

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA ESPINACA (*Spinacea oleracea L.*) BAJO TRES  
DENSIDADES DE SIEMBRA EN UN SISTEMA ACUAPONICO EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA COTA- LA PAZ**

**Presentado por:**

**TANIA PACO ALANOCA**

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2020**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA ESPINACA (*Spinacia oleracea L.*) BAJO TRES  
DENSIDADES DE SIEMBRA EN UN SISTEMA ACUAPONICO EN EL CENTRO  
EXPERIMENTAL DE COTA COTA- LA PAZ**

Tesis de Grado presentado como requisito  
Parcial para optar el Título de  
Ingeniero Agrónomo

**TANIA PACO ALANOCA**

**ASESORES:**

Ph.D José Yakov Artiaga García .....

Ing. Estanislao Poma Loza .....

**REVISORES:**

Ing. Víctor Antonio Castañón Rivera .....

Mvz. Martha Gutiérrez Vásquez .....

Ing. Williams Alex Murillo Oporto .....

**APROBADA**

Presidente Tribunal Examinador .....

**LA PAZ – BOLIVIA**

**2020**

**U. M. S. A.**

## *DEDICATORIA*

A:

Dios, que siempre me acompaño en mi vida, y guiando mis pasos por un sendero a de aprendizaje a mi amado hijo, mis padres quienes me apoyaron en todo, buenos amigos y oportunidades. Y a quién agradezco todo lo que he logrado.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar doy gracia a Dios por darme la vida, por el amor que me brinda por darme todo lo que tengo.

Y agradecer a mis padres Juan y Susana por darme la vida y por el amor que me brindan y por el apoyo emocional que me brindaron.

También agradecer a mi esposo Andrés por el apoyo que me brindo.

A mi tía Paulina y mi abuelita que están en el cielo que anhelaban con la culminación de mi carrera.

A mis asesores Ing. Estanislao Poma, pH José Yakov Arteaga, por apoyo y colaboración y sugerencias que me dieron. Y por el tiempo que me dedicaron cada uno.

A mi tribunal revisor: Ing. Williams Alex Murillo Oporto, MVZ. Martha Gutiérrez Vásquez, Ing. Víctor Antonio Castañón Rivera. Por sus valiosos aportes para el enriquecimiento de mi trabajo y por el tiempo dedicado a la revisión del mismo.

## INDICE GENERAL

INDICE DE CONTENIDO.....	i
ÍNDICE DE CUADROS.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	v
INDICE DE ANEXOS.....	vi
RESUMEN.....	vii
SUMMARY.....	viii

## INDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1. ANTECEDENTES .....	2
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	3
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	4
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO.....	4
<b>3. REVISION BIIBLIOGRAFICA.....</b>	<b>5</b>
3.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÓMICAS DEL CULTIVO DE ESPINACA.....	5
3.1.1. Origen .....	5
3.1.2 Generalidades .....	5
3.1.3 Propiedades nutricionales.....	5
3.3. MORFOLOGÍA .....	7
3.3.1 Planta.....	7
3.3.2 Sistema radicular .....	8
3.3.3. Tallo .....	8
3.3.4. Hojas.....	8
3.3.5. Flores.....	8
3.3.6 Semilla .....	9
3.3.7. Requerimientos Edafoclimaticas.....	9
3.3.8. Clima.....	9
3.3.9. Temperatura .....	9
3.3.10. Suelos.....	10
3.3.11. PH.....	10
3.3.12. Siembra .....	10
3.3.13. Riego .....	11
3.3.14. Recolección o Cosecha .....	11
3.4. PLAGAS Y ENFERMEDADES .....	12
3.4.1 Plaga.....	12
3.4.2. Enfermedades.....	13
<b>4. CULTIVO HIDROPONICO O CULTIVO SIN SUELO .....</b>	<b>16</b>
<b>5. LA ACUICULTURA .....</b>	<b>18</b>
<b>6. LA ACUAPONIA.....</b>	<b>20</b>
6.1 CICLO DEL NITRÓGENO.....	22
6.2 DISEÑO DEL SISTEMA ACUAPÓNICOS.....	23

6.2.1. Tanques de peces .....	23
6.2.2. Biofiltros .....	24
6.2.3. Componente hidropónico (NFT).....	25
6.2.4. Bomba de aireación .....	26
6.2.5. Bomba de agua.....	27
<b>7. MANEJO DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO.....</b>	<b>29</b>
7.1. PECES EN ACUAPONIA.....	29
7.2. CALIDAD DE AGUA .....	31
7.3. PH.....	31
7.4. TEMPERATURA .....	32
7.5. OXÍGENO DISUELTO.....	33
7.6. DUREZA Y ALCALINIDAD .....	34
7.7. LUZ ULTRAVIOLETA .....	35
7.8. LAS BACTERIAS.....	36
7.9. EQUILIBRIO DE NITRATOS.....	37
7.10. DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO) .....	38
7.11. CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA .....	39
<b>8. LOCALIZACIÓN .....</b>	<b>39</b>
8.1. CARACTERÍSTICA CLIMÁTICA .....	39
<b>9. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>40</b>
9.1. MATERIALES.....	40
9.1.1. Material biológico .....	40
9.1.2. Materiales de campo.....	40
9.1.3. Equipo.....	41
9.1.4. Material de gabinete .....	41
<b>10. METODOS .....</b>	<b>41</b>
10.1. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	41
10.2. METODOLOGÍA.....	43
10.2.1. Primera etapa – sustrato inerte.....	43
10.2.3. Sistema acuapónicos.....	44
10.2.4. Trasplante final al sistema NFT .....	48
10.2.5. Biofiltros .....	48
10.2.6. Temperatura y humedad relativa .....	48
10.2.7. PH.....	48
10.2.8. Conductividad eléctrica.....	49
10.2.9. Control de plagas y enfermedades .....	49
10.2.10. Control de la temperatura .....	49
10.2.11. Análisis Estadístico .....	49

10.2.12. Análisis químico del agua .....	50
10.2.14. Labores culturales.....	50
10.2.15. Refalle.....	50
10.2.16. Prevención fitosanitaria.....	50
10.2.17. Cosecha.....	50
10.2.18. Post cosecha .....	50
10.3 VARIABLES DE RESPUESTA .....	51
10.3.1. Supervivencia .....	51
10.3.2. Número de hojas.....	51
10.3.3. Altura de planta.....	51
10.3.4. Longitud de hoja .....	51
10.3.5. Largo de la hoja .....	51
10.3.6. Ancho de hoja.....	52
10.3.7. Materia verde.....	52
10.3.8. Análisis Costos Parciales.....	52
<b>11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>55</b>
11.1. PORCENTAJE DE SUPERVIVENCIA .....	55
11.2. NÚMERO DE HOJAS .....	56
SEGÚN LA COMPARACIÓN DE MEDIAS QUE SE MUESTRA EN LA FIGURA 10, SE OBSERVA QUE NO INFLUYE LA DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL INCREMENTO DE NÚMERO DE HOJAS, QUE SIN IMPORTAR LA DENSIDAD QUE SE UTILICÉ EL NÚMERO DE HOJAS NO CAMBIARA NOTORIAMENTE .....	58
LA FIGURA 18, MUESTRA QUE LAS DENSIDADES DE (D2 Y D3) TUVO UN MAYOR NÚMERO DE HOJAS ENTRE 10 HOJAS/ PLANTA SEGUIDO POR LA DENSIDAD (D1) QUE OBTUVO 9HOJAS/PLANTAS.....	58
11.3. ALTURA DE PLANTAS .....	59
11.4. LONGITUD DE HOJA .....	61
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA 2020 .....	62
11.5. ANCHO DE HOJA .....	63
11.6. MATERIA VERDE .....	65
<b>12. ANÁLISIS ECONÓMICO .....</b>	<b>67</b>
12.2. BENEFICIO BRUTO.....	67
12.3. COSTOS VARIABLES .....	67
12.4. COSTOS FIJOS.....	68
12.5. COSTOS TOTALES .....	69
12.6. BENEFICIO NETO.....	69
<b>13. CONCLUSIONES .....</b>	<b>70</b>
<b>14. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>72</b>



**ANEXOS**  
**ANEXO 1. CALCULO DE LA TEMPERATURA DEL TANQUE DE LOS  
PECES ..... 78**

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Aporte nutricional de 100 g de espinaca cruda.....	6
<b>Cuadro 2.</b> Requerimientos nutricionales.....	15
<b>Cuadro 3.</b> Calidad de agua.....	31
<b>Cuadro 4.</b> Resumen de ANVA para la variable del porcentaje de supervivencia.....	55
<b>Cuadro 5.</b> Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto a la supervivencia....	56
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de variancia y prueba de promedios para Número de hojas a los 70 días	56
<b>Cuadro 7.</b> Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto al número de hojas..	58
<b>Cuadro 8.</b> Análisis de variancia y prueba de promedios para la altura de plantas.....	59
<b>Cuadro 9.</b> Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto a la altura de la planta de espinaca.....	60
<b>Cuadro 10.</b> Análisis de variancia y prueba de promedios para longitud de planta.....	61
<b>Cuadro 11.</b> Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto a la l longitud de hoja.....	62
<b>Cuadro 12.</b> Análisis de variancia y prueba de promedios para ancho de hojas.....	63
<b>Cuadro 13.</b> Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto al ancho de hoja..	64
<b>Cuadro 14.</b> Análisis de variancia y prueba de promedios para materia verde.....	65
<b>Cuadro 15.</b> Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto materia verde.....	66
<b>Cuadro 16.</b> Beneficio Bruto.....	67
<b>Cuadro 17.</b> Costos variables.....	68
<b>Cuadro 18.</b> Costos fijos.....	68
<b>Cuadro 19.</b> Costos totales.....	69
<b>Cuadro 20.</b> Beneficio neto.....	69

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> Hidroponicas y cultura sin suelo .....	18
<b>Figura 2.</b> La acuicultura .....	20
<b>Figura 3.</b> La acuaponia .....	22
<b>Figura 4.</b> Ciclo del nitrógeno en acuaponia .....	22
<b>Figura 5.</b> Equilibrio correcto en acuaponia .....	38
<b>Figura 6.</b> Equilibrio no correcto en acuaponia .....	38
<b>Figura 7.</b> Características climáticas.....	40
<b>Figura 8.</b> Diseño Experimental .....	42
<b>Figura 9.</b> Sistema Acuaponico.....	47
<b>Figura 10.</b> Prueba de Duncan para el variable número de hojas.....	58
<b>Figura 11.</b> Prueba de Duncan para la variable de altura de plantas.....	60
<b>Figura 12.</b> Prueba de Duncan para la variable de longitud de hoja.....	62
<b>Figura 13.</b> Prueba de Duncan para el variable ancho de hoja.....	64
<b>Figura 14.</b> Prueba de Duncan para el variable de materia verde .....	66

## INDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Calculo de la temperatura del tanque de los peces.....	79
<b>Anexo 2.</b> Registro de peso de los peces .....	79
<b>Anexo 3.</b> Temperaturas promedio del invernadero.....	80
<b>Anexo 4.</b> Control del sistema nft (nutrient film technique ) superior.....	81
<b>Anexo 5.</b> Control del sistema nft (nutrient film technique ) inferior.....	82
<b>Anexo 6.</b> Número de hojas .....	83
<b>Anexo 7.</b> Altura de plantas.....	84
<b>Anexo 8.</b> Longitud de hoja .....	85
<b>Anexo 9.</b> Ancho de Hoja .....	86
<b>Anexo 10.</b> Cálculo del PH, CE, O .....	87
<b>Anexo 11.</b> Dato general y promediado de la espinaca sembrado en cultivo convencional para una comparación entre ambos cultivos como se observa el rendimiento es mucho mayor al sistema acuapónico haciendo una comparación de entre variable.....	87
<b>Anexo 12.</b> Graficos de datos generales de la siembra en un sistema convencional ...	88
<b>Anexo 13.</b> Presupuesto para el sistema NFT con capacidad de 174 plantas.....	91
<b>Anexo 14.</b> Presupuesto para la instalación del sistema acuapónico con capacidad 1000 litros peces .....	93
<b>Anexo 15.</b> Costos variables .....	95
<b>Anexo 16.</b> Costos de producción fijos .....	96
<b>Anexo 17.</b> Costos variables (Bs.) .....	96
<b>Anexo 18.</b> Costos totales.....	97
<b>Anexo 19.</b> Ingresos.....	97
<b>Anexo 20.</b> Beneficios netos .....	97
<b>Anexo 21.</b> Instalación del sistema acuapónico y hidropónico y los canales de conducto.....	98
<b>Anexo 22.</b> Lugar donde se realizó el armado del sistema acuapónico.....	99
<b>Anexo 23.</b> verificacion del correcto funcionamiento del sistema acuaponico .....	99
<b>Anexo 24.</b> tanque de peces.....	100
<b>Anexo 25.</b> introducción de peces carpa espejo .....	100
<b>Anexo 26.</b> Peso de peces.....	101
<b>Anexo 27.</b> Preparado de almacigera .....	101
<b>Anexo 28.</b> Plantines de espinaca .....	102
<b>Anexo 29.</b> Toma de datos.....	103
<b>Anexo 30.</b> Toma de muestras del pH .....	103
<b>Anexo 31.</b> Toma de muestra del pH en los Biofiltros.....	104
<b>Anexo 32.</b> calculo del peso de la espinaca.....	105
<b>Anexo 33.</b> Envasado de espinaca .....	105
<b>Anexo 34.</b> Análisis de agua en laboratorio .....	107

## RESUMEN

La acuaponía es un sistema de producción cerrado que integra la técnica de la acuicultura con la hidroponía, es decir, es una combinación de la producción de peces y la producción de hortalizas sin suelo por el medio común “agua”. Las plantas y los peces crean una sinergia, ya que los desechos metabólicos de los peces son aprovechados como nutrientes por los vegetales para crecer, mientras que las plantas limpian el agua y eliminan los compuestos tóxicos para los peces (principalmente amonio y nitritos), reduciendo la frecuencia de renovación del agua. Sin embargo, en este sistema también intervienen microorganismos que inciden en los procesos de mineralización y nitrificación; principalmente bacterias nitrificantes. Este sistema de producción intensiva sustentable requiere de condiciones ideales para que exista interacción entre peces, microorganismos y plantas. Intagri (2017).

Para alcanzar el objetivo que se planteó se utilizó el diseño de cuadrado latino que considero 3 filas 3 columnas. Las variables de respuesta fueron: la supervivencia, altura de la planta, número de hojas, longitud de hojas, anchura de hojas, materia verde, las densidades fueron: D1=20 cm, D2=25cm, D3=30cm..

La cosecha fue realizada en 80 días, de los cuales estuvo 10 días en el almacigo con D2=25cm, D3=30cm sustrato de los cuales en su totalidad fueron 70 en el sistema NFT.

Para la relación beneficio/costo, densidad (D3=30 cm) fue la que presentó mayor volumen de materia verde con una relación de beneficio costo de 0,74 Bs a diferencia de la densidad (D2=25cm) que obtuvo de 0,73 Bs y por último (D1=30cm) 0,72 Bs.

## SUMMARY

Aquaponics is a closed production system that integrates the aquaculture technique with hydroponics, that is, it is a combination of fish production and the production of vegetables without soil by the common means “water”. Plants and fish create a synergy, since the metabolic wastes of fish are used as nutrients by vegetables to grow, while plants clean the water and eliminate toxic compounds for fish (mainly ammonia and nitrites), reducing the frequency of water renewal. However, microorganisms that affect mineralization and nitrification processes also intervene in this system; mainly nitrifying bacteria. This sustainable intensive production system requires ideal conditions for interaction between fish, microorganisms and plants. Integri (2017).

To achieve the objective that was proposed, the Latin square design was used, which I consider 3 rows 3 columns. The response variables were: survival, plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, green matter, densities were: D1 = 20 cm, j.

The harvest was done in 80 days, of which it was 10 days in the warehouse c D2 = 25cm, D3 = 30cm substrate of which in its entirety were 70 in the NFT system.

For the benefit / cost ratio, density (D3 = 30 cm) was the one with the highest volume of green matter with a cost benefit ratio of 0.74 Bs as opposed to density (D2 = 25cm) that obtained 0.73 Bs and finally (D1 = 30cm) 0.72 Bs.

## 1. INTRODUCCION

La acuaponia constituye una integración entre un cultivo de peces y uno hidropónico de plantas. Estos se unen en un sistema de recirculación, la acuicultura y la hidroponía, los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento, son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal (Rakocy, 1999).

Estos sistemas ofrecen una serie de ventajas sobre aquellos sistemas de recirculación en los que solo se producen peces. Los desechos metabólicos disueltos en el agua son absorbidos por las plantas, reduciendo así la tasa de recambio de agua diario y su descarte hacia el ambiente; mientras que en el sistema de recirculación tradicional se trabaja con un recambio de agua del 5 al 10 % diario para evitar la acumulación de desechos metabólicos. En el acuapónico, por el contrario, la mayoría trabaja solo con un 1,5 % de recambio de agua diario o menos (Mc Murtry, 1997).

Los primeros ensayos publicados en acuaponia se remontan a la década del '70, donde se demostró que los desechos metabólicos que los peces generaban podían ser utilizados para el cultivo de plantas, en forma hidropónica (Lewis, 1978).

En los primeros ensayos de acuaponia, se utilizaron lechos ocupados con diferentes sustratos, como arena (Lewis, 1978) o grava (Rakocy, 1999). Si bien estos sistemas siguen siendo utilizados actualmente, queda claro que no son los mejores a la hora de trabajar con altas cargas de peces, tapándose con facilidad y por ello, han sido dejados de lado a la hora de pensar en una escala comercial.

La acuaponia es una técnica de cultivo en la cual se obtienen peces y hortalizas en un mismo sistema de producción. Es la combinación de un sistema de acuicultura de recirculación con un sistema hidropónico en el cual las plantas reciben la mayoría de los nutrientes necesarios para su crecimiento directamente del agua de cultivo de los peces.

Las excretas de los peces son ricas en nutrientes para las plantas pero tóxicas para los peces mismos, las plantas actúan como un filtro al absorber estas sustancias previamente tratadas por algunas bacterias benéficas. El papel de las bacterias es convertir las excretas de los peces en compuestos más aprovechables para las plantas y menos tóxicos para los peces (Colagrosso, 2014).

## **8.1. ANTECEDENTES**

Indica que el uso de sistema acuapónicos no es nuevo el uso de sistema integrados en la antigua china hace más 1.500 años en donde su rendimiento era pobre. También alude a los incas de Perú, quienes cavaban estanques de forma ovalada cerca de las viviendas en la montaña dejando una pequeña isla en medio. Cuando los estanques se llenaban de agua entonces agregaban peces. Posteriormente los gansos se alimentaban de estos y se posaban en la isla, donde sus desechos fertilizaban la tierra y aumentaban a disponibilidad de nutrientes ala estanque. (Jones, 2002).

En Malasia, los sistemas integrados de cultivos se han practicado desde la década de 1930, con la producción de peces en arrozales y en los sistemas estanques-cerdos (Ahmad, 2003).

China tiene una larga y rica historia del cultivo integrado de peces. Documentos escritos del primer y segundo siglo A.C. documentan la integración del cultivo de plantas acuáticas y peces. Desde el noveno siglo diversos documentos muestran el cultivo de peces en arrozales. Existen registros de la rotación de los cultivos de peces y gramíneas desde los siglos XIV al XVI, y por los años 1620 se desarrollaron los estanques de peces con diques plantados de morales, la integración del cultivo de peces y ganado y sistemas complejos de actividades múltiples integrados con la piscicultura (Yang et al., 2003).



Los aztecas practicaron una forma inicial de acuaponia, mediante la crianza de peces junto a las cosechas. Ellos construían islas artificiales conocidas como “chinampas”, pantanos y lagos someros, y plantaba en ellos maíz, zapallo y otras plantas. Los canales navegables que rodeaban las islas fueron usados para la crianza de peces. Los desechos de los peces que caían al fondo de los canales eran recuperados para fertilizar a las plantas (Matus et al., 2009).

### **8.1. Planteamiento del problema**

En la producción de hortalizas en la mayoría se necesita suelo para la producción pero existe otras alternativas de producción una es la acuaponia que combina la producción piscícola y hortalizas al mismo pero cabe recalcar que este sistema es poca conocida en el ámbito nacional.

### **8.1. Justificación**

La acuaponia se presenta como una alternativa viable, que se puede integrar a los sistemas de circulación cerrados en la acuicultura.

La práctica de esta se constituye en una alternativa viable para la reducción de costos y para la diversificación productiva de las unidades de acuicultura. Es por eso que es necesario explorar y adentrarse en el tema para poder explotar todos los benéficos que nos ofrece.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la implementación del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en un sistema acuapónico en el centro experimental cota cota

### **2.2. Objetivo específico**

- Evaluar la adaptación del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) en un sistema acuapónico.
- Analizar el comportamiento agronómico del cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*)
- Evaluar los costos parciales de producción espinaca (*Spinacia oleracea*) bajo el sistema acuapónicos.

### **3. REVISION BIIBLIOGRAFICA**

#### **3.1 Características agronómicas del cultivo de espinaca**

##### **3.1.1. Origen**

La espinaca fue introducida en Europa alrededor del año 1000 procedente de regiones asiáticas, probablemente de Persia, pero únicamente a partir del siglo XVIII comenzó a difundirse por Europa y se establecieron cultivos para su explotación, principalmente en Holanda, Inglaterra y Francia; se cultivó después en otros países y más tarde pasó a América (Infoagro, 2005).

##### **3.1.2 Generalidades**

La espinaca pertenece a la familia Chenopodiaceae y la especie se denomina (*Spinacea oleracea L*). En una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas (Jiménez, et al., 2010).

##### **3.1.3 Propiedades nutricionales**

Tanto las vitaminas como los minerales son indispensables para el buen funcionamiento del organismo. Estos nutrientes son esenciales para la vida del ser humano: participan en el crecimiento y desarrollo, actúan como antioxidantes celulares, intervienen en los metabolismos de algunos nutrientes, ayudan al funcionamiento muscular y nervioso, participan en la activación de enzimas y en el transporte de oxígeno. La espinaca es uno de los vegetales de hoja más económico, que contribuye con un aporte balanceado de vitaminas y minerales a la dieta, previniendo muchas enfermedades que tienen su origen en una nutrición deficiente.

La espinaca por su aporte de vitamina K participa en la formación de la protrombina, necesaria en la coagulación de la sangre, aporta hierro mineral que es el constituyente esencial de la hemoglobina y mioglobina, forma parte de algunos procesos enzimáticos y es importante en el transporte de oxígeno. Otro nutriente importante que contiene la espinaca es el ácido fólico, vitamina hidrosoluble que cumple una función importante en el desarrollo del material genético, formación del tubo neural en las primeras ocho semanas de gestación de la mujer, participación en la producción de células sanguíneas y reparación de músculos. Este aporte a la salud, a través de la dieta, es tal vez la propiedad nutraceútica más importante de la espinaca. En la tabla 2 se presenta el aporte nutricional de la espinaca cruda en una dieta normal (Infoagro 2006).

