#### **3.1 Antecedentes o Estudios Previos**

En los últimos años se ha presentado un crecimiento en la población mundial aproximadamente 1.000 millones de habitantes en los últimos 12 años y según las proyecciones de las Naciones Unidas para el año 2030, la población estimada será de 8.500 millones de habitantes; tomando en cuenta que el continente que más está creciendo es el Africano, sin embargo los países que poseen la mayor cantidad de habitantes actualmente son China e India y representan el 16% de la población mundial. Este crecimiento de la población promueve a la competencia por el agua, suelo, alimentos y energía; sin embargo en la actualidad los recursos son limitados, algunas prácticas agrícolas son poco sostenibles y para agravar el asunto los cambios climáticos se han estado agravando generando pérdida de alimentos en los campos. Para ello, países desarrollados y en vías de desarrollo han estado buscando la manera para amortiguar dichos problemas creando nuevos sistemas agrícolas como la hidroponía, acuicultura, acuaponia entre otros.

En los Estados Unidos, en el estado de Minnesota una empresa llamada Urban Organic está creando un megaproyecto para llevar la acuaponia a nivel comercial. El proyecto va a tener aproximadamente 87.000 ft cuadrados de espacio cerrado ubicado en una antigua fábrica de cervezas; este proyecto constara de 125 toneladas de salmón o trucha y 180 toneladas de alimentos de cultivo orgánico que incluye alimentos como la albaca, menta, col rizada, acelga y lechuga. El cofundador de Urban Organic comento que “Nuestros clientes nos han animado a ampliarnos y con estas nuevas operaciones podremos proporcionarles suministros semanales de pescado fresco. Asimismo, durante todo el año cosecharemos productos locales en nuestra granja”. (Grupo Editorial Editec SPA, 2015)

En China, entre las ciudades de Suzhou, Wuxi y Huzhou se encuentra un lago llamado Taihu y la característica de este lago es la producción de algas que por sus características son tóxicas que pueden dañar el ecosistema que habita en ese lugar. Científicos están interesados en aplicar una tecnología llamada Aqua Biofilter que consiste en remover los nutrientes que pueden generar dichas algas. Este proyecto consta de 1.6 Hectáreas el cual desean combinar el cultivo de arroz con los peces que habitan en el lago. Los resultados son sorprendentes después de 3 meses de su implementación ya que el agua mejoró en un 250% en cuanto a transparencia y limpieza, además las plantas absorbieron el exceso de nutrientes reduciendo las bacterias que producían las algas en el lago. Los costos (operativos) implicados (con tendencia a cero) son atractivos para los gobiernos locales y así poder contribuir a mejorar la calidad del agua, la fauna y restauración de los ecosistemas que habitan en el lago. (SOLLA, 2014)

Otro gran proyecto a gran escala es patrocinado por la UE que cuenta con 18 socios ubicados en 8 países. El proyecto radica en producir tomates y peces en invernaderos de tal manera ambos puedan crecer al mismo tiempo en condiciones ideales cuyo objetivo es implementar y comercializar dicha tecnología. Este proyecto lo nombraron INAPRO (Innovative model & demonstration based water management for resource efficiency in integrated multitrophic agriculture and aquaculture systems). Este proyecto traerá beneficios como la reducción del agua y huella de carbono comparado con otros sistemas acuapónicos encontrados en la actualidad. Las instalaciones donde estará el proyecto serán ubicadas en España, Bélgica, Alemania y China. Una de las personas encargadas del proyecto comenta que “Queremos probar la viabilidad económica del sistema, y desarrollar soluciones modulares del sistema que sean escalables y adaptables a las condiciones locales. INAPRO abrirá nuevas oportunidades comerciales para la acuaponía dentro y fuera de Europa, para los productores y los proveedores tecnológicos desde la industria hasta el usuario final”. (Staaks, n.d.)

A pesar de que en algunos países del mundo avanza a pasos agigantados, en Colombia se dice que va por un buen camino puesto que según la AUNAP (La Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca) entidad que ha estado evaluando la acuaponía como un sistema viable de sustentabilidad. Los primeros proyectos abalados por esta entidad comenzaron en el

departamento del Huila en el 2014 dejando como resultados, puesto que no contaban con suficiente información en deficiencia de superficie para cultivar vegetales conforme a los sistemas diseñados en su momento, el cual requería áreas grandes y los costos de energía eran muy altos. Por otro lado, en el departamento del Atlántico se realizó modelos o prototipos a nivel educativo para construir sistemas acuapónicos más grandes utilizando tilapia plateada y albahaca, obteniendo buenos resultados y concluyendo que es recomendable cultivar productos rentables y con alta demanda comercial para así obtener buenas ganancias. Además debe estar acompañada de conocimiento referente al tema y personas con experiencia en acuicultura e hidroponía para conseguir resultados satisfactorios.(HSBNoticias, 2017)

En el Valle del Cauca, es poca la inversión que se le ha hecho a este modelo de cultivo, ya que en la actualidad está a modo experimental y educativo con resultados satisfactorios esperando que entidades públicas o privadas decidan en un futuro aprovechar la oportunidad.

### **3.2 Marco Teórico**

A raíz de la alta demanda de consumo de alimentos, recursos, energía y el alto crecimiento de la población en los últimos años, se han creado sistemas que ayuden a tener mayor producción en áreas pequeñas con la finalidad de brindar alimentos de buena calidad y ayudar al medio ambiente, entre esos sistemas se encuentra la acuaponia.

La acuaponia busca integrar los modelos de cultivos hidropónicos y acuicultura existentes aprovechando el agua mediante la recirculación en un espacio cerrado.

### **3.2.1 Acuaponía**

Es la fusión entre la técnica de la hidroponía (cultivo de vegetales sin necesidad de suelo) y la acuicultura (cultivo de peces en un espacio cerrado) y el medio que los une es el agua. Este sistema funciona ya que los peces expulsan desechos de su organismo que pueden ser aprovechados como nutrientes para que los vegetales puedan aprovecharlo para crecer, de igual manera las plantas pueden limpiar el agua generado por algunos agentes tóxicos producidos en el proceso para que los peces no tengan algún inconveniente y así no haya necesidad de estar cambiando constantemente el agua; sin embargo, no todas las bacterias las pueden eliminar las plantas, para ello, es necesario utilizar ciertos procesos de nitrificación y mineralización para crear un ambiente propicio para las plantas, peces y los microorganismos que pueden habitar en el proceso.(Intagri, 2017)

#### **Ventajas de la Acuaponía**

- No es necesario la utilización del tierra o suelo
- Poca utilización o casi nula de fertilizantes
- Espacios reducidos
- Consumo de agua muy reducida gracias a la reutilización de la misma.
- Las personas que escogen este sistema de cultivo obtendrán beneficios económicos y alimenticios en un mismo sistema.
- La posibilidad de mejorar la calidad de vida de las personas.

#### **Desventajas de la Acuaponía**

- Costo inicial posiblemente alto

- Tener conocimiento de los peces y vegetales que se pueden cultivar
- Las tuberías que se utilizan para el funcionamiento del sistema pueden presentar taponamientos.
- Dependencia de la energía eléctrica para su funcionamiento

### **3.3 Contribución Intelectual o Impacto del Proyecto**

Este proyecto es importante por la contribución al mejoramiento de las condiciones alimenticias o económicas que puede tener una persona o personas que desean tener una actividad extra o ser su medio de sustento.

