

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

Escuela de Posgrado

MAESTRÍA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

BALANCE DE BIOMASA ENTRE LA TILAPIA *Oreochromis niloticus*  
Y PEPINO DULCE *Solanum muricatum* EN SISTEMA DE  
ACUAPONÍA POR NFT (NUTRIENT FILM TECHNIQUE)  
QUE GENERA RENTABILIDAD ECONÓMICA,  
TACNA 2017

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

LUCY GORETTI HUALLPA QUISPE

Para optar el Grado Académico de:

MAESTRO EN CIENCIAS (*MAGISTER SCIENTIAE*) CON  
MENCIÓN EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

TACNA - PERÚ

2021

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN PROYECTOS DE INVERSIÓN

BALANCE DE BIOMASA ENTRE LA TILAPIA *Oreochromis niloticus* Y PEPINO  
DULCE *Solanum muricatum* EN SISTEMA DE ACUAPONÍA POR NFT  
(NUTRIENT FILM TECHNIQUE) QUE GENERA RENTABILIDAD  
ECONÓMICA, TACNA 2017

Tesis sustentada y aprobada el 16 de febrero del 2021; estando el jurado  
calificador integrado por:

PRESIDENTE : .....  
Dr. Luis Celerino Catacora Lira

SECRETARIO : .....  
Dr. Luis Antonio Espinoza Ramos

MIEMBRO : .....  
Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila

ASESOR : .....  
Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila

## **AGRADECIMIENTO**

Primero quiero agradecer a Dios que me guía en todo mi camino, y gracias a Él logré culminar una etapa más en vida.

A mis padres que con su aliento me animan a seguir adelante.

A Walter Merma Cruz por su apoyo incondicional en todo momento, no fue sencillo, pero se llegó concluir.

A mi asesor, Dr. Alberto Bacilio Quispe Cohaila por su apoyo en la culminación de la presente tesis.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTO .....	iii
CONTENIDO .....	iv
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT .....	xiv
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	6
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.1.1 Antecedentes del problema .....	6
1.1.2 Problemática de la investigación.....	7
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.2.1 Problema Principal.....	9
1.2.2 Problemas secundarios .....	10
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA .....	10
1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES .....	12
1.5 OBJETIVOS.....	12
1.5.1 Objetivo general.....	12
1.5.2 Objetivos específicos .....	12
1.6 HIPÓTESIS.....	13
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	14
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO .....	14
2.1.1 A nivel internacional.....	14
2.1.2 A nivel Nacional .....	18
2.1.3 A nivel Regional.....	23
2.2 BASES TEÓRICAS.....	25

2.2.1 Principios básicos de la acuaponía .....	25
2.2.2 El cultivo de tilapia y su desarrollo en el Perú .....	29
2.2.3 Cultivos Hidropónicos .....	35
CAPÍTULO III: MARCO FILOSÓFICO .....	48
CAPÍTULO IV: MARCO METODOLÓGICO .....	51
4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	51
4.1.1 Tipo de investigación .....	51
4.1.2 Diseño de la investigación .....	51
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	55
4.2.1 Población de estudio.....	55
4.2.2 Muestra.....	55
4.3 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....	56
4.3.1 Identificación de variables .....	56
4.3.2 Caracterización de las variables.....	57
4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	58
4.4.1 Recopilación de datos.....	58
4.4.2 Instalación y conducción del experimento.....	59
4.4.3 Adquisición y siembra de peces tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) .....	68
4.4.4 Conducción del experimento acuapónico.....	69
4.4.5. Materiales para el sistema de acuaponía.....	76
4.4.6 Instrumentos de evaluación de parámetros.....	77
4.5 Procesamiento y análisis de datos.....	77
CAPÍTULO V: RESULTADOS .....	81
5.1 BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD DE PEPINOS CON EFLUENTES DE ACUAPONIA.....	81
5.1.2 Mediciones promedio de los frutos.....	86

5.1.3 Raíces de la planta de pepino.....	93
5.2 CALIDAD DE AGUA Y ACCIÓN BACTERIANA EN BIOFILTROS DE ACUAPONÍA CON LOS EFLUENTES DE CULTIVO DE TILAPIA.....	99
5.2.1 Evaluación de agua sin cultivar (origen: pozo subterráneo N°02 Viñani).....	100
5.3 PRODUCTIVIDAD Y TASA DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA EN SISTEMA ACUAPÓNICO CON PLANTAS DE PEPINO DULCE .....	114
5.4 PUNTO DE EQUILIBRIO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ACUAPONÍA DE TILAPIA Y PEPINO DULCE .....	119
5.4.1 Punto de equilibrio .....	119
CAPÍTULO VI: DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	132
CONCLUSIONES .....	135
RECOMENDACIONES.....	136
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	137
ANEXOS .....	146

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Valor nutricional de la tilapia .....	31
<b>Tabla 2</b>	Otros nutrientes por 100 g de Tilapia.....	31
<b>Tabla 3</b>	Taxonomía de la Tilapia.....	33
<b>Tabla 4</b>	Análisis comparativo del cultivo tradicional e hidropónico .....	37
<b>Tabla 5</b>	La taxonomía del pepino.....	39
<b>Tabla 6</b>	Valor nutricional del pepino por cada 100 g.....	40
<b>Tabla 7</b>	Densidad de siembra de frutas .....	53
<b>Tabla 8</b>	Cálculo de alimentación de peces .....	53
<b>Tabla 9</b>	Diseño experimental de la investigación (El símbolo Tn y On indica datos obtenidos en cada tratamiento y observación realizada).....	55
<b>Tabla 10</b>	Cálculo de la muestra para determinar la biomasa del pepino dulce frente a una densidad de tilapias.....	56
<b>Tabla 11</b>	Caracterización de la Variable Independiente .....	57
<b>Tabla 12</b>	Caracterización de la Variable dependiente .....	58
<b>Tabla 13</b>	Tratamientos del experimento para análisis de biomasa del pepino dulce.....	82
<b>Tabla 14</b>	Media y varianza de altura de plantas (cm) del experimento cultivado de pepino dulce.....	83
<b>Tabla 15</b>	Prueba de hipótesis de las diferencias de medias por tratamiento dosificado .....	84
<b>Tabla 16</b>	Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias por tratamiento dosificado.....	85
<b>Tabla 17</b>	Estadístico descriptivo del número de frutos por planta de pepino dulce.....	87
<b>Tabla 18</b>	Estadístico descriptivo del número de frutos por planta de pepino dulce.....	88

<b>Tabla 19</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias de número de frutos por tratamiento dosificado.....	89
<b>Tabla 20</b> Estadístico descriptivo del número de frutos por planta de pepino dulce.....	89
<b>Tabla 21</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de pesos de frutos de medias por tratamiento dosificado .....	90
<b>Tabla 22</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias del peso de frutos unitarios de frutos por tratamiento dosificado. ....	92
<b>Tabla 23</b> Resumen de promedio de datos del fruto de pepino .....	92
<b>Tabla 24</b> Estadístico descriptivo del peso de la raíz de la planta de pepino dulce.....	93
<b>Tabla 25</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de pesos de frutos de medias por tratamiento dosificado .....	94
<b>Tabla 26</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias del peso de frutos unitarios de frutos por tratamiento dosificado. ....	95
<b>Tabla 27</b> Estadístico descriptivo del peso de la raíz de la planta de pepino dulce.....	96
<b>Tabla 28</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de pesos de frutos de medias por tratamiento dosificado .....	97
<b>Tabla 29</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias de las longitudes de la raíz de la planta de pepino en tratamiento dosificado. ....	98
<b>Tabla 30</b> Resumen de promedio de datos de la raíz de pepino.....	99
<b>Tabla 31</b> Evaluación de calidad de agua sin cultivar .....	100
<b>Tabla 33</b> Resumen de calidad de agua en acuaponía.....	102
<b>Tabla 34</b> Estadístico descriptivo del contenido de amoníaco en el sistema recirculante NFT de acuaponía .....	105

<b>Tabla 35</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de amoniaco de medias por tratamiento dosificado .....	106
<b>Tabla 36</b> Estadístico descriptivo del contenido de nitrito en el sistema recirculante NFT de acuaponía .....	108
<b>Tabla 37</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de nitritos de medias por tratamiento dosificado .....	109
<b>Tabla 38</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias de nitrito en tratamiento dosificado. ....	109
<b>Tabla 39</b> Estadístico descriptivo del contenido de nitrato en el sistema recirculante NFT de acuaponía .....	111
<b>Tabla 40</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de nitratos de medias por tratamiento dosificado .....	112
<b>Tabla 41</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias en contenido de nitrato en tratamiento dosificado. ....	113
<b>Tabla 42</b> Resumen de biomasa inicial y final del cultivo de tilapia.....	115
<b>Tabla 43</b> Estadístico descriptivo del peso de la tilapia.....	116
<b>Tabla 44</b> Prueba de hipótesis de las diferencias de promedio de peso de la tilapia por tratamiento.....	117
<b>Tabla 45</b> Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias en contenido de nitrato en tratamiento dosificado .....	118
<b>Tabla 46</b> Punto de equilibrio pepino y tilapia .....	120
<b>Tabla 47</b> Punto de equilibrio del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 1000 m2 .....	120
<b>Tabla 48</b> Punto de equilibrio del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 1500 m2 .....	121
<b>Tabla 49</b> Punto de equilibrio del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 2000 m2 .....	121
<b>Tabla 50</b> Punto de equilibrio del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 2500 m2 .....	122

<b>Tabla 51</b> Punto de equilibrio del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 3000 m2 .....	122
<b>Tabla 52</b> Resumen del punto de equilibrio del cultivo acuaponico de pepino y tilapia desde 1000 m2 hasta 3000 m2.....	123
<b>Tabla 53</b> Flujo de caja del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 1000 m2 .....	125
<b>Tabla 54</b> Flujo de caja del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 1500 m2 .....	126
<b>Tabla 55</b> Flujo de caja del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 2000 m2 .....	127
<b>Tabla 56</b> Flujo de caja del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 2500 m2 .....	127
<b>Tabla 57</b> Flujo de caja del cultivo acuaponico de pepino y tilapia en 3000 m2 .....	128
<b>Tabla 58</b> Resumen de indicadores ratios de evaluación económico y financiero del flujo de caja del cultivo acuaponico de pepino y tilapia desde 1000 m2 hasta 3000 m2.....	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Tilapia.....	33
<b>Figura 2:</b>	Configuración típica de un sistema acuapónico .....	42
<b>Figura 3:</b>	Construcción del invernadero.....	60
<b>Figura 4:</b>	Invernadero cubierto con material traslúcido.....	60
<b>Figura 5:</b>	Fijación de los tubos de PVC .....	62
<b>Figura 6:</b>	Se instaló estanques de 1000 lt cada uno.....	63
<b>Figura 7:</b>	Acondicionando el biofiltro .....	65
<b>Figura 8:</b>	Poniendo el sustrato para las bacterias .....	65
<b>Figura 9:</b>	Instalación del biofiltro y decantador .....	66
<b>Figura 10:</b>	Diseño genérico de un sistema NFT. ....	66
<b>Figura 11:</b>	Preparando la cama para el pepino .....	67
<b>Figura 12:</b>	Sembrado de los esquejes de pepino .....	68
<b>Figura 13:</b>	Colocación de los plantones a los tubos .....	71
<b>Figura 14:</b>	Adaptación y crecimiento de la raíz de pepino.....	72
<b>Figura 15:</b>	Crecimiento del follaje de los plantones.....	72
<b>Figura 16:</b>	Acondicionamiento con hilos de rafia.....	73
<b>Figura 17:</b>	Toma de medidas .....	73
<b>Figura 18:</b>	Crecimiento de las flores .....	73
<b>Figura 19:</b>	Crecimiento de las flores y posterior fruto .....	74
<b>Figura 20:</b>	Crecimiento de los plantones .....	86
<b>Figura 21:</b>	Floración del pepino.....	932
<b>Figura 22:</b>	Muestreo de medición de la talla de la raíz de pepino .....	99

<b>Figura 23:</b>	Calidad Microbiológica y Físicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – 2015.....	101
<b>Figura 24:</b>	Ubicación de 04 pozos en Viñani .....	101
<b>Figura 25:</b>	Multiparámetro utilizado en el muestreo de la calidad .....	1043
<b>Figura 26:</b>	Contenido de amoníaco en los diferentes tratamientos. ....	1076
<b>Figura 27:</b>	Contenido de nitrito en los diferentes tratamientos. ....	110
<b>Figura 28:</b>	Contenido de nitrato en los diferentes tratamientos. ....	114
<b>Figura 29:</b>	Evaluación y muestreo de talla y peso de tilapia.....	1165
<b>Figura 30:</b>	Talla de las Tilapias acuopónicas. ....	1198
<b>Figura 31:</b>	Resumen del punto de equilibrio acuopónico.....	123
<b>Figura 32:</b>	Resumen de la evolución de la TIR, según área utilizada .....	131

## RESUMEN

El objetivo de investigación fue determinar el balance de biomasa entre la densidad de la tilapia *Oreochromis niloticus* y pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique), que genere rentabilidad económica en Tacna, los objetivos específicos fueron: obtener biomasa de pepino dulce a partir de efluentes del cultivo de tilapia, previo procesamiento por bacterias en biofiltros, y calcular la rentabilidad. La investigación fue tipo aplicada y experimental con cuatro tratamientos: T1 con 90 peces/30 plantones, T2 con 60 peces/30 plantones, T3 30 peces/30 plantones y un grupo de control T4 de 30 plantones con sustancia nutritiva hidropónico. Los resultados obtenidos con diseño ANOVA utilizando estadístico de SPSS, contrastando la hipótesis con prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey, con  $\alpha = 0.05$ , obteniéndose una media de 84.05 cm la talla en T1, 83,73 cm en T2, 83,2 cm en T3 y 84,5 cm en T4; la biomasa de los frutos fue de 168.16 g en T1, 135,2 g en T2, cero en T3 y 190,1 g en T4, la longitud de raíces en algunos casos llegó a medir 36,6 cm. La calidad de agua se evaluó con un equipo multiparámetro modelo HI 9829 marca HANNA, los resultados indican que están en el rango aceptable para la tilapia y cultivo de pepino dulce, siendo la T° 25.6 °C, Amoniacos NH<sub>3</sub> (mgL<sup>-1</sup>) y Nitrito NO<sub>2</sub> (mgL<sup>-1</sup>) es <1, Nitrato NO<sub>3</sub> (mgL<sup>-1</sup>) >10-<300, el Oxígeno O<sub>2</sub> 5 (mgL<sup>-1</sup>), sulfatos SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 82.7 (mgL<sup>-1</sup>), Cloruros Cl<sup>-</sup> 69,83 (mgL<sup>-1</sup>) y Bicarbonatos HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> 108.14(mgL<sup>-1</sup>). Se debe implementar 1000 m<sup>2</sup> produciendo 2737.26 Kg de pepino de biomasa en frutas y 2848.98 Kg de biomasa de tilapia, con un VAN = S/ 323,71 con TIR 15 %. Pero para 3000m<sup>2</sup> el punto de equilibrio es 5114.14 kg de pepino y 5322.88 kg de tilapia, con un VAN S/. 73058 y una TIR del 55 %, Concluyéndose que la mejor opción es el T1, porque P calculado en pesos de los frutos es 0,056 mayor al  $\alpha = 0,05$ . Se ratifica con el número de frutos donde el T1 y T4 muestra un P calculado de 0,78, recomendándose promocionar trabajos acuapónicos en la Región Tacna.

**Palabra clave:** Acuaponía y recirculación.

## ABSTRACT

The research objective was to determine the biomass balance between the density of the tilapia *Oreochromis niloticus* and sweet cucumber *Solanum muricatum* cultivated in an aquaponic system by nft (nutrient film technique), which generates economic profitability in Tacna, the specific objectives were: obtain biomass of sweet cucumber from effluents of the tilapia culture, after processing by bacteria in biofilters, and calculate the profitability. The research was applied and experimental type with four treatments: T1 with 90 fish / 30 seedlings, T2 with 60 fish / 30 seedlings, T3 30 fish / 30 seedlings and a control group T4 of 30 seedlings with hydroponic nutrient substance. The results obtained with ANOVA design using SPSS statistics, contrasting the hypothesis with Tukey's test of homogeneous subsets, with  $\alpha = 0.05$ , obtaining a mean height of 84,05 cm in T1, 83,73 cm in T2, 83.2 cm in T3 and 84.5 cm at T4; the biomass of the fruits was 168.16 g in T1, 135,2 g in T2, zero in T3 and 190,1 g in T4, the length of the roots in some cases reached 36.6 cm. The water quality was evaluated with a multiparameter equipment model HI 9829 brand HANNA, the results indicate that they are in the acceptable range for tilapia and sweet cucumber cultivation, being the  $T^{\circ} 25,6^{\circ} C$ , Ammonia  $NH_3$  (mgL-1) and Nitrite  $NO_2$  (mgL-1) is  $<1$ , Nitrate  $NO_3$  (mgL-1)  $> 10$ -  $<300$ , Oxygen  $O_2$  5 (mgL-1), Sulfates  $SO_4^{2-}$  82,7 (mgL-1), Chlorides  $Cl^-$  69,83 (mgL -1) and Bicarbonates  $HCO_3^-$  108.14 (mgL-1). 1000 m<sup>2</sup> should be implemented producing 2737.26 Kg of cucumber of biomass in fruits and 2848.98 Kg of tilapia biomass, with a NPV = S / 323.71 with IRR 15 %. But for 3000m<sup>2</sup> the equilibrium point is 5114.14 kg of cucumber and 5322.88 kg of tilapia, with a NPV of S /. 73058 and an IRR of 55%, concluding that the best option is T1, because P calculated in fruit weights is 0.056 greater than  $\alpha = 0,05$ . It is ratified with the number of fruits where T1 and T4 show a calculated P of 0,78, recommending promoting aquaponic works in the Tacna Region.

**Keyword:** Aquaponics and recirculation

## INTRODUCCIÓN

Temas cubiertos en esta investigación de balance de biomásas en un sistema de acuaponía, que se puede definir la cantidad de peces en biomasa necesarios para sostener una cantidad de plantas en biomasa, para esto se revisó diferentes publicaciones de investigaciones, revistas científicas, tesis, boletines y experiencias de productores de peces acuapónicos a nivel internacional, nacional y regional; con la información obtenida desde 2003 al 2017 se realizó una matriz de datos en orden cronológico a partir de la fecha más reciente de publicaciones.

La característica principal de la simbiosis de pescado y hortalizas es una tecnología de producción sostenible que puede combinar la producción de pescado (acuicultura) con la producción de hortalizas o plantas ornamentales en el agua sin utilizar tierra (hidroponía), bajo costo y alta rentabilidad. Resaltando que la simbiosis de pescado y verduras es un sistema agrícola, no necesita abono ni fertilizantes, las plantas se nutren a base de las heces de los peces, el tamaño de los peces varía en la cantidad que se utilizan si se usan peces comestibles se nutren aún más, se nutren a través de las raíces de las plantas, las heces se usan para llenar el agua de nutrientes con la que se riegan las plantas, o solo se puede tener el agua con los nutrientes para que sea absorbida por las raíces. Este sistema sirve para cosechar alimentos completamente orgánicos.

Actualmente la humanidad enfrenta problemas de seguridad alimentaria y escases de agua dulce, de la cual nuestro país no es ajeno a este problema y muy especialmente nuestra región. Actualmente existe en el mundo, especialmente en los países en desarrollo, la industria de la acuicultura ha cifrado muchas expectativas y opciones de producción como una forma de promover la producción de alimentos, optimizar el uso de los recursos naturales y reducir la pobreza. En comparación con otros países de la región, Perú tiene

un bajo nivel de desarrollo de la acuicultura y solo apunta a unas pocas especies. Solo el 24 % del área de acuicultura corresponde a la acuicultura continental; esto puede deberse a la falta de tecnología en los procesos de cultivo, cosecha y postcosecha. La simbiosis de peces y vegetales es una solución al problema de la inseguridad alimentaria, la escasez de agua utilizada en la piscicultura y la agricultura, y también una solución al área árida que necesita desarrollarse a través de esta tecnología biológica para el desarrollo de especies, es decir será una opción de solución para las regiones de Moquegua y Tacna, que carecen de agua en las épocas de estiaje.

La investigación de esta problemática nos ha permitido definir el objetivo de este trabajo: proponer un producto alternativo innovador llamado acuaponía, y cómo producirlo de forma sencilla, describiendo las ventajas, desventajas y precauciones.

Por lo cual, para lograr los objetivos del proyecto, construido el sistema de cultivo orgánico a través de la acuaponía, con la finalidad de realizar los trabajos experimentales diseñados con materiales y métodos del proyecto de investigación, la que nos permitió controlar diversos parámetros y generar principalmente compromisos sociales para implementar este método de producción entre los vecinos de la comunidad para que las familias puedan obtener alimentos saludables y frescos en el hogar de ser el caso, muy especialmente cambiar el tema de producción del agricultor de la Región Tacna, considerando que el recurso del agua es bastante escaso.

Para este trabajo de investigación, los materiales biológicos utilizados fueron peces como las tilapias y plantas en este caso el pepino dulce; el pescado más utilizado en la simbiosis pescado-vegetal es la tilapia (*Oreochromis spp.*) porque tiene un ciclo corto desde el nacimiento hasta la cosecha (seis meses a nueve meses), puede tolerar fluctuaciones severas en la calidad del agua y puede resistir un bajo contenido de oxígeno (Iturbide-Dormon, 2008; Falcón, 2010; citado por (Gómez-Merino et al., 2015).

Asimismo, se consideró como plantas sometidas al experimento los pepinos dulces, debido a que han florecido en hidroponía debido a su rápido crecimiento y demanda de calor, agua y nutrientes. Estas son una de las plantas de mayor rendimiento que generalmente se cultivan en invernaderos. Uno de los aspectos más significativos de cultivar pepinos, es la frescura de los productos cosechados. La mayoría de los pepinos que se consumen hoy en día tienen cáscaras finas, pierden humedad en la pulpa y requieren un exceso de envases de plástico y refrigeración para su transporte y venta. Comer pepinos frescos trae jugosas y agradables sorpresas a quienes son los primeros en cultivar pepinos, para el presente trabajo de investigación se ha elegido pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas actualmente por los agricultores de Tacna.

En ese contexto se ha diseñado un trabajo experimental donde interviene la manipulación de variables como es la independiente, asimismo existen tres experimentos y un grupo de control, para la cual se ha determinado que en los tratamientos son: T1=90 peces/30 plantones, T2= 60 peces/30 plantones, T3 30 peces/30 plantones y un grupo de control que está conformado por un sistema hidropónico para 30 plantones. Esto considerando que la investigación experimental es cualquier investigación realizada utilizando métodos científicos, en la que un conjunto de variables permanece sin cambios, mientras que el otro conjunto de variables se mide como un objeto experimental. Nuestra investigación experimental es uno de los métodos de investigación cuantitativa, porque se ha cuantificado los resultados.

El trabajo de investigación actual incluye la distribución de sus contenidos diferenciándolos por capítulos como son:

Capítulo I iniciamos con el planteamiento del problema describiendo y formulando el problema de investigación, siendo el problema principal ¿Cuál es el balance de biomasa entre la densidad de la tilapia *Oreochromis niloticus* y pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en un sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique), generando rentabilidad económica en Tacna?

Capítulo II el marco teórico, donde se desarrolla los antecedentes y bases teóricas de la acuaponía y la definición de términos que permiten definir conceptos de términos que se utilizan en el trabajo realizado.

Capítulo III se ha definido la metodología, en este capítulo se ha desarrollado el tipo y el diseño de la investigación, determinando la cantidad de población y muestra, operacionalización de variables, las técnicas y los instrumentos para la recolección de los datos, procesamiento y análisis de procesamiento de datos.

Capítulo IV desarrollamos el marco filosófico según el enfoque filosófico analizado por Zamitiz H. (2016), la definición de epistemología: Es una rama de la filosofía cuyo objeto de investigación es el conocimiento.

Capítulo V determinándose la biomasa y productividad de pepinos con diferentes efluentes de acuaponía, calidad de agua y acción bacteriana en biofiltros de acuaponía con las aguas residuales de cultivo de tilapia, productividad y tasa de crecimiento de la tilapia con un sistema acuapónico y pepino dulce, punto de equilibrio y evaluación económica de la acuaponía de tilapia y pepino dulce.

Capítulo VI se contrastan los resultados con las diferentes investigaciones, donde no exista coincidencia o similitudes de parámetros físicos, químicos y biológicos.

Capítulo VII donde se narra la presentación de hallazgos de la investigación, es decir la conclusión, las que están relacionados con el problema y objetivos fijados en el proyecto de investigación.

Capítulo VIII se citan algunas recomendaciones que nos permitieron plantear después de haber definido la conclusión.

Capítulo IX en esta parte del trabajo se presenta de manera ordenada y alfabética todos los materiales bibliográficos consultados y referidos en la investigación desde la presentación del proyecto hasta elaborar el informe final.

Capítulo X finalmente en este punto se presentan algunas tablas, cuadros o figuras que no se incluyeron dentro del contenido directo de la investigación porque eran extensos; sin embargo, tienen relevancia en el presente estudio.

## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

##### **1.1.1 Antecedentes del problema**

En tiempos antiguos en Malasia, se implementó un sistema de cultivo integrado desde la década de 1930, produciendo peces en arrozales y sistemas de estanques y cerdos (Ahmad, 2003). China tiene una larga historia de piscicultura integrada. Documentos escritos de los siglos I y II a.C. Registrar la integración de plantas acuáticas y piscicultura. Desde el siglo IX, varios documentos han indicado que los peces se crían en los arrozales. Los registros muestran que desde el siglo XIV hasta el siglo XVI, la rotación de cultivos de peces y pastos, el cultivo de estanques de peces en terraplenes con moral en la década de 1620, la integración de la cría de peces y animales, y el desarrollo de un complejo sistema de múltiples actividades. Agricultura (Yang et al., 2003). Los aztecas practicaron un método de co-cultivo temprano al criar peces junto a los cultivos. Construyeron islas artificiales llamadas "chinampas", pantanos y lagos poco profundos, y plantaron maíz, calabazas y otras plantas en ellas. Las vías navegables que rodean las islas se utilizan para la cría de peces. Reciclaje de desechos de pescado que caen al fondo del canal para fertilizar las plantas (Matus et al., 2009).

El primer experimento publicado en hidroponía se remonta a la década de 1970, donde se demostró que los desechos metabólicos producidos por los peces se pueden utilizar para el crecimiento de plantas a través de la hidroponía (Lewis, 1978, Caló citado, 2011). Sin embargo, no fue hasta la década de 1990 cuando se comenzaron a obtener datos específicos aplicables a la producción comercial. Rackocy es considerado uno de los investigadores más importantes del área. Basado en la Universidad de las Islas Vírgenes, ha desarrollado un

sistema de acuicultura que ha estado en operación por más de 25 años. Con estos sistemas se ha acumulado mucha experiencia y se han obtenido valiosos resultados para el desarrollo de actividades (Caló, 2011). En Argentina, algunas instituciones han comenzado a instalar sistemas de acuaponía con fines de investigación o educativos, por ejemplo, tres piscifactorías de la ciudad de Necochea en Buenos Aires han instalado este tipo de sistemas con fines educativos. El objetivo es promover la simbiosis de pescado y verduras.

### **1.1.2 Problemática de la investigación**

La pesca marina y de aguas continentales disminuyen cada año, los productos hidrobiológicos son cada vez más escasos, y los precios también se elevan considerablemente; la acuicultura es una alternativa viable de proveer productos hidrobiológicos tanto en el ámbito marino y continental, pero en las Regiones de Tacna y Moquegua el desarrollo de la acuicultura en la costa es muy incipiente, las únicas entidades que se dedican a la acuicultura experimental marina son el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) en Ilo y el Fondo de Desarrollo Pesquero (FONDEPES) en el Centro Acuícola de Morro Sama Región Tacna. Asimismo, en las Regiones de Tacna y Moquegua el primer problema actual es el déficit de agua para consumo humano, la actividad agropecuaria y otras actividades económicas; existen conflictos sociales en diferentes zonas por el agua, específicamente con la actividad minera.

La principal razón de la reducción de recursos hidrobiológicos es la sobre carga en el esfuerzo de pesca, ya sea en aguas continentales u oceánicas. Por otro lado, el cambio climático está agudizando con la escasez de agua dulce, debido a la emisión de gases químicos a la atmósfera por la actividad industrial emprendido por el hombre sin el cuidado necesario, generando el calentamiento global y deterioro de la capa de ozono. Por lo tanto, también se debe tener en cuenta, que el fomento de la acuicultura en el Perú no ha sido efectiva tanto por el gobierno central, regionales y locales; algunas iniciativas realizadas no han

tenido la seriedad ni la aplicación de técnicas adecuadas, fueron ejecutados básicamente con matices políticos.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) espera que la producción acuícola juegue un papel decisivo en las próximas décadas para compensar el estancamiento de la pesca de captura y satisfacer la creciente demanda de productos acuáticos. De la Torre Villanueva, A. (27 de noviembre del año 2016 en el diario la República), la Autoridad Nacional del Agua señala que, en la Región Tacna, las precipitaciones se han reducido en los últimos cinco años, situación que afecta al consumo humano y al agro. La falta de plantas de tratamiento de efluentes provenientes de diferentes actividades como la industria, hotelería, minería, agrícolas, ganaderas y las acuícolas, ocasionan daño al medio ambiente, al medio que descargan como son ríos, lagos, océanos, suelo abierto o subterráneo, a través de las denominadas fosas sépticas y vertederos.

Ante esta situación la acuaponía es una alternativa viable, considerando que es un sistema de producción integrado que vincula un sistema de recirculación acuícola (RAS) y un sistema de producción agrícola sin suelo (hidroponía), en este sistema cultivando plantas y peces integralmente; los desperdicios de los peces proveen nutrientes para las plantas y estas filtran naturalmente al agua en donde habitan los peces siendo parte de los sistemas de producción rentables denominados cultivos sin suelo. Este sistema es una solución ante la escases de agua y la falta de suelos para la agricultura, el sistema de NFT (Nutrient Film Technique) que, traducido significa "la técnica de la película de nutriente", es el sistema hidropónico de circulación de cultivos más popular del mundo. Según, Argentina Hidroponía (2013), descrito en [www.argentinahidroponia.com](http://www.argentinahidroponia.com); describe que fue desarrollado por el Dr. Allan Cooper del Reino Unido en la década de 1960. Desde entonces, el sistema se ha utilizado principalmente para la producción de hortalizas grandes y medianas, como lechuga, acelga, etc.; con una buena calidad de producción en gran y

mediana escala; pero para una producción adecuada es saber el balance de biomasa con una cantidad de peces por biomasa con la densidad de plantas que esta puede sostener apropiadamente con los nutrientes adecuados, formulación. Anexo N°11 y 12.

Es de conocimiento que todo emprendedor o inversionista necesita saber de antemano si un nuevo producto o una nueva empresa generarán ganancias y en qué nivel comenzará la misma. Por lo tanto, se necesita conocer la rentabilidad o no en una inversión, para calcular se puede usar el análisis de punto de equilibrio (break even point). Este es un análisis financiero, denominado por algunos autores como punto umbral de rentabilidad la empresa ingresa al área de ganancias, en consecuencia, por debajo de sus costos no están cubiertos a continuación, esto se convierte en un punto de referencia. Los aumentos en las ventas pueden generar ganancias, pero las reducciones también pueden generar pérdidas. (Zavaleta, 2004). Asimismo, es necesario considerar la rentabilidad en toda actividad para caracterizar la eficiencia económica del trabajo de la empresa. Sin embargo, el beneficio no es un fin en sí mismo, sino una condición importante para mejorar la productividad y satisfacer más plenamente las necesidades de toda la sociedad. (Brealey, 2007).

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Por todo lo descrito, esta investigación tiene como fin evaluar el balance de la biomasa entre una densidad peces de tilapia *Oreochromis niloticus* y plantas como el pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en un sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique) para una producción limpia, integral y sostenible.