**Cuadro 1. Aporte nutricional de 100 g de espinaca cruda.**

<b>Minerales</b>	<b>Cantidad (mg)</b>
<b>Sodio</b>	69
<b>Calcio</b>	117
<b>Hierro</b>	2.7
<b>Magnesio</b>	0
<b>Fósforo</b>	46
<b>Potasio</b>	554
<b>Vitaminas</b>	<b>Cantidad (mg)</b>
<b>Vitamina A</b>	0.59
<b>Vitamina B1</b>	0.09
<b>Vitamina B2</b>	0.2
<b>Vitamina B3</b>	1.38
<b>Vitamina B12</b>	0
<b>Vitamina C</b>	40
<b>Composición</b>	<b>Cantidad (gr)</b>
<b>Kcalorías</b>	20.74
<b>Carbohidratos</b>	0.61
<b>Proteínas</b>	2.63
<b>Fibra</b>	2.58
<b>Grasas</b>	0.3

**Fuente:** Vegaffinite 2016

## **3.2. Taxonomía de la espinaca**

Santafeagro (2011), describe taxonómicamente a la espinaca de la siguiente manera:

Orden: Caryophyllales

Familia: Chenopodaceae

Género: Spinacea

Especie: Oleracea

Nombre Científico: Spinacea oleracea L.

Nombre común: Espinaca

## **3.3. Morfología**

### **3.3.1 Planta**

La planta pertenece a la familia Chenopodiaceae y la especie se denomina Spinacea oleracea L. En una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo. De las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores. Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas (Jiménez et al., 2010).

Es una planta herbácea de ciclo de vida anual, aunque según su variedad pueden realizarse también recolecciones trimestrales (Jiménez y Valero, 2010).

En una primera fase forma una roseta de hojas de duración variable según condiciones climáticas y posteriormente emite el tallo, de las axilas de las hojas o directamente del cuello surgen tallitos laterales que dan lugar a ramificaciones secundarias, en las que pueden desarrollarse flores.

Existen plantas masculinas, femeninas e incluso hermafroditas, que se diferencian fácilmente, ya que las femeninas poseen mayor número de hojas basales, tardan más en desarrollar la semilla y por ello son más productivas (Infoagro, 2005).

### **3.3.2 Sistema radicular**

Tiene una raíz pivotante, poco ramificada y de desarrollo radicular superficial (Infoagro, 2005).

Tiene una raíz principal que alcanza de 15 a 20 cm de profundidad en el suelo (Jiménez y Valero, 2010).

### **3.3.3. Tallo**

Erecto de 30 cm a 1 m de longitud en el que se sitúan las (Infoagro, 2005).

Hace parte de la conformación de las hojas. Alcanza entre 30 y 100 cm. A partir de este, se forman las hojas en forma de roseta (Jiménez y Valero, 2010).

### **3.3.4. Hojas.**

Son caulíferas, más o menos alternas y pecioladas, de forma y consistencia muy variables, en función de la variedad. Color verde oscuro. Pecíolo cóncavo y a menudo rojo en su base, con longitud variable, que va disminuyendo poco a poco a medida que soporta las hojas de más reciente formación y va desapareciendo en las hojas que se sitúan en la parte más alta del tallo (Infoagro, 2005).

### **3.3.5. Flores**

Las flores masculinas, agrupadas en número de 6-12 en las espigas terminales o axilares presentan color verde y están formadas por un periantio con 4-5 pétalos y 4 estambres. Las flores femeninas se reúnen en glomérulos axilares y están formadas por un periantio tetrudentado, con ovarios uniovulares, estilo único y estigma dividido en 3-5 segmentos (Infoagro, 2005).

Las flores son de color blanco o verde amarillento. No son de interés en el cultivo de la espinaca, por lo que por medio de la luminosidad y la temperatura se limita su formación (Jiménez y Valero, 2010).

### **3.3.6 Semilla**

Las semillas lenticulares, son restos de las flores, de aspecto coriáceo membranosas inermes o espinosas, de color gris verdoso (lo que generalmente se vende como semilla es en realidad el fruto aquenio). Estos revestimientos aunque favorecen la gran vitalidad de la semilla, inciden desfavorablemente sobre la velocidad y regularidad de germinación, al impedir la penetración de la humedad necesaria a los procesos germinativos (Gorini, 2000).

### **3.3.7. Requerimientos Edafoclimaticas**

A continuación se presentan las condiciones de clima, suelo y agua requeridas para el cultivo de espinaca.

### **3.3.8. Clima**

Según MAROTO (1989), la espinaca es una planta preferentemente de clima templado y el mejor producto se obtiene durante las estaciones frescas.

### **3.3.9. Temperatura**

Es una especie cuyo cero vegetativo es de 5°C, no soporta temperaturas demasiado altas y en términos generales resiste temperaturas bajas extremas. Además, se señala que los óptimos térmicos para el desarrollo de esta especie fluctúan entre los 15 y 18°C (MAROTO, 1989 y LE STRANGE et al., 2001).

Según SERRANO (1977), la temperatura más idónea de germinación de la semilla está comprendida entre 10° C. y 15° C., aunque nace con más rapidez cuando está entre 15° C. y 25° C.; la temperatura mínima de germinación es de 5° C. Las variedades propias de invierno soportan temperaturas bajas que pueden llegar a 5° C. por debajo de cero, sin llegar a helarse.

Para que las plantas inicien un desarrollo vegetativo normal necesitan un mínimo de temperatura media mensual comprendida entre 5 ° C y 7 ° C.

### **3.3.10. Suelos**

La espinaca es exigente en la naturaleza de los suelos en los que se asienta su cultivo; tiene fuertes necesidades de nitrógeno y de materia orgánica. Requiere buena estructura del suelo y un perfecto drenaje, ya que acusa inmediatamente y de una forma irreversible los encharcamientos del mismo. También es necesario que los suelos no se sequen rápidamente, ya que tal circunstancia influye notablemente en la calidad del producto obtenido. No le van bien, ni los suelos muy arcillosos, ni los muy arenosos. La falta de cal en el suelo da lugar a una «subida» rápida de la flor y a que las hojas estén poco lozanas. Es planta resistente a la salinidad (SERRANO, 1977).

GIACONI Y ESCAFF (1998), señalan que la espinaca es sensible a la acidez, disminuyendo el porcentaje de germinación cuando se le cultiva en suelos muy ácidos, observándose durante el cultivo una coloración amarillocafé en el borde de las hojas. Esta sintomatología, de acuerdo a lo señalado por SALISBURY Y ROSS (1994) es coincidente a una deficiencia de nitrógeno, a lo cual se añade la presencia de tallos cortos y delgados si la deficiencia se presenta en estado avanzado del cultivo.

### **3.3.11. PH**

El pH óptimo está alrededor de 7,0, desarrollándose mal en los muy ácidos; los suelos alcalinos dan lugar a hojas con el peciolo rojizo y a clorosis (SERRANO, 1977).

### **3.3.12. Siembra**

La siembra debe realizarse en terrenos ligeramente húmedos y de preferencia con sembradoras de precisión, siendo la dosis de semilla aproximadamente de entre 8 a 10 kg/ha, con una distancia entre hileras que varía de acuerdo al cultivar, maquinaria utilizada y modalidad de cosecha (GIACONI Y ESCAFF, 1998).



En un ensayo bajo plástico realizado en Chiloé, CALDERON (1998), encontró que no hubo diferencias con espaciamiento entrehileras de 30 o 40 cm.

La distancia de siembra entrehileras, según ELLENA (1993) y MARIN (1999), puede variar entre 20 y 40 cm, y sobre la hilera a chorro continuo. En ensayos realizados en la IX región, los mejores resultados se han obtenido con distancias de 30 cm entrehileras, con una dosis de semilla de entre 12 a 15 kg por hectárea.

### **3.3.13. Riego**

La espinaca teme los excesos de agua. Es suficiente un riego mal dado o una lluvia inoportuna para perturbar la buena marcha del desarrollo vegetativo, sin recuperación posterior. Aunque para un desarrollo rápido necesita de humedad en el suelo, no es muy exigente en riegos. Es suficiente, en muchos casos, con el agua de lluvia caída durante su cultivo. De todas formas los riegos son necesarios en tiempo seco. Los riegos deben darse de poco volumen y muy frecuentes. El riego por aspersión le va muy bien a esta hortaliza (SERRANO, 1977).

El riego es necesario para que el suelo tenga apropiado contenido de humedad, si se riega en exceso hace que los nutrientes del suelo se vayan al fondo y queden fuera del alcance de las raíces. Además mucha agua hace más fácil el desarrollo de enfermedades. Si se riega menos las raíces crecen sólo en la superficie y no pueden aprovechar bien los nutrientes del suelo, entonces las plantas quedarán pequeñas y tendrán poco rendimiento (FAO, 1990).

Valadez (1993) indica que, se le pueden aplicar en general de 14 a 16 riegos, dependiendo de la textura del suelo, época del año y cultivar, habiendo en cada riego un intervalo promedio de 5 días.

### **3.3.14. Recolección o Cosecha**

La recolección se inicia en las variedades precoces a los 40-50 días tras la siembra.

Los 60 días después de la siembra con raíz incluida; oscilando las producciones óptimas entre 15 y 20 Tn/ha. La recolección nunca se realizará después de un riego,

ya que las hojas se ponen turgentes y son más susceptibles de romperse. Puede efectuarse de dos formas principalmente: manual o mecanizada. La recolección manual consiste en cortar las hojas más desarrolladas de la espinaca, dando aproximadamente 5 ó 6 pasadas a un cultivo. Si se pretende comercializar plantas enteras, se corta cada planta por debajo de la roseta de hojas a 1 cm bajo tierra, en este caso se dará solo una pasada (INFOAGRO, 2010).

La cosecha puede ser manual o mecánica, pero esta no se debe de realizar después del riego, ya que las hojas son más susceptibles de maltrato (TECNOAGRO, 2010).

Cuando se consume como verdura fresca, la recolección puede hacerse de una sola vez o cortando escalonadamente las hojas a medida que éstas van creciendo. Si la recolección se hace de una sola vez, puede cortarse la planta por debajo del cuello o arrancándole la raíz, según el gusto del consumidor. Si se recolectan cortando las hojas escalonadamente, puede hacerse hasta 5 a 7 veces, según la época estacional. La producción media en cultivo extensivo es de unos diez mil kg./Ha; en cultivo intensivo, cortando las plantas, pueden obtenerse de quince a veinte mil kg./Ha.; en cultivo intensivo de invernadero, se pueden recolectar hasta cincuenta mil kg./Ha (SERRANO , 1977).

### **3.4. Plagas y enfermedades**

#### **3.4.1 Plaga**

Básicamente los problemas son causados por orugas defoliadoras, Spodoptera, Helicoverpa, etc. Los tratamientos se hacen en función de las Estaciones de Avisos (fechas, número capturas).

Los insecticidas empleados son las piretrinas autorizadas en el cultivo a base de Alfa-cipermetrina, cipermetrina sola o con malatión y metomilo, lambda- chialotrín, Zeta-cipermetrina, metomilo, fosalone, carbaril, azadiractin, Bacillus T, PBO+Piretrinas, malation, naled y triclorfon. Esta labor la hace el agricultor.