La propuesta de una adaptación del manual elaborado por la FAO en el 2014 de un sistema acuapónico, busca que las personas que no tengan conocimiento de que es o como se puede hacer un sistema, tengan la oportunidad de guiarse para comenzar, mientras con el tiempo puedan estudiar o investigar a profundidad; ya que en nuestro país aún existe poca información con respecto al montaje de un sistema, los elementos que se deben utilizar y las ventajas que puede traer.

Por otro lado, la propuesta busca que las personas se interesen por las alternativas que puede brindar cultivar sus propios alimentos, que puede ser de una manera saludable y que le puede traer beneficios económicos si desea más adelante convertirlo en una oportunidad de negocio.

## **4 Metodología**

La metodología que se empleará en este proyecto consiste en una serie de actividades que permitirá lograr los objetivos específicos planteados y así poder cumplir con el objetivo final del proyecto de grado. La metodología se desarrollará de la siguiente manera:

### **4.1 Objetivo Especifico 1**

Identificar las especies de plantas y peces aptas para un cultivo acuapónico en la región del Valle del Cauca.

- Se revisó en el manual de la FAO 2014, los tipos de peces y planta que se pueden cultivar en un sistema, además, la información se completó con una búsqueda en la base de datos del ministerio de Agricultura de la Gobernación del Valle del Cauca, con respecto a los tipos y cantidades de peces y plantas que se cultivan en la región, para posteriormente realizar una síntesis de las especies que se pueden cultivar.

### **4.2 Objetivo Especifico 2**

Elaborar presupuesto conceptual del manual de la FAO al Valle del Cauca

- Con base a la información encontrada en el objetivo anterior, se investigó en internet los valores de los materiales e insumos que se necesitan para realizar un presupuesto conceptual del sistema acuapónico, que posteriormente ayudó a construir el cálculo aproximado de la inversión inicial de un sistema.

### **4.3 Objetivo Especifico 3**

Establecer las normas mínimas agrícolas que se necesita para elaborar un cultivo acuapónico.

- Se investigó en la base de datos del ICA, INVIMA y literatura hallada en Internet, para luego realizar resúmenes de las normas básicas que debe tener en cuenta la persona para elaborar un sistema acuapónico.

## **5 Identificación de las especies de plantas y peces**

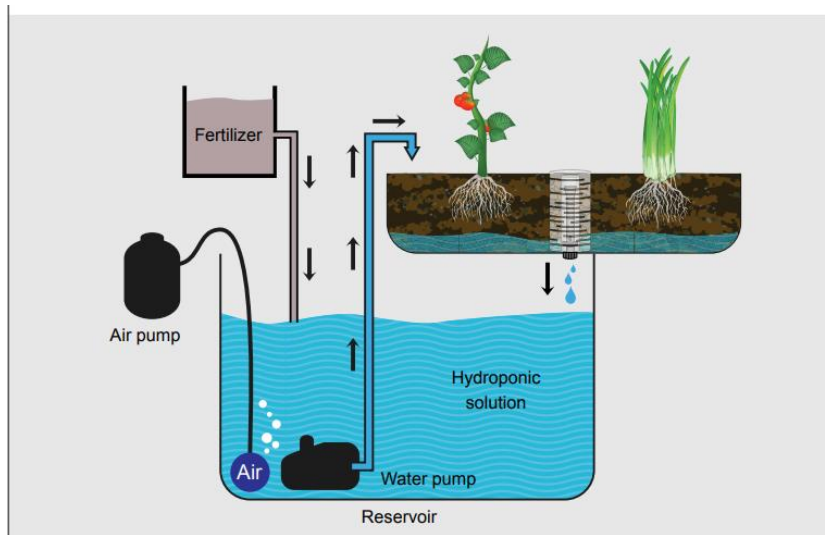
Para identificar las especies de plantas y peces que se utilizará en el sistema acuapónico, es indispensable tener en cuenta ciertos aspectos que ayuda a tomar la mejor decisión.

### **5.1 Hidroponía, Acuicultura y Acuaponía**

El manual escrito por la FAO en el año 2014, da una descripción de que es Acuaponía, las técnicas que se utiliza, como funciona los sistemas acuapónicos, y una serie de elementos que ayudará a la persona tomar la mejor decisión con respecto a la construcción del sistema.

En primer lugar, los agricultores están acostumbrados a que los cultivos se deben hacer con tierra, sin embargo, con el paso de los años, nuevas técnicas han demostrado que existen otros métodos que no necesariamente se debe utilizar tierra, y son los casos de la hidroponía y la acuicultura. La hidroponía radica en cultivar plantas por medio de un sustrato o por medio acuoso con raíces desnudas. En la actualidad existe una variedad de sistemas, no obstante, todos comparten las mismas características básicas para su funcionamiento. A pesar de que este sistema proporciona varias ventajas mencionadas anteriormente, cabe resaltar que, la hidroponía es mucho más eficiente en cuanto el uso del agua y nutriente contra la agricultura convencional (basada en el suelo), pero puede ser una limitante a la hora de iniciar el proceso de construcción puesto que tiene costos iniciales altos, materiales de construcción, dependencia de la electricidad y los insumos que se requieren.

En la siguiente Figura 1 se muestra un sistema hidropónico sencillo.



*Figura 1.* Unidad Simple Acuapónico. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 24.

La acuicultura consiste en criar y producir en un sistema cerrado peces u otros animales acuáticos que pueden ser crustáceos o moluscos, bajo condiciones controladas. En importante tener en cuenta 4 categorías principales para la acuicultura y son las siguientes: El sistema de agua abierto (por ejemplo jaulas), cultivo en estanques, conductos de flujo continuo y sistemas de recirculación de acuicultura (RAS); este último es adecuado para personas o empresas que tengan gran capital debido a sus costos de inversión, energía y gestión que pueden ser considerables, no obstante, este método tiene como ventaja la derivación de subproductos y las mayores concentraciones de nutrientes en el agua para la producción de cultivos de hortalizas.

En la siguiente Figura 2 muestra un sistema acuapónico de recirculación.

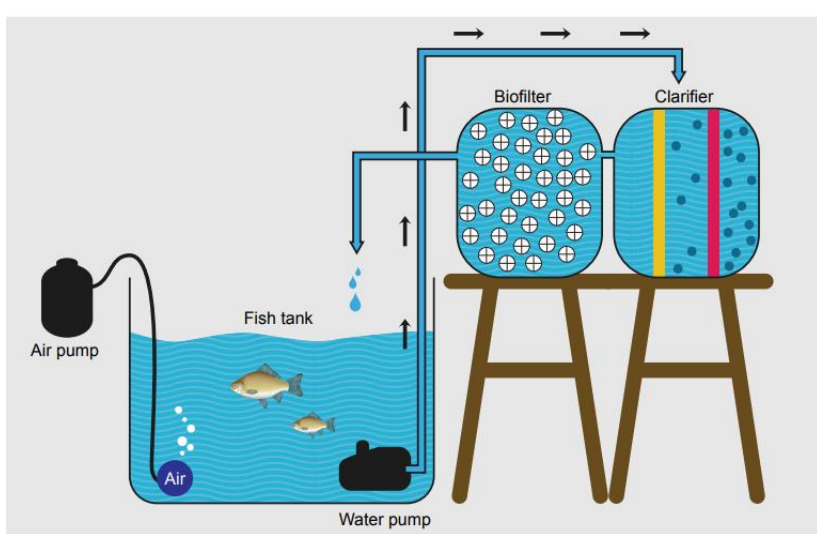


Figura 2. Sistema de Recirculación de Acuicultura (RAS). Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 25.