### **1.2.1 Problema Principal**

¿Cuál es el balance de biomasa entre la densidad de la tilapia *Oreochromis niloticus* y pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en un

sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique), que genere rentabilidad económica en Tacna?

### **1.2.2 Problemas secundarios**

- ¿Cuánto de biomasa de pepino dulce se genera a partir de efluentes acuícolas (desechos orgánicos de alimentos no consumidos, heces y orina de organismos acuáticos) de crianza de tilapia, en sistema de acuaponía NFT a diferentes densidades de peces?

- ¿Se puede procesar por la acción de bacterias en biofiltros de acuaponía los efluentes de cultivo de tilapia que contienen amonio (Nitrosomonas) y nitritos (Nitrobacter) sustancias tóxicas, (desechos orgánicos de alimentos no consumidos, heces y orina de organismos acuáticos) en nitrato como abono natural para el pepino dulce?

- ¿Cuál es la productividad y tasa de crecimiento de tilapia en sistema controlado de depósitos para la acuaponía?

- ¿Cuál es el punto de equilibrio de costos e ingresos del balance de biomasa entre la densidad de tilapia y pepino dulce, para un escalamiento comercial que genere rentabilidad económica de la acuaponía, en peso fresco total en la Ciudad de Tacna?

### **1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Relevancia técnico científico: Si se conoce el balance de biomasa entre la densidad de tilapia y el número de pepinos con la tecnología de la acuaponía, permitirá una producción sostenible de plantas y peces en un medio ambiente simbiótico, con un reducido consumo de agua que permitirá escalar comercialmente en la Región de Tacna, se ha elegido el pepino dulce, porque biológicamente su producción es en los meses calurosos o de verano, siendo una fruta estacional, a la vez al incrementarse la temperatura de las estaciones de primavera y verano, favorece enormemente el crecimiento y desarrollo de la

tilapia, debido a que es una especie de origen tropical, por lo cual se acompañan plenamente con el pepino, puesto que en otras especies como la lechuga su crecimiento es solamente de 45 días, periodo que no permite crecer a la tilapia hasta alcanzar una talla comercial, sin embargo en caso del pepino dulce tiene una ventaja técnica, puesto que la madurez de la primera producción llega a los 90 días, sin embargo se sigue cosechando un segundo recojo, tercera hasta cuarta cosecha, con lo cual se llega tranquilamente a los cinco meses de crecimiento que requiere mínimamente la tilapia para alcanzar la talla comercial.

Desde una perspectiva económica se genera la reutilización del agua, que logrará la disminución de costos, ya que es un cultivo en sistema cerrado donde se puede volver a utilizar tras un tratamiento físico, químico y biológico. La producción de acuicultura convencional ocupa mucho espacio para sus operaciones, en cuanto a la acuaponía, su modernización puede mejorar la eficiencia del espacio y permitir el cultivo a gran escala en un espacio pequeño. En el sistema de siembra convencional el tiempo de cosecha es de 15-18 meses, mientras que en el sistema acuapónico el tiempo de cosecha es de hasta 9 meses, dependiendo de la variedad y tipo.

Social y ambientalmente es un tema de seguridad biológica. En estos sistemas acuapónicos se gestiona en un sistema completamente cerrado y controlado. El manejo controlado puede prevenir la entrada de parásitos y/o bacterias que pueden dañar el cultivo de peces y plantas. Entonces la acuaponía es más eficiente que las piscigranjas tradicionales. Proporciona una mejor calidad del producto final, tiene dos tipos de productos de pescado y vegetales, es altamente escalable y se puede producir según la especie como es la tilapia, todo esto con producción limpia.

Es importante la acuaponía porque una opción ecológica y rentable. Una sorprendente combinación de cultivo de peces e hidroponía como método de suministro de agua y nutrientes a las plantas sin tierra.

También es importante la acuaponía porque tiene una serie de características beneficiosas para el medio ambiente, por lo que es un sistema de producción sostenible. Algunas de sus ventajas son las siguientes: uso eficiente del agua fertilizante orgánico, sin suelo, cercano al mercado.

#### **1.4. ALCANCES Y LIMITACIONES**

Los alcances de esta investigación son para el cultivo en sistema acuapónico del cultivo de la tilapia y la utilización de sus efluentes en cultivos agronómicos de pepino dulce. Sus limitaciones se centran básicamente en un mayor tiempo y una financiación de actividades innovadoras como es la hidroponía, debido a que para la fase de investigación experimental se requiere una inversión importante y la concurrencia de diferentes técnicas en sistemas de tecnificación de materiales agrícolas y acuaristas que conocen el manejo en cautiverio con diversos equipos; asimismo, otra limitación fue el área geográfica. Es debido a que está alejado de los centros de producción de semilla de alevinos de Tilapia, por lo que se acondicionó en la Ciudad de Tacna, Distrito de Gregorio Albarracín.

#### **1.5 OBJETIVOS**

##### **1.5.1 Objetivo general**

Determinar el balance de biomasa entre la densidad de la tilapia *Oreochromis niloticus* y el pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en un sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique) que genera rentabilidad económica, Tacna 2017.

##### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Calcular la biomasa y productividad de pepino dulce que se generará a partir de efluentes acuícola (desechos orgánicos del alimento no

consumido, heces y orina de organismos acuáticos) de crianza de tilapia, en sistema de acuaponía NFT a diferentes densidades de peces.

- Desarrollar el procesamiento de la acción bacteriana en biofiltros de acuaponía, los efluentes de cultivo de tilapia que contienen amonio (Nitrosomonas) y nitritos (Nitrobacter) sustancias tóxicas (desecho orgánico del alimento no consumido, heces y orina de organismos acuáticos) en nitrato como abono natural para el pepino dulce.

- Evaluar la productividad y tasa de crecimiento de tilapia en sistemas acuapónicos con distintas densidades de peces y plantas con inyección continua a diferentes dosis de NFT.

- Determinar el punto de equilibrio de costos e ingresos del balance de biomasa entre la densidad de tilapia y pepino dulce, para un escalamiento comercial que genere rentabilidad económica de la acuaponía, en peso fresco total (PFT) y peso fresco económico (PFE) en Tacna.

## **1.6 HIPÓTESIS**

El balance de biomasa entre la densidad de tilapia *Oreochromis niloticus* y el pepino dulce *Solanum muricatum* cultivados en un sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique), es mayor del promedio de un pez por planta, es decir una biomasa de 30 peces tilapia con 30 plantones pepino dulce.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO**

##### **2.1.1 A nivel internacional**

En un trabajo de investigación realizado en México, Reyes y Gonzales (2016), determinaron que la proporción de pescado vegetal es adecuada para la producción de tomate. En un tanque de 450 litros de agua se sembraron alevines de tilapia con un peso inicial de 0.45 gramos en tres metros cúbicos con densidades de 120, 80 y 40 respectivamente. Alimentación diaria de peces a una tasa del 7 % del peso corporal de cada pez todos los días. Se utilizó comida comercial con 46 % de contenido de proteína durante un mes y 28 % de proteína en los dos meses restantes. Diez días después de la siembra de los peces, se trasplantaron un total de 48 plántulas de tomate en tres camas de cultivo (16 plantas por cama). La tasa de supervivencia de los peces fue del 100 %, el factor de conversión alimenticia es de 1.18 y el peso final de cada pez fue de 62 gramos. Con una proporción de 20: 1 se pueden obtener plantas con un tallo promedio de 160,6 cm, entre las que se encuentran más frutos (9), y un rendimiento promedio de 2,5 kg pta-1. La concentración de nutrientes en el agua está por debajo del límite permitido, pero el bajo contenido de potasio y la falta de hierro y boro después de 90 días han afectado el crecimiento de las plantas.

Guerra D. et Al. (2015), en un trabajo de investigación: "Hacia la Seguridad Alimentaria para campesinos pobres en Guatemala: Evaluación de la Producción de Alimento en Sistema acuapónico de Tilapia y Plantas autóctonas de Guatemala", determinó la adaptabilidad y rendimiento de 8 plantas nativas de Guatemala en sistema de acuaponía. Se necesitaba siete módulos acuopónicos para albergar 80 plantas y 25 tilapias (*Oreochromis niloticus*). Este estudio incluyó, con plantas de apazote (*Dysphania ambrosioides*), macuy (*Solanum*

nigrescens), amarantos (*Amaranthus* sp), bleado (*A. cruentus*), chipilín (*Crotalaria longirostrata*, chipilín montés (*C. vitellina*) ayote (*Cucurbita argyrosperma*) y güicoy (*C. pepo*). El periodo de evaluación se realizó en 60 días. Se anotó la supervivencia (S), tamaño (T), peso (P) y biomasa o rendimiento (B) de las plantas y los peces al inicio y final de su periodo experimental. Siete de las especies están adaptadas, el módulo acuapónico experimental. La planta con mayor crecimiento fue el ayote, siguiendo el macuy y el güicoy. Se observaron algunas diferencias en la altura ( $p=0.00001$ ) y el rendimiento ( $p=0.00001$ ) de las variedades de las plantas. Biomasa de tilapia por tanque fue =  $730g \pm 75.2$ .

Rubio, S. (2012), en su tesis de investigación: “Análisis técnico de producción de tilapia *Oreochromis niloticus* y lechuga acrópolis *Lactuca sativa* en acuaponía”, ha concluido que las tilapias cultivadas en tratamiento de circulación constante alcanzaron un peso final total de 178 kg, con una biomasa de 8.48 kg/m<sup>3</sup>. Otro tratamiento con recambio parcial de agua tiene un peso total de 156.27kg, con una biomasa de 7.44 kg/m<sup>3</sup>. Dando como resultado un mayor crecimiento y supervivencia en las lechugas sembradas en hidroponía, en el tratamiento de productividad de la tilapia sin recirculación con recambio y mayor crecimiento que el control 100 % tierra. Se recomienda el realizar el método de recirculación sin recambio, ya que el método reduce el 5.40 % del fósforo (PO<sub>4</sub>), 21.25 % de nitritos (NO<sub>2</sub>) y 32.37 % de nitratos (NO<sub>3</sub>). Debido a que desechó en sistema tradicional sin recirculación con recambio un total de 115m<sup>3</sup> de agua del cultivo de tilapia.

Olmo A. y Cañada B. (2012), en la Universidad Autónoma de Chapingo de México, en su trabajo de Tesis titulada: “Métodos de Cultivo Hidropónico de Jitomate bajo Invernadero Basado en Doseles Escaleriformes”. Esta investigación concluye que el mejor rendimiento por unidad de superficie obtenido en doseles escaleriformes despuntados a tres racimos se debió a la cosecha de un mayor número de frutos por unidad de superficie, relacionado directamente con mejor índice de área foliar.

Iturbide K. (2008), en su trabajo de investigación desarrollada: “Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación” en la Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad de Ingeniería, los resultados muestran que existen diferencias significativas en la composición física y química de las aguas residuales entre sistemas de producción, especialmente para las variables: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total (NT), Fósforo Total (PT), Color, Nitritos (NO<sub>2</sub>), Amonio (NH<sub>4</sub>) y Sólidos Sedimentables. De manera similar, aunque no se ha demostrado estadísticamente, existen diferencias entre los puntos de muestreo entre sistemas. El agua afluente, el agua residente del sistema y el agua descarga no son iguales entre sistemas de producción La alta tasa de cambio y el bajo período de retención del agua en el sistema abierto minimizan a cero el riesgo de contaminación ambiental de los metabolitos en las aguas residuales, mientras que el agua en el sistema semiabierto puede causar una alta contaminación a cultivos y plantas. Si la operación de remoción de agua de intercambio y sedimentos es incorrecta y el tiempo de retención de agua se prolonga, el ambiente receptor natural del agua utilizada, especialmente debido a la descarga de materia orgánica en sólidos en suspensión, provocará la concentración de nitrógeno, fósforo y la demanda de Oxígeno puede cambiar enormemente la actividad del sistema.

Sanchez-Aldana J. (2008), desarrolla un trabajo de investigación titulado: “caracterización del flujo de masa de un sistema cerrado, para el aprovechamiento de sus efluentes en hidroponia”, en ese estudio utilizó una ración de los nutrientes: el nitrógeno amoniacal total (NAT), el amonio no ionizado (NH<sub>3</sub>-N), los nitritos (NO<sub>2</sub>), el fósforo (P) y el potasio (K), por medio del análisis químico y un espectrofotómetro. Con las concentraciones se caracterizó el flujo de masa de SA y se elaboró un balance de masa de los nutrientes en un sistema hidropónico (SH), donde se cultivó la fresa *Fragaria ananassa* variedad camarosa, y un sistema de recirculación acuícola (SRA) donde cultivaron en

forma hiper-intensiva la tilapia nilótica *Oreochromis niloticus*. A lo largo del periodo experimental en el tanque de cultivo (TC), la entrada (E) y la salida (S) de SH, se encontraron los valores promedio de: la temperatura de 25.9°C, 24.8°C y 20°C, la conductividad eléctrica (CE) de 1.65 mS/cm, 1.643 mS/cm y 1.641 mS/cm, la [O<sub>2</sub>] de 5.5 mg/L, 5.7 mg/L y 7.9 mg/L, el pH de 7.04, 7.03 y 7.22, la [NAT] de 10.37 mg/L, 6.3 mg/L y 3.7 mg/L, la [NH<sub>3</sub>-N] de 0.052 mg/L, 0.022 mg/L y 0.021 mg/L, la [NO<sub>2</sub>] de 2.62 mg/L, 2.63 mg/L y 1.27 mg/L, la [P] de 4.48 mg/L, 4.41 mg/L y 4.27 mg/L y la [K] de 17.15 mg/L, 16.2 mg/L y 15.9 mg/L. La densidad inicial del SRA fue de 31.9 kg/m<sup>3</sup> y la finalización fue de 50.7 kg/m<sup>3</sup>. En SH cultivaron 400 plántulas utilizando la técnica de flujo de nutrientes (TFN) en 4 niveles con perlita como sustrato. Los resultados del balance de masa en SA indican valores promedio de NAT, NH<sub>3</sub>-N, NO<sub>2</sub>, P y K (mg/min) de producción en TC de: 243.4, 1.824, -0.7, 1.8 y 56; y valores de remoción en el biofiltro (B) de: 227.3, 1.817, 8.9, 0.84 y 54.3; y en SH de: 16.1, 0.007, 8.2, 0.96 y 1.7.

Baldomero H. y Nicolás Z. (2007), en la investigación de Tesis titulada: "Producción de Tomate Hidropónico con Sustrato, Bajo Invernadero". Logra obtener la conclusión en relación a los parámetros de calidad del fruto, teniendo como resultado que no hallaron diferencias estadísticas significantes entre los procedimientos.

Luna R. y Ticas V. (2007), desarrollaron un trabajo de investigación titulado: "Estudio de Prefactibilidad para la producción y Comercialización del Cultivo Hidropónico de Chile Dulce en el Municipio de Apastepeque" en El Salvador, este trabajo llega a la conclusión de que hay algunos campesinos que están interesados en la tecnología de cultivo hidropónico porque apenas han expandido el área de tierra, y mediante la práctica de este método, pueden aumentar el rendimiento sin comprar más tierra. quienes estarían realmente dispuestos Si reciben ayuda de las entidades, pueden implementar la tecnología, que siendo un elemento que puede incrementar el nivel de cultivo al convertirse en una extensión de las plantas hidropónicas.

Ulloa, M et al. (2005), manifiesta que, en la Universidad Autónoma de Guadalajara en México, han evaluado un sistema experimental de acuaponía, incorporando la producción de tilapia (*Oreochromis mossambicus*) y pepino (*Cucumis sativus*) durante 75 días. Los peces (90 g de peso promedio inicial) estuvieron en un tanque de 500 l, con una densidad de 0.6 peces/litro, mientras que 40 plántulas de pepino fueron sembrados en 2 camas con arena estéril. Las plantas se regaron con efluentes de las tilapias, con el sistema de recirculación de agua. Semanalmente se registraron las notas de concentraciones de amonio no ionizada, nitritos y nitratos. Finalizando el cultivo, los peces crecieron 25 g, en promedio, y la producción fue casi 5 kg de pepino. Las curvas de compuestos nitrogenados hicieron ver un flujo de nutrientes para plantas y aporte de agua sin niveles peligro de amonio y nitritos para los peces y plantas.

El primer experimento publicado en acuaponía se remonta a la década de 1970, donde se demostró que los desechos metabólicos producidos por los peces se pueden utilizar para el crecimiento de plantas a través de la hidroponía (Lewis, 1978). Sin embargo, no fue hasta la década de 1990 cuando se comenzaron a obtener datos específicos aplicables a la producción comercial. Rakocy (1999), es considerado uno de los investigadores más importantes del área, ubicado en la Universidad de las Islas Vírgenes, ha desarrollado un sistema de acuaponía que ha estado en operación por más de 25 años. Con el sistema se adquirió mucha experiencia y se obtuvieron valiosos resultados para el desarrollo de esta actividad, descrito por Caló, P. (2011), detallado en su publicación de “Introducción a la Acuaponía”.

### **2.1.2 A nivel Nacional**

Morales, A. (2019), desarrolla la tesis titulada: “Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris *oreochromis niloticus* y albahaca *ocimum basilicum*”, en la Universidad Nacional Federico Villareal; primero se realizó un experimento para evaluar la

productividad de la tilapia, la albahaca y la calidad del agua, y obtenga los siguientes resultados: peso inicial de la tilapia 3.88g, peso final 10.69g, peso inicial de la albahaca 1.2g, peso final 245.3g y la calidad (Amonio/amoniaco, Nitritos, Nitratos, dureza de carbonato, dureza total, pH y T°) fluctuó y estabilizó al final del cultivo sin muerte. El segundo cultivo en sí fue un experimento, que duplicó el rendimiento de albahaca en el mismo cultivo, se utilizó dos veces albahaca para uno de tilapia, cuyo resultado: peso inicial de la tilapia 6.08g, peso final 21.57g. Primera corrida de albahacas: peso inicial 3.0g, peso final 106.05g. Segunda corrida de albahacas: peso inicial 4.38g, peso final 158.33g y la calidad de agua tuvo un descenso significativo y mejorado en la concentración de nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) de 80 mg/L a 20 mg/L manteniéndose constante.

Culcos G. y Tucto C. (2018), presentan su trabajo de investigación titulado: "Producción de *Oreochromis niloticus* var. Chitralada "Tilapia gris" y *Lactuca sativa* "Lechuga" en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces" en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo, aplicando el Diseño Experimental de Estímulo Creciente, y tres tratamientos sin repetir, siendo el factor la densidad de peces: 167 peces/m<sup>3</sup> (T1), 250 peces/m<sup>3</sup> (T2) y 333 peces/m<sup>3</sup> (T3); con poblaciones de 50, 75 y 100 peces, correspondientemente, en tanques de fibra de vidrio con un volumen útil de 0,3 m<sup>3</sup>. Para cultivar las lechugas se utilizó el sistema de raíz flotante (SRF), sembrándose 20 lechugas por tratamiento, utilizando camas hidropónicas de 0,56 m<sup>2</sup>. La medida de crecimiento de los peces y las características físico-químicas las cuales fueron evaluadas cada mes, y cada tres meses (por campaña) el crecimiento de las lechugas. El efecto con respecto a la densidad de peces sobre el crecimiento de las tilapias y de las lechugas determinando a través del análisis de varianza y prueba de Tukey. El crecimiento de *O. niloticus* var. Chitralada afectado por la densidad de peces en relación indirecta, siendo mayor en 167 peces/m<sup>3</sup> (T1): 222,90 mm y 205,58 g; pero en relación directa con *L. sativa* que en las dos campañas mostró mejor crecimiento en el T3 (333 peces/m<sup>3</sup>) con promedios de: 203,50 mm (longitud de raíz), 306,00 mm (longitud de hoja) y 198,15 g (peso

fresco). El mejor factor de conversión, eficiencia alimenticia y rendimiento económico, correspondió la densidad de 167 peces/m<sup>3</sup> (T1).

Segura, S. y Balois R. (2017), realiza una investigación titulada: Producción acuapónica de *Lactuca sativa* "lechuga" utilizando efluentes del cultivo de *Oreochromis niloticus* "Tilapia gris" (línea chitralada), en laboratorio de la Facultad de Ciencias Universidad Nacional del Santa en Chimbote y usaron densidades de 200, 250 y 300 alevines m<sup>-3</sup> de agua. Los mayores crecimientos de *L. sativa* lo consiguieron a densidades de 300 alevines m<sup>-3</sup> de 2.67±0.53 gr, siendo significativamente superior ( $p < 0.05$ ) comparando con 200 y 250 alevines m<sup>-3</sup> presentaron promedios de 1.87±0.35 y 1.62±0.28. Al día 40 el mayor peso de las plantas correspondiente al tratamiento de 250 alevines m<sup>-3</sup> con valores de 4.33±0.10 gr y esto se mantuvo hasta el final del experimento, con la diferencia que el tratamiento de 200 alevines m<sup>-3</sup> tiene el mayor peso, y más mortalidad que el tratamiento de 250 y 300 alevines m<sup>-3</sup>. La mayor biomasa de *O. niloticus* correspondió al tratamiento de 300 alevines m<sup>-3</sup> con valores de 94.27±7.73. Concluyendo que el mejor tratamiento será el de 300 alevines m<sup>-3</sup>. Resalta confirmando la acuaponía como un medio alternativo de bajo costo para el cultivo de *L. sativa*.

Pilco, J. (2015), en su trabajo de investigación: "Comportamiento productivo de dos densidades de siembra de *Piaractus brachyomus* paco en un sistema acuapónico súper intensivo en IESPPB, 2015, en la Facultad de Ingeniería y Ciencias ambientales de la Universidad Nacional intercultural de la Amazonía, el propósito de este estudio fue evaluar las dos densidades de población del comportamiento de producción de la *Piaractus brachyomus* "Paco" en el sistema hidropónico ultraintensivo en el IESPPB. Durante el experimento de 120 días, el pez promedio peso fue de 10.1 gy 8.20 cm sembrados en 8 ambientes con una densidad de T1 = 50 peces / m<sup>3</sup>, repetida 4 veces, T2 = 75 peces / m<sup>3</sup>, repetida 4 veces. Se realizaron un total de 818 especies de peces. Las plantas que utilizaron fueron: Lechuga *Lactuca sativa*

"lechuga", *Licopersicum esculentum* "tomate" y col *Brassica oleracea* "repollo". Se cierran sobre 4 lechos de cemento de 7,5 metros. Las plantas se riegan con aguas residuales de *Brachyospira* "paco" a través de un sistema de reciclaje de agua. Registra la concentración de amoníaco ionizado, nitrito, nitrato, pH, temperatura y oxígeno disuelto cada 15 días. Al final del cultivo, los peces crecieron en T1 (70,65 gy 16,14 cm finales), FCA (1,8: 1), el rendimiento fue de 3,54 kg / m<sup>3</sup>, T2 (53,25 gy 14,58 cm finales), FCA (2,1: 1), El rendimiento es de 3,70 kg / m<sup>3</sup>. Los parámetros físicos y químicos del agua son: la temperatura superficial del agua varía de 25 a 29 ° C, con un valor promedio de 26,44 ± 1,33 ° C. El oxígeno disuelto se mantiene entre 3,1 y 6,5 mg / l; el valor medio es 4,86 ± 1,09 mg / lt. El valor de pH se encuentra entre 6.21 y 7.40, y el promedio general es 6.97 ± 0.40. El amonio (NH<sub>3</sub>) se mantiene entre 0.0 y 0.09 mg / l; el valor promedio de nitrito (NO<sub>2</sub>) es 0.08 ± 0.03 mg / l, mantenido entre 0.0 y 0.6 mg / l; el valor promedio es 0.30 ± 0.20 mg / lt, el nitrato (NO<sub>3</sub>) se mantiene entre 0.0 y 60 mg / l; el valor promedio es 42.78 ± 19.20 mg / lt. Durante las pruebas, permanecieron dentro del rango requerido para la especie. El comportamiento de producción de *Zinnia Piaractus brachipomus* "Paco" mostró diferencias significativas entre los diferentes tratamientos, siendo el tratamiento más efectivo el T1. La calidad del agua afecta el comportamiento de la producción. Los parámetros levemente excedidos permitidos por esta especie son oxígeno disuelto (O.D) y temperatura (T). Aquellos que se ven levemente afectados para lograr mayores tasas de crecimiento unitario y tasas de conversión de alimentos El crecimiento de esta especie responde bien al cultivo de 50 peces / m<sup>3</sup> en el sistema acuapónico.

Moreno, E. y Zafra A. (2014), fueron publicados en la "Revista de Ciencias de la Facultad de Ciencias Biológicas". Un artículo de la Universidad Nacional de Trujillo "Sistema Acuático para el Cultivo de Lechugas, Alfalfa y Tilapia Aguas Residuales del Cultivo de Tilapias", el resumen describe que la investigación se realizó en un sistema acuático conformado por cinco, se compone de una tubería de PVC con capacidad para 50 lechugas, utilizando

tecnología Circulating Nutrient Fluid (NFT). Se evaluaron dos métodos de tratamiento; T1: agua enriquecida con 50 tilapia roja, *Oreochromis sp.* Y T2: agua rica en 25 tilapia roja, registrar los datos de longitud de hoja (HH) y longitud de raíz (HR) de lechuga, muestreo una vez cada dos semanas y cultivo durante 90 días por tratamiento. En T1, HH es de 16,6 cm y la humedad relativa es de 16,4 cm, mientras que en T2, HH es de 11,1 cm y HR es de 16,3 cm. Además, la tasa de crecimiento y la tasa de crecimiento específico (TC y TEC) de la hoja T1 (0,15 cm / día; 1,98 % / día) son superiores a las de las raíces (0,16 cm / día; 2,45 % / día) Tasa (TC y TEC). También se obtuvo el mayor incremento en peso fresco total (PFT) y peso fresco económico (PFE), registrándose los valores promedio de 118.20 g / planta y 94.40 g / planta, y una rentabilidad de 2.261 kg / m<sup>2</sup>, que puede deberse a la influencia de la temperatura ambiente y el pH. Se encontró una diferencia significativa entre la longitud de la hoja y el peso fresco total, pero no hubo diferencia en la longitud de la raíz entre los tratamientos. La conclusión es que T1 logró un mayor crecimiento de alfalfa en el sistema hidropónico.

El Ing. Juan Fernando Gómez Valenzuela, en YouTube muestra el desarrollo de proyectos de ACUAPONIA en sistema NFT desarrollados en ICA-PERU en los años (2012-2013), donde describe que cultivó hortalizas orgánicas (albahaca, lechuga, huacatay, cebollita china, culantro, ají, entre otros) más peces tilapia roja y azul. También describe que es una producción orgánica y ecológica, sin uso de fertilizantes químicos, solo se alimentan a los peces con harina de pescado paletizada y se hace recircular el agua de la piscina de los peces hacia los cultivos (con una bomba eléctrica de 0.5 HP). No se hace recambio de agua, solo se rellena de vez en cuando el nivel del agua según el uso consuntivo del sistema. Las raíces de las plantas toman los nutrientes del agua (pasada previamente por un filtro) y esta retorna ya libre de impurezas, nuevamente a la piscina de los peces. Estos trabajos de investigación en ACUAPONIA ejecutados en los años (2012-2013), constituyen según el autor el primer proyecto de ACUAPONIA realizado por un particular en el Perú.

### 2.1.3 A nivel Regional

Gómez R. (2013), desarrolló una investigación titulada: “Efecto de tres niveles de densidad (peces/m<sup>2</sup>) en el período de juveniles a adultos de tilapia (*Oreochromis niloticus*) cultivados en tanques de eternit en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – 2013”, determinó el efecto de las densidades de siembra (5 peces/m<sup>2</sup> ; 10 peces/m<sup>2</sup> y 15 peces/m<sup>2</sup> ) sobre las tasas de crecimiento absoluto (TCA), relativo (TCR) y específico (TCE) de talla y peso de juveniles de Tilapia. Se utilizó el diseño de tipo factorial de una sola variable con tres niveles y nivel de significancia  $P < 0,05$ . El resultado del experimento fue significativo para la talla ( $p$  valor  $< 0,05$ ) bajo condiciones de densidad de 15 peces/m<sup>2</sup>; asimismo también fue significativo ( $p$  valor  $< 0,05$ ) para el peso, donde se obtuvo la mayor ganancia para el tratamiento de 15 peces/m<sup>2</sup>. Los parámetros físicos y químicos del agua, durante el período de crecimiento, no son muy dispersos tanto para la temperatura como el pH, aunque el contenido de oxígeno muestra un rango superior al recomendado. La densidad que mejores condiciones de crecimiento, tanto en talla como en peso, resultó máxima para la densidad de 15 peces/m<sup>2</sup>. La relación exponencial talla / peso de la tilapia, resultó con un coeficiente de correlación de 0,695. El experimento se llevó a cabo entre los meses de mayo y setiembre del 2013 (estaciones de otoño e invierno).

Sánchez, C. (2013) desarrolló una investigación titulada: “Efecto de tres niveles de proteínas en el desarrollo del periodo de alevinaje de tilapia chitralada (*Oreochromis niloticus*) en tanques de eternit en la U.N.J.B.G. Tacna, donde determinó el efecto dietas en proteínas (30 %; 35 % y 40 %) sobre las tasas de crecimiento absoluto (TCA), relativo (TCR) y específico (TCE) de alevinos de Tilapia chitralada. Se utilizó el diseño de tipo factorial de una sola variable con tres niveles y nivel de significancia  $P < 0,05$ . Los resultados muestran que el efecto de dietas no fue significativo para el crecimiento absoluto CA y relativo CR así como en sus respectivas tasas de crecimiento TCA TCR y TCE de talla y

peso. Sin embargo, observó que, con respecto al peso, a medida que se incrementa el nivel de proteínas también aumenta la TCR y TCE pero disminuye la TCA. Y con respecto a la talla los valores máximos registrados corresponden a la dieta con 35 % de proteínas. Finalmente se seleccionó la dieta al 30 % de proteínas como la adecuada para maximizar el desarrollo de los alevines de Tilapia; dicha dieta con respecto al peso genera la mayor TCA (0,266 g/día), pero menor TCE (3,72 %/día) y TCR (32,54 g/ 100 días) y para la talla genera TCA (0,093 cm/día); TCE (1,34 %/día) y TCR (2,61 cm/100 días). La temperatura del agua fluctuó entre 24,2 a 25,7°C.

Ramos, J. (2009), realiza un trabajo de investigación titulado: “Efecto de cuatro niveles de potasio en el rendimiento de dos cultivares de pepino dulce (*Solanum muricatum* Ait.) en el C.E.A. 111 los Pichones” UNJBG – Tacna, planteó como objetivos, determinar en el cultivo el mejor rendimiento y el nivel óptimo de potasio para el cultivo de mejor rendimiento del pepino dulce. En su trabajo experimental utilizó como material dos cultivares de pepino dulce: siendo para este caso pepino corazón y pepino melón, cada uno combinado con 4 niveles de potasio: 100, 180, 260 y 340 kg para una ha de terreno. El diseño experimental utilizado fue parcelas divididas con 2 factores de estudio; 2 cultivares de pepino dulce y 4 niveles de potasio con 6 repeticiones. El área experimental fue de 40 m x 24 m lo cual dio un área total de 960 m<sup>2</sup> la plantación según su tesis lo realizó a un distanciamiento de 1, 0 m entre plantas y 1 ,5 m entre líneas. Llegando a las siguientes conclusiones: El experimento que logró un mejor rendimiento fue el cultivar pepino corazón con 58,51 t/ha y el cultivar pepino melón con 42,67 t/ha, lo cual indica un buen comportamiento de los niveles de potasio sobre las variables de respuesta. También concluye que, para el peso unitario de frutos, el cultivar que alcanzó el mayor promedio fue el de pepino melón con 186,7 4 g, el cultivar pepino corazón tuvo un promedio de 169,41 g respectivamente. En cuanto al tamaño de fruto el cultivar que mostró el mayor diámetro polar fue el pepino corazón con 7,31 cm y el pepino melón con 6,25 cm el mayor promedio de diámetro ecuatorial lo alcanzó el pepino melón

con 7,13 cm y 6,36 cm el pepino corazón, siendo dichas conclusiones positivas para las especies experimentadas.