La espinaca presenta plagas principalmente en los primeros 15 días después de la emergencia. Los más importantes son *Paratanus exitiosus* Beamer (langostino de la remolacha) y *Deroceras reticulatum* Müller (babosa chica gris). En tanto, señalados como de menor importancia están los áfidos *Brevicoryne brassicae* L. y *Myzus persicae* Sulzer, los que pueden transmitir diversas virosis hacia las hojas. Por último, el minador de las chacras, *Liriomyza huidobrensis* Bl., también considerado como plaga secundaria (INVUFLEC, 1970; GONZALEZ et al., 1973 y LATORRE, 1990).

Las babosas (*D. reticulatum* Müller y *D. agreste* L.) pueden originar daños en el cultivo. Preferentemente dañan las plántulas atacando los tallos tiernos y las hojas, raíces y otros órganos suculentos. La planta aparece con raspaduras superficiales en las estructuras afectadas. Un daño más avanzado son los orificios irregulares que llegan a comprometer parte importante de la planta. Se observan signos en forma de huellas de baba y presencia de fecas oscuras y alargadas (LATORRE, 1990b).

Según GONZALEZ et al., (1973) e INVUFLEC (1970), minador (*Liriomyza huidobrensis*). causa manchas apergaminadas translúcidas en las hojas que indican la existencia de galerías en las que albergan las formas larvarias, posteriormente se origina el desecamiento de las hojas.

Además, INVUFLEC (1970), describe el daño por pulgón negro (*Aphis fabae* Scop.), afidio del col (*Brevicoryne brassicae* L.) y Pulgón del melocotonero (*Myzus persicae* Sulzer) señalando que se desarrollan colonias en el envés de las hojas, provocando el encarrujamiento de estas. Si el ataque ocurre cuando está muy avanzado el desarrollo de la espinaca y cercano a su recolección, puede inutilizar comercialmente toda la producción, debido al aspecto desagradable que se produce en la planta.

### **3.4.2. Enfermedades**

La antracnosis sólo aparece en parcelas con repeticiones de cultivo y con condiciones climatológicas muy favorables, no hay fitosanitarios autorizados (RODRIGES, 2007).

### **Mildiú de la espinaca.**

Entre las enfermedades de espinaca, la más importante es el mildiú, causado por el hongo *Peronospora effusa* Grev. Ataca a las hojas, en el haz aparecen manchas de contorno indefinido, con un color verde pálido que más tarde pasa a amarillo. En el envés estas manchas se cubre con un abundante fieltro de color gris violáce (SMITH et al., 1992).

Condiciones ambientales de alta humedad relativa favorecen el ataque. En la actualidad la mejor forma de control es con el uso de cultivares resistentes (AGRIOS, 1996).

### **Cercosporosis.**

Tan importante como la anterior es esta enfermedad producida por el hongo *Cercospora beticola* Sacc. En la sintomatología que origina se observan manchas foliares, esféricas, grisáceas, rodeadas por un halo rojizo. La parte de estas lesiones se desprende, quedando una pequeña perforación. En ataques severos ocurre una amarillez generalizada del follaje y defoliación prematura. Los signos se visualizan como pequeños puntos negros aterciopelados en el centro de cada lesión. El ataque se ve favorecido por alta humedad ambiental (90-95%) y altas temperaturas (27-30°C). Es poco frecuente con temperaturas inferiores a 15°C (LATORRE, 1990<sup>a</sup>).

### **Caída de plántulas.**

En esta enfermedad son importantes los hongos del suelo *Fusarium*, *Sclerotinia*, *Pythium* y *Rhizoctonia*, que producen caída de plántulas en los primeros periodos de desarrollo de la planta. Sus síntomas son un rápido amarillamiento, marchitez y colapso del follaje, asociado a una destrucción de la corona o de la raíz. Finalmente las plantas mueren, se secan y permanecen sobre el suelo por largo tiempo. En la base de los pecíolos es posible observar una pudrición negra que eventualmente se extiende a la raíz.

Épocas cálidas, altas temperaturas y abundante humedad en el suelo así como daños mecánicos o producidos por insectos son factores favorables para el ataque del hongo. (LATORRE, 1990).

También se menciona al hongo *Aphanomyces cochlioides* Drenchs, el cual ocasiona la caída de plántulas o ennegrecimiento radical. Ataca plantitas pequeñas en las que ocasiona amarillez y marchitez. Posteriormente caen y se secan. Al arrancarlas se puede evidenciar una necrosis y ennegrecimiento de la raíz principal. Suelos muy húmedos y templados favorecen la incidencia de esta enfermedad. Rara vez ocurre con temperaturas de suelo inferiores a 15°C, la temperatura óptima para la infección varía entre 20 y 30°C (LATORRE, 1990).

### **Enfermedades producidas por virus.**

Un estudio realizado por SEPULVEDA y REBUFEL (2003), en el cual se evaluó la susceptibilidad al virus del mosaico de cinco cultivares de espinaca (Symphony, Bolero, Limbo, Ballet y Santana), mostró que el cultivar más susceptible fue Bolero y la variedad más resistente resultó ser Symphony. Las otras variedades fueron susceptibles, pero en menor grado que Bolero.

### **3.4.3. Requerimientos nutricionales de la espinaca**

**Cuadro 2. Requerimientos nutricionales**

<b>REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LA ESPINACA</b>		
<b>Nitrógeno</b>	<b>P2O5</b>	<b>K2O</b>
45	14	55

**Fuente:** Inta (2012)

#### **4. CULTIVO HIDROPONICO O CULTIVO SIN SUELO**

La Hidroponía Popular o “Cultivo Sin Tierra” permite, con reducido consumo de agua y pequeños trabajos físicos pero con mucha dedicación y constancia, producir hortalizas frescas, sanas y abundantes en pequeños espacios de las viviendas, aprovechando en muchas ocasiones elementos desechados, que de no ser utilizados causarían contaminación. La Hidroponía Popular puede ser denominada una tecnología de desecho y de lo pequeño (FAO 2003).

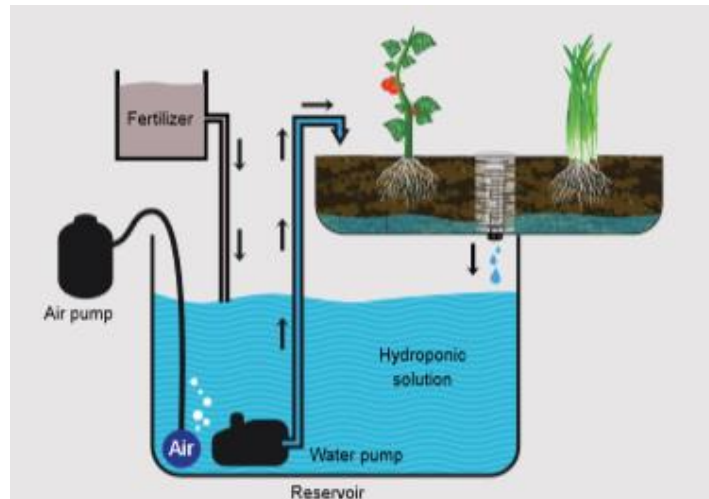
El cultivo sin suelo es el método de cultivo de cultivos agrícolas sin el uso de suelo. En lugar de suelo, se usan varios medios de cultivo inertes, también llamados sustratos. Estos medios proporcionan soporte de plantas y retención de humedad. Los sistemas de riego se integran dentro de estos medios, introduciendo así una solución nutritiva a las zonas de raíces de las plantas. Esta solución proporciona todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. El método más común de cultivo sin suelo es la hidroponía, que incluye el cultivo de plantas sobre un sustrato o en un medio acuoso con raíces desnudas. Hay muchos diseños de sistemas hidropónicos, cada uno con un propósito diferente, pero todos los sistemas comparten estas características básicas.

Una preocupación importante con respecto a la sostenibilidad de la agricultura moderna es la dependencia total de los fertilizantes químicos fabricados para producir alimentos. Estos nutrientes pueden ser caros y difíciles de obtener, ya menudo provienen de prácticas ambientalmente duras que representan una contribución sustancial de todas las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) de la agricultura. El suministro de muchos de estos nutrientes esenciales se está agotando a un ritmo rápido, con proyecciones de escasez mundial en las próximas décadas. La hidroponía es mucho más eficiente en términos de uso de agua y nutrientes que la agricultura basada en el suelo, pero su manejo es más complicado y requiere un conjunto diferente de insumos, especialmente durante la instalación.

Generalmente se requiere electricidad para circular o oxigenar el agua. Sin embargo, no requiere de combustible para arar el suelo, no requiere energía adicional para bombear volúmenes de agua mucho más altos para riego o para llevar a cabo el control de malezas, y no interrumpe la materia orgánica del suelo a través de prácticas agrícolas intensivas. Los costos iniciales, los materiales de construcción y la dependencia de la electricidad y los insumos también serán limitaciones importantes para la acuaponía, pero en este caso la necesidad de fertilizantes químicos se elimina por completo. (FAO 2014).

La Hidroponía, es un conjunto de técnicas que permite el cultivo de plantas en un medio libre de suelo. La hidroponía permite en estructuras simples o complejas producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. A partir de este concepto se desarrollaron técnicas que se apoyan en sustratos (medios que sostienen a la planta), o en sistemas con aportes de soluciones de nutrientes estáticos o circulantes, sin perder de vistas las necesidades de la planta como la temperatura, humedad, agua y nutrientes. La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. Sin embargo, en la actualidad se utiliza para referirse al cultivo sin suelo. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, es decir sin tierra. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. Con la técnica de cultivo sin suelo es posible obtener hortalizas de excelente calidad y sanidad, permitiendo un uso más eficiente del agua y los nutrientes. Basados en la experiencia, los rendimientos por unidad de área cultivada son altos debido a una mayor densidad, mayor productividad por planta y eficiencia en el uso de los recursos agua, luz y nutrientes. No es una metodología moderna para el cultivo de plantas, sino una técnica ancestral; en la antigüedad hubo culturas y civilizaciones que utilizaron esta metodología como medio de subsistencia.

Generalmente asociamos esta forma de cultivo con grandes invernaderos para el cultivo de plantas y el empleo de la más compleja tecnología; sin embargo, los orígenes de la hidroponía fueron muy simples en su implementación. El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio, mínimo consumo de agua y máxima producción y calidad (BELTRANO et al., 2015).