La acuicultura puede contribuir a disminuir la explotación pesquera, para evitar posibles sobrepescas y así proteger medios marinos y animales que habitan en ella, ante una posible extinción de algunas especies.

Con todo lo anterior, nace la acuaponía que es un producto de la integración de la acuicultura recirculante (RAS) y la hidroponía. En pocas palabras, la Acuaponía consiste en que el agua donde se encuentra los peces pase por unos filtros mediante cama de cultivos o sustratos y vuelva de nuevo donde se encuentra los peces. Los filtros son los encargados de retirar los desechos provenientes de los pescados. Normalmente el sistema acuapónico contiene dos filtros, uno mecánico que se encarga de eliminar los desechos sólidos y un Biofiltro se responsabiliza de procesar los desechos disueltos. El Biofiltro es esencial porque las bacterias que surgen del agua, se convierten en amoníaco y esto es tóxico para los peces, entonces lo que hace el Biofiltro es convertirlo en nitrato, un nutriente que puede ser mucho más ventajoso, esencialmente para las plantas. Estos nuevos nutrientes que se encuentran en el agua viajan a través de las camas de cultivos o sustratos hacia las plantas, están los absorben y posteriormente regresan al sitio donde se encuentran los peces ya purificada. Este proceso

permite que las plantas, peces, incluso bacterias puedan beneficiarse mutuamente para crear un ambiente amigable, siempre y cuando, el sistema este equilibrado adecuadamente.

## **5.2 Componentes importantes a tener en cuenta**

### **5.2.1 Ciclo del Nitrógeno**

Este proceso es uno de los más importantes del sistema acuapónico ya que se encarga de la nitrificación, es decir, proporcionar los nutrientes al sistema. El proceso consiste en que los desechos de los peces convertido en amoníaco, que es un compuesto de nitrito ( $\text{NO}_2$ ) pasa a convertirse en un compuesto de nitrato ( $\text{NO}_3$ ). El amoníaco es metabolizado por las bacterias nitrificantes convirtiendo los desechos en material accesible para las plantas.

### **5.2.2 Biofiltro**

El Biofiltro se encarga más que todo de que las bacterias estén en buen estado, que el nivel de amoníaco este en óptimas condiciones, es decir, cerca a cero. Las bacterias son importantes para regular las cantidades de amoníaco en el sistema, ya que este elemento puede ser fatal para los peces.

### **5.2.3 pH del agua**

Es importante mantener un pH balanceado ya que éste contiene los nutrientes provenientes de las plantas para que los peces estén en óptimas condiciones. El nivel pH se determina dependiendo de los cultivos tanto de los peces como de las plantas. La literatura brinda un

rango de tolerancia permitido para que vivan las plantas como los peces y que se encuentra aproximadamente entre 6-7.

#### **5.2.4 Temperatura del agua**

La temperatura del agua se recomienda que este en un rango de 17-34 ° C. La temperatura por debajo del rango establecido puede ocasionar una reducción considerable en la producción de las bacterias.

#### **5.2.5 Oxígeno disuelto**

Es fundamental el oxígeno disuelto porque la carencia de la misma puede causar la muerte de los peces y sofocar las raíces de las plantas. El oxígeno disuelto (DO) ayuda a mantener las bacterias nitrificantes en niveles adecuados. Se considera que los niveles óptimos de DO sean entre 4-8 mg/ lt.

*Tabla 1. Componentes y rangos que debe tener un sistema acuapónico*

<b>pH</b>	6-7
<b>Temperatura del agua</b>	18-30 ° C
<b>DO</b>	5-8 mg/ lt
<b>Amoniaco</b>	0 mg/lt
<b>Nitrito</b>	0 mg/lt
<b>Nitrato</b>	5-150 mg/lt

Fuente: Manual Acuapónico para pequeña escala. FAO 2014

### 5.3 Sistemas acuapónicos

Un sistema acuapónico se puede elaborar de varias formas, sin embargo, es necesario seguir unos lineamientos para que funcione correctamente.

Para cultivar los peces y los vegetales es preciso tener en cuenta que se debe utilizar uno o más contenedores, puesto que cada uno tiene una función específica, algunos se utilizaran para albergar los peces, otro para los vegetales y otros para los procesos de filtrado y biofiltrado.

En la actualidad existen tres tipos de técnicas para realizar un sistema acuapónico:

1. Técnica de cama de sustrato (media cama o MBT): Esta técnica consiste en utilizar una cama de sustrato cuya función es sostener las plantas para que las raíces puedan tener contacto con el agua, además sirve como filtro mecánico y biológico para retener partículas gruesas y bacterias. Esta técnica es muy utilizada en países en vías de desarrollo por la simplicidad del montaje y por los costos iniciales bajos; sin embargo, uno de los inconvenientes que se puede presentar es que el agua se puede evaporar con mayor facilidad. A continuación en la Figura 3 se puede observar las características de la técnica cama de sustrato.

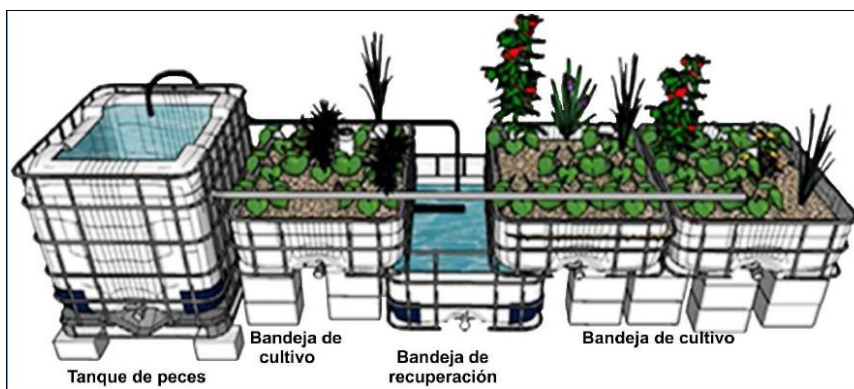


Figura 3. Técnica de cama de sustrato. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 57.

2. Técnica de cultivo en capas de nutrientes (NFT): Esta técnica es muy utilizada especialmente en los cultivos hidropónicos ya que se gasta muy poca agua en comparación a otras técnicas, sin embargo, el costo inicial es elevado en comparación a la camas de sustrato ya que requiere elementos adicionales como canales en PVC o en polietileno, que pueden ser complicados para la persona conseguirlos ya sea por el precio o por el acceso. En la siguiente Figura 4 se muestra los elementos de la técnica NFT.