## **2.2 BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1 Principios básicos de la acuaponía**

León, C. (2015), en un artículo titulado publica: "Principios básicos en un sistema de acuaponía" describe, que, el término Acuaponía se refiere a la integración de la Acuicultura (cultivo de especies acuáticas) y la Hidroponía (cultivo de plantas en sustratos inertes o "sin suelo") en un mismo sistema en donde tanto los organismos acuáticos como los vegetales, se benefician el uno al otro. Es decir, los desechos generados por los peces sirven como nutrientes para el crecimiento de las plantas, y estas a su vez, los absorben del agua permitiendo que se encuentre disponible nuevamente para los peces, puesto que, de lo contrario serían tóxicos y no podrían subsistir sin recambio alguno. Entonces, el proceso íntegro de la acuaponía no es únicamente cultivo peces y plantas, pues cabe resaltar que para este caso existen microorganismos que interactúan en procesos de mineralización y nitrificación, las que son muy importantes desde el punto de vista químico. En la acuaponía, generalmente los peces son nutridos con alimento balanceado, el cual contiene por lo general proteínas y minerales. El pez consume el alimento y lo convierte el nitrógeno de las proteínas en un desecho conocido como "nitrógeno amoniacal", el cual es tóxico a bajas concentraciones para los organismos acuáticos. El nitrógeno amoniacal y otros desechos producidos en la piscicultura son utilizados por bacterias y convertidos en nutrientes disponibles para las plantas, que son básicamente "nitratos". Una vez que se forman los nitratos, las plantas los absorben a través de sus raíces y el agua regresa a la unidad de cultivo de peces, por lo que el ciclo continúa indefinidamente. La simbiosis de pescado y vegetales es en realidad una actividad muy simple y fácil porque es la forma de operación en la naturaleza. Sin embargo, al iniciar una granja a nivel comercial, es

importante comprender los procesos que tienen lugar en el sistema para simplificar la productividad, reducir el riesgo y maximizar las ganancias.

Para realizar una instalación comercial de simbiosis peces-planta, se debe realizar un diseño especial para que cada organismo (peces, planta y bacteria) se encuentre en las mejores condiciones de desarrollo. En el caso de los peces, los parámetros de calidad del agua que deben considerarse según la especie seleccionada son: la temperatura más importante, pH, oxígeno disuelto y tolerancia a compuestos nitrogenados. En cuanto a las bacterias, hay que tener en cuenta que la luz solar puede inhibir las bacterias, el oxígeno, la temperatura y el pH. Para las plantas, se debe considerar la temperatura ambiente mínima y máxima, la humedad relativa, la radiación solar, el pH del agua y los nutrientes disueltos o la conductividad. En un sistema comercial, es necesario conocer la relación efectiva entre los organismos de la acuicultura y las plantas, porque una cierta cantidad de peces podrán alimentar a una cierta cantidad de plantas, y viceversa, muchas plantas podrán filtrar una cierta cantidad de nutrientes para los peces. Asimismo, se debe considerar la planificación de la siembra y recolección de un organismo y de otro para evitar desequilibrios del sistema porque los períodos de crecimiento de los dos son diferentes. El sistema de simbiosis de pescado y vegetales es un sistema de producción en el que el agua se usa en mayor medida, los desechos se usan como nutrientes, su espacio se reduce debido a la densidad de procesamiento y la energía debe minimizarse por la gravedad. Por tanto, es un sistema de reciclaje sostenible para el medio ambiente. En este sistema, al ser cultivados utilizando nutrientes orgánicos y no contienen químicos ni pesticidas, se pueden obtener productos de alto valor en el mercado, descrito por León, C. (2015), en su artículo: “Principios básicos en un sistema de acuaponía”.

Caló, P. (2011), detalla en su publicación de “Introducción a la Acuaponía”, que la acuaponía, constituye la integración entre la piscicultura y las plantas hidropónicas. Combínelos en un solo sistema de recirculación donde se

combinan componentes de acuicultura e hidropónico. En este sistema, los desechos metabólicos generados por el pescado y los residuos de alimentos son utilizados por las plantas y transformados en plantas orgánicas. De esta manera, se producen productos valiosos a través de subproductos desechables, lo que tiene la ventaja de que el agua que se ha agotado de nutrientes se puede reutilizar. Por tanto, el sistema de acuaponía ha despertado un gran interés en términos de producción, rentabilidad y eliminación de residuos (Rakocy, 1999). Estos sistemas tienen muchas ventajas sobre los sistemas de recirculación que solo producen peces. Los residuos metabólicos disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, reduciendo así el intercambio diario de agua y la velocidad de su descarga al medio ambiente; el sistema de reciclaje tradicional requiere un intercambio de agua del 5 % al 10 % todos los días para evitar la acumulación de residuos metabólicos. Por el contrario, en acuaponía, la mayoría solo necesita cambiar el agua un 1,5 % o menos por día (Mc Murtry, 1997). Esto se traduce en una reducción del costo operativo del sistema. Además, el sistema hidropónico también cuenta con una segunda planta, lo que aumenta la producción, la rentabilidad productiva, descrito por Caló, P. (2011), detallado en su publicación de “Introducción a la Acuaponía”.

## **La acuicultura**

Producir peces en estanques es una práctica antigua. Se cree que pudo haber sido desarrollado por los primeros agricultores como otra herramienta para la producción de alimentos primarios. Los documentos más antiguos sobre esta práctica se remontan a China hace unos 4000 años y Mesopotamia hace unos 3500 años. En la antigua China, la producción conjunta de arroz y pescado se registró durante la dinastía Han del Este (25-250 d.C.). La relación entre la acuicultura y la agricultura y la ganadería está mucho más relacionada con la pesca, porque la acuicultura implica la reproducción y gestión de recursos biológicos acuáticos en entornos restringidos. A diferencia de la pesca y la caza, esta última recolecta animales de recursos disponibles pública o libremente,

mientras que la acuicultura significa la existencia de derechos de uso y derechos de propiedad sobre estos recursos. La propiedad de los medios de producción y los derechos de propiedad de la producción son tan importantes para el éxito de la acuicultura como lo es la propiedad de la tierra para la agricultura. <https://www.porquebiotecnologia.com.ar/adc/uploads>.

Hoy en día, la acuicultura implica más que la piscicultura en estanques. La FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) define la acuicultura como el desarrollo de organismos acuáticos, incluidos peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas. El término "explotación" se refiere a la adopción de alguna forma de intervención en el proceso de mejoramiento para incrementar el rendimiento, y presupone que las personas o asociaciones que se dedican a ese trabajo son las propietarias de la población cultivada. La acuicultura industrializada moderna es una actividad con fuertes componentes científicos y tecnológicos y está relacionada con diversas disciplinas como la biología, la ingeniería y la economía. Las ramas de la biología más directamente relacionadas con la producción acuícola son la fisiología, antropología, genética, ecología, patología y biotecnología. <https://www.porquebiotecnologia.com.ar/adc/uploads>.

FAO (2017), describe la acuicultura como el cultivo de organismos acuáticos en áreas costeras e interiores, que implica la intervención en el proceso de producción agrícola para aumentar la producción. Puede que sea el sector de producción de alimentos de más rápido crecimiento, y actualmente representa el 50 % del pescado comestible del mundo. En la actualidad, se cultivan cerca de 567 especies acuáticas en el mundo, lo que representa una enorme diversidad genética dentro y entre especies. Los agricultores pobres y las empresas multinacionales de los países en desarrollo se dedican a la acuicultura. Comer pescado es parte de la tradición cultural de muchas personas y, en términos de salud, tiene excelentes nutrientes. Es una buena fuente de proteínas esenciales, ácidos grasos, vitaminas, minerales y micronutrientes.

Las algas y otras plantas acuáticas también son recursos importantes para la acuicultura, ya que proporcionan nutrición, medios de vida y otros usos industriales importantes. Actualmente, el 80 % de la producción acuícola proviene de animales que se encuentran en la parte inferior de la cadena alimentaria, como peces y moluscos omnívoros y herbívoros. De manera similar, FAO (2017) [www.fao.org/fishery/es](http://www.fao.org/fishery/es) sugiere que, teniendo en cuenta el comportamiento dinámico de los últimos 30 años y el declive de la pesca de captura, el crecimiento futuro del sector pesquero puede ser principalmente la acuicultura.

Las necesidades de las estrategias de acuicultura sostenible:

- Reconocer que los agricultores obtienen beneficios justos de sus actividades.
- Asegurar la distribución justa de beneficios y costos.
- Fomentar la creación de riqueza y empleo.
- Asegúrese de que todos tengan suficiente comida.
- Gestionar el medio ambiente en beneficio de las generaciones futuras.
- Asegurar el desarrollo ordenado de la acuicultura y la buena organización de las autoridades e industrias competentes.
- La mayor aspiración de la acuicultura es desarrollar todo su potencial para:
  - La comunidad es próspera y la gente está más sana.
  - Hay más oportunidades para mejorar los medios de vida en términos de aumentar los ingresos y mejorar la nutrición.
  - Empoderar a los agricultores y las mujeres.

### **2.2.2 El cultivo de tilapia y su desarrollo en el Perú**

PRODUCE, (2004), publica en noviembre del 2004 “Cultivo de la Tilapia”, en el que destacó que la tilapia es una especie de agua tropical en África y Oriente Medio. La difusión cultural de la tilapia se debe principalmente a su adaptación a la cría artificial y resistencia a la alta densidad, resistencia a enfermedades, aceptación de diversos alimentos, carnes blancas y la posibilidad de proporcionar filetes de alta calidad han despertado el interés comercial, convirtiéndola en una de las especies acuícolas más cultivadas en el mundo.

La tilapia se introdujo en Perú a principios de la década de 1970, con el tiempo, la tilapia se ha convertido en una de las principales especies cultivadas en el medio continental del país después de la trucha arco iris, alcanzando las 3840 toneladas en 2013.

El cultivo de esta especie se realiza en un ambiente controlado, como sistemas de estanques y jaulas flotantes; al inicio de la siembra se utilizan semillas producidas por centros de producción autorizados, y con el fin de crecer y engordar, proporcionar alta calidad y digestibilidad. Alimento balanceado extruido.

PRODUCE (2014), en un análisis del cultivo de tilapia y su desarrollo en Perú, describió los 668 centros de acuicultura de tilapia del país, de los cuales 476 son acuicultura autosuficiente o de recursos limitados, de los cuales 188 uno es cultivo a pequeña escala y cuatro son a gran escala. La producción total de esta especie es de 394,5 Ha. Las principales áreas de producción son las provincias de Piura, San Martín, Tumbes y Lima. El cultivo de tilapia sigue buenas prácticas acuícolas durante todo el proceso, monitoreando su crecimiento, registrando su adecuada nutrición y alimentación, asegurando la calidad del agua como medio de vida, previniendo enfermedades y ayudando a obtener productos seguros. Cumplimiento de códigos de conductas nacionales e internacionales.

Como todos los peces de agua dulce, la tilapia tiene un contenido de Omega 3 más bajo que el de agua salada, pero esto no perjudica sus propiedades nutricionales, ya que la FDA la clasifica como un alimento bajo en grasas. Sus beneficios nutricionales se enumeran en las Tablas 01 y 02.

**Tabla 1**

*Valor nutricional de la tilapia*

Valor nutritivo por porción		Valor nutritivo por 100 g de filete	
Energía	207 kcal	Energía	128 kcal
Hidratos de carbono	4 g	Proteína	16 g
Proteína	14.5 g	Grasas	4 g
Grasas	14 g	Colesterol	45.5 mg
Colesterol	34.1 g	Omega 3	35 mg
Omega 3	26 mg	Omega 6	92 mg
Omega 6	69 mg		

Fuente: Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán – México tilapia

**Tabla 2**

*Otros nutrientes por 100 g de Tilapia*

Calcio	10 mg
Hierro	0.56
Vitamina D	3.10 µg
Vitamina E	0.40 mg
Vitamina B12	1.58 µg
Fosfato	24 µg

Fuente: Agricultural Research Service – USDA [1]

En líneas generales, según narrado por Dirección de Acuicultura PRODUCE (2014), la acuicultura es una actividad productiva que contribuye al desarrollo económico y la seguridad alimentaria de la población; de igual manera, en el proceso productivo, es necesario considerar por primera vez el uso del

agua, el desempeño de semillas, una dieta balanceada que cumpla con las necesidades nutricionales de la especie y cuidado de los peces. Los crustáceos o moluscos adoptan buenas prácticas en el proceso productivo durante las etapas de crecimiento y engorde para prevenir enfermedades, higiene y saneamiento, a fin de brindar a los consumidores productos inocuos, saludables y nutritivos de calidad. Por lo tanto, la acuicultura es la actividad de producción de alimentos de más rápido crecimiento en el mundo. Según un informe elaborado por la FAO y el Banco Mundial, se estima que para el 2030, el 62 % de los peces provendrá de la acuicultura, tilapia, carpa y bagre (pez gato). Exponen que está previsto que la producción mundial de tilapia casi se duplique, desde 4,3 millones de toneladas a 7,3 millones anuales entre 2010 y 2030.

### **Taxonomía de la tilapia**

El principio, método y propósito de la clasificación de procesamiento científico. Se utiliza especialmente en biología para la estratificación y ordenamiento sistemático de la flora y la fauna y sus nombres. (<http://lema.rae.es/drae/srv/search?id=9nhM8bTF1DXX2pAkGvA4>)

La clasificación o disposición de un grupo de cosas con características comunes, especialmente la clasificación o disposición de un grupo de animales o plantas completadas en biología: en esta enciclopedia, encontrará la taxonomía de todas las especies vegetales.

Según la clasificación taxonómica de Berg y modificado por Trewavas (1983) para la tilapia se muestra en la Tabla 3 y figura 1.

**Tabla 3**

*Taxonomía de la Tilapia*

---

Reino:	Animalia
Filo:	Chordata
Clase:	Actinopterygii
Subclase:	Neopterygii
Infraclase:	Teleostei
Superorden:	Acanthopterygii
Orden:	Perciformes
Familia:	Cichlidae
Género:	<i>Oreochromis</i>
Especie:	<i>O. niloticus</i>

---

Fuente: Berg y modificado por Trewavas (1983)



Figura 1: Tilapia

**Características fisicoquímicas del agua para cultivo de la tilapia**

PRODUCE (2004), en el Manual de cultivo de tilapia se menciona que el agua del Perú proviene de embalses y ríos costeros, lagunas en las selvas altas

y el río Qingshui, que son aptas para el cultivo de diferentes tipos de tilapia. Según Alamilla (2002), el agua de cultivo de tilapia debe cumplir varias condiciones: alta temperatura. Por tanto, la distribución de la tilapia se limita a zonas donde la temperatura invernal es superior a 21°C. El mejor rango es de 25° a 35°C. La tilapia puede vivir en condiciones ambientales desfavorables precisamente porque soporta bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Esto se debe a que incluso si la presión parcial de oxígeno es baja, su sangre estará saturada de oxígeno. De manera similar, cuando la concentración en el medio es baja (menos de 3 mg / l), la tilapia tiene la capacidad de reducir el consumo de oxígeno. Finalmente, cuando la concentración cae a 0.5 mg / L o menos, su metabolismo se vuelve anaeróbico. El valor de pH debe estar entre 7 y 8, para facilitar el desarrollo de la productividad natural del estanque. Cuanto más estable sea el pH, más favorables serán las condiciones para la productividad natural, que es una fuente importante de alimento en el estanque. La alcalinidad y dureza del agua no afectan directamente a la tilapia, pero afectan la productividad del estanque. Una alcalinidad superior a 175 mg CaCO<sub>3</sub>/l es dañina porque el calcio se forma y afecta la productividad de los estanques y peces al destruirlos. Se considera que una alcalinidad de aproximadamente 75 mg CaCO<sub>3</sub>/l es suficiente para enriquecer la productividad del estanque. La turbidez del agua tiene dos tipos de efectos: uno es el impacto en el medio ambiente debido a la dispersión de la luz y el otro actúa mecánicamente directamente sobre los peces. Al evitar la libre penetración de la luz solar, esta turbidez limita la productividad de los estanques naturales, lo que a su vez reduce el suministro de alimentos de la tilapia. Por lo tanto, se recomienda que el agua del estanque no esté turbia para que el fitoplancton pueda crecer normalmente. Por otro lado, las sustancias coloidales en suspensión pueden dañar físicamente a los peces, provocando lesiones e infecciones. Si el agua está demasiado turbia (> 100 ppm), se recomienda favorecer su sedimentación antes de introducirla en el estanque. Como factor limitante para la distribución de tilapia, la altitud no tiene nada que ver con la presión del aire, sino principalmente con la temperatura.

Como se mencionó anteriormente, la isoterma de invierno de 20°C constituye el límite de su distribución. En Colombia, la tasa de crecimiento es de 200 m.s.n.m. Su rendimiento alcanza los 15 TM / ha / año, pero crece a una tasa de 1800 m.s.n.m. Solo pueden obtener una producción de 10 MT / HA / año.

### **Alimentación de la tilapia**

Según, Saavedra, (2006), señaló que *Oreochromis* se clasifica como un animal omnívoro porque exhibe una mayor diversidad en los alimentos que consume que van desde la macro vegetación hasta algas y bacterias unicelulares, y tiende a consumir zooplancton. La tilapia es un pez con espinas a través de las cuales se puede filtrar el agua para obtener alimento, incluidas algas y otros organismos acuáticos microscópicos. Los alimentos ingeridos ingresan a la faringe, donde los dientes faríngeos los descomponen mecánicamente. Esto ayuda al proceso de absorción en el intestino, que es de 7 a 10 veces la longitud del cuerpo del pez. La característica de la mayoría de las tilapias es que pueden aceptar fácilmente alimentos suministrados artificialmente. Se han utilizado diversos alimentos para el cultivo, como plantas, frutas, verduras y residuos vegetales, semillas oleaginosas y cereales, todos los cuales se utilizan de forma complementaria. La base de la dieta de la tilapia es un alimento natural cultivado en agua, con un contenido de proteínas de aproximadamente el 55 % (peso seco).

### **2.2.3 Cultivos Hidropónicos**

#### **Definición**

Andrade, R. 2007, mencionó en el artículo: "Cultivo hidropónico" que la hidroponía se puede definir como una tecnología que no usa tierra, usa un medio inerte, no agrega tierra para cultivar plantas y le agrega una solución nutritiva, los elementos esenciales necesarios para las plantas. Para su normal desarrollo. Dado que muchos de estos métodos hidropónicos utilizan algún tipo de medio

de crecimiento, generalmente se le llama cultivo sin suelo, y solo crecer en agua es un verdadero método hidropónico.

## **Origen**

Orellana C. y León E. (2011), En su trabajo: "Evaluación del cultivo hidropónico de tres variedades de pimiento *capsicum annum* bajo invernadero de solución nutritiva la molina", citó a Andrade, R. (2007), dijo en el artículo "Hidroponía" que el cultivo sin suelo se desarrolló a través de la investigación para determinar qué sustancias pueden hacer crecer las plantas y su composición. A principios de la década de 1930, científicos de la Universidad de California pusieron los experimentos de nutrición vegetal a escala comercial, indicando que este sistema de cultivo hidropónico significa literalmente en griego agua (agua) y ponos (artificial). Trabajo en el agua.

La primera aplicación comercial se inició durante la Segunda Guerra Mundial, cuando las tropas norteamericanas resolvieron el problema de utilizar esta técnica de cultivo para suministrar verduras frescas.

Desde la década de 1960 hasta la de 1970, debido a diversos problemas causados por el suelo, las dificultades más destacadas fueron el control nutricional del agua y el aumento del número de bacterias patógenas. Los países más avanzados, especialmente en el campo de la horticultura, se dedicaron a encontrar un sustrato que pueda reemplazar el suelo.

## **Ventajas de los cultivos hidropónicos**

Orellana C. y León E. (2011), en su trabajo de tesis: "Evaluación del cultivo hidropónico de tres variedades de pimiento *capsicum annum* bajo el invernadero de solución nutritiva La molina", Andrade, (2007). En el artículo: "Cultivo hidropónico", reveló las siguientes ventajas del cultivo hidropónico, una se da en la Tabla 4.

- Independientemente del clima o la etapa de crecimiento del cultivo, siempre proporcione una humedad constante para las raíces.
- Reducir el riesgo de riego excesivo.
- Evite el desperdicio de agua y fertilizantes.
- Asegúrese de regar toda el área de la raíz.
- Reducir considerablemente los problemas de enfermedades causados por patógenos del suelo.
- Incrementar la producción y mejorar la calidad de la producción.
- Ocupa poco espacio.
- Proporcionar una mayor producción.

*Análisis comparativo del cultivo tradicional e hidropónico*

**Tabla 4**

*Análisis comparativo del cultivo tradicional e hidropónico*

	Sobre Suelo	Sin Suelo
Nutrición de Planta	Muy variable Dificil de controlar	Controlada, estable Fácil de chequear y corregir
Espaciamiento	Limitado a la fertilidad	Densidades mayores, mejor uso del espacio
Control de Malezas	Presencia de malezas	Prácticamente inexistentes
Enfermedades y Patógenos del suelo y nematodos.	Enfermedades del suelo	No existen Patógenos del suelo
Agua	Plantas sufren estrés	No existe estrés hídrico

Fuente: Universidad de OSAKA, Japón, JICA, Curso de Horticultura Protegida 1998.

**Nutrición de las plantas**

Orellana C. y León E. (2011), en su trabajo de tesis: “Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (*capsicum annum*), bajo invernadero en la solución nutritiva la molina”, cita a Andrade,

(2007), el artículo "Hidroponía" dice que los nutrientes proporcionados a las plantas a través de sistemas hidropónicos se proporcionan en forma de soluciones de nutrientes disponibles en el comercio agrícola. La solución puede ser preparada por los propios productores, siempre que dominen la experiencia de manejo de cultivos o tengan un área lo suficientemente grande como para justificar la inversión en las materias primas preparadas. Alternativamente, si están disponibles comercialmente, es preferible comprar soluciones concentradas, porque en este caso, solo es necesario disolverlas en una pequeña cantidad de agua para aplicarlas a los cultivos. La solución nutritiva concentrada contiene todos los elementos necesarios para el desarrollo normal de las plantas y el crecimiento normal de raíces, tallos, hojas, flores, frutos o semillas.

### **Cultivo de pepino en hidroponía**

Sánchez, F. et al. (2014), "Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva". Algunas personas piensan que en los sistemas hidropónicos se suelen intentar utilizar una solución nutritiva en riego por goteo, que contiene fertilizante disuelto y todos los nutrientes minerales necesarios para las plantas, tratando de asegurar que su concentración sea la más adecuada para el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas. Para que las plantas de pepino crezcan normalmente sin limitación de nutrientes, el valor de pH de la solución nutritiva debe estar entre 5.5 y 6.5, la conductividad eléctrica debe estar entre 1.5 dS m<sup>-1</sup> a 3 dS m<sup>-1</sup>, y la proporción de nutrientes minerales y la concentración debe disociarse para evitar la precipitación y el antagonismo. Cuando se infiltra demasiada agua en la solución de nutrientes residual, penetra en el suelo del invernadero o se expulsa del invernadero, el sistema hidropónico se llama abierto. Si el exceso de agua y nutrientes se recolectan y reutilizan en los cultivos, después de la esterilización y el ajuste del pH, la CE y la concentración de nutrientes, se denomina sistema cerrado. Este último es un sistema económicamente más eficiente debido al uso

de fertilizantes cada vez más costosos y, además, no tiene un impacto negativo en el medio ambiente. Por lo tanto, los sistemas hidropónicos abiertos son reemplazados por sistemas hidropónicos cerrados. Según la investigación de Sánchez F. (2014), en el sistema hidropónico (sistema cerrado) donde se hace circular la solución nutritiva, el problema que ocurre a menudo es que el rendimiento y la calidad son menores en comparación con el sistema no recirculado (abierto), lo que puede explicar. La solución de nutrientes se desequilibra con el crecimiento de los cultivos y, al mismo tiempo, aumenta el riesgo de transmisión de enfermedades. Por lo tanto, se realizó un estudio para evaluar la viabilidad de un sistema hidropónico cerrado para lograr rendimientos de pepino similares a los del sistema abierto al acortar el ciclo de crecimiento. Se compararon tres modos de sistema cerrado: raíces flotantes, cultivadas en una bolsa con un sustrato y cultivadas en un lecho con un sustrato, y dos modos abiertos: en una bolsa y cultivadas en un lecho con un sustrato.

**Taxonomía del pepino**, se presenta en la Tablas 5.

**Tabla 5**

*La taxonomía del pepino*

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Cucurbitales
Familia:	Cucurbitaceae
Subfamilia:	Cucurbitoideae
Tribu:	Benincaseae
Subtribu:	Cucumerinae

---

Género: *Cucumis*

Especie: ***Cucumis  
sativus***

---

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_sativus](https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_sativus)

**Valor nutricional del pepino**, se presenta en la Tabla 6 el valor nutricional.

**Tabla 6**

*Valor nutricional del pepino por cada 100 g*

---

Energía 16 kcal 65 Kj	
Calorías	26
Agua	92,30 %
Proteínas	0,3 gr
Carbohidratos	7 gr
Fibra	0,5 gr
Cenizas	4,40 gr
Calcio	30 mgr
Fósforo	10 mgr
Fierro	0,30 mgr
Vitamina A	3,17 mgr
Vitamina B1	0,04 mg
Vitamina C	29,7 mgr (5 %)
Vitamina K	16,4 µg (16 %)
Magnesio	13 mgr (4 %)
Manganeso	0,079 mgr (4 %)

---

---

Potasio	147 mgr (3 %)
Sodio	2 mgr (0 %)
Zinc	0,2 mgr (2 %)

---

Fuente: [https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis\\_sativus](https://es.wikipedia.org/wiki/Cucumis_sativus)

### **Funciones de los elementos nutritivos en las plantas**

Orellana C. y León E. (2011), en su artículo: "Evaluación del cultivo hidropónico de tres variedades de pimiento (pimiento), bajo el invernadero de solución nutritiva la molina", citó el artículo de 2007 de Andrade, R. "Cultivo hidropónico" Mencionado en: 16 tipos de elementos químicos son considerados necesarios para el crecimiento saludable de las plantas, 13 de los cuales son nutrientes minerales. Entran en las plantas a través de las raíces en condiciones naturales de cultivo (suelo). Solo uno de estos déficits limita o puede reducir los rendimientos, reduciendo así la ganancia del cultivador.

### **La acuaponía.**

Es muy utilizado el anglicismo acuaponía (de *aquaponics*), cuyas raíces etimológicas proceden del inglés: "*aquaculture*" y "*hydroponics*". También se utiliza el término acuiponía, contracción (*portmanteau*) de las palabras "acuicultura" e "hidroponía"

Según Tyson, R. y Simonne, E. (2014), la acuaponía es una actividad integral de peces y plantas en el sistema circulatorio. Los nutrientes son excretados directamente por los peces o producidos a través de la descomposición de desechos orgánicos por microorganismos, y son absorbidos por plantas hidropónicas (sin suelo), por lo que la comida para peces proporciona la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Cuando las aguas residuales de la acuicultura fluyen a través de la parte hidropónica del sistema de recirculación, los metabolitos del estiércol de pescado

se eliminan mediante nitrificación y las plantas los absorben directamente, tratando así el agua y luego fluyendo de regreso a la piscifactoría para su reutilización, como se muestra a continuación en la figura 2:

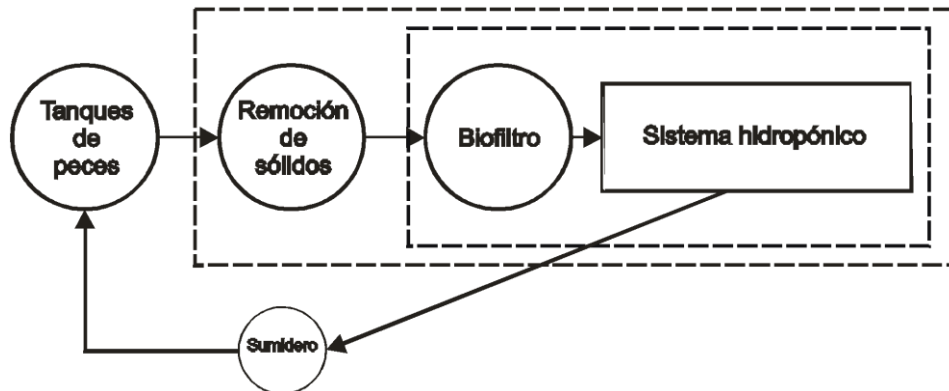


Figura 2: Configuración típica de un sistema acuapónico

Los componentes encerrados con línea punteada pueden ser construidos en un único sistema combinado (Rakocy, 2006).

## 2.4 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

**Sistemas NFT:** Dentro de la acuaponía, son de los más difundidos en el rubro hidropónico. Esto se debe a la amplia gama de prácticas de instalación y configuración en el espacio, ya que pueden colocarse de manera que ocupen muy poco espacio. Por el contrario, dado que la película de agua que pasa por el canal es muy fina, siempre estará bien oxidada, lo que significa que solo se debe oxidar el agua del tanque. Por otro lado, es necesario colocar un filtro mecánico para remover los sólidos en suspensión, porque estos sólidos bloquean las raíces de la planta y pierden su capacidad de absorber nutrientes. Dada la poca superficie de contacto para la fijación de bacterias que ofrecen los sistemas NFT, es imprescindible el empleo de un filtro biológico que efectúe la nitrificación, antes de ingresar al componente hidropónico (Nelson, 2006).

**Peces en sistemas acuapónicos:** Varias especies de peces han sido cultivadas con éxito en los sistemas acuapónicos. La tecnología actual limita la elección de especies de agua dulce, aunque estudios recientes han demostrado que existen perspectivas prometedoras para especies híbridas y camarones en ambientes de agua salina (ligeramente salinos). La tilapia es la mayor parte del pescado crudo anhidro en el mercado, tanto en kilogramos de capturas como en cantidades operativas comerciales. Esto se debe a que tiene muchas ventajas de operación comercial: El período desde la incubación hasta la cosecha es corto (6-9 meses), puede soportar fluctuaciones severas en la calidad del agua y puede tolerar un bajo contenido de oxígeno durante mucho tiempo (Scott, 2002).

**Hidroponía:** El método de plantación de plantas a niveles industriales, en lugares sin suelo, solo utiliza soluciones acuosas con nutrientes químicos disueltos o sustratos estériles (arena, grava, vidrio esmerilado, etc.), como soporte para las raíces de las plantas. Debido al bajo contenido de nutrientes requerido, la hidroponía es rentable y muy útil en áreas particularmente áridas, esto según Beltrano, J y Gimenez D. (2015).

### **Elementos mayores para el cultivo hidropónico de pepino**

Orellana C. y León E. (2011), en su trabajo: "Evaluación del cultivo hidropónico de tres variedades de pimiento *capsicum annum* bajo invernadero de solución nutritiva la molina", citó a Andrade, R. (2007). En el artículo: "Cultivo hidropónico", se publicaron las siguientes explicaciones sobre los elementos macroscópicos de la nutrición:

El nitrógeno, el fósforo y el potasio se denominan elementos principales porque las plantas suelen necesitar una gran cantidad de estos elementos para que el suelo no pueda proporcionarlos de forma adecuada. Se consumen en grandes cantidades.

**Nitrógeno (N):** Es absorbido en forma de  $\text{NO}_3$  y  $\text{NH}_4$ .

**Fósforo (P):** Las plantas lo toman en forma de  $P_2O_5$ .

**Potasio (K):** Las plantas lo toman en forma de  $K_2O$ .

### **Elementos secundarios**

Orellana C. y León E. (2011), en su trabajo de tesis: "Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (*capsicum annum*), bajo invernadero en la solución nutritiva la molina", cita a Andrade, R. (2007). Señaló en el artículo "Cultivo hidropónico" que estos elementos se denominan porque las plantas los consumen en cantidades moderadas, pero son muy importantes en la composición del organismo vegetal.  
<http://www.formulacionquimica.com/MgO/>

**Calcio (Ca):** Es absorbido en forma de  $CaO$ .

**Magnesio (Mg):** Las plantas lo absorben como  $MgO$ .

**Azufre (S):** También elemento importante.

### **Elementos menores**

Orellana C. y León E. (2011), en su trabajo de tesis: "Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (*capsicum annum*), bajo invernadero en la solución nutritiva la molina", cita a Andrade, R. (2007). En el artículo "Cultivo hidropónico", mencionó que las plantas necesitan una pequeña cantidad de plantas, pero son fundamentales para regular la absorción de otros nutrientes. Tienen funciones muy importantes, especialmente en sistemas enzimáticos.