**Figura 1. Hidroponicas y cultura sin suelo**

## **5. LA ACUICULTURA**

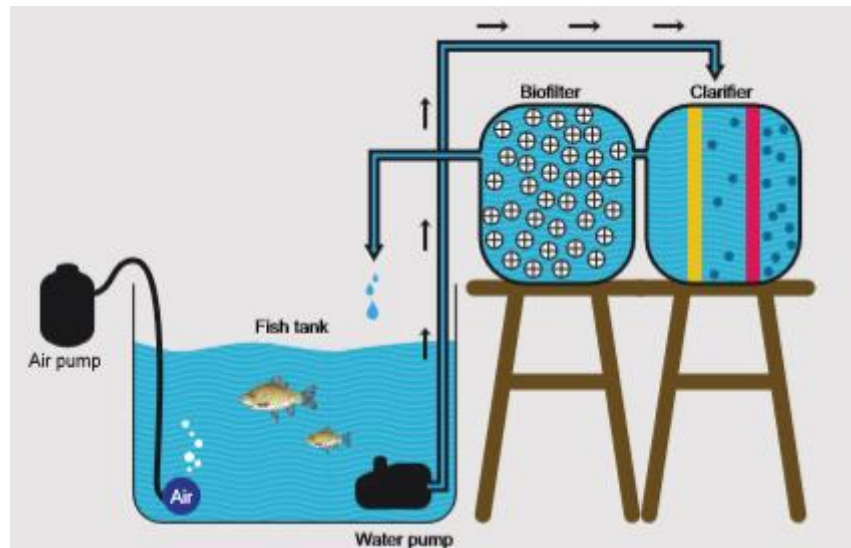
Es la cría y producción en cautiverio de peces y otros animales acuáticos y especies vegetales bajo condiciones controladas. Muchas especies acuáticas han sido cultivadas, especialmente peces, crustáceos y moluscos y plantas acuáticas y algas. Los métodos de producción de la acuicultura se han desarrollado en varias regiones del mundo y, por lo tanto, han sido adaptados a las condiciones ambientales y climáticas específicas en esas regiones. Las cuatro categorías principales de la acuicultura incluyen sistemas de aguas abiertas (por ejemplo, jaulas, líneas de palangre), cultivo de estanques, conductos de paso y sistemas de recirculación de la acuicultura (RAS). En una operación RAS, el agua se reutiliza para los peces después de un proceso de limpieza y filtración.



Aunque un RAS no es el sistema de producción más barato debido a sus mayores costos de inversión, energía y administración, puede aumentar considerablemente la productividad por unidad de tierra y es la tecnología de ahorro de agua más eficiente en la piscicultura. Un RAS es el método más aplicable para el desarrollo de sistemas de agricultura acuícola integrada debido al posible uso de subproductos y las mayores concentraciones de nutrientes en agua para la producción de hortalizas. Aquaponics Se ha desarrollado a partir de la acumulación beneficiosa de nutrientes que se producen en RAS y, por lo tanto, es el foco principal de este manual. La acuicultura es una fuente cada vez más importante de producción global de proteínas (FAO 2014).

La acuicultura es una de las mejores técnicas ideadas por el hombre para producir alimentos y aprovechar los recursos acuáticos. La actividad se está desarrollando para sumarse a la pesca y complementarla. Se constituye por unidades productivas que utilizan los conocimientos sobre biología, ingeniería y ecología. Los cultivos que han alcanzado mayor desarrollo son: crustáceos, peces, moluscos bivalvos, y algas. Sin embargo, el más relevante por su valor económico es el camarón. (CEDRSSA ,2015).

La acuicultura es una fuente muy importante de productos acuáticos de calidad en el mundo que es conocida en España básicamente solo por la producción de dorada y lubina. Sin embargo, en la realidad es mucho más que eso. Bajo el término de “acuicultura” se engloba todo ´ un conjunto de actividades, técnicas y conocimientos ´ del cultivo de especies acuáticas vegetales y animales. No en vano, la FAO y la Comisión Europea la definen como “el cultivo de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas biofiltro, lo ´ cual implica la intervención del hombre en el proceso de cría para aumentar la producción, en operaciones como la siembra, la alimentación, la protección frente a depredadores, etc. (RUEDA, 2011).



**Figura 2**La acuicultura

## 6. LA ACUAPONIA

La acuaponia tiene grandes beneficios sociales y ambientales, entre los que destacan el uso sustentable de los recursos energéticos asociados con la actividad, la disminución en los costos de operación por el transporte de agua, y la producción de vegetales y hortalizas a partir de prácticas acuícolas eficientes, rentables y amigables con el ambiente, debido a que no se utilizan fertilizantes químicos o insecticidas durante el cultivo (Bogash, 1997; Diver, 2006)

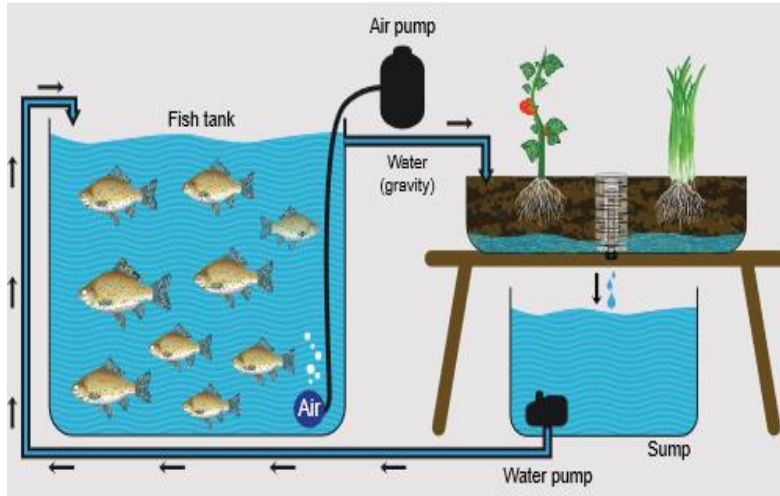
La acuaponia es la combinación de la acuicultura de recirculación con la hidroponía, definiendo acuicultura como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos, e hidroponía como el cultivo de plantas que se desarrollan en un sustrato inerte, las cuales reciben los minerales aplicando soluciones de nutrientes (Guzmán y Moreno, 2005).

Los sistemas acuapónicos, pueden configurarse y dimensionarse de diferentes formas aunque, no obstante, se debe seguir un patrón general para el diseño que permita su correcto funcionamiento, identificando sus componentes básicos y diseñando el sentido de circulación del flujo de agua (Rakocy, 2006).

La acuaponia puede definirse como la combinación de un sistema de acuicultura recirculante (RAS, por sus siglas en inglés), con la hidroponía, definido acuicultura como el cultivo de animales acuáticos como peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas en ambientes controlados, en hidroponía como el cultivo de plantas colocado las raíces en soluciones nutrientes (Malcom, Backyard aquaponics. A guide to building an aquaponics system. 2005; Parker, aquaculture science. 2002).

En términos generales se trata de generar un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces) son convertidos, a través de la acción bacteriana, en nitratos, que sirven como fuente de alimento para plantas. Estas a su vez al tomar estos nitratos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico (Nelson, acuaponia, 2007; Parker, 2002; Van Gorder S., 2000).

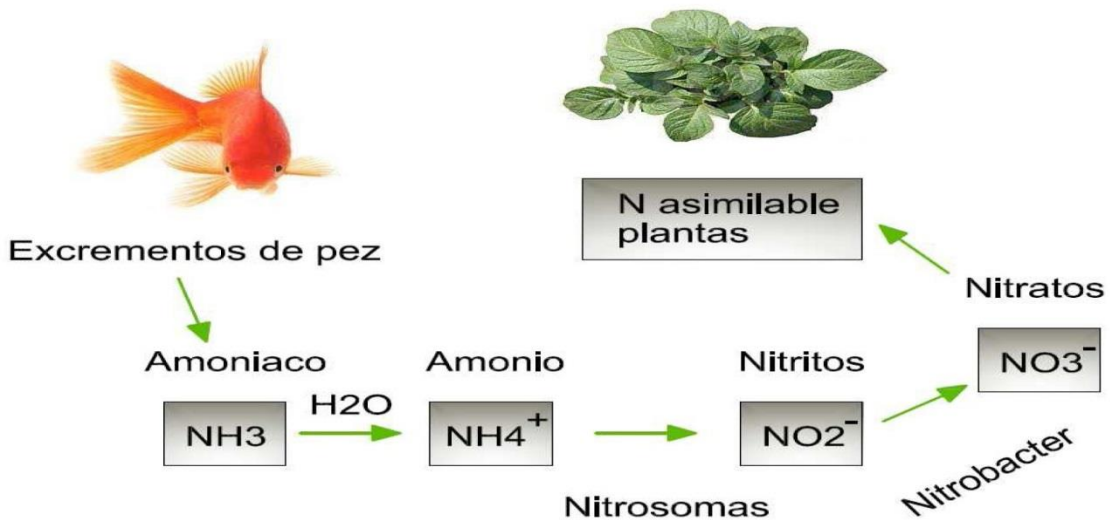
La acuaponia es la integración de la acuicultura y la hidroponía en recirculación en un sistema de producción. En los filtros, los residuos de pescado se eliminan del agua, primero usando un filtro mecánico que elimina los desechos sólidos y luego a través de un biofiltro que procesa los desechos disueltos. El biofiltro proporciona una ubicación para que las bacterias conviertan el amoníaco, que es tóxico para los peces, en nitrato, un nutriente más accesible para las plantas. Este proceso se llama nitrificación. A medida que el agua (que contiene nitratos y otros nutrientes) viaja a través de las camas de cultivo de plantas, las plantas absorben estos nutrientes, y finalmente el agua vuelve al tanque de peces purificado. Este proceso permite que los peces, las plantas y las bacterias prosperen simbióticamente y trabajen juntos para crear un medio ambiente sano para el otro, siempre y cuando el sistema esté bien equilibrado (FAO 2014).



**Figura 3. La acuaponia**

### 6.1 Ciclo del nitrógeno

El proceso biológico más importante en acuaponia es el proceso de nitrificación, que es un componente esencial del ciclo global del nitrógeno visto en la naturaleza. El nitrógeno (N) es un elemento químico y un elemento esencial para todas las formas de vida. Está presente en todos los aminoácidos, que constituyen todas las proteínas que son esenciales para muchas.



**Figura 4. Ciclo del nitrógeno en acuaponia**

## 6.2 Diseño del sistema acuapónicos

### 6.2.1. Tanques de peces

(Nelson, 2008). Indica que el tanque para cultivar los peces es un componente indispensable en un sistema acuapónicos. En este componente se desarrollarán los peces que se han escogido por lo que es necesario que sea de un material resistente, que sus dimensiones sean proporcionales al número y el tamaño de los peces. Asimismo, debe tomarse en cuenta que el área del tanque es más importante que su altura, pues los peces se desplazan más en forma horizontal que vertical.

Estos tanques pueden ser desde peceras de vidrio o acrílicas, barriles plásticos, tanques plásticos o piletas de concreto y el volumen puede variar desde pocos litros a varios metros cúbicos.

Es esencial que el tanque no haya sido utilizado previamente para el transporte de sustancias tóxicas, ya que estas pueden seguir disolviéndose en el agua y comprometer la salud de los peces y el crecimiento de las hortalizas; además se aconseja que el contenedor a usar como tanque no sea de metal, pues el agua puede corroerlo formando herrumbre y perjudicando a los peces.

En cuanto a la relación volumen de agua con el tamaño o peso de los peces, se recomienda un litro de agua por cada 5 centímetros de peces o 10-15 gramos de peces por litro de agua debiendo considerarse también para ese cálculo, la longitud o peso final de los peces. Además, el tanque de producción debe ser lo suficientemente grande para asegurar el llenado del sistema hidropónico y al mismo tiempo garantizar un adecuado volumen de agua para que los peces puedan nadar libremente (Bernstein, 2011).

La bomba de aireación para proveer de oxígeno a los peces. La bomba de agua para dirigir el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de vuelta al tanque de peces en un sistema cerrado de recirculación (Colagrosso. 2014).

Las unidades de cultivo de los peces, deberán seleccionarse cuidadosamente, debido a su incidencia en el costo total de la unidad acuapónica, de aproximadamente un 20 % (Somerville et al., 2014).

### **6.2.2. Biofiltros**

El Biofiltros sirve para albergar las bacterias nitrificadoras (Nitrosomonas sp. y Nitrobacter sp.) que convierten el amonio (molécula presente en las excretas de los peces) en nitrito y luego este en nitrato. El amonio y el nitrito son perjudiciales para los peces y en altas concentraciones pueden producir la muerte, pero el nitrato es menos tóxico para los peces y más aprovechable para las plantas.