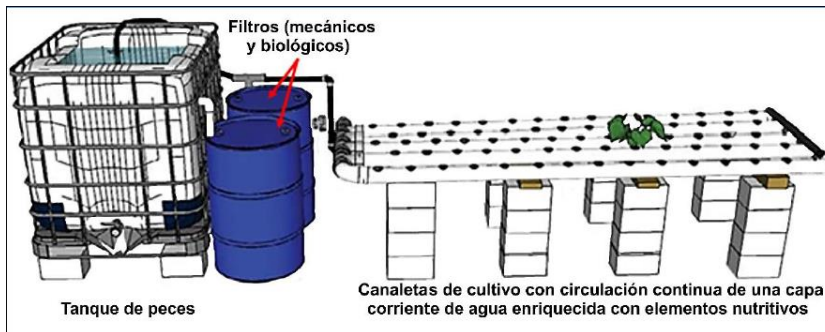


Figura 4. Técnica de cultivo en capas de nutrientes (NFT). Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 59.

3. Técnica de cultivos en aguas profundas: Esta técnica consiste en una lámina (por lo general de poliestireno) como se ve en la Figura 5, donde las raíces de las plantas se encuentran sumergidas haciendo contacto directo con el agua, por lo que es importante una adecuada oxigenación. Esta técnica se requiere de un buen espacio y por lo general se utiliza con fines comerciales.

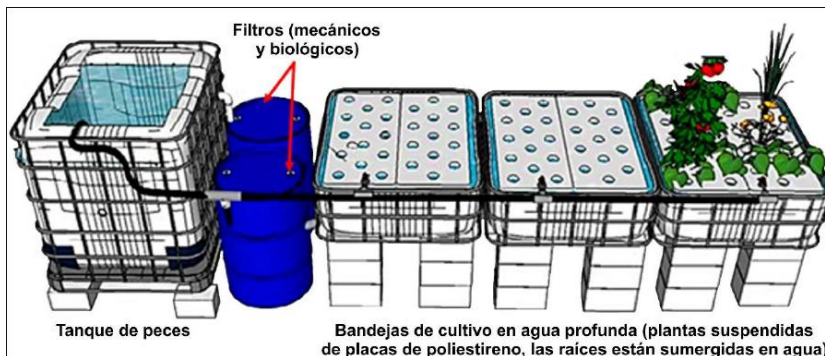


Figura 5. Técnicas de cultivos en aguas profundas. Small-scale acuaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO 2014. Pág. 60.

Para nuestro caso de estudio se va a utilizar la técnica cama de sustrato ya que la construcción del mismo es mucho más sencilla que las otras dos técnicas y el costo inicial no es tan alto.

#### **5.4 Selección del sitio**

Para tener un buen sistema acuapónico, es vital tener un sitio adecuado. Es recomendable que el suelo donde vaya a ser instalado debe ser estable y plano. Cuando se vaya a instalar el sistema, se debe tener en cuenta el peso de la estructura para tomar medidas preventivas por ejemplo si es en el campo, nivelar la tierra en la cual se va a construir para evitar inconvenientes como un posible hundimiento y colapse la estructura o que los cultivos se inunden por la inestabilidad de la tierra.

También se debe tener en cuenta si la instalación va a ser al aire libre; ya que es una ventaja, puesto que los cultivos van a recibir energía solar y su crecimiento será natural, las posibilidades de que los cultivos se echen a perder son mayores por los cambios fuertes de clima como una lluvia severa, vientos fuertes o una oleada de calor. Es importante investigar qué tipo de vegetales se van a cultivar ya que algunos no soportar estar tanto tiempo al sol y pueden presentar quemaduras en sus hojas o coger algún sabor amargo. Es recomendable tener siembre un espacio con sombra para algunos tipos de vegetales. En cuanto a los peces, es recomendable que no estén expuestos directamente a la luz solar ya que puede alterar la temperatura de los estanques ocasionándoles la muerte.

El sitio también debe contar con los servicios públicos básicos como son el agua y la energía para que pueda tener un adecuado funcionamiento. El acceso al agua puede ser por medio del municipio, por aguas lluvias o por un río cercano. La energía se utiliza para hacer funcionar las bombas de agua y aire.

## 5.5 Agua en los tanques

Otro factor importante en sistema acuapónico es el agua que se va a emplear, ya que los vegetales van a obtener los nutrientes para alimentarse y los peces el oxígeno para vivir. Los parámetros que debe tener en cuenta la persona que va a construir el sistema son los siguientes:

*Tabla 2. Parámetros ideales para establecer un término medio de calidad de agua.*

PARÁMETROS	RANGO
Temperatura °C	18-30
pH	6-7
Amoniaco(mg/L)	<1
Nitrito (mg/L)	<1
Nitrato(mg/L)	5-150
Oxígeno Disuelto	>5

Fuente: Manual para un sistema acuapónico a pequeña escala. FAO 2014

Se recomienda que el agua que está en los tanques deber ser revisado periódicamente (semanalmente) para evitar alguna contaminación o alguna reacción tóxica.

## 5.6 Tanques para la cría de los peces

Este elemento es importante en el sistema acuapónico y puede representar un coste considerable en la construcción del mismo. El tanque que se utiliza puede ser cualquiera, sin embargo, se aconseja que deber tener ciertas características. Que sean circulares con fondo plano para que el agua pueda fluir de forma uniforme; el material debe ser plástico o fibra de vidrio para que sea durable y resistente al impacto. Estos tanques también deben contar con un buen sistema de drenaje para evitar que se acumulen las aguas estancadas. Una recomendación con los tanques y es que deben ser limpiados con anterioridad para retirar cualquier tipo de suciedad o bacteria que haya podido tener. En cuanto al color es aconsejable

el blanco o transparente para tener un panorama amplio en cuanto el estado, el comportamiento y los residuos alimenticios que pueden tener los peces. El tanque debe tener una cobertura o tapa para evitar posibles animales que quiera comerse a los peces o que los peces quieran salir de los tanques.

### **5.7 Sistemas de filtración**

Los filtros son esenciales en cualquier sistema acuapónico y dependerá de la cantidad de peces y el tipo de sistema que se va a utilizar. Los Biofiltros (filtros biológicos) son equipos que eliminan en su gran mayoría compuestos contaminantes desde una corriente de fluido (agua o aire) mediante un proceso biológico (Wikipedia). Pero los Biofiltros se recomiendan que sean instalados después de un filtro mecánico puesto que este último tiene la capacidad de separar y luego eliminar ciertas partículas, especialmente de origen orgánico. En el mercado existen varios filtros mecánicos que pueden ser utilizados, por ejemplo, están las rejillas con agujeros medianos que se ubican entre el tanque de los peces y la cama de sustrato para que este pueda retener los residuos sólidos y debe ser cambiado periódicamente.

### **5.8 Sistemas de oxigenación**

Este punto es esencial ya que tanto los peces como los vegetales necesitan oxígeno para vivir, se sugiere que se utilice una bomba de aire.

### **5.9 Sistemas de circulación de agua**

Es necesario utilizar una bomba de agua, preferiblemente sumergible y con un temporizador.