Si uno de los oligoelementos no existe en la solución nutritiva, la planta puede crecer, pero no puede producir, o la calidad del cultivo es mala.

- Cobre (Cu)
- Boro (B)
- Hierro (Fe)
- Manganeso (Mn)
- Zinc (Zn)
- Molibdeno (Mo)
- Cloro (Cl)

**Hidroponía urbana:** La hidroponía urbana permite las siguientes funciones:

- Según Beltrano, J y Gimenez D. (2015), reciclaje de residuos plásticos y pequeños espacios en el hogar.
- Mejorar la cantidad y calidad de los alimentos domésticos sin incrementar los costos económicos.
- Fortalecer la economía familiar generando ingresos y reduciendo gastos.
- Generar y promover actitudes positivas a través de actividades comunitarias.
- Despertar el interés temprano en los niños, iniciar actividades de producción a nivel familiar y trabajar juntos en la misma familia y escuela donde crecieron.
- Proporcionar a las personas mayores o con discapacidad física y/o mental la posibilidad de ser útiles y valiosos para sus familias, comunidades y ellos mismos.
- Promover microempresas comenzando a aprender el tiempo de algunos miembros de la familia.
- Crear recursos laborales donde es difícil obtener un empleo estable.

**Clima:** Un conjunto de condiciones atmosféricas típicas en una región, que consiste en la cantidad y frecuencia de lluvia, humedad, temperatura, viento, presión, etc.; el clima se ve afectado por la latitud (clima ecuatorial, tropical,

templado y polar) y factores geográficos (altitud, distancia entre océanos y montañas, topografía, vegetación, etc.). La tierra es principalmente cálida, templada, fría, seca y polar. <http://es.thefreedictionary.com/clima>

**Muestra:** Es una **parte** o una **porción** de un **producto** que permite conocer la calidad del mismo.

**Rentabilidad:** Beneficio obtenido por inversión o gestión de empresas. Es importante señalar que no existe un método único para medir la rentabilidad. Al evaluar proyectos de inversión, los dos indicadores de rentabilidad más importantes son el valor actual neto y la tasa interna de rendimiento. El valor presente neto es un monto monetario igual a la suma de los flujos de ingresos netos que generará la inversión futura, expresada en la moneda del período generalmente determinada al momento de la inversión. Estos flujos de capital se actualizan con una tasa de descuento igual a la tasa de inversión o un valor igual a la tasa de interés de mercado. La tasa interna de rendimiento es la razón que hace que el valor actual neto de la inversión sea igual a cero al descontar los flujos de ingresos netos futuros. Por lo general, la tasa interna de rendimiento se compara con las tasas de interés del mercado.

**Los índices de rentabilidad más utilizados:** Son indicadores para medir la eficiencia de las operaciones de una empresa y se dividen en dos tipos: productos que muestran rentabilidad en relación con las ventas y productos que muestran rentabilidad en relación con la inversión.

**Costos:** El costo es un recurso que se sacrifica o al que se renuncia para alcanzar un objetivo específico.

**El costo de producción:** Es el valor de un conjunto de productos básicos y trabajos que han ocurrido o que sucederán. El centro de fabricación debe consumir el valor de estos productos básicos y trabajos para obtener productos terminados antes de que puedan ser entregados al sector comercial.

**Inversión:** La palabra latina inversio es la etimología del término actual inversión que vamos a analizar ahora. En concreto, podemos determinar que consta de la suma de tres partes: El prefijo in se puede traducir como "hacia adentro", la palabra vs es sinónimo de "volteado", y el sufijo -ion equivale a "acción". En un sentido económico, la inversión es la asignación de capital para obtener beneficios futuros. Esta elección es una elección para renunciar a ganancias directas para futuras elecciones, y por lo general es imposible.

**Sostenibilidad:** Es La capacidad de quedarse. La calidad de un elemento, sistema o proceso que permanece activo durante un período de tiempo. La capacidad del componente para resistir, soportar y mantener.

**Competitividad:** Si una empresa puede obtener altas ganancias, será muy competitiva porque la tecnología que utiliza es más efectiva que la de la competencia, lo que le permite obtener más cantidad y / o calidad de productos o servicios, o de toda producción. El costo de producción de menores es menor. Unidad de producto.

**Punto de equilibrio:** En lo que respecta a la contabilidad de costos, el punto de equilibrio se refiere al punto de actividad (volumen de ventas), donde los ingresos son iguales al costo; es decir, el punto de actividad donde no hay ganancias o pérdidas. (Kume, 2014).

## CAPÍTULO III

### MARCO FILOSÓFICO

Según el enfoque filosófico analizado por Zamitiz H. (2016), la definición de epistemología: Es una rama de la filosofía y su objeto de investigación es el conocimiento. La epistemología, como teoría del conocimiento y el positivismo, es un pensamiento filosófico. Afirma que el verdadero conocimiento es conocimiento científico, y este conocimiento solo puede producirse mediante la confirmación de hipótesis por métodos científicos. Por lo tanto, el estudio de la biomasa simbiótica equilibrada es parte de ella. Hipótesis, las plantas crecen utilizando los nutrientes de los peces a través del reciclaje de agua; en hidroponía e hidroponía, es importante entender los factores que afectan el crecimiento y desarrollo de plantas y peces, y un sistema de cultivo adecuado para cada situación específica es fundamental. Optimizar el uso de los recursos productivos y lograr los mayores beneficios económicos. La más alta calidad. Por tanto, esta es una propuesta de producción limpia y sostenible, considerando que la tecnología hidropónica muestra su verdadero potencial para producir alimentos sostenibles en cualquier momento y lugar. Acuicultura (acuicultura, como peces, caracoles o camarones en peceras), e hidroponía (cultivar plantas en el agua), la hidroponía es una forma "limpia y verde" de cultivar plantas de manera eficiente en el sistema circulatorio.

Hasta la fecha, se han plantado con éxito más de 150 tipos diferentes de vegetales, hierbas, flores y árboles pequeños en sistemas hidropónicos, incluidos los de investigación, hogares y unidades comerciales. La práctica filosófica del proyecto propuesto seguirá las siete reglas básicas de simbiosis propuestas por la FAO (2017), para alcanzar los objetivos de la investigación:

1. **Preste mucha atención a la elección del tanque de agua.** La pecera es un componente clave de todas las unidades de simbiosis de peces y

vegetales. Se puede utilizar cualquier tanque, pero se recomiendan los tanques redondos con fondo plano o cónico porque son fáciles de limpiar. Recuerde: Debido a su durabilidad y larga vida útil, intente utilizar tanques de plástico o fibra de vidrio inerte resistente.

2. **Asegúrese de que haya una ventilación y circulación de agua adecuadas.** Esto significa que puede usar bombas de agua y bombas de aire para asegurarse de que el contenido de oxígeno disuelto en el agua sea alto y que el agua tenga buena fluidez para mantener saludables a sus animales, bacterias y plantas. El costo de la electricidad es una parte importante del presupuesto del sistema, así que elija sabiamente su bomba y fuente de energía, y considere usar PV cuando sea posible.
3. **Mantenga una buena calidad del agua.** El agua es el elemento vital del sistema de co-cultivo. Es el medio a través del cual se transportan todos los nutrientes esenciales para la supervivencia de plantas y peces. Hay cinco parámetros importantes de la calidad del agua que deben controlarse: oxígeno disuelto (5 mg / L), pH (6-7), temperatura (18-30 ° C), nitrógeno total y alcalinidad del agua. Recuerde: la composición química del agua puede parecer complicada, pero con la ayuda de equipos de prueba ordinarios, su tratamiento real es relativamente simple.
4. **No llene el tanque de agua con agua.** Si la densidad de peces se mantiene baja, su sistema de simbiosis acuática será más fácil de manejar y estará a salvo de amenazas y colapso. La densidad recomendada es de 20 kg / 1000 litros, lo que aún deja una gran área de crecimiento para las plantas. Recuerde: una mayor densidad de población puede producir más alimentos en el mismo espacio, pero requerirán una gestión mucho más activa.
5. **Evite la sobrealimentación y retire los alimentos no consumidos.** Los residuos y restos de comida son muy dañinos para los animales acuáticos porque se pudrirán en el sistema. Los alimentos en mal estado pueden causar enfermedades y consumir todo el oxígeno disuelto. Recuerde:

Alimentar a los peces todos los días, pero retirar toda la comida que no haya comido después de 30 minutos y ajustar la cantidad de comida para el día siguiente en consecuencia.

6. **Elija y espacie las plantas con cuidado.** Plantas alternativas con una temporada de crecimiento corta (ensalada verde) y plantas con una temporada de crecimiento más larga (berenjena). La plantación continua de vegetales tiernos (como la lechuga) entre plantas con frutos más grandes puede proporcionar sombra de forma natural. Recuerde: En general, la simbiosis de verduras de hoja verde con pescado y verduras y algunas de las frutas y verduras más populares (como tomates, pepinos y pimientos dulces), es muy eficaz.
7. **Mantenga el equilibrio entre plantas y animales.** El uso de sistemas de cría por lotes puede ayudar a mantener cultivos continuos de animales acuáticos y vegetales, y mantener un nivel de producción constante y un equilibrio entre peces y plantas. Recuerde: es importante tener una fuente segura de plantas y peces juveniles, así que asegúrese de considerar el suministro durante la etapa de planificación.

## **CAPÍTULO IV**

### **MARCO METODOLÓGICO**

#### **4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **4.1.1 Tipo de investigación**

En este estudio se han propuesto estudios aplicados y experimentales porque los resultados obtenidos nos permiten aplicarlos al campo de la producción de alimentos y optimizar el uso del agua dulce a través del sistema simbiótico entre el cultivo de tilapia y la producción agrícola. Sistema de recirculación del sistema NFT.

Según la investigación de Hernández, R. (2014), esto es experimental porque se manipulan las variables que presentan el sistema de simbiosis pescado-verdura y debido a que la estimulación se realizará a través del tratamiento, pertenece al tipo experimental puro porque hay manipulación de variables (independiente), variables de medición (correlación), control y validez de los datos, habrán más de dos grupos de comparación y los participantes serán aleatorizados o emparejados.

##### **4.1.2 Diseño de la investigación**

El diseño de investigación relacionado con el proceso de análisis y evaluación de la densidad de peces y el número de variables vegetales es experimental y está adaptado del diseño experimental realizado por García-Ulloa, M. et al. Llegado (2004), evaluó un sistema experimental de simbiosis pescado-vegetal que integró la producción de tilapia (*Oreochromis mossambicus* y pepino (*Cucumis sativus*), durante 75 días. Los peces (con un peso promedio inicial de 90 g) se almacenaron en un tanque de 500 l a una densidad de 0,6 peces / litro, y se plantaron 40 plántulas de pepino en dos camas de arena estériles. Se regaron las plantas con aguas residuales de tilapia y sistema de

reciclaje de agua. Registraron la concentración de amoníaco no ionizado, nitrito y nitrato una vez por semana, al final de la cosecha.

Según lo recomendado por Cantor F. (2007, p: 59), siguiendo la densidad de siembra, Ulloa et al. realizaron una investigación (2005), evaluaron un sistema experimental de simbiosis pescado-vegetal que integró la producción de tilapia (*Oreochromis mossambicus* y pepino (*Cucumis sativus*)) durante 75 días. Por lo cual, el diseño experimental que se siguió, es un diseño de experimento puro, con pre prueba – post prueba y grupo de control, con 4 tratamientos:

### **Tratamientos:**

90 peces/30 plántulas de pepino (T1), 60 peces/30 plántulas de pepino (T2), 30 peces/30 plántulas de pepino (T3), y 30 plántulas de pepino con caldo de cultivo hidropónico (T4).

Empezaremos con peces de tilapia que pesan aproximadamente con 30 gramos en promedio, las mismas que serán sometidas a crecimiento en las condiciones óptimas, durante 5 meses aproximadamente, aprovechando la estación primavera - verano, que biológicamente permite el crecimiento y producción del pepino dulce, a la vez favorece el crecimiento de la tilapia, por ser esta una especie tropical, iniciándose el proceso en el mes de noviembre.

La densidad recomendada al finalizar el cultivo en sistema acuapónico nos presenta la revista agro tendencias en su página: <https://agrotendencia.tv/agropedia/la-acuaponia/>: como debemos considerar las densidades, por lo cual presentamos las tablas, nos permite el buen crecimiento de la planta, podría a la vez calcular para un buen manejo.

**Tabla 7**

*Densidad de siembra de frutas*

<b><i>Vegetales de hojas verdes</i></b>	<b><i>Frutales</i></b>
20-25 plantas por metro cuadrado	4-8 plantas por metro cuadrado

Fuente: Elaboración propia

Una densidad recomendada para el buen crecimiento de la planta podría ser la siguiente:

Una vez que ha sido escogido el número de plantas deseado, según el área de cultivo disponible, es posible determinar la cantidad de alimento para peces que debería ser añadido al sistema cada día, ya de ese alimento dependen los nutrientes para la planta. Una buena referencia puede ser Tabla 8:

**Tabla 8**

*Cálculo de alimentación de peces*

<b><i>Vegetales de hojas verdes</i></b>	<b><i>Frutales</i></b>
40-50 g de alimento para peces por metro cuadrado por día	50-80 g de alimento para peces por metro cuadrado por día

Fuente: Elaboración propia

Conociendo el alimento para peces que se debe agregar, es posible determinar la biomasa de peces necesaria para que consuma este alimento, sabiendo que los peces deberían consumir 1-2 % del peso corporal por día durante su fase de crecimiento.

Por lo tanto, cada módulo tiene 30 plantas de pepino distribuidos en 6m<sup>2</sup>, que necesitaría mínimamente 300 gr de alimento/día. Es decir, se requieren 15-30 Kg de peces, alimentados con 300 g de alimento por día, con un área de crecimiento de 6 m<sup>2</sup> para producir 30 plantones de pepino al final. Considerando

que la talla comercial en la tilapia se considera a partir de 250 g, y la carga de biomasa en 1 m<sup>3</sup>, puede alcanzar hasta 50 kilos de biomasa de tilapia, significa que una densidad técnicamente razonable es hasta 100 peces en talla comercial, nuestro trabajo de investigación considera máximo 90 peces con aproximadamente 340 g, en las semanas previstas en la investigación.

### **Variables observables:**

Plantas de pepino: Longitud y peso de raíz, tallo y frutos.

Tilapia: peso, talla.

### **Diseño de investigación según el tipo de estudio**

Al revisar diferentes bibliografías de métodos de investigación, encontramos varias clasificaciones de tipos y métodos de investigación. Bunge (1980), introdujo la primera clasificación al distinguir la ciencia básica de la ciencia aplicada. Alvitres (2000), define la investigación básica, pura o sustantiva cuando busca descripción, explicación o predicción y definir la aplicación o investigación técnica al construir procedimientos, innovar estrategias, crear y probar artefactos y evaluar su valor práctico. Sin embargo, los tipos de investigación se pueden clasificar según diferentes criterios. Por ejemplo, Hidalgo (2005), clasifica la investigación según cuatro criterios: i) propósito de la investigación: investigación básica e investigación aplicada; ii) métodos utilizados para obtener datos: literatura, campo, estudio; iii) el nivel de conocimiento exploratorio, descriptivo y explicativo; iv) aplicación de la investigación: histórica, descriptiva y experimental. Por otro lado, Uriarte (2005), menciona tres clasificaciones: i) Teoría o pura vs. Aplicado o técnico; ii) Descriptivo (exploratorio o aproximado) y explicativo (analítico o crítico); iii) Individual (o privado), vinculado a cátedra (u orientación) vs. interdisciplinario o interdisciplinario de Uriarte (2005), también mencionó dos métodos de recolección de datos: método inductivo (síntesis) y método deductivo (análisis). Hemándezel (2014), categorizó el tipo de investigación o alcance de la

investigación en: i) exploratoria, ii) descriptiva, iii) relevancia y iv) explicativa. Hernández (Hernández) al. (2014), el método o diseño de investigación se clasifica como: i) no experimentales: transeccionales (exploratorio, descriptivo y correlacional-causal y longitudinales (de tendencia, de evolución de grupo y panel), ii) experimentales: pre experimentales, cuasi - experimentales puros.

Por lo tanto, la Tabla 7 indica cómo se tabularán los datos experimentales cuando se registre la información tanto de la tilapia y de los pepinos.

### Tabla 9

*Diseño experimental de la investigación (El símbolo Tn y On indica datos obtenidos en cada tratamiento y observación realizada)*

TRATAMIENTOS	TRATAMIENTO T1	TRATAMIENTO T2	TRATAMIENTO T3	TRATAMIENTO T4
TOMA DE DATOS	T1 = 90T/30P	T2 = 60T/30P	T3 = 30T/30P	Hidroponía
Observación 1	T1,O1	T2,O1	T3,O1	T4,O1
Observación 2	T1,O2	T2,O2	T3,O2	T4,O2
Observación 3	T1,O3	T2,O3	T3,O3	T4,O3
Observación 4	T1,O4	T2,O4	T3,O4	T4,O4
Observación 5	T1,O5	T2,O5	T3,O5	T3,O5
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
Observación N	T <sub>1</sub> ,O <sub>N</sub>	T <sub>2</sub> ,O <sub>N</sub>	T <sub>3</sub> ,O <sub>N</sub>	T <sub>3</sub> ,O <sub>N</sub>

## 4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 4.2.1 Población de estudio

La población está compuesta por 120 plantones de pepino dulce, que aprovecharán los efluentes de 180 ejemplares de tilapia, que se cultivarán en el sistema de acuaponía.

### 4.2.2 Muestra

El tamaño de la muestra será por tratamientos: T1=90 peces/30plantones, T2=60peces/30plantones, T3=30 peces/30plantones.

La investigación centró para evaluar el comportamiento de la biomasa de los pepinos dulces frente a una determina densidad de peces de tilapia o solución nutritiva, siendo entonces para cada tratamiento un total de 28 para cada uno. Por lo tanto, la evolución de la biomasa de pepino dulce es una variable dependiente, que se calculó según lo que se muestra en la Tabla 8.

### **Tabla 10**

*Cálculo de la muestra para determinar la biomasa del pepino dulce frente a una densidad de tilapias*

Población	10 % de margen de error	5 % de margen de error
30		28
100	50	80
120		92
500	81	218
1000	88	278
100 000	96	383
más de 1 millón	97	384

Fuente: <https://es.surveymonkey.com/mp/sample-size/>

## **4.3 VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN**

### **4.3.1 Identificación de variables**

Las variables en el presente trabajo de investigación son:

#### **VARIABLE INDEPENDIENTE: Tabla 9**

Biomasa de la tilapia *oreochromis niloticus*

#### **VARIABLE DEPENDIENTE: Tabla 10**

Número de plantones de pepinos *Solanum muricatum* con frutos producidos.

#### 4.3.2 Caracterización de las variables.

##### a) Variable Independiente: Biomasa de tilapia

**Tabla 11**

*Caracterización de la Variable Independiente*

<b>Definición</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>
Cantidad total de materia viva presente en una comunidad o ecosistema, en este caso la densidad de tilapia por peso en un cuerpo de agua.	Densidad y Biomasa de tilapia.  Conversión alimenticia y dosificación de alimentos tilapias.  Calidad de agua donde se cultiva la tilapia.  Acción bacteriana en biofiltro a los excrementos y desperdicios acumulados de la tilapia.	Peso de las tilapias Talla de las tilapias Supervivencia de las tilapias Peso de alimento suministrado y Conversión alimenticia de Diferencia de peso y talla inicial comparada con la final.  Físicos: Temperatura, turbidez y otros. Químicos: Ph, oxígeno, salinidad, Calcio, fosfatos, entre otros. Biológicos: Fito y zooplancton. Amoniacos total. Nitritos. Nitratos.

##### b) Variable dependiente: Biomasa de pepino

**Tabla 12***Caracterización de la Variable dependiente*

<b>Definición</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicadores</b>
Producción de pepino con película nutriente de nitrato proveniente de los efluentes del cultivo de tilapia.	Biomasa de pepino.	Peso de la biomasa de tallo y hojas.
		Altura de las plantas. Peso unitario de frutos. Número de fruto por planta. Peso de frutos/planta. Peso de la raíz. Talla de la raíz.
	Calidad de efluentes y nutrientes.	Resultados físicos. Resultados químicos. Evaluación organoléptica del sistema.

#### 4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

##### 4.4.1 Recopilación de datos

Constituido principalmente por recolectar información del trabajo de investigación experimental como son:

**Análisis documental:** A revistas, libros, tesis relacionada al tema de la investigación, especialmente del sistema acuapónico, cultivo de la tilapia, cultivo del pepino dulce, evaluación de efluentes de acuaponía.

**Página web:** Relacionada al tema en estudio, como son investigaciones en sistemas acuapónicos a nivel nacional, e internacional.

Observación experimental, la observación se realizó permanentemente para controlar los datos y no tener variaciones que afecten a la investigación.

**Registro de datos:** Del crecimiento y comportamiento del pepino dulce y la tilapia en libreta de campo.

**Registro de datos de los factores** fisicoquímicos de los efluentes o solución nutritiva en libreta de campo.

**Sistematización de información,** según indicadores de estudio.

#### **4.4.2 Instalación y conducción del experimento**

Por la importancia del trabajo de investigación, los módulos de investigación fueron dispuestos en un invernadero de cobertura parcial para que no ingresen parásitos o plagas que afecte a las plantas de pepino dulce, asimismo evitar la fuerte radiación solar directa a las plántulas, por lo describo las acciones y actividades seguidas en la ejecución del proyecto:

##### **Instalación de la cubierta**

El invernadero construido y adaptado ha tenido las siguientes medidas: 13 m de largo, 4 m de ancho y una altura de 2.20 m., la que se cubrió con material traslúcido, malla rashell color verde de 60 %, la que permitió la entrada parcial de la luz y protegió de posibles plagas, la que podemos observar en la Figura 3 y N°4.



Figura 3: Construcción del invernadero



Figura 4: Invernadero cubierto con material traslúcido

### **Construcción e instalación del módulo hidropónico nft**

Se construyeron tres prototipos de acuaponía y uno de hidroponía, para los experimentos demostrativos todos ubicados en un invernadero protegidas con malla, siendo necesarios los siguientes materiales:

Tres estanques de 1 metro cúbico.

24 tubos de PVC de tres metros con sus respectivos agujeros/orificios para fijar las plántulas.

Tres filtros biológicos.

Tres sedimentadores o filtros mecánico.

04 bombas sumergibles de agua para la recirculación.

Sistema de mangueras de conducción de agua.

Por lo tanto, se ha seguido un procedimiento de las mismas que se describen:

### **Sistema de tuberías para transporte de efluentes**

**Paso N°1** Se procedió a fijar puntales de eucalipto (un metro) con un desnivel del 20 %, para adaptar soleras de madera donde se instaló los tubos de PVC de 4 pulgadas.

**Paso N°2** Los materiales de madera y eucalipto se unieron utilizando tornillos de madera y ajustar cualquier desnivel no apropiado.

**Paso N°3** Se acondicionaron y fijaron los tubos de PVC de 4 pulgadas, sobre las soleras de madera, los tubos se acondicionado de manera paralela, los cuales fueron 7 para cada experimento.

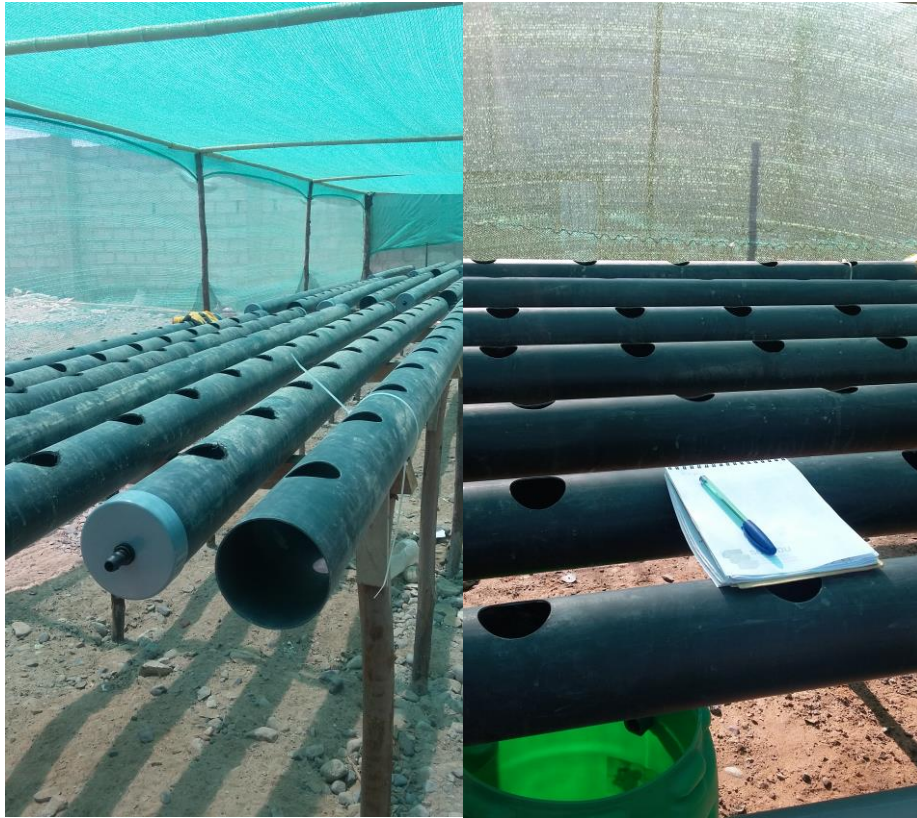


Figura 5: Fijación de los tubos de PVC

**Paso N°4** A los tubos de PVC en cada extremo se acondicionaron tapas perforadas en el medio con un diámetro de  $\frac{1}{2}$  pulgada, para que permita el flujo de agua ingreso y salida de la misma, Figura 5.

**Paso N°5** En las perforaciones extremas se instaló conectores de enlace de riego tecnificado luego se conectó a una manguera flexible, cada uno con sus respectivas válvulas (llaves) para controlar el fluido de manera homogénea.

**Paso N°6** Para el ingreso del flujo se acondicionó un tubo de 2", conocido como porta regante con sus respectivos conectores de enlace, la que transporta el fluido desde el biofiltro a los tubos de PVC donde se sembraron las plántulas de pepino dulce.

**Paso N°7** Para la descarga del fluido proveniente de los tubos de PVC de 4", se realizó por rebose la misma que fue recolectado por conexión a un tubo de PVC de 2", la que transportó finalmente a los estanques de peces.

### **Adquisición y montaje de estanque de peces**

En el proceso de acondicionamiento y construcción, se realizaron los siguientes pasos:

**Paso N°1** Se adquirió tres contenedores con una capacidad de 1000 lt cada uno, para la crianza de peces (tilapia).

**Paso N°2** Se colocaron los estanques acondicionando que exista coincidencia de nivel, con la finalidad de que la bomba sumergible funcione correctamente, según el desnivel y mantener un flujo permanente y uniforme en cada uno de los tubos donde está sembrado y fijado las plántulas de pepino.

**Paso N°3** Se montó sobre los estanques de tilapia los decantadores y biofiltro, con la finalidad de que realice el tratamiento a los efluentes del cultivo de peces, se muestra en la Figura 6.



Figura 6: Instalación de estanques de 1000 lt cada uno

## **Adquisición y montaje de los biofiltros**

En este proceso de adecuar y acondicionar los biofiltros se ha tenido diferentes pasos de carácter técnico, la misma que ha tenido los siguientes procedimientos:

**Paso N°1** Se adquirió 06 cubetas de 55 litros de capacidad cada uno, con la finalidad de que pueda cumplir el objetivo de la desnitrificación, se observa en las Figuras 7 y 8.

**Paso N° 2** Para la acción bacteriana de los efluentes del cultivo de tilapia que tiene contenido de amonio, nitritos y otros elementos que son utilizados posteriormente como abono natural en el cultivo del pepino dulce, se ha diseñado un biofiltro adquiriendo y acondicionando los siguientes materiales:

06 Cubeta de pvc con capacidad de 55 litros en total.

60 cm de altura.

34 cm de ancho de circunferencia.

Material reciclado de tapas de botella de gaseosas y pvc de algunos objetos, que sirvan de sustrato para la desnitrificación, todo esto cubierto dentro de una bolsa de malla raschel de 60 %.

Esponja de dos pulgadas para que se adhiera las bacterias y separe medios físicos no deseables.

Mangueras de 1 y 2 pulgadas, con llaves de control.

Instalación de Sifón al interior del cubo para el trasvase el efluente y el agua tratada.



Figura 7: Acondicionando el biofiltro



Figura 8: Poniendo el sustrato para las bacterias

**Paso N° 3** Luego se realizó el montaje encima del estanque de peces, dando la fluidez a los efluentes, para lo cual se conectó las dos cubetas como son: el

decantador y el biofiltro, al decantador para eliminar material no deseable en el sistema y el biofiltro a la plataforma de tubos de PVC de 4”.



Figura 9: Instalación del biofiltro y decantador

**Paso N°4** Es decir se ha construido cada unidad experimental, sin considerar el módulo de testigo, cumpliéndose con lo previsto en el plan de trabajo con las Figuras 9 y10.

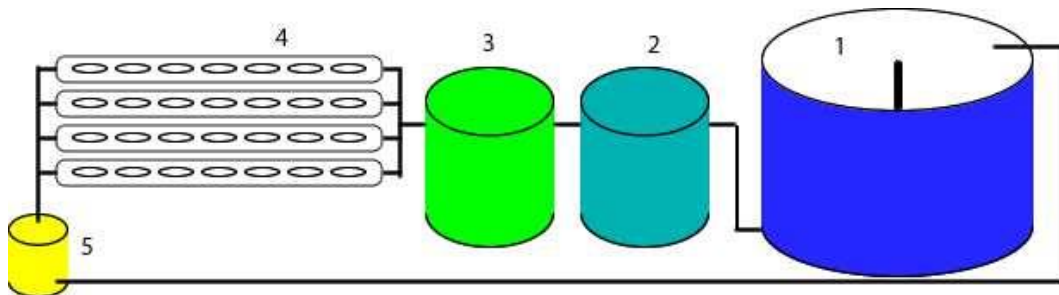


Figura 10: Diseño genérico de un sistema NFT.

Referencias: 1: tanque de peces; 2: filtro mecánico; 3: filtro biológico; 4: componente hidropónico; 5: sumidero con bomba.

## PREPARACIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE CAMA DE ALMÁCIGO

Con la finalidad de tener plántulas de pepino dulce aptas para la acuaponía, fue necesario acondicionar un almácigo, donde se realizó la plantación de la primera fase del experimento, la misma que ha tenido los siguientes pasos:

**Paso N°1** Acondicionar una cama de almácigo de madera, a cuál se le ha forrado con plástico de considerable diámetro, siendo total de 4 m de largo por 50 cm de ancho y 50 cm de alto.

**Paso N°2** En la cama de almácigo se ha vertido tierra preparada de compostaje y humus, para que pueda enraizar rápidamente, se observa en la Figura 11.



Figura 11: Preparando la cama para el pepino

**Paso N°3** Se uniformizó y niveló el sustrato, retirando cualquier maleza que pueda afectar a las plantas de pepino dulce.

### **PREPARACIÓN PARA SIEMBRA DE PEPINO DULCE**

Para el presente trabajo experimental las plántulas de pepino dulce se han logrado mediante la propagación por esquejes, las que siguieron los siguientes pasos:

**Paso N°1** Para tener buenas plántulas se recogió ramas sanas y maduras de pepino dulce, luego se les cortó en una longitud de 15 cm cada uno.