La biofiltración cumple con dos objetivos en el sistema acuapónico. Ambos obtenidos a partir de un mismo proceso: la nitrificación. El primero, es el de transformar el nitrógeno amoniacal (NAT) excretado por los peces como desecho metabólico, en un compuesto menos tóxico para ellos y el segundo, la obtención de un compuesto asimilable por las plantas. Dichos procesos, son realizados por un grupo de bacterias que se alojan en los filtros biológicos (así como en cualquier superficie del sistema) obteniéndose como resultado final, nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>). Este componente inorgánico es el menos tóxico nitrogenado (hasta 300 mg/l, DL50, según la especie) y constituye la forma de nitrógeno asimilada por las plantas (Bernal Melo, s/f).

La fuente de nutrientes en los sistemas de acuaponia son los desechos metabólicos generados por los peces al alimentarse, ya que solo un 35 a 40 % del alimento consumido es asimilado y transformado en carne, mientras que el resto (60-65 %) se excreta hacia la columna de agua (Jchapell, 2008).

El biofiltro es un contenedor que alberga materiales porosos como piedra, esponjas o bio-bolas. Las bio-bolas son elementos plásticos diseñados para ofrecer una considerable superficie a las bacterias y actuar como filtro mecánico al recoger las partículas en suspensión.

Los Biofiltros sirve para albergar las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) que convierten el amonio (molécula presente en las excretas de los peces) en nitrito y luego este en nitrato. El amonio y el nitrito son perjudiciales para los peces y en altas concentraciones pueden producir la muerte, pero el nitrato es menos tóxico para los peces y más aprovechable para las plantas.

Es un componente opcional en aquellos sistemas acuapónicos que usan camas con sustratos sólidos, pero resulta indispensables para los sistemas de raíz flotante o los de solución nutritiva recirculaste (N.F.T.).

En las camas con sustrato sólido las bacterias se adhieren al sustrato, cuanto más poroso es el sustrato mejor es la biomasa y el desempeño de las bacterias. Los sistemas de raíz flotante o de solución nutritiva recirculaste no ofrecen suficiente superficie para el desarrollo de las bacterias, por lo tanto, es necesario suplir este faltante de superficie con un biofiltro.

Las biobolas pueden ser sustituidas por material poroso como piedras o esponjas (*Colagrosso 2014*).

Las bacterias nitrificantes son vitales para el funcionamiento general de una unidad acuapónica. El capítulo 4 describe cómo funciona el componente de biofiltro para cada método acuapónico y el capítulo 5 describe los diferentes grupos de bacterias que operan en una unidad acuapónica. Dos grupos principales de bacterias nitrificantes están involucrados en el proceso de nitrificación (FAO 2014).

### **6.2.3. Componente hidropónico (NFT)**

Los sistemas NFT dentro de la acuaponia, son de los más difundidos en el rubro hidropónico. Esto se debe a una instalación práctica y a su amplia versatilidad a la hora de configurarlos en el espacio, ya que pueden ser ubicados de tal forma que ocupen muy poco espacio. A su vez, al ser tan delgada la película de agua que corre por los canales, ésta siempre se encontrará bien oxigenada, lo que permite que solo deba oxigenarse el agua del contenedor de los peces (*Colagrosso. 2014*).

(Alpizar 2004). Indica que el sistema de cultivo hidropónico más utilizado a nivel comercial en la producción a gran escala es de alta eficacia, pero al mismo tiempo es el más complejo y costoso. Para el correcto funcionamiento de este sistema se necesita de un tanque para almacenar la solución nutritiva, un sistema automatizado de bombeo y de un sistema de tubos interconectados a los cuales se le han realizados orificios para asentar las canastitas que contendrán las plantas.

Es el único sistema hidropónico donde el agua recircula: sale del tanque, se distribuye a las plantas para luego regresar nuevamente al tanque. Para su uso como sistema acuapónicos, es necesario añadir un Biofiltros al igual que en el sistema de raíz flotante, porque también carece del sustrato sólido en el que pueden albergarse las bacterias nitrificadoras.

#### **6.2.4. Bomba de aireación**

Los peces necesitan la presencia de oxígeno disuelto en el agua para su sobrevivencia y desarrollo. También las raíces de las plantas se ven beneficiadas por la presencia de oxígeno disuelto en el agua del sistema, ya que previene la pudrición de las raíces al estar sumergidas durante el paso de esta a través del sistema hidropónico. La concentración mínima de oxígeno disuelto varía según la especie cultivada; además es necesario que la bomba de aireación esté funcionando las 24 horas, sin interrupciones (Colagrosso. 2014).

Las bombas de aire inyectan aire en el agua a través de tuberías de aire y piedras de aire que se encuentran dentro de los tanques de agua, aumentando así los niveles de OD en el agua. Las pequeñas burbujas tienen más área superficial, y por lo tanto liberan el oxígeno en el agua mejor que las burbujas grandes; Esto hace que el sistema de aireación sea más eficiente y contribuya a ahorrar costes. Se recomienda utilizar piedras de aire de calidad para obtener las burbujas de aire más pequeñas. Se producirá el ensuciamiento biológico, y las piedras de aire deben limpiarse regularmente con una solución de cloro para eliminar los depósitos bacterianos y, si es necesario, con un ácido muy suave para eliminar la mineralización o reemplazarla cuando el flujo de burbujas es inconsistente. Las bombas de aire de calidad son un



componente insustituible de los sistemas acuapónicos, y muchos sistemas se han salvado del colapso catastrófico debido a una abundancia de OD. (FAO, 2014).

### **6.2.5. Bomba de agua**

La bomba de agua es el motor del sistema acuapónicos, dirige el agua desde el tanque de los peces a los cultivos hidropónicos y de estos la reenvía de vuelta al tanque en un sistema cerrado de recirculación. La circulación del agua generada por la bomba, garantiza que las plantas y las bacterias reciban sus nutrientes, de esta forma se filtra y mejora la calidad del agua que los peces recibirán una vez que el agua complete su recorrido al regresar al tanque.

La bomba de agua se activa manualmente o a través de un “timer” el cual se programa según las necesidades y características del sistema. El mercado ofrece una gran variedad de bombas de agua, desde sumergibles o externas, de diferentes potencias, caudales y alturas máximas de bombeo, por lo que la escogencia del tipo de bomba dependerá de las particularidades del sistema acuapónicos (Colagrosso. 2014).

El movimiento del agua es fundamental para conservar ambos sistemas en funcionamiento; este es realizado por una bomba de agua que normalmente es sumergible. Se programa por medio de un timer (temporizador) y se recomienda que el agua circule al menos dos veces por hora, por ejemplo: si en total se tienen 1000 litros en el sistema acuapónico, esta debe dar dos vueltas a todo el sistema en una hora. Las capacidades y características de las bombas en el mercado son muy extensas y la más adecuada depende del número de tanques, camas y cantidad de agua a usar (INTAGRI. 2017).

### **6.2.6. Invernaderos**

La construcción de estructuras denominadas invernaderos (greenhouses en inglés), aunque no son esenciales para un normal desarrollo del ecosistema acuapónico, suelen extender la estación de crecimiento de los peces /plantas en ciertas regiones, siendo más indicadas para las zonas frías. Generalmente, se montan con estructuras metálicas, de madera o bien, plásticas; las que sostienen una cobertura total con polietileno transparente para permitir el ingreso de la luz.

Ello permite además, acumular calor y estabilizar térmicamente las condiciones internas, ya que generan una barrera contra el clima exterior. Así también se protegen del viento, la lluvia y otros factores climáticos que pudieran ser negativos para la producción.

La condición aislante de los invernaderos, permite la manipulación térmica desde el interior, economizando energía, mejorando la eficiencia de calentadores, calderas, etc. Un invernadero para el sistema acuapónico, puede representar una interesante modalidad de enriquecimiento de CO<sub>2</sub> en el ambiente atmosférico, liberado por los peces al agua y difundidos hacia el aire, a través de los sistemas de aireación (difusores dentro de los tanques para peces). Niveles elevados de CO<sub>2</sub> en el ambiente de estructuras hidropónicas no ventiladas, han demostrado incrementos muy altos en las producciones vegetales (Jensen y Collins, 1985).

Fossati (1983), indica que el cultivo en invernadero reúne todas las condiciones necesarias para el cultivo hidropónico y, disponiendo del mismo, nuestros cultivos podrán crecer en un autentico clima ideal al que artificialmente, podamos aportar todas las modificación que consideremos necesarias para el buen logro de nuestros cultivos.

## 7. MANEJO DE UN SISTEMA ACUAPÓNICO

### 7.1. Peces en acuaponia

Según Anzola E. F (1993) la clasificación taxonómica

#### **Carpa Espejo:**

Phylum	Vertebrata
Subphylum	Gnathostomata
Clase	Pisces
Sub-clase	Teleostomi
Orden	Cypriniformes
Sub-orden	Cyprinoidea
Familia	Cyprinidae
Sub-familia	Cyprininae
Género	Cyprinus
Especie	<i>Cyprinus carpio var. specularis</i>
Nombre común	Carpa de Israel o Espejo

Es originario del Asia .muy conocido a nivel internacional, presenta un cuerpo robusto cubierto por una hilera de escamas a lo largo de la línea dorsal, la parte media presenta una fila de escamas iguales y grandes a lo largo, la coloración del cuerpo es verde olivo en el dorso y amarillo en el vientre, llega a alcanzar entre 90 y 150 cm, de longitud.

Presenta mandíbulas desprovistas de dientes faríngeos, llegan a pesar de 0.8 – 1kg por año, se propagan con éxito en aguas lénticas. Entre sus cualidades tenemos: crece más rápido que la carpa común ,poca exigencia en relación con el medio ambiente,,alto valor nutritivo de su carne, fácil manejo, mejor sabor, alto grado de fecundidad ,es omnívoro y utiliza muy bien los alimentos artificiales, es una raza seleccionada, remueve menos el fondo del estanque. (Guerra et .al1994.)

Es una especie de ciclo energético corto, su régimen de alimentación es variado, su potencial reproductivo elevado y sus huevos y larvas resistentes, y están adaptados a los climas templados como tropicales.

La reproducción de esta especie puede hacerse por medios naturales mediante el apareamiento directo en su habitat natural y a temperaturas de acuíferos por encima de 20 °C, La otra forma es a través de métodos artificiales con el objetivo de aumentar la cantidad y sobre vivencia de alevines.( Woynarovich, 1985).

la carpa espejo tiene escamas muy grandes, como placas, dispersas. Hay otra forma que tiene una hilera continua de escama alta y angosta a lo largo del flanco, mientras que la carpa coriácea no tiene ninguna escama (NatureGate, s.f).