## 5.10 Peces

Para desarrollar un sistema acuapónico, es necesario conocer las especies de peces que se pueden adaptar a un sistema cerrado, su alimentación, su crecimiento, reproducción y además que puedan ser comestibles. A continuación se mostrará una tabla con las especies más utilizadas en sistemas acuapónicos:

Tabla 3. Niveles de Temperatura, Nitrógeno y Oxígeno Disuelto requeridos en un sistema acuapónico

Niveles de Temperatura, Nitrógeno, Oxígeno disuelto y requerimiento de proteína para especies acuáticas usadas en acuaponía						
ESPECIE	TEMPERATURA °C		NITRÓGENO AMONICAL TOTAL (mg/L)	NITRITOS (mg/L)	PROTEÍNA CRUDA EN ALIMENTOS (%)	OXIGENO DISUELTO (mg/L)
	VITAL	OPTIMA				
Carpa Común	3-34	25-30	<1	<1	30-38	>4
Tilapia del Nilo	14-36	27-30	<2	<1	28-32	>4
Pez Gato	5-34	24-30	<1	<1	25-36	>3
Trucha arcoíris	10-18	14-16	<0.5	<0.3	42	>6

Fuente: Acuaponia: Producción de plantas y peces. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>

Otro aspecto a tener en cuenta son las condiciones de los peces para adaptarse a un sistema acuapónico. A continuación se mostrará ciertos elementos para que funcione el sistema acuapónico:

- La capacidad de los peces de crecer y reproducirse naturalmente en el menor tiempo posible.
- Realizar una buena investigación de mercado para saber si son rentables.
- Los peces cultivados tengan la capacidad de ser compatibles con otros cultivos, en nuestro caso, con las plantas.

- Adaptación de los peces a las condiciones climáticas que se puedan presentar en el entorno.
- Tener resistencia a las bacterias, parásitos y enfermedades que se puedan presentar. (Salcedo, Suaza, & Chacon, 2008)

### 5.10.1 Actividad piscícola en el Valle del Cauca

En el Valle del Cauca, la actividad de cultivar peces de diferentes especies ya sea en espacios cerrados o abiertos ha beneficiado a familias y empresarios en la región. A continuación, una breve información con respecto a la siembra y producción de algunos peces.

Tabla 4. Tipo y cantidad de peces sembrados en el año 2016

Bocachico	Cachama	Carpa	Tilapia	Trucha
727.495	902.906	102.300	3.956.135	1.024.910

Fuente: Evaluaciones pecuarias 2016.  
<http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=33388>

Tabla 5. Producción piscícola en el año 2016

	Peso total de la cosecha (Kgr)				
	Bocachico	Cachama	Carpa	Tilapia	Trucha
<b>TOTAL</b>	120.541	838.439	77.053	1.435.762	269.031
	No. de animales cosechados				
	Bocachico	Cachama	Carpa	Tilapia	Trucha
<b>TOTAL</b>	233.825	1.053.580	79.595	3.570.713	589.470
	Peso final por individuo (gr)				
	Bocachico	Cachama	Carpa	Tilapia	Trucha
<b>TOTAL</b>	516	796	968	402	456
	Precio pagado al productor (\$/Kgr)				
	Bocachico	Cachama	Carpa	Tilapia	Trucha

<b>TOTAL</b>	6.200	6.477	4.708	4.145	8.182
--------------	-------	-------	-------	-------	-------

Fuente: Elaboración propia de Evaluaciones pecuarias 2016.  
<http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=33388>

## 5.11 Plantas

Las plantas son vitales en el sistema acuapónico ya que su aporte económico puede ser más alto comparado con el cultivo de los peces por el menor tiempo que toma en cosecharse. Además el valor agregado que puede aportar las plantas cultivadas en un sistema acuapónico es la composición orgánica que puede tener, y esto es debido, por la absorción de los nutrientes provenientes de los peces.

A continuación una tabla que mostrará las condiciones de algunas plantas que pueden ser cultivadas en un sistema acuapónico:

*Tabla 6. Tipos de plantas que se pueden cultivar en un sistema acuapónico*

<b>ESPECIE</b>	<b>PH</b>	<b>PLANTA/m2</b>	<b>TIEMPO DE CRECIMIENTO (SEMANAS)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>	<b>EXPOSICIÓN SOLAR</b>
<b>Albahaca</b>	5.5 – 6.5	8-40	5-6	20-25	Moderada- Alta
<b>Lechuga</b>	6.0 – 7.0	20-25	4-5	15-22	Moderada- Alta
<b>Pepino</b>	5.5 – 6.5	2-5	7-9	18-26	Alta
<b>Morrón</b>	5.5- 6.5	3-4	8-12	15-30	Alta
<b>Tomate</b>	5.5- 6.5	3-5	8-12	15-25	Alta

<b>Brócoli</b>	6.0 – 7.0	3-5	8-12	10-20	Moderada- Alta
----------------	--------------	-----	------	-------	----------------

Fuente: Acuaponia: Producción de plantas y peces. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>

Es recomendable cuando se presente algún tipo de plagas o/y enfermedades, no utilizar plaguicidas puesto que contiene elementos químicos que pueden afectar la salud de los peces, para ello, se considera utilizar otro tipo de métodos, por ejemplo:

- **Métodos físicos:** Para evitar que las plagas afecten al sistema, se puede utilizar un plástico para invernadero, mallas sombras o mallas antiáfidos (Tienen como objetivo evitar la entrada de los insectos).
- **Biopesticidas:** son sustancias naturales provenientes de animales, plantas, microorganismos y minerales. Las sustancias más comunes son las que provienen de los vegetales, por ejemplo extractos a base de cebolla y ajo. Se recomienda aplicarlo el mismo día en que se elaboran puesto su duración es mínima y pierde efectividad con el tiempo. (Intagri, 2017)

### **5.11.1 Actividad Agrícola en el Valle del Cauca**

El Valle del Cauca es considerado uno de los departamentos agrícolas más importantes de Colombia, ya que cuenta con una variedad de clima, suelo y fuentes hídricas, que favorece la siembra de varios cultivos.

A continuación, un resumen de los cultivos más representativos en el valle del cauca.

Tabla 7. Resumen de la siembra, cosecha, rendimiento y producción de Hortalizas.

<b>SUPERFICIE SEMBRADA AÑO 2016 (Hectáreas)</b>										
Aji	Arveja	Cebolla	Cilantro	Habichuela	Lechuga	Pepino	Pimentón	Tomate	Repollo	Zapallo
167,5	93,4	517,4	393,1	426,7	51,1	142,5	241,5	838,7	108,0	281,8

<b>SUPERFICIE COSECHADA AÑO 2016 (Hectáreas)</b>										
Aji	Arveja	Cebolla	Cilantro	Habichuela	Lechuga	Pepino	Pimentón	Tomate	Repollo	Zapallo
165,6	88,7	515,4	383,6	415,2	50,1	140,8	237,8	829,3	106,8	277,7

<b>RENDIMIENTO AÑO 2016 (Toneladas / Hectárea)</b>										
Aji	Arveja	Cebolla	Cilantro	Habichuela	Lechuga	Pepino	Pimentón	Tomate	Repollo	Zapallo
15,87	2,14	13,12	8,89	8,70	18,92	21,67	17,02	28,66	26,15	18,72

<b>PRODUCCION AÑO 2016 (Toneladas)</b>										
Aji	Arveja	Cebolla	Cilantro	Habichuela	Lechuga	Pepino	Pimentón	Tomate	Repollo	Zapallo
2.628	190	6.760	3.410	3.611	947	3.051	4.046	23.767	2.792	5.200

Fuente: Elaboración propia ajustada de Evaluaciones Agrícolas 2000-2016.  
<http://www.valledelcauca.gov.co/agricultura/publicaciones.php?id=33384>

## 5.12 Proceso productivo

Para nuestro análisis, el sistema acuapónico que utilizaremos la técnica de aguas profundas (Figura 5) a menor escala. A continuación una lista de materiales que debemos tener en cuenta para elaborar el sistema acuapónico.