**Paso N°2** Luego se realizó el trasplante en un módulo o cama preparada de compostaje y humus, para que pueda enraizar rápidamente.

**Paso N°3** En total se plantó 300 ramas para seleccionar los mejores y que sean uniformes, se observa en la Figura 12.



Figura 12: Sembrado de los esquejes de pepino

#### 4.4.3 Adquisición y siembra de peces tilapia (*Oreochromis niloticus*)

Para este proceso los peces fueron adquiridos y traídos de la Universidad Nacional Agraria la Molina, Facultad de Ingeniería Pesquería de su Centro Experimental, el mismo que siguió los siguientes pasos:

**Paso N°1** Adquisición de peces juveniles machos de *Oreochromis* revertidos sexualmente de 29 gr de peso en promedio en el Centro experimental de acuicultura de la UNALM Lima.

**Paso N°2** Se acondicionó en dos cubetas de 200 litros cada una, a la cual se le ha proveído agua del mismo centro experimental, los peces primero fueron trasladados vía terrestre en una camioneta, fueron transportados en bolsas con oxígeno en un primer tramo hasta Nazca, luego en un segundo tramo en las cubetas, que tenía cada uno dos aireadores para abastecer de oxígeno (los que utilizan los acuaristas), los equipos funcionaban a pilas y batería.

**Paso N° 3** Durante el viaje hacia la ciudad de Tacna desde Lima se realizó renovación de agua en dos puntos: en el valle de Yauca y el otro en el Valle de tambo.

**Paso N° 4** Al llegar a Tacna fueron aclimatados y sembrados en una jaula acondicionada en un reservorio agrícola de la Yarada (50 metros por 20 metros de ancho y 2 m de profundidad), la jaula tenía una medida de 3 m x 2 m.

**Paso N°5** Luego de evaluar el sistema acuapónico y verificar el normal funcionamiento se sembró las tilapias en tanques de fibra de PVC de 1000 l de capacidad, con la siguiente densidad:

90 peces en el primer estanque

60 peces en el segundo estanque

30 peces en el tercer estanque

**Paso N°6** Para un recambio del efluente se instaló una bomba de uso continuo para cada tanque de los peces que enviará el agua hacia el decantador y posteriormente este pase al biofiltro y luego a las plantas por medio de un ramal de tubos de PVC.

**Paso N°7** Provisión de alimento balanceado para alimentar a los peces con una dieta comercial con un contenido de 40 % de proteína cruda, con una frecuencia de 3 veces al día, con un total de 2 % de su biomasa, hasta la finalización del experimento.

#### **4.4.4 Conducción del experimento acuapónico**

Para obtener la biomasa de pepino dulce que se generaron a partir de efluentes de cultivos realizados (desechos orgánicos producidos por el alimento no consumido, por heces y orina de organismos acuáticos) de crianza de tilapia, en sistema de acuaponía NFT a diferentes densidades de peces en estudio fueron:

**T1 : 90 peces con 30 plantones**

**T2 : 60 peces con 30 plantones**

**T3 : 30 peces con 30 plantones**

**T4 : 30 plantones con el Grupo Control NFT (solución nutritiva recirculaste)**

## **CULTIVO DE PEPINO DULCE**

Considerando que se tiene en la cama almácigo sembrado y desarrollando su crecimiento 300 plántulas de pepino dulce por un periodo de 20 días, por lo cual en la siembra de acuaponía experimental se siguió los siguientes pasos:

**Paso N°1** Se realizó la siembra en cada módulo 30 plantas en total, siendo 10 plantones por tubo, para lo cual las raíces fueron lavadas cuidadosamente para ser colocados como raíces flotantes.

**Paso N°2** Luego posteriormente ser colocadas en esponjas envolviéndolas con sumo cuidado para no lastimar las raíces así introducirlas en los agujeros de los tubos, en promedio tenían 18 centímetros, a la hora de plantar.



Figura 13: Colocación de los plantones a los tubos

**Paso N°3** Al terminar el trasplante se verificó que las raíces estén en contacto con el agua (efluente de tilapia), se observa en la Figura 13.

**Paso N°4** La oxigenación del efluente de tilapia se da desde el tanque de peces donde es oxigenada continuamente, por un aireador permanente eléctrico.



Figura 14: Adaptación y crecimiento de la raíz de pepino



Figura 15: Crecimiento del follaje de los plantones

**Paso N°5** Luego del trasplante viene el proceso de cultivo del pepino en los 4 módulos, la evaluación se realizó cada semana, luego que las plantas empezaron a crecer y desarrollar se acondicionó con hilos de rafia en la parte superior para que no se desparramen y deforme las plantas por el peso de las ramas y hojas, se observan en las Figuras 14 y 15.



Figura 16: Acondicionamiento con hilos de rafia

**Paso N°6** Para diferenciar el crecimiento de las plantas en los diferentes módulos experimentales, se evaluó el crecimiento de las hojas, crecimiento de tallo, crecimiento de la raíz y pigmentación de las mismas, se observa en las Figuras 16 y 17.



Figura 17: Toma de medidas

**Paso N°7** Luego del trasplante definitivo se realizaron evaluaciones en fase de floración y cuajado o fijación del fruto de pepino dulce, el desarrollo diferenciado de los módulos experimentales se registró en el cuaderno de campo respectivo, se hicieron evaluaciones de variables planteadas para el experimento.



Figura 18: Crecimiento de las flores

**Paso N°8** Luego del trasplante definitivo y un manejo de 75 días, se realizó la cosecha de pepino dulce las que alcanzaron un desarrollo diferenciado en los diferentes módulos experimentales, luego se hicieron las evaluaciones de las variables planteadas para el experimento, se observa en las Figuras 18 y 19.



Figura 18: Crecimiento de las flores y posterior fruto

## **CULTIVO DE PECES TILAPIA**

**Paso N°1** Se compró la Semilla de tilapia en la Ciudad de Lima, en la UNALM, Facultad de Ingeniería Pesquera, un total de un millar alevinos.

**Paso N°2** Transporte de alevinos de tilapia de Lima a Tacna.

**Paso N°3** Aclimatación de las tilapias.

**Paso N°4** Siembra de semillas para la acuaponía.

**Paso N°5** Alimentación diaria de los ejemplares elegidos de manera uniforme, según tabla de dosificación.

**Paso N°6** Muestreo cada 15 días los pesos y tallas de las tilapias en experimento en los tres módulos.

**Paso N°7** Captura total de las especies al final del experimento.

**Paso N°8** Medición y pesaje final de los ejemplares.

### **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE BIOFILTROS DE ACUAPONÍA.**

Para la acción bacteriana de los efluentes del cultivo de tilapia que tiene contenido de amonio, nitritos y otros elementos que son utilizados posteriormente como abono natural en el cultivo del pepino dulce, se ha diseñado un biofiltro con las siguientes características:

06 Cubetas de pvc con capacidad de 55 litros en total

60 cm de altura

34 cm de ancho de circunferencia

Material reciclado de tapas de botella de gaseosas y pvc de algunos objetos, que sirvan de sustrato para la desnitrificación, todo esto cubierto dentro de una bolsa de malla raschel de 60 %.

Esponja de dos pulgadas para que se adhiera las bacterias y separe medios físicos no deseables.

Mangueras de 1 y 2 pulgadas, con llaves de control.

Instalación de Sifón al interior del cubo para el trasvase el efluente y el agua tratada.

La siembra es según la densidad del tratamiento (dos semanas antes), para permitir el flujo de nutrientes en el sistema previo a la siembra de las plántulas de pepino, se instalará un biofiltro para cada sistema e iniciar el proceso de nitrificación. Las plantas se sembraron en los tubos de PVC preparados. La concentración de amonio, nitritos y nitratos del agua se registraron, mientras que

los peces serán medidos y pesados cada 15 días para ajustar la ración de alimento (5 % de la biomasa total por día) y las plantas de pepino dulce se evaluaron. El ensayo tendrá una duración de total de tres meses (es el ciclo promedio que dura desde la siembra hasta la cosecha del pepino). Al final del mismo, se registrará el crecimiento de los peces, crecimiento de los plantones de pepino y frutos de pepino; siguiendo lo recomendado por (Rakocy, 2006).

Por lo tanto, las técnicas de recolección de datos fueron por muestreo al azar tanto a las tilapias como a los pepinos dulces, las que se registraban en un cuadro formulado en gabinete, en cuanto a la calidad de agua se ha utilizado un equipo multiparámetro Hanna, los mismos que se registraron en un cuaderno de campo diseñado en gabinete; de igual forma la recolección de datos para el pepino dulce fue utilizando una regla para medir y una balanza sensible.

#### **4.4.5. Materiales para el sistema de acuaponía**

Debido a la pequeña cantidad de agua, los sistemas NFT suelen ser susceptibles a cambios repentinos en las variables hidrológicas. En lugares donde la temperatura ambiente cambia mucho, el sistema NFT no podrá mantener la temperatura del agua. Además, el valor del pH puede cambiar repentinamente en un corto período de tiempo, afectando especialmente a los peces, por lo que contendrán los siguientes materiales en el invernadero:

- Tres estanques de 1 metro cúbico.
- Siete tubos de PVC de tres metros para cada estanque.
- Un filtro biológico.
- Un sedimentador o filtro mecánico.
- Una bomba de agua para la recirculación.
- Sistema de mangueras de conducción de agua.

#### 4.4.6 Instrumentos de evaluación de parámetros

La evaluación y seguimiento de los diferentes parámetros fisicoquímicos, se realizará con un equipo multiparámetro calibrado para agua dulce, para el aspecto biológico ictiómetros, balanzas para peces y plantas.

El instrumento de recolección de datos será el uso de la hoja o ficha de registro de datos como son:

#### FÍSICOS Y QUÍMICOS

- Temperatura
- Oxígeno
- PH
- CO<sub>2</sub>
- Alcalinidad
- Nitrato
- Nitrito amoniac

#### BIOLÓGICOS

- Peso
- Talla
- Conversión alimenticia
- Cantidad de alimento consumido por la tilapia, la que se evaluará la cantidad de alimento (C.A.) (Baltazar y Palomino, 2004):

$$CA = B * TA * d \text{-----} [04]$$

Donde: B= biomasa (g), TA= tasa de alimentación (%) y d= número de días.

#### 4.5 Procesamiento y análisis de datos

Para determinar los cambios en la biomasa de tilapia y pepino dulce, media y otros, según la teoría de la tecnología, el cambio total en un conjunto de datos se divide en varias partes, cada una de las cuales se asocia a una fuente específica. Por lo tanto, en el proceso de análisis, se puede encontrar la medida en que cada una de estas fuentes contribuye al cambio total.

Según el diseño experimental del presente trabajo, estadísticamente tiene una distribución normal sometida a pruebas paramétricas con indicadores estadísticos de:

- Distribución del peso de biomasa
- Conversión alimenticia
- Densidad

El desarrollo de este tema de estudio se debe principalmente a Ronald Fisher. En consecuencia, para evaluar estadísticamente se utilizará el ANOVA que tiene amplia aplicación en el análisis de datos derivados de experimentos, explicada en el diseño experimental del presente trabajo la misma que tiene la siguiente ecuación:

**TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO ----- [5]**

1	2	3	...i...	k	
$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13, \dots}$	$X_{1i, \dots}$	$X_{1k}$	
$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23, \dots}$	$X_{2i, \dots}$	$X_{2k}$	
$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33, \dots}$	$X_{3i, \dots}$	$X_{3k}$	
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	
$X_{n1}$	$X_{n2}$	$X_{n3, \dots}$	$X_{ni, \dots}$	$X_{nk}$	
$T_1$	$T_2$	$T_3, \dots$	$T_i, \dots$	$T_k$	$T$
$n_1$	$n_2$	$n_3, \dots$	$n_i, \dots$	$n_k$	$N$
$\mu_1$	$\mu_2$	$\mu_3, \dots$	$\mu_i, \dots$	$\mu_k$	$\mu$

Donde:

$$T_1 = X_{11} + X_{21} + X_{31} + \dots + X_{n1}$$

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_i + T_k$$

$$N = n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i + n_k$$

$$\mu_1 = T_1 / n_1$$

$$\mu = T/N$$

----- [2]

Para el tratamiento estadístico de la información obtenida, será mediante el diseño de experimentos completamente al azar, con el programa estadístico SPSS 24.

**COMPROBACIÓN DE HIPÓTESIS**

**HIPÓTESIS ALTERNA**

El balance de biomasa entre la densidad de tilapia *Oreochromis niloticus* y el pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en un sistema de acuaponía por

nft (nutrient film technique), es mayor al promedio de un pez por planta, es decir una biomasa de 30 peces tilapia con 30 plantones pepino dulce.

Para este caso la comprobación de hipótesis fue de una prueba de 2 colas de la siguiente manera:

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones**

**HIPÓTESIS NULA**

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones**

Asimismo, para determinar la rentabilidad se aplicó las ecuaciones de evaluación financiera de proyectos como es el caso del punto de equilibrio, se seguirá según lo recomendado por Kume, (2014) y el VAN Y TIR.

$$\text{P.E.} = \frac{\text{CF}}{\text{P}-\text{CV}} \quad \text{-----} \quad \text{-----} \quad [3]$$

Donde:

P.E = Punto de Equilibrio, CF = Costos fijos, P = Precios unitarios,

CV = Costo Variable

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS**

#### **5.1 BIOMASA Y PRODUCTIVIDAD DE PEPINOS CON EFLUENTES DE ACUAPONIA**

Tras la plantación en los distintos módulos experimentales de acuaponía, se encontró que el proceso de crecimiento y producción del fruto de pepino dulce de la especie *Solanum muricatum*, algunas plantas crecieron y dieron frutos de manera adecuada y otros tuvieron problemas vegetativos a partir del trasplante y exhibían una marcada falta de vigor a los 40 días y algunos no llegaron a florecer, por lo tanto los cuatro módulos experimentales tuvieron diferentes resultados que a continuación detallamos:

- a. Peso de la biomasa de tallo y hojas
- b. Altura de las plantas
- c. Peso unitario de frutos
- d. Número de fruto por planta
- e. Peso de frutos/planta
- f. Peso de la raíz
- g. Talla de la raíz

**T1 : 90 peces con 30 plantones**

**T2 : 60 peces con 30 plantones**

**T3 : 30 peces con 30 plantones**

**T4 : 30 plantones del Grupo Control NFT (solución nutritiva recirculante)**

##### **5.1.1 Altura de las plantas (tallos y hojas)**

Se ha determinado la altura de las plantas de pepino dulce para cada uno de los experimentos, las mismas que al ser sometido al estadístico SPSS 24, los resultados son los que se muestra en la Tabla 13; donde se muestra que para todo el proceso de investigación se ha considerado en la evaluación de la biomasa del pepino cuatro (04) tratamientos de dosificación; donde T1 = 1= 90 peces y 30 plantas, T2 = 2 = 60 peces y 30 plantas, T3 = 3 = 30 peces y 30 plantas, T4 = 4 = 30 plantas (Grupo de control en hidroponía con solución nutritiva; a cada uno de estos tratamientos se les ha sometido a 28 observaciones por tratamiento, con un nivel de 5 % de error.

Para lo cual los parámetros estadísticos evaluados son:

**Variable de respuesta:** Crecimiento (talla) de plantas de pepino.

**Unidad experimental:** Sistema acuapónico e hidropónico.

**Factor:** Dosificación de peces con plantas y solo plantas en hidroponía.

**Diseño balanceado:** El mismo número de tratamientos.

**Análisis univariado de varianza:** SPSS 24

### Tabla 13

*Tratamientos del experimento para análisis de biomasa del pepino dulce*

Factores inter-sujetos			
		Etiqueta de valor	N
Numero de peces y número de plantas	1	90 peces y 30 plantas	28
	2	60 peces y 30 plantas	28
	3	30 peces y 30 plantas	28
	4	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	28

En la Tabla 14, talla del pepino dulce, observándose la diferencia de medias y desviación estándar en el crecimiento por tratamientos, lo cual se

probará con la prueba de hipótesis que nos permitirá contrastar los datos según tratamientos efectuados.

**Tabla 14**

*Media y varianza de altura de plantas (cm) del experimento cultivado de pepino dulce.*

<b>Estadísticos descriptivos</b>				
Variable dependiente: Talla del pepino				
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	Varianza	N
90 peces y 30 plantas	83,796	3,5034	11,418	28
60 peces y 30 plantas	83,243	3,8584	13,798	28
30 peces y 30 plantas	77,886	1,5920	24,302	28
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	84,171	3,8006	15,711	28
<b>Total</b>	<b>82,274</b>	<b>4,1622</b>		<b>112</b>

Asimismo, en la Tabla 14, los efectos principales que se observan con mayor rigor son que existe diferencias en la varianza, el tratamiento T4 es el hidropónico y su crecimiento es con la solución nutritiva que representa al grupo de control del estudio, observando que tiene un mejor crecimiento, siendo la media de 84,17 cm, frente a 77,88 del tratamiento T3 que está compuesto de 30 tilapias y 30 plantones de pepino de pepino dulce; sin embargo el tratamiento T1 donde está compuesto por 90 peces de tilapia y 30 plantones de pepino dulce nos muestra una media de 83.79, cercano a la solución nutritiva T4, por lo cual nos indica que el efluente tratado en T1 es una mejor combinación para el crecimiento de las plantas de pepino dulce.

**Tabla 15**

*Prueba de hipótesis de las diferencias de medias por tratamiento dosificado*

<b>Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup></b>				
Variable dependiente: Talla del pepino				
F	df1	df2	Sig.	
8,047	3	108	,000	
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.				
a. Diseño: Intersección + Dosificación				

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; siendo la prueba de hipótesis de la siguiente forma:

### **HIPÓTEIS ALTERNA**

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3)**; es decir que el tallo de las plantas de las dosificaciones de T1, T2 Y T4

### **HIPÓTESIS NULA**

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla15, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “P” calculado es igual a 0,000, menor al error que es 0.05 (5 %), esto quiere decir que las tallas de los tratamientos T1, T2, T4, son mayores al de T3, la misma que es corroborado con las pruebas de efectos inter-sujetos, que se puede observar en el Anexo 1.

**Tabla 16**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias por tratamiento dosificado*

<b>Talla del pepino</b>			
	Numero de peces y número de plantas	N	Subconjunto
			1      2
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	30 peces y 30 plantas	28	77,886
	60 peces y 30 plantas	28	83,243
	90 peces y 30 plantas	28	83,796
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	28	84,171
	Sig.		1,000      0,723

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
Se basa en las medias observadas.  
El término de error es la media cuadrática (Error) = 11,035.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28,000.  
b. Alfa = 0,05.

Evaluando, en el Cuadro del Anexo 2 de Medias marginales estimadas, en la prueba post hoc de la talla de plantas de pepino dulce, respecto a la comparación de las diferentes dosis, según un determinado número de peces y número de plantas, tiene como resultado en el caso de: T1 con T2 y T3 el P calculado estadísticamente nos indica que son 0,924 y 0,975 respectivamente, es decir  $P > \alpha$ , por lo tanto la T1, T2 y T4, no muestran diferencia; únicamente en T3 su  $P (0,00) < \alpha$ , lo que manifiesta que T3 es el único diferente a T1, T2 y T4. Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en la Tabla 16, se obtiene como resultado que la talla del pepino se forma en dos subconjuntos, en el primer subconjunto solamente se ubica el T3 con un P calculado de 1,00 y el T1, T2, y T4 en el segundo subconjunto agrupado con un P calculado de 0,723, en ambos casos mayores de  $\alpha$ , en sus respectivos casilleros de subconjuntos.



Figura 20: Crecimiento de los plantones

Se observa en la Figura 20 que las plantas que se obtuvieron, en los módulos T1 y T4 son vigorosas y con un estado fitosanitario óptimo, para hacer más fácil su adaptación y sea fácil su traslado a los tubos de PVC de acuaponía, se utilizó un sustrato de esponja para ayudar a fijar los plantones y tengan un buen crecimiento y facilitar el crecimiento de la raíz fijándose rápidamente.

#### **5.1.2 Mediciones promedio de los frutos**

Los diferentes pesos del fruto de pepino registrados en los experimentos nos indican una variación significativa de las medias del fruto de pepino en los cuatro tratamientos del experimento, las mismas que se presenta en la Tabla 17

#### **Número de frutos por planta**

En la Tabla 17, se presenta el estadístico descriptivo de número de frutos por plantas, observa aparentemente que en el tratamiento T4 registra un mejor número de frutos, seguido del T1, no se registra datos en el T3, debido a que los

frutos en este tratamiento florecieron, pero no hubo progreso en el crecimiento o las flores se cayeron o están demasiado pequeños, no alcanzaron tamaño comercial, por esto que no se ha considerado para el estudio. Por lo cual será necesario someter a una comprobación de hipótesis.

**Tabla 17**

*Estadístico descriptivo del número de frutos por planta de pepino dulce*

Variable dependiente: Numero de Frutos por planta			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 plantas	31,036	2,3011	28
60 peces y 30 plantas	16,036	1,4525	28
30 peces y 30 plantas	0,000	0,0000	28
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	32,107	1,8726	28
Total	19,795	13,2353	112

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; siendo la prueba de hipótesis de la siguiente forma:

**HIPÓTEIS ALTERNA**

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el número de frutos de pepinos en las dosificaciones de T1, T2 Y T4.

**HIPÓTESIS NULA**

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla 18, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “**P**” calculado es igual a 0,000, menor al error que  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que las tallas de los tratamientos T1, T2, T4, son mayores al de T3, la misma que es corroborado con las pruebas de efectos inter-sujetos, que se puede observar en el Anexo 3.

**Tabla 18**

*Estadístico descriptivo del número de frutos por planta de pepino dulce*

<b>Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup></b>			
Variable dependiente: Numero de Frutos por planta			
F	df1	df2	Sig.
20,371	3	108	0,000
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño: Intersección + Dosificación			

Evaluando en el Anexo 4 de Medias marginales estimadas, en la prueba post hoc del número de frutos por planta de pepino dulce, respecto a la comparación de las diferentes dosis, según un determinado número de peces y número de plantas, tiene como resultado en el caso de: T1 con T2 y T4 el P calculado estadísticamente nos indica que es 0,000 respectivamente, es decir  $P < \alpha$ , por lo tanto la T1, T2 y T4, si muestran diferencia; por lo tanto únicamente en la relación de T1 comparado con T4 su  $P (0,078) > \alpha$ , lo que manifiesta que T1 y T4 no muestra diferencias entre sus medias; por lo cual, T1 y T2 son diferentes y menores que T1 y T4. Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en la Tabla 19, como resultado se observa que se forman tres subconjuntos: primer subconjunto solamente se ubica el T3 con un P calculado de 1,00, T2 en el subconjunto dos con una P calculado de 1,00; el T1 y T4 en el tercer subconjunto agrupado con un P calculado de 0,78, en los tres casos mayores de  $\alpha$ , en sus respectivos casilleros de subconjuntos.

**Tabla 19**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias de número de frutos por tratamiento dosificado*

Numero de Frutos por planta						
	Numero de peces y número de plantas	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
HSD	30 peces y 30 plantas	28	0,000			
Tukey <sup>a,b,c</sup>	60 peces y 30 plantas	28		16,036		
	90 peces y 30 plantas	31			31,097	
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	28				32,107
	Sig.		1,000	1,000	0,103	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos. Son medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2.760.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28.694. b. Los tamaños de grupo no son iguales. Se utiliza la media armónica de los tamaños de grupo. c. Alfa = .05.

### **Peso unitario del fruto**

La Tabla 20 presenta el estadístico descriptivo de peso unitario de frutos por plantas, donde el tratamiento T4 registra un mejor peso unitario de frutos, seguido del T1 y posteriormente en T2, no se registra datos en el T3, debido a que los frutos en este tratamiento florecieron pero no se han desarrollado o las flores se cayeron o están demasiado pequeños, no alcanzaron tamaño comercial, por lo cual no se ha considerado para el estudio como se indicó líneas arriba. Para lo cual será necesario someter a una comprobación de hipótesis.

**Tabla 20**

*Estadístico descriptivo del número de frutos por planta de pepino dulce*

Estadísticos descriptivos			
Variable dependiente: Peso de frutos			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 plantas	187,036	6,8924	28

60 peces y 30 plantas	135,096	5,7863	28
30 peces y 30 plantas	0,000	0,0000	28
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	191,007	7,3174	28
Total	128,285	77,8384	112

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; siendo la prueba de hipótesis de la siguiente forma:

### HIPÓTEIS ALTERNA

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el peso unitario de frutos de pepinos en las dosificaciones de T1, T2 Y T4

### HIPÓTESIS NULA

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según en la Tabla 21, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “**P**” calculado es igual a 0,000, menor al error que  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que las tallas de los tratamientos T1, T2, T4, son mayores al de T3, la misma que es corroborado con las pruebas de efectos inter sujetos, que se puede observar en el Anexo N°05.

### Tabla 21

*Prueba de hipótesis de las diferencias de pesos de frutos de medias por tratamiento dosificado*

<b>Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup></b>
Variable dependiente: Peso de frutos

F	df1	df2	Sig.
22,351	3	108	0,000

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Dosificación

Evaluando en el Anexo 06 de Medias marginales estimadas, en la prueba post hoc del peso de frutos de pepino dulce por dosificación, respecto a la comparación de las diferentes medias de dosis, según un determinado número de peces y número de plantas, tiene como resultado en el caso de: T1 con T2 y T3 el P calculado estadísticamente nos indica que es 0,000 respectivamente, es decir  $P < \alpha$ , por lo tanto la T1, T2 y T3, si muestran diferencia; por lo tanto únicamente en la relación de T1 comparado con T4 su  $P (0,056) > \alpha$ , lo que manifiesta que T1 y T4 no muestra diferencias entre sus medias; por lo cual, T1 y T2 son diferentes y menores que T1 y T4. Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en la Tabla 22, se obtiene como resultado que el peso de frutos en pepino se forman en tres subconjuntos, en el primer subconjunto solamente se ubica el T3 con un P calculado de 1,00, T2 en el subconjunto dos con una P calculado de 1,00; el T1 y T4 en el tercer subconjunto agrupado con un P calculado de 0,56, en los dos casos mayores de  $\alpha$ , en sus respectivos casilleros de subconjuntos.

**Tabla 22**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias del peso de frutos unitarios de frutos por tratamiento dosificado*

		<b>Peso de frutos</b>				
	Numero de peces y número de plantas	N	Subconjunto			
			1	2	3	4
HSD	30 peces y 30 plantas	28	0,000			
Tukey <sup>a,b</sup>	60 peces y 30 plantas	28		135,096		
	90 peces y 30 plantas	28			187,036	
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	28			191,007	
	Sig.		1,000	1,000	0,056	

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
Se basa en las medias observadas.  
El término de error es la media cuadrática (Error) = 33,633.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28,000.  
b. Alfa = 0,05.

En la Tabla 23, se observa que en el tratamiento T4 registra un mejor peso unitario el fruto de pepino dulce, seguido del T1, no se registra datos en el T3, debido a que los frutos en este tratamiento florecieron, pero no cuajaron o las flores se cayeron o están demasiado pequeños, por lo cual no se ha considerado para el estudio.

**Tabla 23**

*Resumen de promedio de datos del fruto de pepino*

VARIABLES DE EVALUACIÓN	RESUMEN DE TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES			
	T1	T2	T3	T4
PESO UNITARIO DEL FRUTO (g)	168,16	135,2	-	190,1
NUMERO DE FRUTAS/PLANTA	28,86	16,25	-	32,44
peso de fruto/planta (kg)	5,94	2,18	-	5,26



Figura 21: Floración del pepino

En la Figura 21 se observa que las flores son en racimos de color blanco y morado, se pudo observar que por tallo se formaron de 5 a 20 flores en algunos casos, para uniformizar se tuvo que podar y ralear para tener productos homogéneos.

### 5.1.3 Raíces de la planta de pepino

#### Peso de la raíz de pepino

La raíz del pepino al someter a pesaje, presentó diferentes medias que se muestran en la Tabla 24. El pepino dulce en el sistema de acuaponía e hidroponía (grupo de control) se observó la formación de muy extensas raíces, en consecuencia, en el estadístico descriptivo parece que habría diferencias significativas en el peso de la raíz de la planta de pepino dulce ( $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ ); sin embargo, para un rigor científico debe ser sometido a una prueba de contrastación de hipótesis.

**Tabla 24**

*Estadístico descriptivo del peso de la raíz de la planta de pepino dulce*

Estadísticos descriptivos			
Variable dependiente: Peso de la Raíz de pepino en gr			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N

90 peces y 30 plantas	183,939	5,5026	28
60 peces y 30 plantas	169,857	5,7132	28
30 peces y 30 plantas	156,607	3,3728	28
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	184,954	4,1310	28
Total	173,839	12,5706	112

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; siendo la prueba de hipótesis de la siguiente forma:

### HIPÓTESIS ALTERNA

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el peso unitario de la raíz de pepinos en las dosificaciones de T1, T2 Y T4

### HIPÓTESIS NULA

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto según la Tabla 25, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, debido a que “P” calculado es igual a 0,412, mayor al  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que las tallas de los tratamientos T1 = T2 = T3 = T4.

### Tabla 25

*Prueba de hipótesis de las diferencias de pesos de frutos de medias por tratamiento dosificado*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup>			
Variable dependiente: Peso de la Raíz de pepino en gr			
F	df1	df2	Sig.

0,964	3	108	0,412
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Intersección + Dosificación			

Evaluando, en el Anexo 08 de Medias marginales estimadas al peso de la raíz de las plantas de pepino, en la prueba post hoc del peso de frutos de pepino dulce por dosificación, respecto a la comparación de las diferentes medias de dosis, según un determinado número de peces y número de plantas, tiene como resultado en el caso de: T1 con T2 y T3 el P calculado estadísticamente nos indica que es 0,000 respectivamente, es decir  $P < \alpha$ , por lo tanto la T1, T2 y T3, si muestran diferencia; por lo tanto únicamente en la relación de T1 comparado con T4 su  $P (0,857) > \alpha$ , lo que manifiesta que T1 y T4 no muestra diferencias entre sus medias; por lo cual, T1, T2 y T3 son diferentes, mientras que T1 y T4 son iguales los pesos de sus raíces. Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en la Tabla 26, se obtiene como resultado que el peso de frutos en pepino se forman en tres subconjuntos, en el primer subconjunto solamente se ubica el T3 con un P calculado de 1,00, T2 en el subconjunto dos con una P calculado de 1,00; el T1 y T4 en el tercer subconjunto agrupado con un P calculado de 0,857, en los dos casos mayores de  $\alpha$ , en sus respectivos casilleros de subconjuntos.

**Tabla 26**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias del peso de frutos unitarios de frutos por tratamiento dosificado*

Peso de la Raíz de pepino en gr					
	Número de peces y número de plantas	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD	30 peces y 30 plantas	28	156,607		
Tukey <sup>a,b</sup>	60 peces y 30 plantas	28	169,857		
	90 peces y 30 plantas	28	183,939		

30 plantas hidropónicas (grupo de control)	28			184,954
Sig.		1,000	1,000	0,857

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 22,840.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28,000.

b. Alfa = .05.

### Talla de la raíz de pepino

La raíz del pepino al someter a medición longitudinal, presento diferentes medias de medidas las que se muestran en la Tabla 27 estadístico descriptivo, El pepino dulce en el sistema de acuaponía e hidroponía (grupo de control) se observó la formación de grandes y extensa raíces, esto básicamente porque no hay una oposición en el crecimiento y para dar equilibrio a la planta fijada en medio acuático; en consecuencia en el estadístico descriptivo parece que habría diferencias significativas en la longitud de la raíz de la planta de pepino dulce ( $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ ); sin embargo para un rigor científico debe ser sometido a una prueba de contrastación de hipótesis.

### Tabla 27

*Estadístico descriptivo del peso de la raíz de la planta de pepino dulce*

Estadísticos descriptivos			
Variable dependiente: Talla de la Raíz de pepino en cm			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 plantas	36,614	1,2061	28
60 peces y 30 plantas	32,889	1,3426	28
30 peces y 30 plantas	28,157	2,0216	28
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	36,318	1,0998	28
Total	33,495	3,7182	112

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; siendo la prueba de hipótesis de la siguiente forma:

### HIPÓTESIS ALTERNA

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que la longitud promedio de la raíz de pepinos en las dosificaciones de T1, T2 y T4 son mayores a las de T3.