La carpa, al igual que la tilapia, es tolerante a los niveles relativamente bajos de DO y la mala calidad del agua, pero tienen un rango de tolerancia mucho mayor para la temperatura del agua. La carpa puede sobrevivir a temperaturas tan bajas como 4 ° C y tan alto como 34 ° C, convirtiéndolos en una selección ideal para la acuaponia tanto en regiones templadas como tropicales. Las mejores tasas de crecimiento se obtienen cuando las temperaturas están entre 25 ° C y 30 ° C. En estas condiciones, pueden crecer desde el alevino hasta el tamaño de la cosecha (500-600 g) en menos de un año (10 meses). Las tasas de crecimiento disminuyen dramáticamente con temperaturas por debajo de 12 ° C. Las carpas masculinas son más pequeñas que las hembras, pero todavía pueden crecer hasta 40 kg y 1-1.2 m de longitud en el medio silvestre. En el medio silvestre, las carpas son omnívoras que comen un gran rango de alimentos. Tienen preferencia por alimentarse con invertebrados como insectos acuáticos, larvas de insectos, gusanos, moluscos y zooplancton. Algunas especies de carpas herbívoras también comen los tallos, las hojas y las semillas de plantas acuáticas y terrestres, así como la vegetación en descomposición. La carpa cultivada puede ser entrenada fácilmente para comer la alimentación de pellet flotante (FAO, 2014).

## 7.2. Calidad de agua

La calidad de agua debe tener la mayor atención para que el sistema funcione bien, debido a que este es el medio en el cual conviven peces y bacterias y del cual las plantas obtienen sus nutrientes. Es por esto que el agua debe tener la calidad suficiente como para mantener adecuadamente a las tres comunidades existentes en el sistema acuapónicos. Algunos parámetros físico-químicos del agua deben ser medidos en forma diaria (temperatura, oxígeno disuelto y pH), mientras que otros pueden ser medidos de manera periódica NAT, nitritos y nitratos. (Calo 2011).

**Cuadro 3.**Calidad de agua

Tipo de organismo	Temp.(°C )	pH	NAT(mg/l)	NO2(mg)	NO3(mg/l)	OD
Peces cálida	22-32	6-8,5	<3	<1	<400	4-6
Peces fría	10-18	6-8,5	<1	<0,1	<400	6-8
Plantas	16-30	5,5-7,5	<30	<1	-	>3
Bacterias nitrificantes	14-34	6-8,5	<3	<1	-	4-8

**Fuente:** Somerville (2014)

## 7.3. pH

El pH es un factor que interviene en varios procesos. El primero, es el mencionado con anterioridad, llamado nitrificación. Este puede ocurrir en un rango muy variado de pH como 6 a 9.

También interviene en la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que nutrientes esenciales como el hierro, manganeso, cobre, zinc y boro, se encuentran menos disponibles para las plantas a pH mayores de 7,5; mientras que la solubilidad del fósforo, calcio y magnesio, disminuye con pH menor a 6 (Rakocy, J. en Timmons, 2002) .

El pH debe ser adecuado para la especie de pez que se desee cultivar, siendo en general, valores dentro de un rango de 7 a 7,5, para todas las especies.

El nivel de pH del agua tiene un impacto sobre la actividad biológica de las bacterias nitrificantes y su capacidad para convertir amoníaco y nitrito. Los rangos para los dos grupos de nitrificación a continuación han sido identificados como ideales, sin embargo, la literatura sobre el crecimiento de bacterias también sugiere un rango de tolerancia mucho mayor (6-8.5) debido a la capacidad de las bacterias para adaptarse a su entorno.

Sin embargo, para la acuaponía, un rango de pH más apropiado es 6-7 porque este rango es mejor para las plantas y los peces. Además, una pérdida de eficacia bacteriana puede ser compensada por tener más bacterias, por lo tanto los biofiltros deben ser dimensionados en consecuencia (FAO 2014).

El efecto del pH sobre la tasa de nitrificación para biofiltros ha sido investigado por más de 60 años y todavía existe una amplia gama de pH informados como óptimos. Los resultados más recientes sugieren que el rango óptimo es de un pH desde 7.2 a 7.8 (Antoniou et al, 1990).

#### **7.4. Temperatura**

En cuanto a la temperatura, como este factor determinará la tasa metabólica de los peces, el productor deberá buscar mantenerla en rangos para obtener el buen crecimiento de la especie seleccionada y no deberá sólo “ajustarse” simplemente a rangos de sobrevivencia. Dentro de los rangos de temperatura que toleran las especies de peces, las tasas de crecimiento aumentan a medida que la temperatura aumenta, hasta alcanzar la óptima de cada una.

Contrariamente, con el descenso de las temperaturas, al perder potencial el crecimiento de los peces, se producirá un desbalance económico dentro del sistema, el que podría además ser inadvertido, al perder rentabilidad el componente de producción piscícola, sin atisbarse la pérdida real en el sistema integrado.

Cabe mencionar que dentro del flujo monetario en los sistemas acuapónicos, y para el caso de cultivo de lechuga por ejemplo, el 2/3 aproximado de los ingresos corresponden al componente vegetal; mientras que 1/3 del mismo, se refiere a la producción animal (Rakocy, et al. 2004).

Pero por otra parte, existe una relación muy importante entre la temperatura y la cantidad de oxígeno disuelto en el agua, a mayor temperatura la cantidad de oxígeno en el agua será menor, mientras que, a menor temperatura la cantidad de oxígeno disuelto en el agua será mayor. Por otro lado, la temperatura controla el crecimiento de bacterias autotróficas y heterófitas, favorece la descomposición orgánica y el crecimiento del plancton. (Casas, 2008; citados por González y Heredia, 1998).

### **7.5. Oxígeno disuelto**

El oxígeno es el parámetro químico que incide en forma determinante sobre la calidad del agua, dado que en su ausencia, es cuando más rápidos y drásticos efectos produce (los peces pueden morir en horas), así como también a bajas concentraciones, puede disminuir considerablemente el proceso de nitrificación, no llegando a completarse. El garantizar concentraciones altas de oxígeno en el sistema, es vital para los peces, los vegetales y también, de manera especial, para los distintos grupos de bacterias presentes en el sistema; que lo utilizan en los procesos claves (oxidación de los compuestos nitrogenados y en descomposición de la materia orgánica).

La eficiencia de las bombas de compresión de aire, dependerá de la potencia que ejerzan y de la porosidad de las piedras difusoras; siendo deseable la emisión de burbujas de pequeño tamaño para una mayor relación superficie/volumen, que genere mayor intercambio gaseoso. Dichas piedras, deben controlarse, ya que tienden a taparse con materia orgánica, perdiendo eficiencia. Por ello, es recomendable su limpieza periódica o eventuales recambios, considerándose además que el incremento de biomasa de los peces, conlleva a un aumento de la demanda total de oxígeno disuelto.

El equipamiento para la medición del oxígeno, suele ser de alto valor, pero nunca debería faltar en un sistema acuapónico como el explicado (Rakocy, et al. 2004).

Las bacterias nitrificantes necesitan un nivel adecuado de oxígeno disuelto (DO) en el agua en todo momento para mantener altos niveles de productividad. La nitrificación es una reacción oxidante, en la que se utiliza oxígeno como reactivo; Sin oxígeno, la reacción se detiene. Los niveles óptimos de DO son 4-8 mg / litro. La nitrificación disminuirá si las concentraciones de OD disminuyen por debajo de 2,0 mg / litro. Además, sin suficientes concentraciones de OD, puede crecer otro tipo de bacterias, que convertirán los valiosos nitratos en nitrógeno molecular inutilizable en un proceso anaeróbico conocido como desnitrificación (FAO 2014).

Entre los gases disueltos en el agua el oxígeno esta entre los más importantes y uno de los principales factores limitantes para la vida acuática, ya que para los procesos de conversión de alimento en energía o biomasa, la mayoría de los organismos vivos necesitan respirar oxígeno. La disminución de la disponibilidad de oxígeno disuelto ocasiona reducción de los procesos vitales, afectando la eficiencia productiva de las especies cultivadas ya que la ganancia de peso y el consumo de alimento decrecen con la disminución del oxígeno en el agua. (Casas, 2008; citado por González y Heredia, 1998).

Para la acuicultura intensiva es prudente mantener el agua entrante tan próxima como sea posible a la saturación total de OD (100 %), quiere decir a su máxima solubilidad a una dada temperatura (Egna y Boyd 1997).

## **7.6. Dureza y alcalinidad**

La dureza general, expresa la medida de iones positivos (cationes) en el agua, compuestos principalmente por Calcio ( $\text{Ca}^+$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^+$ ), y en menor medida por Hierro ( $\text{Fe}^+$ ). La dureza de los Carbonatos, o alcalinidad, es una medida de los carbonatos ( $\text{CO}_3^{--}$ ) y bicarbonatos ( $\text{HCO}_3^-$ ) presentes y disueltos en el agua, y se miden en mg/l de Carbonato de Calcio ( $\text{CaCO}_3$ ).



Tanto el Calcio como el Magnesio (al igual que otros micronutrientes como el hierro y el potasio), son nutrientes esenciales para las plantas, las que los toman directamente del agua, por lo que la dureza general es importante para el sistema acuapónico; pero la alcalinidad tiene una relación particular y determinante con el valor de pH del agua.

Los Carbonatos y Bicarbonatos, representan una medida de amortiguación de la alcalinidad del agua, también conocido como el poder “buffer” del agua, contra los potenciales descensos de la misma y sus consecuencias. La razón del poder neutralizante, es que estos compuestos poseen carga negativa y capturan los iones hidrógenos (H+) liberados al agua, producto del proceso de nitrificación u otro proceso que aumente la acidez. La nitrificación, es un proceso que produce ácido nítrico y consume alcalinidad, por esta razón comúnmente, se deben agregar bases para mantener valores estables en el pH del agua (Candarle s.f )

### **7.7. Luz ultravioleta**

Las bacterias nitrificantes son organismos fotosensibles, lo que significa que la luz ultravioleta (UV) del sol es una amenaza. Esto es particularmente el caso durante la formación inicial de las colonias de bacterias cuando se establece un nuevo sistema acuapónico. Una vez que las bacterias han colonizado una superficie (3-5 días), la luz UV no plantea ningún problema importante. Una forma sencilla de eliminar esta amenaza es cubrir el tanque de peces y los componentes de filtración con material protector UV, asegurándose de que no se exponga agua al componente hidropónico al menos hasta que las colonias de bacterias estén completamente formadas. Las bacterias nitrificantes crecerán en un material con una superficie elevada (FAO 2014).

## 7.8. Las bacterias

Las bacterias son un aspecto crucial y fundamental de la acuaponía, sirviendo como el puente que conecta el residuo de los peces con el fertilizante de la planta. Este motor biológico elimina los desechos tóxicos transformándolos en nutrientes de las plantas accesibles.

El papel vital de las bacterias nitrificantes con respecto al proceso acuapónico en general. Las bacterias nitrificantes convierten los residuos de peces, que entran en el sistema principalmente como amoníaco, en nitrato, que es fertilizante para las plantas (FAO, 2014).

Las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas* sp. y *Nitrobacter* sp.) se encuentran libremente en la naturaleza y son las encargadas de colonizar los sustratos del biofiltro y de las camas en forma natural. Sin embargo, si se desea acelerar ese proceso natural de colonización, se puede añadir agua de una pecera o conseguir las bacterias en acuarios especializados. Las bacterias no son visibles al ojo humano, se necesita el auxilio de microscopios.

En un sistema acuapónico se puede detectar la presencia de esas bacterias, o mejor dicho su actividad, a través de un análisis del agua. Una vez liberados los peces en el tanque, las excretas que ellos producen aumentan el nivel de amonio, siendo las bacterias *Nitrosomonas* sp. Las primeras en colonizar el sistema y las encargadas de transformar el amonio en nitrito. De esta forma, la concentración de amonio tiende a bajar y aumenta el nivel de nitritos; a este punto comienzan a aparecer las bacterias *Nitrobacter* sp. que transforman los nitritos en nitratos (Calagrosso, 2014).