### Materiales

- Alevino de peces (Tilapia)
- Semillas de Vegetales (Lechuga)
- Tanques
- Bomba de agua

- Alimento para peces
- Nutrientes para los vegetales
- Otros insumos

### **Descripción del proceso de la lechuga**

Con base en el manual de la FAO 2014, se presentará una aproximación de cómo puede ser instalado un sistema acuapónico.

Se escogió la técnica de aguas profundas a menor escala, por la facilidad que se puede presentar a la hora de instalarlo frente a los otros sistemas mencionados anteriormente.

Antes de comenzar, se debe establecer un sitio adecuado para instalar el sistema. Se recomienda que la superficie sea plana, con buen acceso de agua y energía, al aire libre para que pueda tener buena ventilación e iluminación.

El proceso comienza con la germinación y acondicionamiento en un soporte conocido como espuma agrícola, que consiste en colocar las semillas de la lechuga en una espuma para que las raíces crezcan de manera abundante y firmes, en esta parte, las semillas tardan en crecer aproximadamente 4 semanas. Una vez que la planta tenga tamaño adecuado, se trasplantan al sistema cama de sustrato, donde siguen creciendo por 4 semanas aproximadamente hasta la cosecha.

A continuación, una descripción del proceso productivo de la lechuga en un sistema acuapónico.

**Siembra:** Se debe llevar las semillas a un semillero con el fin de conseguir plántulas adecuadas para la posterior siembra.

**Trasplante:** Luego que se consigan las plántulas adecuadas, éstas deben introducirse en la esponja para posteriormente colocarlas en las bandejas que fueron perforadas anteriormente

para ponerlas sobre los tanques de los peces. Anteriormente se debe introducir los peces en los tanques, para que haya un buen nivel de nitrógeno en el agua. Se plantan en líneas horizontales (la cantidad de líneas dependerá de la cantidad de plantas que desea tener) y se debe considerar una distancia aproximadamente de 20 a 25 centímetros para que puedan tener un crecimiento apropiado.

Poner en funcionamiento el sistema acuapónico y verificar periódicamente el comportamiento de los peces y las plantas.

*Ilustración 1. Flujo de procesos*



Fuente: Autor

## **Entradas**

### **Insumos**

- Sales y fertilizantes
- Semillas para la siembra
- Tanques para almacenamiento
- Tuberías
- Biofiltro
- Bombas de oxígeno

### **Energía**

- Eléctrica

### **Agua**

- Dependiendo del lugar donde se va a cultivar, puede proceder de manera natural ya sea de un río o lago, o de las empresas municipales.

## 6 Elaboración del presupuesto conceptual

Para la elaboración del presupuesto conceptual del caso de aplicación del manual de la FAO 2014 al Valle del Cauca, debemos tener en cuenta ciertos aspectos que se mostrará a continuación.

Para saber la cantidad de semillas que sembraremos en una lámina flotante de aproximadamente 1m x 1m, realizaremos el siguiente análisis.

$$\text{Área total de la lámina} = 1m \times 1m = 2 m^2$$

$$\text{Distanciamiento aproximado entre líneas para cultivar las plantas} = 0.25 m$$

$$\text{Distancia aproximada entre cada planta} = 0.1 m$$

$$\text{Área de cada planta será} = 0.25 m \times 0.1 m = 0.025 m^2 \text{ (valor a ocupar cada planta)}$$

$$\text{Cantidad de agujeros} = \text{Cantidad de semillas}$$

$$= \text{Área total de la lámina} / \text{Área de cada planta}$$

$$= 2m^2 / 0.025 m^2$$

$$= 80 \text{ semillas} = \mathbf{80 \text{ agujeros}}$$

Según la tabla en el anexo de semillas por gramo de las principales hortalizas, hay 1000 semillas equivalentes a 1 gramo, entonces para calcular la cantidad de semillas por gramos se realiza: 80 semillas por el área establecida / 1000 semillas por gramo = **0,08 gr** para toda el área.

A continuación, costo conceptual aproximado de cultivo de lechuga

Tabla 8. Inversión inicial del sistema acuapónico

<b>SEMILLERO</b>			
Item	Cant.	Precio Unitario	Precio
Semillas de lechuga simpson 25Gr.	1	\$ 16.872	\$ 16.872
Bandeja de Germinación (50 Cavidades)	1	\$ 9.000	\$ 9.000
Sustrato para germinación (500Gr)	1	\$ 19.990	\$ 19.990
Solución nutritiva para lechuga	1	\$ 33.500	\$ 33.500
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 79.362</b>
<b>CULTIVO DE LECHUGA</b>			
Lámina de icopor (1mtx1mt)	1	\$ 7.200	\$ 7.200
Canastillas (5 cm x 10 cm) (6 und)	26	\$ 24.000	\$ 624.000
Tanque plástico (1000lt)	1	\$ 249.000	\$ 249.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 880.200</b>
<b>CULTIVO DE TILAPIA</b>			
Alevino de Tilapia	10	\$ 150	\$ 1.500
Tanque plástico (1000lt)	1	\$ 249.000	\$ 249.000
Bomba de aire+oxigeno	1	\$ 128.600	\$ 128.600
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 379.100</b>
<b>OTROS INSUMOS</b>			
Biofiltro			
Tanque de 5 galones	2	\$ 80.000	\$ 160.000
Tubo de PVC 4 pulg x 3mt	1	\$ 40.000	\$ 40.000
Tubo de pPVC 1/2 pulg x 3 mt (6 und)	1	\$ 35.000	\$ 35.000
Codos PVC 1/2 pulg (12 und)	1	\$ 3.800	\$ 3.800
Bomba de aire+oxigeno (Recircular)	1	\$ 128.600	\$ 128.600
Pegante (120 ml)	1	\$ 16.900	\$ 16.900
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 384.300</b>
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 1.722.962</b>

## **7 Normas agrícolas mínimas para el desarrollo de un cultivo acuapónico**

En la actualidad hay carencia de normas que regulen los procesos en un sistema acuapónico, sin embargo, existen procesos, procedimientos y normas para los cultivos de vegetales, peces, que nos puede servir como guía para los sistemas acuapónicos.

En primera medida, para realizar un sistema acuapónico, es indispensable tener presente las buenas prácticas agrícolas (BPA), según la FAO son un conjunto de principios, normas, recomendaciones técnicas aplicables, que sirven para el campo, producción, procesamiento y transporte de alimentos; dando como resultados, alimentos seguros para su consumo y que a su vez, está orientada a proteger el medio ambiente, la salud humana y la sostenibilidad económica y social. En nuestro país, el ICA da un reconocimiento a los agricultores por medio de una certificación en BPA, a aquellos que implementen en sus fincas, medidas preventivas para garantizar la producción de frutas y hortalizas en buen estado. Si las personas de las comunidades ubicadas en el Valle del Cauca, desean que sus productos provenientes de los cultivos acuapónicos, pueden obtener certificación en BPA por medio de unos requerimientos establecidos por el ICA, a través de su página en internet, encontrarán un manual llamado “Mis buenas prácticas agrícolas: Guía para agroempresarios”. En esta guía encontrarán la información necesaria para que los productos sean de buena calidad, con recomendaciones para los cultivos de frutas y hortalizas, los peligros que pueden enfrentar en los procesos de cultivos, el mantenimiento preventivo en las áreas de instalación, entre otros.