### HIPÓTESIS NULA

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla 28, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “**P**” calculado es igual a 0,005, menor al  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que las tallas de los tratamientos T1, T2, T4, son diferentes al T3, la misma que es corroborado con la Pruebas de efectos inter-sujetos, que se puede observar en el Anexo 09.

### Tabla 28

*Prueba de hipótesis de las diferencias de pesos de frutos de medias por tratamiento dosificado*

<b>Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup></b>			
Variable dependiente: Talla de la Raíz de pepino en cm			
F	df1	df2	Sig.
4,474	3	108	0,005
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño: Intersección + Dosificación			

Evaluando, en el Anexo 10 de Medias marginales estimadas a la longitud de la raíz de las plantas de pepino, en la prueba post hoc, respecto a la comparación de las diferentes medias de dosis, según un determinado número de peces y número de plantas, tiene como resultado en el caso de: T1 con T2 y T3 el P calculado estadísticamente nos indica que es 0,000 respectivamente, es decir  $P < \alpha$ , por lo tanto la T1, T2 y T3, si muestran diferencia; por lo tanto únicamente en la relación de T1 comparado con T4 su  $P (0,873) > \alpha$ , lo que manifiesta que T1 y T4 no muestra diferencias entre sus medias, por lo tanto son iguales las longitudes de las raíces; por lo cual, T1, T2 y T3 son diferentes. Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en la Tabla 29, se obtiene como resultado que el peso de frutos en pepino se forman en tres subconjuntos, en el primer subconjunto solamente se ubica el T3 con un P calculado de 1,00; T2 en el subconjunto dos con una P calculado de 1,00; el T1 y T4 en el tercer subconjunto agrupado con un P calculado de 0,873, en los dos casos mayores de  $\alpha$ , en sus respectivos casilleros de subconjuntos.

**Tabla 29**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias de las longitudes de la raíz de la planta de pepino en tratamiento dosificado*

Talla de la Raíz de pepino en cm					
	Número de peces y número de plantas	N	Subconjunto		
			1	2	3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	30 peces y 30 plantas	28	28,157		
	60 peces y 30 plantas	28		32,889	
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	28			36,318
	90 peces y 30 plantas	28			36,614
	Sig.			1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,138.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 28,000.

---

b. Alfa = 0,05.

---

**Tabla 30**

*Resumen de promedio de datos de la raíz de pepino*

TRATAMIENTOS	PESO (g)	LONGITUD (cm)
T1	184	36,6
T2	171	32,9
T3	157	28,2
T4	185	36,3

Se observan diferencias significativas en la Tabla 30, donde el T2 y el T3, son los que tienen menor peso y dimensión, sin embargo, son superiores al peso y talla que presentan en el cultivo tradicional de 15 cm y 125 g en promedio, siendo en el cultivo acuapónico e hidropónico el doble del cultivo tradicional; debido a que registran 36 cm y 185 g, se observa en la Figura 22.



Figura 22: Muestreo de medición de la talla de la raíz de pepino

## **5.2 CALIDAD DE AGUA Y ACCIÓN BACTERIANA EN BIOFILTROS DE ACUAPONÍA CON LOS EFLUENTES DE CULTIVO DE TILAPIA**

En los cuadros siguientes se muestra las evaluaciones de los parámetros fisicoquímicos del agua utilizada para para la acuaponía y el efluente que alimenta a las plantas.

### 5.2.1 Evaluación de agua sin cultivar (origen: pozo subterráneo N°02 Viñani)

El agua que se utiliza, es proveniente del pozo subterráneo N°02 ubicado en el Distrito de Gregorio Albarracín Lanchipa, sector Viñani, es decir es alimentado por un pozo de la zona de Viñani considerando que en ese sector existe 04 pozos, por lo cual antes de iniciar el trabajo experimental, se realizó la evaluación fisicoquímica del agua sin cultivar, después del proceso de descloración del agua recepcionada para el cultivo de peces como la tilapia y las plantas de pepino dulce en un sistema acuapónico de NTF recirculante, las mismas que se muestran en la Tabla 31.

**Tabla 31**

*Evaluación de calidad de agua sin cultivar*

Día de Muestreo	T (°C)	NH3 (mg/l)	NO2 (mg/l)	NO3 (mg/l)	(pH)	O2 (mg L-1)	Cloruros (mg/l Cl-)	Bicarbonatos (mg/l Cl-)	Dureza total (mg/l CaCO3)
05/12/2017	<b>25,5</b>	<b>0,93</b>	<b>0,005</b>	<b>15</b>	7,32	3	<b>149</b>	<b>125</b>	<b>295</b>

Los datos obtenidos, son cercanos a los parámetros registrados en el trabajo de investigación titulada: “Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia” Tacna 2015”, realizado por el Ortiz B. (2015), en la UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMANN, Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Biología – Microbiología: las que se muestra en la Tabla 32 y Figura 23.

Año	Parámetro	Unidad	Norma ECA-D.S.N°002-2008-MINAM (*)	PV-1	PV-2	PV-3	PV-4
2013	pH	Valor de pH	6,5 – 8,5	7,36	7,20	7,65	7,28
2013	Turbidez	UNT	5	0,56	0,59	0,55	0,48
2013	Conductividad	us/cm	1500	462.33	1353	1305.17	1257
2013	Nitratos	mg/l N	10	0.96	2.643	3,539	3,09
2013	Boro	mg/l B	0,5	0,59505	0,96059	1,0886	1,15
2013	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250	74,93	399,5	358,2	357,5
2013	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,01053	0,01279	0,022	0,039
2013	Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	250	63,566	183,6	176,36	143
2013	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	136.58	526,83	506,02	490
2014	pH	Valor de pH	6,5 - 8,5	7,44	7,45	7,54	7,5
2014	Turbidez	UNT	5	0,36	0,44	0,4	3,1
2014	Conductividad	us/cm	1500	485,4	1383,2	1255,4	1107
2014	Nitratos	mg/l N	10	2,345	2,9443	4,08	1,24
2014	Boro	mg/l B	0,5	0,44609	0,81483	1,08153	1,96
2014	Sulfatos	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	250	125,286	279,129	300,4	271,5
2014	Aluminio	mg/l Al	0,2	0,00464	0,00632	0,00774	0,017
2014	Cloruros	mg/l Cl <sup>-</sup>	250	90,98429	160,8814	166,9286	148,9
2014	Dureza total	mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	202,09143	417,34714	488,58429	451,8

Figura 23: Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – 2015

Fuente: Ortiz B. (2015)

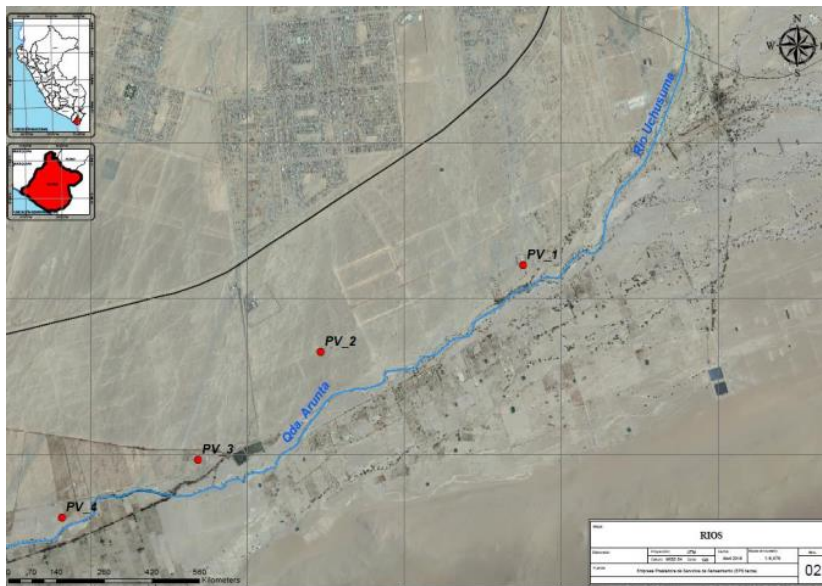


Figura 24: Ubicación de 04 pozos en Viñani

Fuente: Ortiz B. (2015)

## 5.2.2 EVALUACIÓN DEL EFLUENTE DE TILAPIA

El sistema acuapónico que se ha diseñado con biofiltros, fue para proveer sustrato, volumen de agua y renovación suficiente que ha permitido que se establezca una colonia de bacterias nitrificantes dentro del mismo, la que permitió el proceso de nitrificación, la que se ha monitoreado frecuentemente, constatando su correcto funcionamiento. El sistema que se desarrolló nos permitió preparar los tres sustratos y los de bolsas flotantes, al encontrarse bien dimensionados, funcionaron correctamente, luego del período de maduración y ajuste correspondiente; los sistemas NFT, preparados para la investigación fueron de 03 módulos en total

Se evaluaron las variaciones de los parámetros físico y químicos de los efluentes durante el periodo de cultivo de 90 días, para mayor entendimiento del presente trabajo, se presenta en la Tabla 33, observándose una temperatura promedio 25,6 °C, lo cual es óptimo para cultivo de peces y pepinos dulces y un Ph 6,78 en promedio para el T1, asimismo el T2 de 6,91, 7.14 para T3 y 6.27 para T4 los que son en un rango óptimo de acuaponía como grupo de control. Para la variable de amonio no ionizado y variable nitrito son menores (<) 1 (mgL-1), pero en la variable nitrato se encontró que está en el rango de >10-<300 (mgL-1); en el caso del oxígeno está en el rango deseado como es de 5.51 a 5.6 (mgL-1) ideales para cultivo de tilapia y cultivo acuapónico de plantas. También se puede decir que los sulfatos, cloruros y bicarbonatos adecuados para el trabajo experimental, finalmente la dureza del agua no supera los límites permisibles o deseados.

**Tabla 32**

*Resumen de calidad de agua en acuaponía*

PARAMETROS	PUNTOS EVALUADOS	TRATAMIENTOS EXPERIMENTALES				RANGOS ÓPTIMOS
		T1	T2	T3	T4	
Temperatura T (°C)	P1	25,5	25,43	25,33	25,66	20 a 31,5°
	P2	25,61	25,54	25,63		
	P3	25,61	25,71	25,61		
	P1	0,93	0,67	0,31	0,08	

Amoniaco NH3 (mgL-1)	P2	0,67	0,41	0,23		
	P3	0,61	0,28	0,18		
	P1	0,79	0,51	0,27	0,34	<1
Nitrito NO2 (mgL-1)	P2	0,63	0,43	0,23		
	P3	0,56	0,37	0,22		
	P1	81,57	53,84	26,92	91,29	>10-<300
NitratoNO3 (mgL-1)	P2	92,86	61,29	24,29		
	P3	80,8	52,53	26,71		
				0,71		
Potencial de Hidrógeno (pH)	P1	7,01	6,94	6,89	6,27	6,7 a 8,4 (tilapia)
	P2	6,5	6,83	6,93		5,5 a 7,0 (plantas)
	P3	6,6	6,96	6,92		
Oxígeno O2	P1	5,56	5,57	5,56	5,51	5
	P2	5,59	5,51	5,6		
	P3	5,57	5,6	5,63		
Cloruros Cl- ( mgL-1)	P2	159,86	160,57	161,71		
	P3	160,29	160,57	161,71		
	P1	69,43	67,86	72,43	69,83	<75
K+ (mgL-1)	P2	71,43	64,43	67		
	P3	64,29	66,57	67,43		
	P1	71,26	44,03	19,51	91,14	5 - 210
PO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (mgL-1)	P2	80,66	47,23	21,61		
	P3	69,9	40,13	18,06		
	P1	7,2	4,5	2,1	9,8	<50
Dureza total (mgL-1)	P2	7,8	4,8	2,2		
	P3	6,8	4,1	2,0		
	P1	283,14	282,43	282,43	283,29	150- 329
Caudal Recambio	P2	283,57	283,29	283		
	P3	282,29	282,43	282		
		3,5	3,5	3,5	3,5	
	23	23	23	23		

Los diferentes datos presentados en la Tabla 33, se desglosan los resultados por diferentes tratamientos como T1, T2, T3 y T4, siendo los primeros experimentos con tilapia y pepino y el último actúa como testigo o grupo de control.

La evaluación se realizó con un multiparámetro modelo HI 9829 marca HANNA como se puede apreciar en la Figura 24.



Figura 25: Multiparámetro utilizado en el muestreo de la calidad

Podemos afirmar que los tres sistemas de filtración biológica diseñados contaron cada uno de dos cubos, el primero en montarse fueron los filtros mecánicos, para realizar la separación de materiales físicos, y luego de esta, el proceso de la biodegradación o proceso de des nitrificación bacteriana.

Los biofiltros suelen concentrarse en un volumen pequeño y una gran superficie para poder utilizar el espacio de forma eficiente. En el área correspondiente, las bacterias están contenidas y estas bacterias transformarán los compuestos de nitrógeno que circulan en el sistema. Hay muchos tipos de materiales inertes colocados y rellenos en estas estructuras, y cuanto mayor es la relación área / volumen, mayor es la eficiencia. Según la forma y la ingeniería del biofiltro, el material se sumerge permanentemente en un baño de agua tratada regularmente. El agua a tratar de esta manera se almacena en la superficie y las bacterias pueden quedar expuestas al amoníaco y al oxígeno, por lo que los datos indican dentro de parámetros fijos. Por tanto, los principales

fitonutrientes, como el nitrógeno, se descompondrán en amoníaco, nitrito y nitrato en este caso:

### **Amoniaco**

Las plantas necesitan nitrógeno para crecer. Aunque son capaces de utilizar tanto amoníaco como nitratos para llevar a cabo sus procesos de crecimiento hasta cierto punto, los nitratos son más deseables, ya que son fácilmente asimilables por sus raíces, al someter a evaluación los efluentes de tilapia que ingresan al biofiltro para el proceso de biodegradación, las que ingresan a las plantas de pepino median el sistema de recirculación NFT y luego retornan al sistema controlado de crianza de tilapias, en la Tabla 34 del estadístico descriptivo se observa diferencias significativas en la presencia de amoníaco ( $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ ); sin embargo para un rigor científico se sometió a una prueba de contrastación de hipótesis.

### **Tabla 33**

*Estadístico descriptivo del contenido de amoníaco en el sistema recirculante NFT de acuaponía*

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
Variable dependiente: Amoniaco NH <sub>3</sub> (mgL <sup>-1</sup> )			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 plantas	0,7367	0,17010	3
60 peces y 30 plantas	0,4533	0,19858	3
30 peces y 30 plantas	0,2400	0,06557	3
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	0,3400	0,00000	3
Total	0,4425	0,22560	12

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; la prueba de hipótesis se planteó de la siguiente forma:

## HIPÓTESIS ALTERNA

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el amoniaco en las dosificaciones de T1, T2 Y T4

## HIPÓTESIS NULA

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla 35, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “**P**” calculado es igual a 0,045, menor o igual al  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que la presencia de amoniacos T1, T2, T4, son diferentes al T3.

### Tabla 34

*Prueba de hipótesis de las diferencias de amoniaco de medias por tratamiento dosificado*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup>			
Variable dependiente: Amoniaco NH3 (mgL-1)			
F	df1	df2	Sig.
4,264	3	8	0,045
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Intersección + Dosificación			

En la Figura 25, se puede observar, que cada dosificación, es diferente,  $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ , siendo el T3, el de menor contenido de amoniaco y T1 el de mayor contenido.

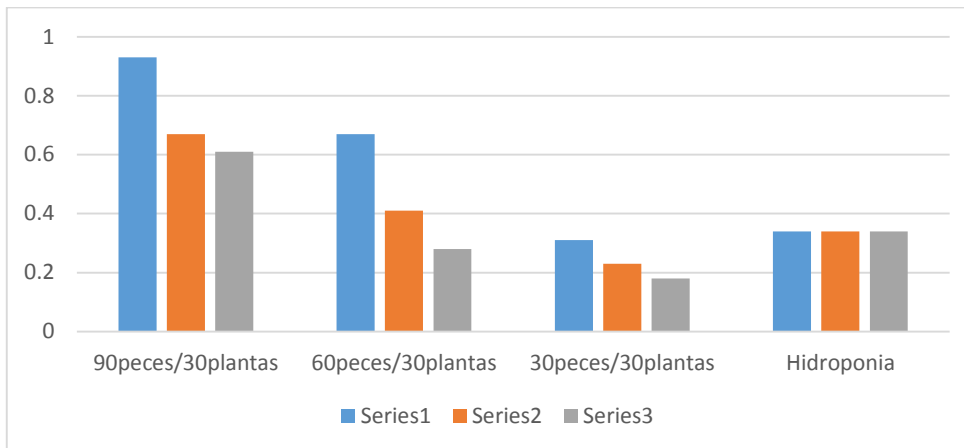


Figura 26: Contenido de amoniaco en los diferentes tratamientos.

Fuente: Elaboración propia

## NITRITO

Para utilizar eficazmente el espacio, los filtros biológicos suelen concentrarse en un volumen pequeño y una gran superficie. En el área correspondiente se encuentran contenidas bacterias, que transformarán los compuestos nitrogenados que circulan en el sistema. En estas estructuras se colocan y rellenan muchos tipos de materiales inertes, y cuanto mayor es la relación área / volumen, mayor es la eficiencia. Dependiendo de la forma y la ingeniería del biofiltro, el material se sumergirá permanentemente en un baño de agua que se tratará regularmente. El agua tratada de esta manera se almacena en la superficie y las bacterias pueden estar expuestas al amoníaco y al oxígeno, por lo que los datos muestran que O está dentro de un rango de parámetros fijo. Por lo tanto, en este caso, los principales fitonutrientes (como el nitrógeno) se descompondrán en amoníaco, nitrito y nitrato, en la Tabla 36 del estadístico descriptivo se observa diferencias significativas en la presencia de amoniaco ( $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ ); sin embargo para un rigor científico se sometió a una prueba de contrastación de hipótesis.

**Tabla 35**

*Estadístico descriptivo del contenido de nitrito en el sistema recirculante NFT de acuaponía*

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
Variable dependiente:	Nitrito NO <sub>2</sub> (mgL-1)		
Numero de peces y numero de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 plantas	0,6600	0,11790	3
60 peces y 30 plantas	0,4367	0,07024	3
30 peces y 30 plantas	0,2400	0,02646	3
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	0,0800	0,00000	3
Total	0,3542	0,23446	12

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; la prueba de hipótesis se planteó de la siguiente forma:

### **HIPÓTESIS ALTERNA**

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el nitrito en las dosificaciones de T1, T2 Y T4

### **HIPÓTESIS NULA**

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla 37, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “**P**” calculado es igual a 0,047, menor o igual al

$\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que la presencia de nitritos T1, T2, T4, son diferentes al T3.

**Tabla 36**

*Prueba de hipótesis de las diferencias de nitritos de medias por tratamiento dosificado*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup>			
Variable dependiente: Nitrito NO <sub>2</sub> (mgL-1)			
F	df1	df2	Sig.
4,167	3	8	0,047

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Dosificación

Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en la Tabla 38, se obtiene como resultado que el peso de frutos en pepino se forman en tres subconjuntos, en el primer subconjunto se ubican el T3 y T4 con un P calculado de 0,088, es decir no hay diferencia significativa; T2 en el subconjunto dos con una P calculado de 1,00; el T1 en el tercer casillero con un P calculado de 1,00; en los dos casos mayores de  $\alpha$ , en sus respectivos casilleros de subconjuntos.

**Tabla 37**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias de nitrito en tratamiento dosificado*

		Nitrito NO <sub>2</sub> (mgL-1)			
		Numero de peces y número de plantas	N	Subconjunto	
			1	2	3 4
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	3	0,0800		
	30 peces y 30 plantas	3	0,2400		
	60 peces y 30 plantas	3		0,4367	
	90 peces y 30 plantas	3			,6600

---

Sig. 0,088 1,000 1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = ,005.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

b. Alfa = .05.

---

En la Figura 26, se puede observar, que cada dosificación, es diferente,  $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ , siendo el T4 el de menor contenido de nitrito y T1 el de mayor contenido.

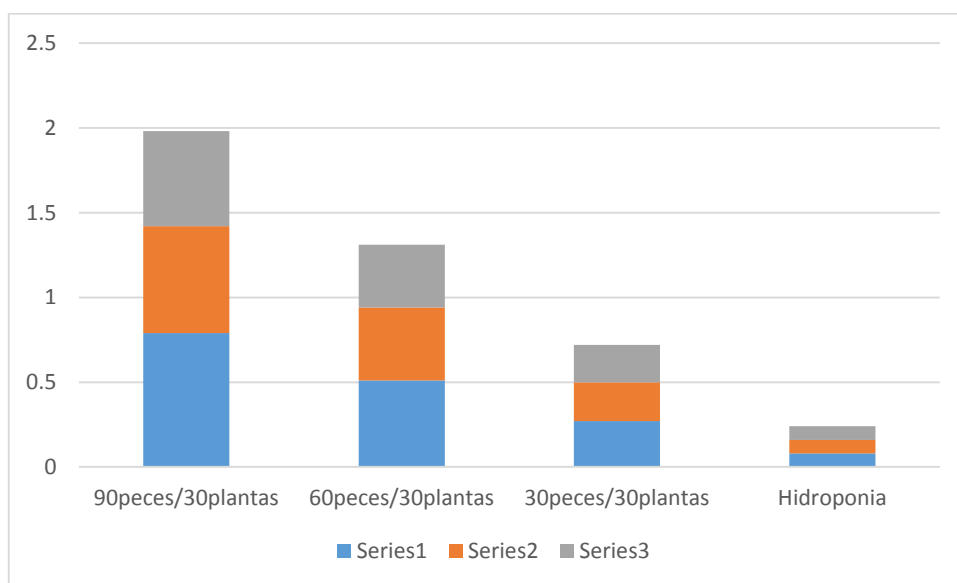


Figura 27: Contenido de nitrito en los diferentes tratamientos.

## NITRATO

El nitrato es la forma de nitrógeno más oxidable, a diferencia de la forma anterior, es mucho menos tóxico, por lo que se puede acumular y descargar más fácilmente sin perturbar el ecosistema o la salud pública. A partir de aquí, hay dos puntos finales de parada: el primero es la absorción de plantas y algas, que pueden absorber amoníaco y nitrato del medio ambiente, ingresando así

nuevamente a la cadena de nutrientes. El segundo problema es que se convierte nuevamente en nitrógeno y se devuelve a la atmósfera: Las bacterias llamadas desnitrificantes pueden reducirlo a nitrito y luego metabolizarlo a nitrógeno, aunque se requieren condiciones anaeróbicas para esto. Al someter a evaluación los efluentes de tilapia que ingresan al biofiltro para el proceso de biodegradación, las que ingresan a las plantas de pepino median el sistema de recirculación NFT y luego retornan al sistema controlado de crianza de tilapias, en la Tabla 39 del estadístico descriptivo se observa diferencias significativas en la presencia de nitrito ( $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ ); sin embargo, para un rigor científico se sometió a una prueba de contrastación de hipótesis.

**Tabla 38**

*Estadístico descriptivo del contenido de nitrato en el sistema recirculante NFT de acuaponía*

<b>Estadísticos descriptivos</b>			
Variable dependiente: NitratoNO3 (mgL-1)			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 plantas	85,0767	6,75155	3
60 peces y 30 plantas	56,1500	4,45839	3
30 peces y 30 plantas	28,0733	2,22660	3
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	91,2900	0,00000	3
Total	65,1475	26,54154	12

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; la prueba de hipótesis se planteó de la siguiente forma:

**HIPÓTESIS ALTERNA**

$$H_1 : \mu > \mu_0$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el nitrato en las dosificaciones de T1, T2 Y T4

### **HIPÓTESIS NULA**

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla 40, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, debido a que “**P**” calculado es igual a 0,011, menor o igual al  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que la presencia de nitrato T1, T2, T4, son diferentes al T3.

### **Tabla 39**

*Prueba de hipótesis de las diferencias de nitratos de medias por tratamiento dosificado*

<b>Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error<sup>a</sup></b>			
Variable dependiente: NitratoNO3 (mgL-1)			
F	df1	df2	Sig.
7,443	3	8	0,011
Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.			
a. Diseño : Intersección + Dosificación			

Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en Tabla 41, se obtiene como resultado de la presencia de tres subconjuntos, en el primer subconjunto se ubica el T3 con un P calculado de 1,00; es decir no hay diferencia significativa; T2 en el subconjunto dos con una P calculado de 1,00; el T1 y T4 en el tercer casillero con un P calculado de 0,334; mayor que  $\alpha$  por lo tanto no hay diferencia significativa entre T1 y T4 en el contenido de nitrato en la solución que nutre a las plantas de acuaponía e hidroponía (grupo de control).

**Tabla 40**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias en contenido de nitrato en tratamiento dosificado*

Nitrato NO3 (mgL-1)				
	Numero de peces y número de plantas	N		Subconjunto
			1	2
				3
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	30 peces y 30 plantas	3	28,0733	
	60 peces y 30 plantas	3		56,1500
	90 peces y 30 plantas	3		85,0767
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	3		91,2900
	Sig.		1,000	1,000
				0,334

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
 Se basa en las medias observadas.  
 El término de error es la media cuadrática (Error) = 17,605.  
 a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.  
 b. Alfa = 0,05.

En la Figura 27, se puede observar, que cada dosificación, es diferente,  $T1 \neq T2 \neq T3 \neq T4$ , siendo el T4 el de menor contenido de nitrato y T1 el de mayor contenido.

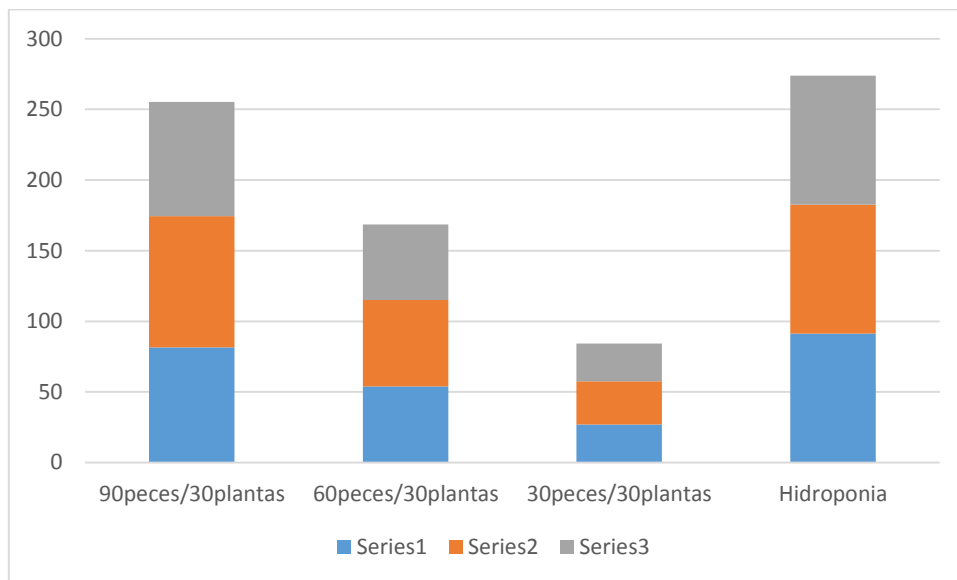


Figura 28: Contenido de nitrato en los diferentes tratamientos.

### 5.3 PRODUCTIVIDAD Y TASA DE CRECIMIENTO DE LA TILAPIA EN SISTEMA ACUAPÓNICO CON PLANTAS DE PEPINO DULCE

En este caso se ha seguido diferentes manuales y recomendaciones para acondicionar en cautiverio de 1m<sup>3</sup> de agua una densidad, renovación o recambio de agua, caudal de agua y control de los factores físico químicos que se presentan en la Tabla 42, los mismos que son los siguientes:

#### **Peso total**

Un peso inicial 30 g, luego de pasado el periodo de 5 meses que duró la investigación, se obtuvo un peso promedio de 340 g.

#### **Sobrevivencia**

Se observó una sobrevivencia buena, y al cabo de 5 meses de cultivo la supervivencia fue de un 100 % este resultado se debe a que la cantidad de peces es bastante baja para un sistema acuapónico re circulante de tilapia.

Ganancia de biomasa de 310 g en promedio por unidad de especie, constituyendo que en los tres tratamientos como T1, T2 y T3; pero en el tratamiento donde había 90 peces, el peso fue de 30,60 Kg. de biomasa total en 1m<sup>3</sup> de agua.

Cabe resaltar que el cultivo de la tilapia es bastante conocido, además esta especie es fácil y dócil de criar en cautiverio.

**Tabla 41**

*Resumen de biomasa inicial y final del cultivo de tilapia*

TRATAMIENTOS	CRECIMIENTO DE PECES	TIEMPO (DÍAS)						
		0	15	30	60	90	120	150
<b>T1</b> <b>90 peces m3</b>	Peso promedio (g)	13,14	22,11	36,7	84,12	162,12	225	344
	Ganancia peso prom. (g)		8,97	14,59	47,42	78	82,88	99
	Biomasa g)	1182,6	1989,9	3303	7570,8	14590,8	20250	30960
	Ganancia Biomasa g)		807,3	1313,1	4267,8	7020	5659,2	10710
	Mortalidad	0	0	0	1,11	1,11	1,11	1,11
	Talla promedio (cm)	8,5	10,42	13,34	16,12	19,2	22,1	25,1
	Alimento suministrado		101,485	148,635	302,832	466,9056	526,5	650,2
	Peso promedio (g)	12,9	21,9	37,2	82,8	161,11	242	337
	Ganancia peso prom. (g)		9	15,3	45,6	78,31	80,89	95
	Biomasa g)	774	1314	2232	4968	9666,6	14520	20220
<b>T2</b> <b>60 peces m3</b>	Ganancia Biomasa g)		540	918	2736	4698,6	4853,4	5700
	Mortalidad	0	0	0	0	0	0	0
	Talla promedio(cm)	8,1	11,1	13,1	16,01	17,8	21,6	24,7
	Alimento suministrado		67,014	100,44	198,72	309,3312	377,52	424,6
	Peso promedio (g)	13	22	37	83	162	243	353
	Ganancia peso prom. (g)		9	15	46	79	81	110
	Biomasa g)	390	660	1110	2490	4860	7290	10590
	Ganancia Biomasa g)		270	450	1380	2370	2430	3300
	Mortalidad	0	0	0	0	0		
	Talla promedio (cm)	8,3	11,01	13,22	16,2	18,3	22,3	25,3
<b>T3</b> <b>30 peces m3</b>	Alimento suministrado		33,66	49,95	99,6	155,52	189,5	222,4

Conversión alimenticia promedio	1.4						
Alimento suministrado (% de peso biomasa)	0.055	0,051	0,045	0,04	0,032	0,026	0,021

Este resultado se ha obtenido, debido a que se ha realizado la evaluación cada 15 días, con la finalidad de no generar estrés a la especie y ajustar cualquier dificultad que se pueda presentar, la misma que se muestra en la Figura 28.



Figura 29: Evaluación y muestreo de talla y peso de tilapia

### Peso de la tilapia

En el cultivo de la tilapia se ha condicionado la infraestructura y equipamiento en cumplir procedimientos estrictos recomendados en el manual de crianza de tilapia desarrollado por la nicovita; por lo tanto los resultados presentados se evaluaron con el estadístico SPSS 24, observándose diferentes medias de peso de la tilapia que se muestran en Tabla 43, donde el estadístico descriptivo nos resalta pocas diferencias significativas entre  $T1 \neq T2 \neq T3$ ; no se considera  $T4$ , debido a que es un sistema hidropónico en la presente investigación es el grupo de control.