Además de la guía, el ICA ha plasmado requisitos para la certificación por medio de resoluciones que mencionaré a continuación:

### **Resolución 20009 de 2016**

“Por medio de la cual se establecen los requisitos para la certificación en Buenas Prácticas Agrícolas en producción primaria de vegetales y otras especies para consumo humano”. En esta resolución se encuentran artículos relacionados la solicitud, requisitos, trámites, verificación, expedición y vigencia, obligación, entre otros, para obtener la certificación de BPA en productos agrícolas.

### **Resolución 1414 de 2006**

“Por la cual se establece ante el ICA, de productores de camarón y peces para el consumo humano con destino a la exportación”. Esta resolución puede ayudar a la persona, dado el caso que desee cultivar peces y camarones para la exportación, tener presente una serie de pasos y requerimientos con respecto a estándares sanitarios óptimos y de inocuidad mínimos, el buen manejo de insumos agrícolas que piden por parte de los países a exportar.

### **Resolución 20186 de 2016**

“Por medio de la cual se establecen las condiciones sanitarias y de bioseguridad en la producción primaria de animales acuáticos, para obtener el certificado como Establecimiento de Acuicultura Bioseguro”. Esta resolución establece que toda la cadena productiva del cultivo de animales acuáticos abrigue un conjunto de medidas, para reducir el riesgo de agentes patógenos desde, hacia y dentro de una población de animales acuáticos.

### **Resolución número 00074 de 2002**

En este punto, para la producción de alimentos orgánicos, el ministerio de Agricultura y desarrollo rural en la dirección de desarrollo tecnológico y protección sanitaria programa nacional de agricultura ecológica, presenta un documento que enuncia lo siguiente:

*“Reglamento para la producción primaria, procesamiento, empaçado, etiquetado, almacenamiento, certificación, importación y comercialización de Productos Agropecuarios Ecológicos”*. En este documento describe principios, normatividad y requisitos mínimos que una persona debe tener en cuenta para garantizar a los consumidores que los productos cumplen con los reglamentos establecidos, y de igual manera garantizar la transparencia de todos los operadores y organismos de control involucrados en el proceso. (REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PROTECCIÓN SANITARIA PROGRAMA NACIONAL DE AGRICULTURA ECOLÓGICA, n.d.)

Además de estas resoluciones, el Ministerio de Agricultura publicó dos normas para los cultivos agrícolas (NTC 5400) y pecuarios (NTC 5700).

#### **Norma Técnica Colombiana 5400**

Esta norma establece BPA para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas, la cual define requisitos generales, procedimientos y recomendaciones para pequeños, medianos y grandes agricultores; con ello se busca mejorar las condiciones agrícolas encaminado a prevenir riesgos para los cultivos y trabajadores, además esta norma es una herramienta que permite a los agricultores satisfacer la exigencia en calidad proveniente de los mercados nacionales e internacionales.

#### **Norma Técnica Colombiana 5700**

Esta norma establece BPA para la producción acuícola, el cual establece requisitos, procedimientos y recomendaciones para productores que deseen cumplir con los estándares establecidos por el mercado nacional e internacional, teniendo en cuenta la competitividad y sostenibilidad ambiental. Esta herramienta encontrará aspectos como mantenimiento de los establecimientos para la acuicultura, salud, seguridad y bienestar del trabajador y de los animales, gestión de residuos y agentes contaminantes, control de plagas, etc.

## 8 Recomendaciones

Las personas de una comunidad ubicada en el Valle del Cauca, que deseen instalar un sistema acuapónico ya sea en sus hogares o que tengan como finalidad lucrarse, deben tener presente ciertas recomendaciones:

Es necesario tener un conocimiento básico previo de los cuidados que debe tener, tanto las plantas como lo peces para cultivar en un sistema acuapónico.

Los recursos más importantes para construir un sistema acuapónico son el agua y la energía eléctrica, para ello, es indispensable que el sistema esté bien construido para hacer buen uso de estos recursos. Además, se puede utilizar energía alternativa como reemplazo de la energía eléctrica por parte del cableado, esa energía alternativa puede ser por parte de paneles solares para aportar al bienestar del medio ambiente; y el agua procedente del acueducto, ríos o lagos, puede ser por parte de aguas lluvias.

La información encontrada sobre las especies de plantas y peces que se muestran en las Tabla 3 y Tabla 6, son aquellas que se pueden cultivar en un sistema acuapónico, tomando muestra y análisis para su verificación, sin embargo, en sistemas separados tanto en hidroponía como en acuicultura, se pueden cultivar más variedad de especies, sólo falta realizar el experimento para saber la posibilidad de cultivarlos en el sistema acuapónico.

Para complementar el proyecto, se puede realizar un estudio de mercadeo y financiero más detallado para establecer en un futuro la factibilidad del proyecto.

## **9 Conclusiones**

Este proyecto se puede considerar como una antesala para proyectos venideros puesto que en él se puede encontrar un guía que le permita a la persona cuando lo lea, tener una idea de cómo realizar un sistema acuapónico.

De acuerdo a la literatura encontrada, se evidencio que la acuaponía es la combinación de la hidroponía (cultivo de planta) y la acuicultura (cría de peces) bajo condiciones controladas, además, establece los tipos de sistemas acuapónicos que la persona puede utilizar, dependiendo de las necesidades del mismo.

De acuerdo al resultado por parte del presupuesto elaborado, la inversión inicial se puede considerar alto si se compara con el salario mínimo de una persona, sin embargo, el costo disminuirá a lo largo de un periodo, puesto que algunos materiales fueron conseguidos previamente.

De acuerdo con la literatura encontrada, aún falta establecer las condiciones mínimas agrícolas para sistemas acuapónicos por parte del gobierno, puesto que las encontradas son normas agrícolas y pecuarias bajo condiciones normales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Crespi, V. (n.d.). Cada gota cuenta. Retrieved from <http://www.fao.org/faostories/article/es/c/1113809/>
- García, P. (2018). La acuaponía se hace urbanita. Retrieved from <https://www.laverdad.es/nuestra-tierra/medio-ambiente/acuaponia-urbanita-20180529014848-ntvo.html>
- Grupo Editorial Editec SPA. (2015). Proyecto de acuaponía entre Pentair y Urban Organics produciría 125 toneladas de salmónidos. Retrieved September 4, 2018, from <http://www.aqua.cl/2015/09/07/proyecto-de-acuaponia-entre-pentair-y-urban-organics-produciria-125-toneladas-de-salmonidos/#>
- HSBNoticias. (2017). Según la Aunap, en Colombia avanza la acuaponía por buen camino | HSB Noticias. Retrieved September 4, 2018, from <http://hsbnoticias.com/noticias/economia/segun-la-aunap-en-colombia-avanza-la-acuaponia-por-buen-cami-368679>
- Intagri. (2017). Acuaponia: Producción de Plantas y Peces | Intagri S.C. Retrieved September 4, 2018, from <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/acuaponia-produccion-de-plantas-y-peces>
- REPÚBLICA DE COLOMBIA MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL DIRECCIÓN DE DESARROLLO TECNOLÓGICO Y PROTECCIÓN SANITARIA PROGRAMA NACIONAL DE AGRICULTURA ECOLÓGICA.* (n.d.). Retrieved from [https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/Documents/Reglamento\\_para\\_la\\_produccion\\_Organica.pdf](https://www.minagricultura.gov.co/tramites-servicios/Documents/Reglamento_para_la_produccion_Organica.pdf)
- Revista Dinero. (2017). ¿Por qué la economía del Valle del Cauca crece más que la nacional? Retrieved from <https://www.dinero.com/edicion-impresa/regiones/articulo/crecimiento-de-la-economia-del-valle-del-cauca-en-los-ultimos-anos/253617>
- RIOS BETANCUR, J. D. (2013). PLAN DE NEGOCIOS PARA UNA EMPRESA DE HIDROPONICOS LOCALIZADA EN EL MUNICIPIO DEL RETIRO EN ANTIOQUIA, 54.
- Salcedo, J. C., Suaza, A. M., & Chacon, H. J. (2008). PISCICULTURA: 2008. Retrieved September 4, 2018, from <https://pisciculturah.blogspot.com/2008/>
- SOLLA. (2014). Mayor proyecto de acuaponia del mundo permitirá resolver problema ambiental en lago chino | SOLLA. Retrieved September 4, 2018, from <https://www.solla.com/content/mayor-proyecto-de-acuaponia-del-mundo-permitir-resolver-problema-ambiental-en-lago-chino>

Staaks, G. (n.d.). Proyecto de acuaponia a gran escala financiado por la UE contribuirá a la seguridad alimentaria. Retrieved September 4, 2018, from <https://www.aquahoy.com/id-i/sistemas-de-cultivo/21561-proyecto-de-acuaponia-a-gran-escala-financiado-por-la-ue-contribuira-a-la-seguridad-alimentaria>.

## ANEXO 1

*Anexo 1 Costo de producir 50.000 tilapias en un año*

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO/ UNIDAD	VALOR	OBSERVACIONES
<b>Semilla</b>					
Semilla de Tilapia roja	Alevino	50.000	127	6.365.400	Densidad 5 animales/metro <sup>2</sup> . Alevinos entre 8 a 10 gramos
<b>Labores</b>					
Preparación estanque	Jornal	2,25	19.650	44.213	Incluye encalamiento, arreglo de taludes y colocación de malla
Recibo de alevinos	Jornal	0,25	19.650	4.913	
Suministro de alimento	Jornal	56,25	19.650	1.105.313	6 veces al día durante 6 meses
Cosecha	Jornal	7	19.650	137.550	1/2 jornal/día por 7 días
Celaduría	Jornal	60	19.650	1.179.000	Ultimos 30 días del ciclo.
Asistencia técnica	Visita	10	19.650	196.500	Una visita cada 15 días
<b>Subtotal</b>				<b>2.470.988</b>	
<b>Insumos</b>					
					Un alevino consume 540 gr de alimento en todo su proceso 50000 peces. Equivale a 27.000 kg de concentrando
Concentrado Iniciación (2)	Kgr.	5.400	2.122	11.457.720	Mojarra 38%
Concentrado Engorde (2)	Kgr.	21.600	1.804	38.956.248	Mojarra 24%
Malla (3)	Rollos	30	212.180	6.365.400	Para protección contra aves Rollo de 2.5*150 metros
Cal	Bulto	1	6.365	6.365	20gr/metro <sup>2</sup> de estanque. Se aplica con estanque vacío
Fertilizante	Bulto	5	84.872	424.360	Aplicar 1 vez/mes (10-30-10) 10grs/metro <sup>2</sup> de estanque
Agua y energía	Mes	5	56.228	281.139	Recambio del 5% en 24 horas aireación mecánica*
Mortalidad 10%	Und	5.000	138	689.585	La mayor parte de la mortalidad ocurre durante el alevinaje
<b>Subtotal</b>				<b>58.180.817</b>	
<b>Costo Total</b>				<b>67.017.204</b>	
<b>INGRESOS</b>					
Valor de la producción	Kgr.	15.750	4.774	<b>75.191.288</b>	Cada pescado eviscerado pesa 350gr y se estima se cosecharán 45.000 tilapias
Ingreso neto				<b>8.174.083</b>	En cinco meses de producción
Utilidad mes				<b>1.362.347</b>	

## ANEXO 2

*Anexo 2 Costos de instalación de un sistema acuapónico.*

Item	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Invernadero mt2	1	\$ 12.500	\$ 12.500
tubos pvc 3" * 6m	6	\$30.000	\$ 180.000
Motobombas 1 HP	3	\$ 129.000	\$ 387.000
Tanque Agua (1000 Lt)	3	\$ 247.000	\$ 741.000
Canales de distribución 1" * 3m	1	\$ 10.740	\$ 10.740
Canales de recolección	2	\$ 31.900	\$ 63.800
Total			\$ 1.395.040

Fuente: (RIOS BETANCUR, 2013)

## ANEXO 3

*Anexo 3 Costos de cultivo de lechuga*

Costo Anual	
Semillas de lechugas	\$ 50.000
fertilizantes	\$ 2.000.000
Espuma agricola	\$ 500.000
servicios publicos	\$ 2.400.000
Total	\$ 4.950.000

Fuente: (RIOS BETANCUR, 2013)

## ANEXO 4

*Anexo 4 Tabla de semillas por gramo de las principales hortalizas*

HORTALIZA	SEMILLAS POR GRAMO	DISTANCIA DE SIEMBRA (M X M)	SEMILLAS POR AGUJERO	ÁREA SEMBRADA POR GRAMO (M2)
Acelga	50.00	0.10 x 0.25	1.0	1.25
Aji	190.00	0.15 x 0.50	3.0	4.75
Apio	2,400.00	0.10 x 0.25	5.0	12.00
Arveja	10.00	0.10 x 0.30	2.0	0.15
Betarraga	70.00	0.10 x 0.25	1.0	1.75
Brócoli	200.00	0.15 x 0.30	3.0	3.00
Cebolla	270.00	0.10 x 0.25	3.0	2.25
Col	210.00	0.15 x 0.30	3.0	3.15
Espinaca	65.00	0.10 x 0.25	1.0	1.63
Lechuga	1,000.00	0.10 x 0.25	5.0	5.00
Nabo	120.00	0.10 x 0.25	1.0	3.00
Pepino	35.00	0.15 x 0.30	2.0	0.79
Perejil	650.00	0.10 x 0.25	3.0	5.42
Pimiento	150.00	0.15 x 0.50	3.0	3.75
Poro	350.00	0.10 x 0.25	3.0	2.92
Rabanito	100.00	0.10 x 0.25	1.0	2.50
Tomate	350.00	0.15 x 0.50	3.0	8.75
Vainita	5.00	0.10 x 0.25	2.0	0.06
Zanahoria	800.00	0.10 x 0.25	3.0	6.67
Zapallito italiano	10.00	0.15 x 0.50	2.0	0.38