### Tabla 42

#### *Estadístico descriptivo del peso de la tilapia*

Estadísticos descriptivos			
Variable dependiente: Peso de tilapias			
Numero de peces y número de plantas	Media	Desviación estándar	N
90 peces y 30 planta	70,256	54,5540	7

60 peces y 30 plantas	70,519	54,6285	7
30 peces y 30 plantas	70,429	54,7262	7
Total	70,401	51,8326	21

Para otorgar la consistencia científica, fue necesario someter a la prueba de hipótesis, donde se ha tenido como resultado según la **prueba de igualdad de Levene de varianzas de error**, teniendo un estimado del 5 % de error; la prueba de hipótesis se planteó de la siguiente forma:

### HIPÓTESIS ALTERNA

$$H_1 : \mu > \mu_o$$

**H<sub>1</sub>:  $\mu > 30$  peces con 30 plantones (T3);** es decir que el promedio de los pesos de la tilapia en las dosificaciones de T1, T2 son mayores.

### HIPÓTESIS NULA

$$H_o : \mu \leq \mu_o$$

**H<sub>0</sub>:  $\mu \leq 30$  peces con 30 plantones (T3)**

Por lo tanto, según la Tabla 44, se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna, debido a que “**P**” calculado es igual a 1,00, menor o igual al  $\alpha = 0.05$  (5 %), esto quiere decir que la presencia los pesos de la tilapia son iguales T1 = T2 = T3.

### Tabla 43

*Prueba de hipótesis de las diferencias de promedio de peso de la tilapia por tratamiento*

Prueba de igualdad de Levene de varianzas de error <sup>a</sup>			
Variable dependiente: Peso de tilapias			
F	df1	df2	Sig.
0,000	2	18	1,000

---

Prueba la hipótesis nula que la varianza de error de la variable dependiente es igual entre grupos.

a. Diseño : Intersección + Dosificación

---

Realizando la evaluación con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey que se muestra en la Tabla 45, se obtiene como resultado de la presencia de un solo subconjunto para los tres tratamientos con un P calculado de 1,00; es decir no hay diferencia significativa; por lo tanto,  $T1 = T2 = T3$

#### **Tabla 44**

*Prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey en diferencias de medias en contenido de nitrato en tratamiento dosificado*

---

<b>Peso de tilapias</b>			
	Numero de peces y número de plantas	N	Subconjunto
			1
HSD Tukey <sup>a,b</sup>	90 peces y 30 plantas	7	70,256
	30 peces y 30 plantas	7	70,429
	60 peces y 30 plantas	7	70,519
	Sig.		1,000

---

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2985,122.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 7,000.

b. Alfa = .05.

---

#### **Talla de la tilapia**

En la Figura 29, se puede observar que no hay diferencias en las tallas de crecimiento en las diferentes dosificaciones, por lo tanto:  $T1 = T2 = T3$ .

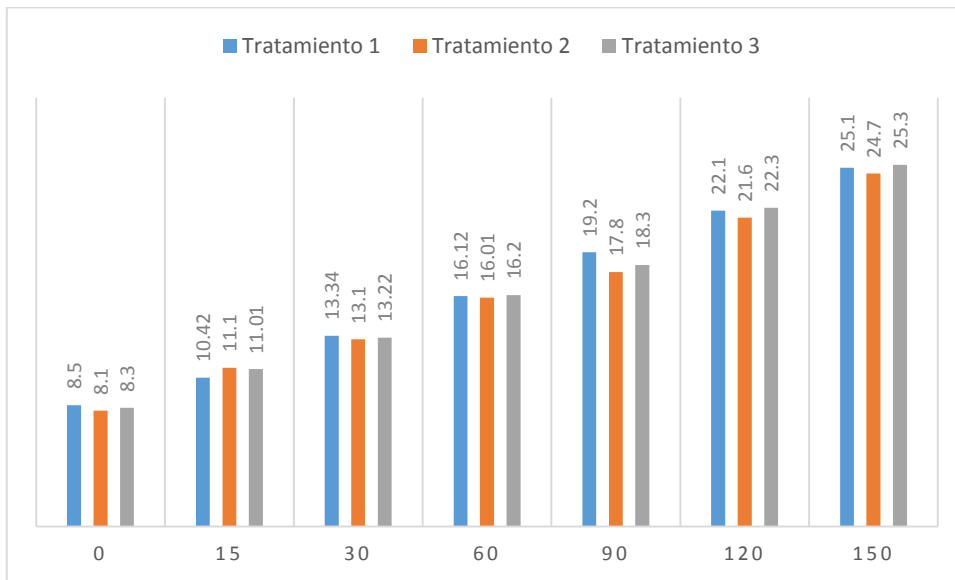


Figura 30: Talla de las Tilapias acuapónicas.

**Fuente:** Elaboración propia

## 5.4 PUNTO DE EQUILIBRIO Y EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LA ACUAPONÍA DE TILAPIA Y PEPINO DULCE

### 5.4.1 Punto de equilibrio

El punto de equilibrio de la acuaponía con la biomasa ganada por las tilapias y los frutos de las plantas de pepino, y según concepto de las finanzas hace referencia a las ventas donde los costos fijos y variables se encuentran cubiertos. Esto supone que la empresa o emprendedor, en su punto de equilibrio, tiene un beneficio que es igual a cero (no gana dinero, pero tampoco pierde).

### Flujo de caja en tamaño del invernadero

El gasto y el flujo que podemos proyectar del trabajo de investigación experimental que se ha desarrollado y producido en el invernadero es una escala bastante pequeña frente a un tamaño comercial, porque las dimensiones fueron: un área de 48 m<sup>2</sup>, con medidas de 12 m de largo x 4 m de ancho y 2 m de altura;

por lo cual, el flujo de caja no resiste y todo sería negativo, lo que se puede observar en la Tabla 46.

**Tabla 45**

*Punto de equilibrio pepino y tilapia*

Concepto	período 0	período 1	período 2	período 3	período 4	período 5	período 6	período 7	período 8	período 9	período 10
(-) Inversión fija	13515,3										
(-) Capital de trabajo	409,2										
(=) Valor de rescate (residuales)	13924,5										
(+) Venta de pepinos		657,0	657,1	657,1	657,1	657,1	657,1	657,1	657,1	657,1	657,1
(+) Venta de biomasa de peces		284,5	233,3	233,3	233,3	233,3	233,3	233,3	233,3	233,3	233,3
(=) Ingresos		<b>941,5</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>	<b>890,4</b>
(-) costo de mantenimiento CF		313,8	296,8	296,8	296,8	296,8	296,8	296,8	296,8	296,8	296,8
(-) Costos variables		580,0	580,0	580,0	580,0	580,0	580,0	580,0	580,0	580,0	580,0
(-) Depreciación CF		330,4	330,4	330,4	330,4	330,4	330,4	330,4	330,4	330,4	330,4
(=) Total costos		1224,3	1207,3	1207,3	1207,3	1207,3	1207,3	1207,3	1207,3	1207,3	1207,3
(=) Flujo Neto del Proyecto	-	-282,8	-316,9	-316,9	-316,9	-316,9	-316,9	-316,9	-316,9	-316,9	-316,9
	13924,5										

**Flujo de caja en tamaño comercial**

Sin embargo, considerando que esta actividad debe llegar a implementarse a una escala comercial, se ha realizado una evaluación de rentabilidad mínimamente en que se debe producir en un área de 1000 m<sup>2</sup>, el punto de equilibrio nos indica que debe producir un mínimo de 2737.26 Kg de pepino dulce y 2848.98 Kg de tilapia, como se muestra en la Tabla 47.

**Tabla 46**

*Punto de equilibrio del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 1000 m<sup>2</sup>*

Punto de equilibrio para un área de 1000 m <sup>2</sup>		
Costo fijo S/.		11044
	Pepino	Tilapia
PVU S/.	1	5
CVU S/.	0,4	1,7
Margen de contribución S/.	0,6	3,3

Porcentaje de participación utilitario	49%	51%	
Margen de contribución ponderado	0,294	1,683	1,977
PE = CF/MCP	2737,25847	2848,98331	5586,24178

Al realizar una evaluación, donde no se gana ni pierde en un área de 1500 m<sup>2</sup>, se debe producir mínimamente 3728.66 Kg de pepino dulce, en cambio se debe cultivar 3880.85 Kg de tilapia, así como se muestra en la Tabla 48.

**Tabla 47**

*Punto de equilibrio del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 1500 m<sup>2</sup>*

Punto de equilibrio para un área de 1500 m <sup>2</sup>			
Costo fijo S/.			15044
	Pepino	Tilapia	
PVU S/.	1	5	
CVU S/.	0,4	1,7	
Margen de contribución S/.	0,6	3,3	
Porcentaje de participación utilitario	49%	51%	
Margen de contribución ponderado	0,294	1,683	1,977
PE = CF/MCP	3728,65959	3880,84977	7609,50936

Evaluando el punto de equilibrio para un área de 2000 m<sup>2</sup>, se debe producir mínimamente 4422.64 Kg de pepino dulce, en cambio se debe cultivar 4603.16 Kg de tilapia, así como se muestra en la Tabla 49.

**Tabla 48**

*Punto de equilibrio del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 2000 m<sup>2</sup>*

Punto de equilibrio para un área de 2000 m <sup>2</sup>			
Costo fijo S/.			17844
	Pepino	Tilapia	
PVU S/.	1	5	
CVU S/.	0,4	1,7	
Margen de contribución S/.	0,6	3,3	
Porcentaje de participación utilitario	49%	51%	

Margen de contribución ponderado	0,294	1,683	1,977
PE = CF/MCP	4422,64036	4603,1563	9025,79666

Evaluando el punto de equilibrio para un área de 2500 m<sup>2</sup>, se debe producir mínimamente 5114.14 Kg de pepino dulce, en cambio se debe cultivar 5322.88 Kg de tilapia, así como se muestra en la Tabla 50.

#### **Tabla 49**

##### *Punto de equilibrio del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 2500 m<sup>2</sup>*

<b>Punto de equilibrio para un área de 2500 m<sup>2</sup></b>			
Costo fijo S/.		20634	
	Pepino	Tilapia	
PVU S/.	1	5	
CVU S/.	0,4	1,7	
Margen de contribución S/.	0,6	3,3	
Porcentaje de participación utilitario	49%	51%	
Margen de contribución ponderado	0,294	1,683	1,977
PE = CF/MCP	5114,14264	5322,88316	10437,0258

Evaluando el punto de equilibrio para un área de 3000 m<sup>2</sup>, se debe producir mínimamente 5114.14 Kg de pepino dulce, en cambio se debe cultivar 5322.88 Kg de tilapia, así como se muestra en la Tabla 51 es igual al 50.

#### **Tabla 50**

##### *Punto de equilibrio del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 3000 m<sup>2</sup>*

<b>Punto de equilibrio para un área de 3000 m<sup>2</sup></b>			
Costo fijo S/.		20634	
	Pepino	Tilapia	
PVU S/.	1	5	
CVU S/.	0,4	1,7	
Margen de contribución S/.	0,6	3,3	
Porcentaje de participación utilitario	49%	51%	
Margen de contribución ponderado	0,294	1,683	1,977
PE = CF/MCP	5114,14264	5322,88316	10437,0258

**Tabla 51**

*Resumen del punto de equilibrio del cultivo acuapónico de pepino y tilapia desde 1000 m2 hasta 3000 m2*

Resumen de Punto de Equilibrio		
Área m2	Especies de producción	
	Pepino	Tilapia
1000	2737,25847	2848,98331
1500	3728,65959	3880,84977
2000	4422,64036	4603,1563
2500	5114,14264	5322,88316
3000	5114,14264	5322,88316

Resumiendo, el punto de equilibrio desde 1000 m2 hasta 3000 m2, se presenta creciente, aunque deben producir mínimamente 5114.14 Kg de pepino y 5322.88 Kg de tilapia, para un área de 2500 y 3000 m2, en la Tabla 52 y Figura 30.

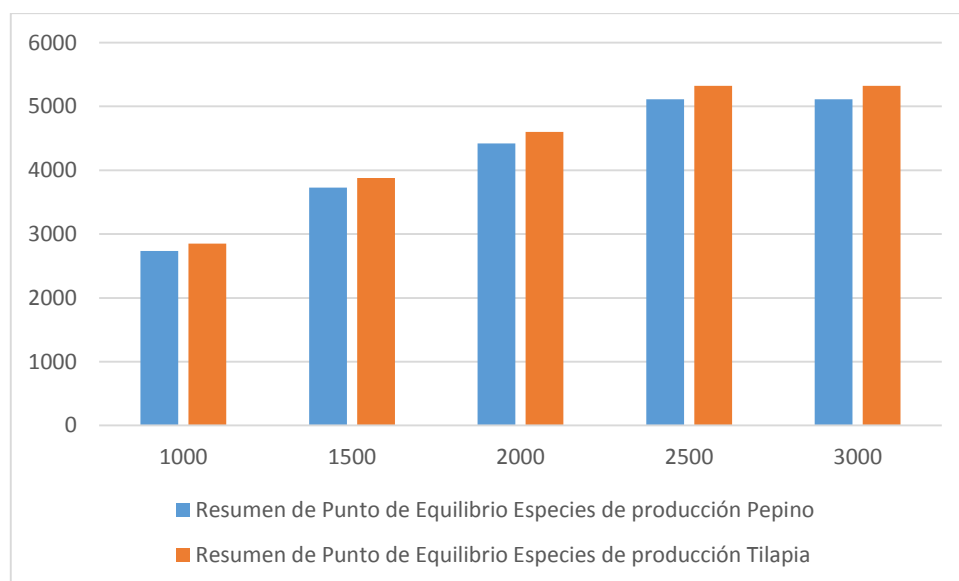


Figura 31: Resumen del punto de equilibrio acuapónico.

#### 5.4.2 Flujo de caja y evaluación económica en tamaño comercial

En cambio, si proyectamos acondicionar un sistema de producción semi industrial en un área de 1000 m<sup>2</sup> hasta 3000 m<sup>2</sup>, el flujo de caja en este entonces si resiste y los ingresos serían mayor a los gastos generados, la misma que mostramos en el Tabla 53 hasta la Tabla 57.

Sin embargo, en la construcción del flujo de caja se ha considerado el Decreto Legislativo N° 1431, el Poder Ejecutivo modificó la Ley General de la Acuicultura en el país, con la finalidad de incluir la aplicación del régimen tributario de la Ley de Promoción del Sector Agrario. En tal sentido, se aplicará a las actividades de la acuicultura lo dispuesto en el artículo 4 de la Ley N° 27360, Ley de Promoción del Sector Agrario, en la cual se establece incentivos tributarios como una "tasa fija de 15 % de Impuesto a la Renta, correspondiente a rentas de tercera categoría, a las personas naturales o jurídicas comprendidas en los alcances del presente dispositivo", según Figura 31.



Figura 32: Mallas Anti-insectos o Antitrips

**Tabla 52**

*Flujo de caja del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 1000 m2*

	Capacidad instalada 1000 M2										
Concepto	campaña 0	campaña 1	campaña 2	campaña 3	campaña 4	campaña 5	campaña 6	campaña 7	campaña 8	campaña 9	campaña 10
(-) Inversión fija	18876.5										
(-) Capital de trabajo	2046.0										
(=) Valor de rescate (residuales)	20922.5										
(+) Venta de pepinos		14256.0	14256.0	14256.0	14256.0	14256.0	14256.0	14256.0	14256.0	14256.0	14256.0
(+) Venta de biomasa de peces		14600.0	14600.0	14600.0	14600.0	14600.0	14600.0	14600.0	14600.0	14600.0	14600.0
(=) Ingresos		28856.0	28856.0	28856.0	28856.0	28856.0	28856.0	28856.0	28856.0	28856.0	28856.0
(-) costo de mantenimiento CF		914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0
(-) Costos variables		10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0	10000.0
(-) gastos administrativos		9800.0	9800.0	9800.0	9800.0	9800.0	9800.0	9800.0	9800.0	9800.0	9800.0
(-) Depreciación CF		330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4
(=) Total costos		21044.4	21044.4	21044.4	21044.4	21044.4	21044.4	21044.4	21044.4	21044.4	21044.4
(=) Flujo Neto del Proyecto	-20922.5	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6	7811.6
IGV 18%		2736.9153	2736.9153	2736.9153	2736.9153	2736.9153	2736.9153	2736.9153	2736.91525	2736.9153	2736.91525
Ventas		4401.7627	4401.7627	4401.7627	4401.7627	4401.7627	4401.7627	4401.7627	4401.76271	4401.7627	4401.76271
Costos totales		1664.8475	1664.8475	1664.8475	1664.8475	1664.8475	1664.8475	1664.8475	1664.84746	1664.8475	1664.84746
Impuesto a la renta (15%) *		1171.734	1171.734	1171.734	1171.734	1171.734	1171.734	1171.734	1171.734	1171.734	1171.734
Utilidades despues de impuesto	-20922.5	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9	3902.9
Depreciación positiva		330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4
Flujo de caja económico	-20922.5	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4	4233.4
Flujo de caja acumulado	-20922.5	-16689.1	-12455.8	-8222.4	-3989.1	244.3	4477.6	8711.0	12944.3	17177.7	21411.0
INVERSIÓN FIJA	-18876.5										
CAPITAL DE TRABAJO	-2046.0										
TASA DE DESCUENTO(COK)	15%										
INVERSIÓN TOTAL	-20922.5										
VAN	S/ 323.71										
TIR	15%										
PRC(PAY BACK) Periodo recuper	4.942302506										
Periodo de recuperación	5 años										

**Tabla 53**

*Flujo de caja del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 1500 m2*

Concepto	Capacidad instalada 1500 M2										
	campaña 0	campaña 1	campaña 2	campaña 3	campaña 4	campaña 5	campaña 6	campaña 7	campaña 8	campaña 9	campaña 10
(-) Inversión fija	22176.5										
(-) Capital de trabajo	3481.0										
(=) Valor de rescate (residuales)	25657.5										
(+) Venta de pepinos		21384.0	21384.0	21384.0	21384.0	21384.0	21384.0	21384.0	21384.0	21384.0	21384.0
(+) Venta de biomasa de peces		21900.0	21900.0	21900.0	21900.0	21900.0	21900.0	21900.0	21900.0	21900.0	21900.0
(=) Ingresos		43284.0	43284.0	43284.0	43284.0	43284.0	43284.0	43284.0	43284.0	43284.0	43284.0
(-) costo de mantenimiento CF		914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0
(-) Costos variables		15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0	15000.0
(-) gastos administrativos		13800.0	13800.0	13800.0	13800.0	13800.0	13800.0	13800.0	13800.0	13800.0	13800.0
(-) Depreciación CF		330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4
(=) Total costos		30044.4	30044.4	30044.4	30044.4	30044.4	30044.4	30044.4	30044.4	30044.4	30044.4
(=) Flujo Neto del Proyecto	-25657.5	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6	13239.6
IGV 18%		4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847	4175.0847
Ventas		6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441	6602.6441
Costos totales		2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593	2427.5593
Impuesto a la renta (15%) *		1985.934	1985.934	1985.934	1985.934	1985.934	1985.934	1985.934	1985.934	1985.934	1985.934
<b>Utilidades despues de impuesto</b>	<b>-25657.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>	<b>7078.5</b>
Depreciación positiva		330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-25657.5</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>	<b>7409.0</b>
Flujo de caja acumulado	-25657.5	-18248.5	-10839.5	-3430.6	3978.4	11387.4	18796.4	26205.4	33614.4	41023.3	48432.3
INVERSIÓN FIJA	-22176.5										
CAPITAL DE TRABAJO	-3481.0										
TASA DE DESCUENTO(COK)	15%										
INVERSIÓN TOTAL	-25657.5										
VAN	S/ 11,526.46										
TIR	26%										
PRC(PAY BACK) Periodo recuper	3.463026713										
Periodo de recuperación	3 años y medio										

**Tabla 54**

*Flujo de caja del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 2000 m2*

Concepto	Capacidad instalada 2000 M2										
	campana 0	campana 1	campana 2	campana 3	campana 4	campana 5	campana 6	campana 7	campana 8	campana 9	campana 10
(-) Inversión fija	25831.5										
(-) Capital de trabajo	5181.0										
(=) Valor de rescate (residuales)	31012.5										
(+) Venta de pepinos		28512.0	28512.0	28512.0	28512.0	28512.0	28512.0	28512.0	28512.0	28512.0	28512.0
(+) Venta de biomasa de peces		29200.0	29200.0	29200.0	29200.0	29200.0	29200.0	29200.0	29200.0	29200.0	29200.0
(=) Ingresos		57712.0	57712.0	57712.0	57712.0	57712.0	57712.0	57712.0	57712.0	57712.0	57712.0
(-) costo de mantenimiento CF		914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0
(-) Costos variables		20000.0	20000.0	20000.0	20000.0	20000.0	20000.0	20000.0	20000.0	20000.0	20000.0
(-) gastos administrativos		16600.0	16600.0	16600.0	16600.0	16600.0	16600.0	16600.0	16600.0	16600.0	16600.0
(-) Depreciación CF		330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4
(=) Total costos		37844.4	37844.4	37844.4	37844.4	37844.4	37844.4	37844.4	37844.4	37844.4	37844.4
(=) Flujo Neto del Proyecto	-31012.5	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6	19867.6
IGV 18%		5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542	5613.2542
Ventas		8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254	8803.5254
Costos totales		3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712	3190.2712
Impuesto a la renta (15%) *		2980.134	2980.134	2980.134	2980.134	2980.134	2980.134	2980.134	2980.134	2980.134	2980.134
<b>Utilidades despues de impuesto</b>	<b>-31012.5</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>	<b>11274.2</b>
Depreciación positiva		330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4	330.4
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-31012.5</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>	<b>11604.6</b>
Flujo de caja acumulado	-31012.5	-19407.9	-7803.3	3801.3	15405.9	27010.6	38615.2	50219.8	61824.4	73429.0	85033.6
INVERSIÓN FIJA	-25831.5										
CAPITAL DE TRABAJO	-5181.0										
TASA DE DESCUENTO(COK)	15%										
INVERSIÓN TOTAL	-31012.5										
VAN	5/ 27,228.36										
TIR	36%										
PRC(PAY BACK) Periodo recuper	2.672428913										
Periodo de recuperación	2 años y 7 meses										

**Tabla 55**

*Flujo de caja del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 2500 m2*

Fuente: Elaboración propia

Concepto	Campaña 0	campana 1	campana 2	campana 3	campana 4	campana 5	campana 6	campana 7	campana 8	campana 9	Campaña 10
(-) Inversión fija	28131,5										
(-) Capital de trabajo	6681,0										
(=) Valor de rescate (residuales)	34812,5										
(+) Venta de pepinos		35640,0	35640,0	35640,0	35640,0	35640,0	35640,0	35640,0	35640,0	35640,0	35640,0
(+) Venta de biomasa de peces		36500,0	36500,0	36500,0	36500,0	36500,0	36500,0	36500,0	36500,0	36500,0	36500,0
(=) Ingresos		72140,0	72140,0	72140,0	72140,0	72140,0	72140,0	72140,0	72140,0	72140,0	72140,0
(-) costo de mantenimiento CF		914,0	914,0	914,0	914,0	914,0	914,0	914,0	914,0	914,0	914,0
(-) Costos variables		25000,0	25000,0	25000,0	25000,0	25000,0	25000,0	25000,0	25000,0	25000,0	25000,0
(-) gastos administrativos		19200,0	19200,0	19200,0	19200,0	19200,0	19200,0	19200,0	19200,0	19200,0	19200,0
(-) Depreciación CF		520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8
(=) Total costos		45634,8	45634,8	45634,8	45634,8	45634,8	45634,8	45634,8	45634,8	45634,8	45634,8
(=) Flujo Neto del Proyecto	-34812,5	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2	26505,2
IGV 18%		7051,42	7051,42	7051,42	7051,42	7051,42	7051,42	7051,42	7051,42	7051,42	7051,42
Ventas		11004,41	11004,41	11004,41	11004,41	11004,41	11004,41	11004,41	11004,41	11004,41	11004,41
Costos totales		3952,98	3952,98	3952,98	3952,98	3952,98	3952,98	3952,98	3952,98	3952,98	3952,98

Impuesto a la renta (15%) *	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78	3975,78
Utilidades despues de impuesto	-34812,5	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0	15478,0
Depreciación positiva		520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8	520,8
Flujo de caja económico	-34812,5	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8	15998,8
Flujo de caja acumulado	-34812,5	-18813,7	-2814,9	13183,9	29182,7	45181,5	61180,3	77179,1	93177,9	109176,7	125175,5
<b>INVERSIÓN FIJA</b>	<b>-28131,5</b>										
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>-6681,0</b>										
<b>TASA DE DESCUENTO(COK)</b>	<b>15%</b>										
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>-34812,5</b>										
VAN S/.	45,481,76										
TIR	45%										
PRC(PAY BACK)	2,17594										
Periodo recuper	2 años y										
recuperación	2 meses										

**Tabla 56**

*Flujo de caja del cultivo acuapónico de pepino y tilapia en 3000 m2*

	Capacidad instalada 3000 M2										
Concepto	campaña 0	campaña 1	campaña 2	campaña 3	campaña 4	campaña 5	campaña 6	campaña 7	campaña 8	campaña 9	campaña 10
(-) Inversión fija	32121.5										
(-) Capital de trabajo	8116.0										
(=) Valor de rescate (residuales)	40237.5										
(+) Venta de pepinos		42768.0	42768.0	42768.0	42768.0	42768.0	42768.0	42768.0	42768.0	42768.0	42768.0
(+) Venta de biomasa de peces		43800.0	43800.0	43800.0	43800.0	43800.0	43800.0	43800.0	43800.0	43800.0	43800.0
(=) Ingresos		86568.0	86568.0	86568.0	86568.0	86568.0	86568.0	86568.0	86568.0	86568.0	86568.0
(-) costo de mantenimiento CF		914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0	914.0
(-) Costos variables		30000.0	30000.0	30000.0	30000.0	30000.0	30000.0	30000.0	30000.0	30000.0	30000.0
(-) gastos administrativos		19200.0	19200.0	19200.0	19200.0	19200.0	19200.0	19200.0	19200.0	19200.0	19200.0
(-) Depreciación CF		520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8
(=) Total costos		50634.8	50634.8	50634.8	50634.8	50634.8	50634.8	50634.8	50634.8	50634.8	50634.8
(=) Flujo Neto del Proyecto	-40237.5	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2	35933.2
IGV 18%		8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932	8489.5932
Ventas		13205.288	13205.288	13205.288	13205.288	13205.288	13205.288	13205.288	13205.288	13205.288	13205.288
Costos totales		4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949	4715.6949
Impuesto a la renta (15%) *		5389.98	5389.98	5389.98	5389.98	5389.98	5389.98	5389.98	5389.98	5389.98	5389.98
<b>Utilidades despues de impuesto</b>	<b>-40237.5</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>	<b>22053.6</b>
Depreciación positiva		520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8	520.8
<b>Flujo de caja económico</b>	<b>-40237.5</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>	<b>22574.4</b>
Flujo de caja acumulado	-40237.5	-17663.1	4911.4	27485.8	50060.2	72634.6	95209.1	117783.5	140357.9	162932.3	185506.8
<b>INVERSIÓN FIJA</b>	<b>-32121.5</b>										
<b>CAPITAL DE TRABAJO</b>	<b>-8116.0</b>										
<b>TASA DE DESCUENTO(COK)</b>	<b>15%</b>										
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>	<b>-40237.5</b>										
VAN	S/ 73,058.32										
TIR	55%										
PRC(PAY BACK) Periodo recuper	1.782437286										
Periodo de recuperación	1 año y 8 meses										

**Para saber si un proyecto es viable bajo este enfoque, se debe considerar la comparación de la relación B/C hallada con 1. Así:**

Si  $B/C > 1$ , esto indica que los beneficios son mayores a los costos. En consecuencia el proyecto debe ser considerado.

$B/C = 1$ , significa que los beneficios igualan a los costos. No hay ganancias. Existen casos de proyectos que tienen este resultado por un tiempo y luego, dependiendo de determinados factores como la reducción de costos, pueden pasar a tener un resultado superior a 1.

$B/C < 1$ , muestra que los costos superan a los beneficios. En consecuencia, el proyecto no debe ser considerado.

**Una manera de establecer el VAN es mediante la siguiente fórmula:**

$VAN = \text{Beneficio neto actualizado (BNA)} - \text{Inversión}$

El BNA es el valor actual del flujo de caja o beneficio neto proyectado, que ha sido actualizado mediante una tasa de descuento (TD). Esta última es la tasa de rendimiento o rentabilidad mínima que se espera obtener.

**$VAN < 0$  el proyecto no es rentable.** Cuando la inversión es mayor que el BNA ( $VAN$  negativo o menor que 0) significa que no se satisface la TD.

**$VAN = 0$  el proyecto es rentable,** porque ya está incorporado ganancia de la TD. Cuando el BNA es igual a la inversión ( $VAN$  igual a 0) se ha cumplido con la TD.

**$VAN > 0$  el proyecto es rentable.** Cuando el BNA es mayor que la inversión ( $VAN$  mayor a 0) se ha cumplido con dicha tasa y además, se ha generado una ganancia o beneficio adicional.

**El criterio de selección será el siguiente donde “k” es la tasa de descuento de flujos elegida para el cálculo del VAN:**

Si  $TIR > k$ , el **proyecto** de inversión será aceptado. ...

Si  $TIR = k$ , estaríamos en una situación similar a la que se producía cuando el VAN era igual a cero. ...

Si  $TIR < k$ , el **proyecto** debe rechazarse.

**Rentabilidad Da Acosta** (1992) La rentabilidad es la capacidad que tiene algo para generar suficiente utilidad o beneficio; por ejemplo, un negocio es rentable cuando genera más ingresos que egresos, un cliente es rentable cuando genera mayores ingresos que gastos, un área o departamento de empresa es rentable cuando genera mayores ingresos que costos.

Los métodos más comunes de evaluación de rentabilidad son los siguientes:

- Tasa de retorno sobre la inversión original ( $i_{ROI}$ ).
- Tasa de retorno sobre la inversión promedio ( $i_{RIP}$ )
- Valor presente (VP)
- Tasa interna de retorno  $\otimes$ .
- Tiempo de repago ( $n_R$ )

**Tabla 57**

*Resumen de indicadores ratios de evaluación económico y financiero del flujo de caja del cultivo acuapónico de pepino y tilapia desde 1000 m2 hasta 3000 m2*

Área m2	TIR %	VAN S/,	PRC años	B/C
1000	15	323,71	5	2
1500	26	11526,46	3,5	2,9
2000	36	27228	2,7	3,7
2500	45	443385	2,2	4,6
3000	55	73058,32	1,8	5,6

Evaluando la TIR, se observa que es ascendente desde un 15 % para 1000 m2, hasta 55 % para 3000 m2, lo cual supera la tasa bancaria y es atractivo para realizar una inversión, así como se muestra en la Tabla 58 y Figura 32.



Resumen de la evolución de la TIR, según área utilizada

## **CAPÍTULO VI**

### **DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS**

La biomasa del pepino dulce que se generará a partir de efluentes acuícola (desechos orgánicos producidos por el alimento no consumido, por heces y orina de organismos acuáticos) de crianza de tilapia, en sistema de acuaponía NFT a diferentes densidades de peces, depende principalmente de la densidad de las especies, además en acuaponía se puede decir que son alimentos orgánicos, porque no se puede fumigar contra los parásitos, por eso necesariamente necesita instalar redes contra insectos en las ventanas del invernadero para dificultar la entrada de insectos dañinos para los cultivos. En zonas con alta concentración de invernaderos, es muy necesario utilizarlos porque la concentración de insectos dañinos puede transferirse de un invernadero a otro. Sin embargo, tienen un impacto negativo en el microclima del invernadero, lo que puede tener un impacto negativo en la producción de cultivos. Al tratarse de materiales que dificultan la entrada de aire, pueden provocar que la temperatura del invernadero suba significativamente en primavera y verano, mientras que la humedad aumenta excesivamente en otoño e invierno. Todos los cultivos son muy sensibles a los cambios de temperatura y humedad, por lo que la malla Raschel se alterna.

Para desarrollar el procesamiento de la acción bacteriana en biofiltros de acuaponía, los efluentes de cultivo de tilapia que contienen amonio (Nitrosomonas) y nitritos (Nitrobacter) sustancias tóxicas (desecho orgánico producido de alimento no consumido, por heces y orina de organismos acuáticos) en nitrato como abono natural para el pepino dulce, esta debe ser suficientemente con capacidad de digerir y generar proceso que permitan purificar rápidamente el agua. La evaluación de las características del agua a tratar en una fase importante para el desarrollo de este tipo de proyectos acuapónicos, debido a que es necesario conocer cuáles son las concentraciones

reales de los parámetros fisicoquímicos, caso contrario se va a tener resultados negativos.

Al evaluar la productividad y tasa de crecimiento, conversión alimenticia de la tilapia con el pepino en sistema acuapónico con diferentes densidades de peces y plantas con la inyección continua a diferentes dosis de NFT, se desprende de que la acuaponía, o solo representa una fuente completa de alimentos de alta calidad, sino también una oportunidad para mejorar las condiciones sociales y económicas humanas, al tiempo que contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria (Colagrosso, 2014). Mateus (2009) señaló que por cada tonelada de pescado producida en el sistema hidropónico se pueden obtener hasta 7 toneladas de vegetales (Colagrosso, citado en 2014). La producción local de alimentos proporciona a las personas alimentos más saludables y promueve la economía local (Colagrosso, 2014). A nivel mundial, existe un interés creciente en la integración de tecnologías de producción para cultivos hidropónicos y cultivos de acuicultura (Grande et al., 2010; Colagrosso, 2014). Si planea usar alimentos de producción propia, usar un sistema hidropónico en casa o en el hogar es una excelente opción. En Australia, los sistemas de acuarios domésticos pequeños son ampliamente utilizados (Diver, 2006, Caló, 2011 citado), y es común encontrar sistemas configurados para operar en un espacio confinado de aproximadamente 2 metros cuadrados (Caló, 2011). Por lo general, estos sistemas domésticos están diseñados para no consumir mucha mano de obra y, por lo tanto, no requieren mucho tiempo para su gestión (Caló, 2011). Otra posibilidad que ofrecen estos sistemas domésticos es utilizarlos con fines decorativos, ya que con un simple acuario se puede crear un sistema hidropónico simplemente agregando ingredientes hidropónicos (Caló, 2011). Sin embargo, no está claro que, por ejemplo, la tilapia alcance escala comercial a los 6 o 7 meses, mientras que la producción de plantas como pepinos alcanza su punto máximo en el período más largo de 45 a 90 días, y luego un solo tipo de planta o vegetal en este caso, el crecimiento del pez es tilapia, por

lo tanto, es preciso citar que este es una gran dificultad a superar en calcular diferentes parámetros fisicoquímicos.

Al determinar el punto de equilibrio de costos e ingresos del balance de biomasa entre la densidad de tilapia y pepino dulce, para un escalamiento comercial que genere rentabilidad económica de la acuaponía, en peso fresco se observa que es necesario que, con el tamaño de producción de los módulos experimentales, no es posible realizar una evaluación económica debido a que sus costos son bastante elevados para la poca producción demostrativa que se emprende en una investigación.

## CONCLUSIONES

1. La mejor combinación de balance de biomasa entre la tilapia y el pepino dulce es el tratamiento T1 = 90 tilapias/30 plantones, porque el peso de los frutos obtenidos, fueron muy similares a T4 del grupo de control hidropónico de solución hidropónica La Molina; contrastando la hipótesis con la prueba de subconjuntos homogéneos de Tukey, el “P” calculado es igual a 0,723, mayor al  $\alpha = 0.05$ . Se ratifica con el número de frutos donde el T1 y T4 muestra un P calculado de 0,103.
2. El sistema de 2 biofiltros diseñado para 1m<sup>3</sup> de agua con capacidad de 55 litros cada uno, ha tenido un resultado aceptable, porque permitió degradar los compuestos de amoníaco a nitrito y nitrato en rangos aceptables, que sirvió de nutrientes para los plantones de pepino, la mejor dosis fue T1 = 90 tilapias/30 plantones; donde el amonio no ionizado y nitrito son menores ( $<$ ) 1 (mgL<sup>-1</sup>), el nitrato se registró en rangos de  $>10$ - $<300$  (mgL<sup>-1</sup>); .
3. El crecimiento de la tilapia no ha tenido diferencias significativas por estar controlado en invernadero la T° y otros parámetros; el alimento fue dosificado técnicamente alcanzaron pesos y tallas previstas en la tabla de dosificación nicovita, donde la prueba de hipótesis de las diferencias de promedio de peso de la tilapia con la prueba de igualdad de Levene de varianzas de error (0.05), la P calculada es 1.00; siendo T1 = T2 = T3 = T4”.
4. En Caso del punto de equilibrio mínimamente se debe implementar 1000 m<sup>2</sup> produciendo 2737.26 Kg de pepino de biomasa en frutas y 2848.98 Kg de biomasa de tilapia, con un VAN = S/ 323.71 con TIR 15 %. Pero para 3000 m<sup>2</sup> el punto de equilibrio es 5114.14 kg de pepino y 5322.88 kg de tilapia, con un VAN S/ 73058 y una TIR del 55 %, con una recuperación de 1 año y 8 meses la que muestra un beneficio y costo de 5.6, atractivo para la inversión privada.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar las características del agua a tratar en la etapa importante del desarrollo de dichos proyectos, por ello se debe buscar agua no contaminada para simbiosis, los peces son extremadamente sensibles a cualquier cambio o presencia de elementos nocivos.
2. Para optimizar los parámetros de diseño e incluso optimizar el funcionamiento del sistema de biofiltros, es necesario considerar que las plantas deben ser recolectadas cada seis o siete meses, por lo que es necesario conocer el balance de escamas por etapas a lo largo del período.
3. El uso de esta tecnología amigable con el medio ambiente ha logrado promover hábitos ecológicos, utilizando este hábito ecológico se han restaurado muchos lugares valiosos de nuestro país, como humedales, ríos y tierras de cultivo. Hoy hay que buscar tecnologías que no afecten al medio ambiente, si no al revés, ayudarán a eliminar la contaminación masiva provocada por el proceso de desarrollo.
4. Para que el tratamiento no solo sea efectivo sino también el funcionamiento normal, el personal idóneo debe verificar continuamente el funcionamiento de los puntos clave del proceso, y adicionalmente realizar actividades de mantenimiento y ajustes del sistema para que puedan manejarlo. Conscientes de esta mejora continua de la eficiencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvitres, V. (2000). *Método científico, Planificación de la investigación*. Perú: Ed. Ciencia. 205 p.
- Ahmad, R. S. H. *Práctica de integración forraje-peces en Malasia*, FAO. Documento técnico de Pesca N° 407. Roma, FAO. 2003. 33 pp. 119 pp. Disponible en el URL: <http://www.fao.org/3/a-y1187s.pdf> (fecha de consulta 11/08/2016).
- Baldomero, H. y Nicolás, Z. (2007). *Producción de Tomate Hidropónico con Sustrato, Bajo Invernadero*. Trabajo de investigación
- Beltrano, J. y Giménez, D. (2015). *cultivo en hidroponía*. Libros de Cátedra, FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES. UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA. Editorial de la Universidad la Plata.
- Brealey, R. (2007), *Fundamentos de finanzas corporativas*, 5° edición, N° de páginas: 848 págs. Encuadernación: Troquelado, Editorial: S.A. MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA DE ESPAÑA.
- Bunge, M. (1980). *La ciencia, su método y su filosofía*. Argentina: Ed. Siglo Veinte.
- Caló, P. (2011). *Introducción a la Acuaponía*. Disponible en el URL: <http://chilorg.chil.me/download-doc/86262>.
- Cantor F. (2007). *Manual de Producción de Tilapia*, Secretaria de Desarrollo Rural del Estado de Puebla, 26 Norte 1202, Edificio "B", Col. Colagrosso, A. (2014). *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala*. Disponible en el URL: [http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivoacuaponico\\_ELFFIL20140113\\_0001.pdf](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivoacuaponico_ELFFIL20140113_0001.pdf) (fHumboldt. México.

- Colagrosso, A. (2014). *Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala*. Disponible en el URL: [http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivoacuaponico\\_ELFFIL20140113\\_0001.pdf](http://www.elfinancierocr.com/negocios/Manual-desarrollo-cultivoacuaponico_ELFFIL20140113_0001.pdf)
- Culcos G. y Tucto C. (2018), *Producción de Oreochromis niloticus var. Chitralada "Tilapia gris" y Lactuca sativa "Lechuga" en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces*. Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque. Perú.
- De la Torre, A. (27 de noviembre del año 2016). *Crisis hídrica en norte y sur del país*. Diario la Republica. Recuperado de <https://larepublica.pe/sociedad/993766>.
- Gómez-Merino, F. C.; Ortega-López, N. E.; Trejo-Téllez, L. I.; Sánchez-Páez, R.; Salazar-Marcial, E.; Salazar-Ortiz, J. (2015). *Alternativa sustentable y potencial para producción de alimentos en México*. Revista AGRO, Año 8, Volumen 8, Número 3. mayo-junio, pp 60-64. Disponible en el URL: [http://www.colpos.mx/wb\\_pdf/Agroproductividad/2015/AGROPRODUCTIVIDAD\\_III\\_2015.pdf](http://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2015/AGROPRODUCTIVIDAD_III_2015.pdf).
- Gómez, R. (2013), *Efecto de tres niveles de densidad (peces/m<sup>2</sup>) en el período de juveniles a adultos de tilapia (Oreochromis niloticus) cultivados en tanques de eternit en la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann* – Tesis para optar el título profesional. Tacna.
- Guerra, D. Valdez, J. López, J. (2015) *Evaluación de la producción de alimento en un sistema acuapónico de tilapias y plantas autóctonas de Guatemala*, Universidad de San Carlos de Guatemala Dirección General de Investigación Programa Universitario de Investigación en Alimentación y Nutrición. Guatemala.

- Hernández, R. (2014) *Metodología de la Investigación*, sexta edición, Mcgraw-hill/interamericana editores,s.a .de cv.+ impreso por Edamsa Impresiones, S.A. de C.V. impreso en México.
- Hidalgo, J. (2005). *Pensamiento y acción*. El ABC de la investigación científica 2:53-61
- Iturbide K. (2008). *Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación*. Universidad de San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería. Guatemala.
- Landero, R. & Gonzales M. (2006). *Estadística con SPSS y Metodología de la Investigación*. 1ra edición. Editorial Trillas. México
- Luna R. y Ticas V. (2007), *Estudio de Prefactibilidad para la Producción y Comercialización del Cultivo Hidropónico del Chile Dulce en el Municipio de Apastepeque, San Vicente*. UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATIAS DELGADO. El Salvador.
- Matus, H. S.; Linares, J. S. M.; Domínguez, A. O.; Gaspar, G. O.; Lule, R. A. M. (2009). *Acuaponía, plantas y peces libres de químicos*. Disponible en el URL: <http://www.acmor.org.mx/sites/default/files/004-CUAM%2520Mor-%252>.
- Morales, A.H. (2019). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico prototipo, aplicado a tilapia gris oreochromis niloticus y albahaca ocimum basilicum*, Universidad Nacional Federico Villareal. Lima. Perú.
- Moreno, E. y Zafra A. (2014) *Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, Lactuca sativa, con efluentes de cultivo de tilapia*. Artículo publicado en la Revista Científica de la Facultad de Ciencias

Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo. REBIOL 2014; 34(2): 60-72. Trujillo Perú.

Nelson, R. y Pade, J. (2006). *Nutrient film technique aquaponics*. Aquaponics Journal. No. 42. pp: 18-21.

Olmo, A. (2012). *Métodos de Cultivo Hidropónico de Jitomate bajo Invernadero Basado en Doseles Escaleriformes*. Universidad Autónoma de Chapingo de México.

Orellana C. y León E. (2011). *Evaluación de la producción del cultivo hidropónico de 3 variedades de pimiento (capsicum annum), bajo invernadero en la solución nutritiva la molina*. Tesis Universidad de Cuenca Facultad de Ciencias Agropecuarias Escuela de Ingeniería Agronómica.

Ortiz B. (2015), *Evaluación de la Calidad Microbiológica y Fisicoquímica en aguas de Pozos subterráneos del Centro Poblado Viñani – Distrito Gregorio Albarracín Lanchipa, Provincia” Tacna 2015*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de Ciencias, Escuela Profesional de Biología – Microbiología.

Pilco, J. (2015). *Comportamiento productivo de dos densidades de siembra de piaractus brachypomus “paco” en un sistema acuapónico superintensivo, en el IESPPB, 2015*. Facultad de Ingeniería y Ciencias Ambientales Departamento Académico de Ingeniería Agroforestal Acuícola. Universidad Nacional Intercultural de La Amazonía. Ucayali.

Rakocy, J. Bailey, D. Shultz, R. (2006). *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture*. SRAC Publication (2006)

- Rafael E. R. y Ticas V (2007). *Estudio de Prefactibilidad para la producción y Comercialización del Cultivo Hidropónico de Chile Dulce en el Municipio de Apastepeque*. Trabajo de investigación
- Ramos, J. (2009). *Efecto de cuatro niveles de potasio en el rendimiento de dos cultivares de pepino dulce (Solanum muricatum Ait.) en el C.E.A. 111 los Pichones*". Trabajo de investigación, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann – Tacna. Perú.
- Reyes, V. y Gonzales P. E. (2016). Determinación de la relación pez planta en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) en sistema de acuaponía. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(5):984-992.
- Rubio, S. (2012). *Análisis técnico de producción de tilapia Oreochromis niloticus y lechuga acrópolis Lactuca sativa en acuaponía*, tesis de investigación para obtener el grado de Maestro en Recursos Naturales y Medio ambiente. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional Unidad Sinaloa, México.
- Sanín, H. (1995). *Guía metodológica general para la preparación y evaluación de proyectos de inversión social*, Ilpes.
- Sánchez-Aldana J. (2008). *Caracterización del flujo de masa de un sistema cerrado, para el aprovechamiento de sus efluentes en hidroponía*. Centro de investigación científica y de educación superior de ensenada e, Baja California, México.
- Sánchez, C. (2013). *Efecto de tres niveles de proteínas en el desarrollo del periodo de alevinaje de tilapia chitralada (oreochromis niloticus) en tanques de eternit en la U.N.J.B.G. Tacna*. Trabajo de investigación.

- Sánchez del Castillo, F. (2014). *Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin recirculación de la solución nutritiva*. Artículo Científico Rev. Fitotec. Mex. Vol. 37 (3): 261 – 269.
- Sapag, N. (2007). *Criterios de Evaluación de Proyectos, Cómo medir la rentabilidad de las inversiones*. Serie McGraw-Hill de Management.
- Scott, J. (2002). *Evolutions Aquaponics*. Aquaponics Journal 6 (1): 14-17.
- Segura, S. y Balois R. (2017). *Producción acuapónica de Lactuca sativa “lechuga” utilizando efluentes del cultivo de Oreochromis niloticus “Tilapia gris” (línea chitralada), en laboratorio*. Facultad de Ciencias Universidad Nacional del Santa en Chimbote Perú. Trabajo de investigación.
- Shahidur, R. et. al. (2010). *Handbook on Impact Evaluation, Quantitative Methods and Practices*. The World Bank.
- Tyson, R. y Simonne, E. (2014). *A Practical Guide for Aquaponics as an Alternative Enterprise*. Consultado el 6 de noviembre de 2015.
- Trewavas, E. (1983). *Tilapiine fishes of the genera Sarotherodon, Oreochromis and Danakilia*. British Museum of Natural Hystory, Londres, 583 p
- Ulloa, M. León, C. Chávez, R. (2005). *Evaluación de un sistema experimental de acuaponía*. Avances en investigación Agropecuaria, 9(1), pp.1 a 5. Universidad Autónoma de Guadalajara, México.
- Ulloa, M. y Chávez, R. (2004) *Evaluación de un sistema experimental de acuaponía*. Laboratorio de Ciencias Marinas, Universidad Autónoma de Guadalajara, A. P. 3, Barra de Navidad, Jalisco, (C. P. 48987), México.
- Urlarte, F. (2005). *Pensamiento y acción*. proyecto de tesis. pp.102-105.

Wackerly, D. Mendenhall W. & Scheaffer R. (2011). *Estadística Matemática con aplicaciones*. 7ma edición, CENGAGE Learning.

## VINCULOS DE INTERNET

Agricultural Research Service-USDA. U.S. Department of Agriculture.  
[www.ars.usda.gov](http://www.ars.usda.gov).

Andrade R. (2007). *Cultivo Hidropónico*. Chile. Disponible en:

<http://html.rincondelvago.com/cultivo-hidroponico.html>

Argentina Hidroponía, (2013). *Sistema de NFT*  
<http://www.argentinahidroponia.com/434/>.

Baltazar, P. & Palomino, A. (2008). *Manual de cultivo de tilapia*. Lima, Perú: FONDEPES.  
[http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual\\_tilapia.pdf](http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/ACUISUBMENU4/manual_tilapia.pdf).

Caló, P. (2011). *Introducción a la Acuaponía Centro Nacional de Desarrollo Acuícola – CENADAC*. [chilorg.chil.me/download-doc/8626](http://chilorg.chil.me/download-doc/8626)

FAO (2017), *Siete reglas básicas que hay que seguir en la acuaponía*,  
<http://www.fao.org/3/a-i4021e/index.html>

Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, cuya denominación oficial es Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán, fundado en 1946. Calle Vasco de Quiroga 15, col. Sección XVI, delegación Tlalpan, Ciudad de México. <http://www.innsz.mx>.

Kume, (2014). Obtenido de <http://www.crecenegocios.com/e-punto-de-equilibrio/>.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-FAO (2017) *La acuicultura*. [www.fao.org/fishery/es](http://www.fao.org/fishery/es)

- León, C. (2015). *Principios básicos en un sistema de acuaponía*. <https://es.scribd.com/doc/.../Principios-basicos-en-un-sistema-de-acuaponia-BOFISH-d>.
- Luna R. y Ticas V. (2007). *Estudio de Prefactibilidad para la producción y Comercialización del Cultivo Hidropónico de Chile Dulce en el Municipio de Apastepeque*. Tesis Para optar al Grado de Licenciatura en Administración de Empresas. UNIVERSIDAD “DR. JOSÉ MATIAS DELGADO” FACULTAD DE ECONOMÍA “DR. SANTIAGO I. BARBERENA”. Antigua Cuscatlán, México.
- Lewis, W. et. al. (1978). *Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system*. Transactions of the American Fisheries Society. 107:92–99.
- Nicovita (2016) *Manual de crianza tilapia*. <http://www.industriaacuicola.com/biblioteca/Tilapia/Manual%20de%20crianza%20de%20tilapia.pdf> Web Site: [www.alicorp.com.pe](http://www.alicorp.com.pe)
- PRODUCE (2004). *Manual de Cultivo de la tilapia*. Vice Ministerio de Pesquería, dirección Nacional de Acuicultura. Sub – Proyecto Programa de Transferencia de Tecnología en Acuicultura para Pescadores Artesanales y Comunidades Campesinas. Lima – Perú.
- PRODUCE (2014). *El cultivo de tilapia y su desarrollo en el Perú*. 12 de noviembre de 2014. <http://rnia.produce.gob.pe/index.php>.
- Rakocy, J. E., (1999). *The status of aquaponics Part 2*. Aquaculture Magazine. Septiembre-octubre. Pp 64 – 70. USA.
- Saavedra, M. (2006). *Manejo del cultivo de tilapia*. USAID, HILO, CIDEA Managua, Nicaragua.
- Sánchez, F. Gonzales, L. Pineda, J. y Reyes, E. (2014). *Dinámica nutrimental y rendimiento de pepino cultivado en hidroponía con y sin*

*recirculación de la solución nutritiva*. Rev. Fitotec. Mex. Vol. 37 (3):261-269.

Yang, H. Fang, Y.; Chen, Z. FAO. Documento técnico de Pesca N° 407. Roma, FAO. 2003. 159p. *Sistemas integrados de cultivo de peces en pastizales en China*. Documento técnico de Pesca N° 407. Roma, FAO. 2003. Pp 21 159p. Disponible en el URL: <http://www.fao.org/3/a-y1187s.pdf> (fecha de consulta 11/08/2016).

Zavaleta, L. (2004). *Punto de equilibrio*. Gestión de Empresas. En línea.<http://dimei.fib.unam.mx/INDUSTRIALES/GestionEmpresas/ptoequilibrio1>. Doc..febrero.

Zamitiz H. (2016). *La Filosofía Política, componente fundamental de la Ciencia Política: significados, relaciones y retos en el siglo XXI*. <https://doi.org/10.1016/j.espol.2016.06.001>

<https://www.porquebiotecnologia.com.ar/adc/uploads>

<http://rnia.produce.gob.pe/index.php>.

<http://es.thefreedictionary.com/clima>

<https://agrotendencia.tv/agropedia/la-acuaponia/>

## **ANEXOS**

## Anexo 1 Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Talla del pepino

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	731,185 <sup>a</sup>	3	243,728	22,087	,000
Intersección	758131,215	1	758131,215	68703,018	,000
Dosificación	731,185	3	243,728	22,087	,000
Error	1191,770	108	11,035		
Total	760054,170	112			
Total corregido	1922,955	111			

a. R al cuadrado = ,380 (R al cuadrado ajustada = ,363)

## Anexo 2 Medias marginales estimadas Prueba post hoc de Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Talla del pepino

	(I) Numero de peces y número de plantas	(J) Numero de peces y número de plantas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	90pecesy30plantas	60peces y 30plantas	,554	,8878	,924	-1,763	2,870
		30peces y 30plantas	5,911*	,8878	,000	3,594	8,227
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-,375	,8878	,975	-2,692	1,942
	60peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-,554	,8878	,924	-2,870	1,763
		30peces y 30plantas	5,357*	,8878	,000	3,040	7,674
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-,929	,8878	,723	-3,245	1,388
	30peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-5,911*	,8878	,000	-8,227	-3,594
		60peces y 30plantas	-5,357*	,8878	,000	-7,674	-3,040
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-6,286*	,8878	,000	-8,602	-3,969
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	90pecesy30plantas	,375	,8878	,975	-1,942	2,692
		60peces y 30plantas	,929	,8878	,723	-1,388	3,245
		30peces y 30plantas	6,286*	,8878	,000	3,969	8,602

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 11,035.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

### Anexo 3 Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Numero de Frutos por planta

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	19149,670 <sup>a</sup>	3	6383,223	2340,025	,000
Intersección	43884,723	1	43884,723	16087,696	,000
Dosificación	19149,670	3	6383,223	2340,025	,000
Error	294,607	108	2,728		
Total	63329,000	112			
Total corregido	19444,277	111			

a. R al cuadrado = ,985 (R al cuadrado ajustada = ,984)

#### Anexo 4 Pruebas post hoc de Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Numero de Frutos por planta

	(I) Numero de peces y número de plantas	(J) Numero de peces y número de plantas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	90pecesy30plantas	60peces y 30plantas	15,000*	,4414	,000	13,848	16,152
		30peces y 30plantas	31,036*	,4414	,000	29,884	32,188
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-1,071	,4414	,078	-2,223	,080
	60peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-15,000*	,4414	,000	-16,152	-13,848
		30peces y 30plantas	16,036*	,4414	,000	14,884	17,188
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-16,071*	,4414	,000	-17,223	-14,920
	30peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-31,036*	,4414	,000	-32,188	-29,884
		60peces y 30plantas	-16,036*	,4414	,000	-17,188	-14,884
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-32,107*	,4414	,000	-33,259	-30,955
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	90pecesy30plantas	1,071	,4414	,078	-,080	2,223
		60peces y 30plantas	16,071*	,4414	,000	14,920	17,223
		30peces y 30plantas	32,107*	,4414	,000	30,955	33,259

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,728.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

### Anexo 5 Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Peso de frutos

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	668896,212 <sup>a</sup>	3	222965,404	6629,458	,000
Intersección	1843183,486	1	1843183,486	54803,604	,000
Dosificación	668896,212	3	222965,404	6629,458	,000
Error	3632,313	108	33,633		
Total	2515712,010	112			
Total corregido	672528,524	111			

a. R al cuadrado = ,995 (R al cuadrado ajustada = ,994)

## Anexo 6 Prueba post hoc comparaciones múltiples

Variable dependiente: Peso de frutos

	(I) Numero de peces y número de plantas	(J) Numero de peces y número de plantas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	90pecesy30plantas	60peces y 30plantas	51,939*	1,5499	,000	47,895	55,984
		30peces y 30plantas	187,036*	1,5499	,000	182,991	191,080
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-3,971	1,5499	,056	-8,016	,073
	60peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-51,939*	1,5499	,000	-55,984	-47,895
		30peces y 30plantas	135,096*	1,5499	,000	131,052	139,141
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-55,911*	1,5499	,000	-59,955	-51,866
	30peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-187,036*	1,5499	,000	-191,080	-182,991
		60peces y 30plantas	-135,096*	1,5499	,000	-139,141	-131,052
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-191,007*	1,5499	,000	-195,052	-186,963
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	90pecesy30plantas	3,971	1,5499	,056	-,073	8,016
		60peces y 30plantas	55,911*	1,5499	,000	51,866	59,955
		30peces y 30plantas	191,007*	1,5499	,000	186,963	195,052

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 33,633.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

### Anexo 7 Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Peso de la Raiz de pepino en gr

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	15073,564 <sup>a</sup>	3	5024,521	219,987	,000
Intersección	3384650,893	1	3384650,893	148189,404	,000
Dosificación	15073,564	3	5024,521	219,987	,000
Error	2466,724	108	22,840		
Total	3402191,180	112			
Total corregido	17540,287	111			

a. R al cuadrado = ,859 (R al cuadrado ajustada = ,855)

## Anexo 8 Prueba post hoc de comparaciones múltiples

Variable dependiente: Peso de la Raíz de pepino en gr

	(I) Numero de peces y número de plantas	(J) Numero de peces y número de plantas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	90pecesy30plantas	60peces y 30plantas	14,082*	1,2773	,000	10,749	17,415
		30peces y 30plantas	27,332*	1,2773	,000	23,999	30,665
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-1,014	1,2773	,857	-4,347	2,319
	60peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-14,082*	1,2773	,000	-17,415	-10,749
		30peces y 30plantas	13,250*	1,2773	,000	9,917	16,583
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-15,096*	1,2773	,000	-18,429	-11,763
	30peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-27,332*	1,2773	,000	-30,665	-23,999
		60peces y 30plantas	-13,250*	1,2773	,000	-16,583	-9,917
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-28,346*	1,2773	,000	-31,679	-25,013
30 plantas hidropónicas (grupo de control)	90pecesy30plantas	1,014	1,2773	,857	-2,319	4,347	
	60peces y 30plantas	15,096*	1,2773	,000	11,763	18,429	
	30peces y 30plantas	28,346*	1,2773	,000	25,013	31,679	

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 22,840.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

### Anexo 9 Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Talla de la Raiz de pepino en cm

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1303,626 <sup>a</sup>	3	434,542	203,206	,000
Intersección	125651,803	1	125651,803	58758,834	,000
Dosificación	1303,626	3	434,542	203,206	,000
Error	230,951	108	2,138		
Total	127186,380	112			
Total corregido	1534,577	111			

a. R al cuadrado = ,850 (R al cuadrado ajustada = ,845)

## Anexo 10 Prueba post hoc de comparaciones múltiples

Variable dependiente: Talla de la Raíz de pepino en cm

	(I) Numero de peces y número de plantas	(J) Numero de peces y número de plantas	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	90pecesy30plantas	60peces y 30plantas	3,725*	,3908	,000	2,705	4,745
		30peces y 30plantas	8,457*	,3908	,000	7,437	9,477
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	,296	,3908	,873	-,723	1,316
	60peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-3,725*	,3908	,000	-4,745	-2,705
		30peces y 30plantas	4,732*	,3908	,000	3,712	5,752
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-3,429*	,3908	,000	-4,448	-2,409
	30peces y 30plantas	90pecesy30plantas	-8,457*	,3908	,000	-9,477	-7,437
		60peces y 30plantas	-4,732*	,3908	,000	-5,752	-3,712
		30 plantas hidropónicas (grupo de control)	-8,161*	,3908	,000	-9,181	-7,141
	30 plantas hidropónicas (grupo de control)	90pecesy30plantas	-,296	,3908	,873	-1,316	,723
		60peces y 30plantas	3,429*	,3908	,000	2,409	4,448
		30peces y 30plantas	8,161*	,3908	,000	7,141	9,181

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 2,138.

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel .05.

## Anexo 11

**Tabla de alimentación  
(Cultivo semiintensivo-intensivo).**

Edad (semanas)	Peso promedio (grs)	Crecimiento diario (grs/día)	Alimento diario (% de peso)	FCA
0	1		15	0.83
1	3	0.27	10	0.85
2	5	0.27	8	0.85
3	7	0.34	5.8	0.86
4	10	0.36	5.7	0.90
5	13	0.46	5.5	0.90
6	17	0.58	5.1	0.90
7	22	0.71	5.1	0.91
8	29	0.93	5.0	0.95
9	37	1.14	4.5	0.98
10	46	1.29	4.3	0.98
11	56	1.51	4.2	1.00
12	69	1.79	4.1	1.03
13	83	2.07	4.0	1.03
14	100	2.43	4.0	1.10
15	120	2.85	3.5	1.15
16	140	2.86	3.4	1.15
17	162	3.14	3.2	1.25
18	184	3.14	2.9	1.25
19	207	3.29	2.8	1.26
20	231	3.43	2.6	1.28
21	256	3.57	2.4	1.28
22	282	3.71	2.3	1.28
23	309	3.85	2.2	1.30
24	337	4.0	2.1	1.37
25	355	4.0	1.9	1.37
26	393	4.0	1.8	1.37
27	422	4.14	1.7	1.37
28	451	4.14	1.6	1.37
29	480	4.14	1.5	1.34
30	509	4.14	1.4	1.34
31	538	4.14	1.4	1.35
32	567	4.14	1.4	1.45
33	596	4.14	1.3	1.47
34	629	4.14	1.3	1.49
35	654	4.14	1.2	1.49
36	683	4.14	1.1	1.65

**Tabla de alimentación (Cultivo semi-intensivo intensivo).**

<b>Edad (Semanas)</b>	<b>Peso Promedio (gramos)</b>	<b>Crecimiento Diario (gr/día).</b>	<b>Alimento Diario (% de peso).</b>	<b>Conversión. Alimenticia.</b>
0	1		15	0.83
1	3	0.27	10	0.85
2	5	0.27	8	0.85
3	7	0.34	5.8	0.86
4	10	0.36	5.7	0.9
5	13	0.46	5.5	0.9
6	17	0.58	5.1	0.9
7	22	0.71	5.1	0.91
8	29	0.93	5.0	0.95
9	37	1.14	4.5	0.98
10	46	1.29	4.3	0.98
11	56	1.51	4.2	1.0
12	69	1.79	4.1	1.03
13	83	2.07	4.0	1.03
14	100	2.43	4.0	1.1
15	120	2.85	3.5	1.15
16	140	2.86	3.4	1.15
17	162	3.14	3.2	1.25
18	184	3.14	2.9	1.25
19	207	3.29	2.8	1.26
20	231	3.43	2.6	1.28
21	256	3.57	2.4	1.28
22	282	3.71	2.3	1.28
23	309	3.85	2.2	1.3
24	337	4.0	2.1	1.37
25	355	4.0	1.9	1.37
26	393	4.0	1.8	1.37
27	422	4.14	1.7	1.37
28	451	4.14	1.6	1.37
29	480	4.14	1.5	1.34
30	509	4.14	1.4	1.34
31	538	4.14	1.4	1.35
32	567	4.14	1.4	1.45
33	596	4.14	1.3	1.47
34	629	4.14	1.3	1.49
35	654	4.14	1.2	1.49
36	683	4.14	1.1	1.65

**ANEXO 13: Representación del problema de investigación mediante el árbol de problemas: ¿Cuál es el balance de biomasa entre la densidad de la tilapia *Oreochromis niloticus* y pepino dulce *Solanum muricatum* cultivadas en un sistema de acuaponía por nft (nutrient film technique)?**