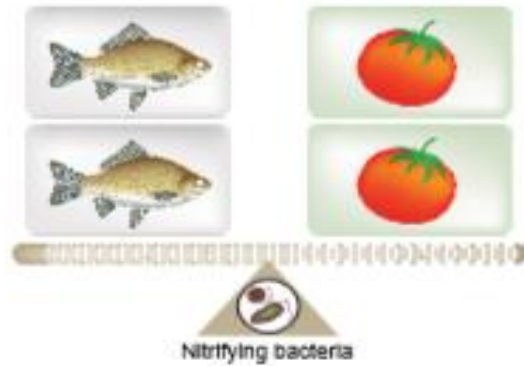
Según Grande, E. (2010) Un Biofiltro se dice maduro cuando los niveles de amonio y nitritos son bajos y se dispara el nivel de los nitratos, este es el momento para sembrar las plantas. consideran una concentración de nitratos de 40 ppm para sembrar.

## 7.9. Equilibrio de nitratos

La lección principal de ambos ejemplos es que el logro de la máxima producción de acuaponía requiere el mantenimiento de un equilibrio apropiado entre la demanda de nutrientes vegetales y la demanda de nutrientes vegetales, asegurando una superficie adecuada para cultivar una colonia bacteriana para convertir todos los desechos de pescado. Este equilibrio entre peces y plantas también se conoce como la proporción de biomasa. Las unidades acuapónicas exitosas tienen una biomasa apropiada de peces en relación con el número de plantas, o más exactamente, la proporción entre la alimentación de peces y la demanda de nutrientes de las plantas es equilibrada.

Somerville , (2014 )el mayor ingreso es proporcionado por el aprovechamiento de las plantas (66-90 %), ya que su ciclo de cosecha es más corto, por lo tanto se debe mantener el equilibrio entre los individuos dentro del sistema La relación puede variar por muchos factores, los más importantes son:

- Capacidad del sistema
- Método de producción (NFT, recirculante, cama de sustrato)
- Pez (nivel de actividad, tamaño)
- Alimentación del pez (requerimientos)
- Tipo de planta (fruto u hoja)
- Ambiente y condiciones de agua
- Método de filtración.



**Figura 5. Equilibrio correcto en acuaponía**



**Figura 6. Equilibrio no correcto en acuaponía**

### **7.10. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general aguas residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO<sub>5</sub> se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales. En aguas residuales domésticas, el valor de la DBO<sub>5</sub> representa en promedio un 65 a 70% del total de la materia orgánica oxidable. La DBO como todo ensayo biológico, requiere cuidado especial en

su realización, así como conocimiento de las características esenciales que deben cumplirse, con el fin de obtener valores representativos confiables APHA 1992.

### **7.11. Conductividad eléctrica**

Expresa la concentración total de sales solubles contenidas en las aguas de riego. La medida la conductividad eléctrica se realiza mediante un conductímetro provisto de célula de conductividad apropiada. Dorronsoro C.2001.

## **8. LOCALIZACIÓN**

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro Experimental de Cota Cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés situada en la provincia murillo del departamento de La Paz. La zona de estudio se encuentra a 11 km del centro de la ciudad ubicado en la zona sur de La paz, geográficamente está localizada entre 16°32'11" de latitud sud, y 68° 03'48" de latitud oeste, altitud de 3445 metros sobre el nivel del mar, temperatura media es de 11.5 °C.

### **8.1. Característica climática**

Las condiciones agro climáticas son de cabecera de valle los veranos son calurosos y la temperatura que alcanza es de 23°C, en la época invernal la temperatura puede bajar hasta 2°C, en los meses de agosto y noviembre se presentan vientos fuertes con dirección al este, la temperatura media es de 18°C con una precipitación media de 600 -700mm.



Figura 7. Características climáticas

## 9. MATERIALES Y MÉTODOS

### 9.1. Materiales

#### 9.1.1. Material biológico

- Semilla de espinaca (*Spinacia oleracea*)
- Peces (carpa) *Cyprinus carpio var. specularis*

#### 9.1.2. Materiales de campo

- Picota
- Pala
- Azadón
- Flexómetro
- Clavos
- Martillo
- Letreros para los tratamientos
- Rastrillo
- Balanza
- Bidones

### 9.1.3. Equipo

- Tubos PVC
- Láminas de esponjas
- Tanques
- Biofiltros
- Termómetro
- Medidor de pH
- Motobomba ½ HP
- Codos
- Flanjes

### 9.1.4. Material de gabinete

- Planilla
- Bolígrafos
- Marcadores indelebles

## 10. METODOS

### 10.1. Diseño experimental

En la presente investigación, se utilizó el diseño de cuadrado latino (DCL), con 3 repeticiones en columnas e hileras y tiene como requisito esencial el que cada tratamiento debidamente aleatorizado aparezca una sola vez en cada hilera y en cada columna (Arteaga, Y. 2003).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_k + E_{ijk}$$

$Y_{ijk}$ = es la observación k en la columna j y la hilera i

$\mu$ = media general

$\alpha_i$ = efecto de la fila i

$\beta_j$ = efecto de la columna j

$\alpha_k$ = efecto del tratamiento k

$E_{ijk}$ = error experimental del tratamiento k en la fila j y la columna i

### Tratamientos

T1=20

T2=25

T3=30

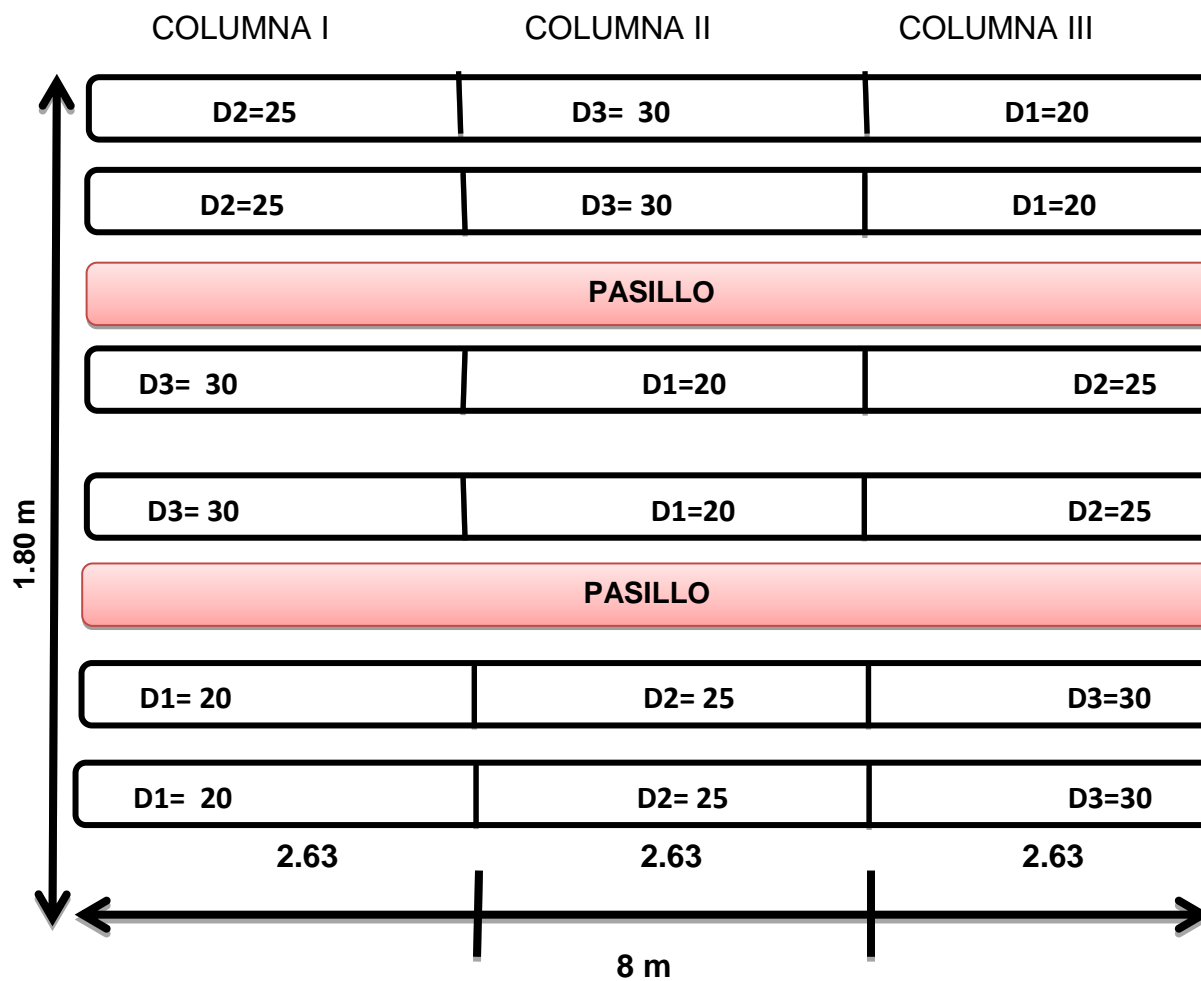


Figura 8. Diseño Experimental



## **10.2. Metodología**

### **10.2.1. Primera etapa – sustrato inerte**

#### **a) Preparación en almacigueras en sustrato**

Se Realizó la preparación del sustrato inerte, utilizando una proporción de turba y arena luego se procedió a la desinfección del sustrato; seguido por el llenado y nivelación en el área de almacigo.

#### **b) Siembra en almaciguera de sustrato**

Para la siembra de la de espinaca, se tomaron en cuenta los siguientes pasos: - Se niveló el sustrato con una regla, se humedeció y se realizaron pequeños surcos distanciados 3 cm entre sí.

- Posteriormente se procedió a la siembra de las semillas distanciándolas a 0,5 cm entre sí.

- luego se cubrió con nylon negro para su desarrollo en 5 días presentaron sus primeras hojas luego se retiró el nylon negro para poner una malla semisombra para que se desarrolle bien las plantas hasta que salga sus verdaderas hojas.

- Pasados 15 días las plántulas presentaron sus primeras hojas verdaderas, posteriormente se trasplantaron al sistema.

#### **c) Pureza del agua.**

Según Resh (2005), cualquier agua que sirve para el consumo humano se puede usar para cultivos hidropónicos.

El agua que se utilizó fue el agua que contiene los nutrientes como los nitritos y de los del amoníaco de los peces para la adaptación de las plantas al sistema.

## **10.2.2. Segunda Etapa - Sistemas NFT**

### **a) La estructura en “A” o pirámide**

Se utilizaron vigas de madera de 2 por 2, el armazón compuesto de 9 unidades distanciadas a un metro.

Luego se procedió a colocar los canales de PVC cortados a la mitad con una pendiente del 2% formando 8 canales, distanciados verticalmente a 20 cm.

Por último, se procedió a cubrir la totalidad de los canales, con la ayuda del plástico y se realizó las perforaciones respectivas para el colocados de los platines a distancias de 20cm, 25cm, 30cm, entre plantas, que corresponde a la densidad más adecuada para el cultivo de espinaca.

### **b) Instalación del Sistema de Riego y Desagüe**

Para la instalación del sistema de riego se procedió a determinar por donde pasaría el desagüe, conectando este, con la pirámide con una nivelando donde se incorporaría el pirámide con una pendiente de 2% de producción y al otro lado con el tanque que se instaló debajo del nivel del suelo en relación a la pirámide de producción.

Luego se procedió a conectar la bomba de 1HP a un sistema de riego que permite transportar los nutrientes de los peces

El sistema de riego se diseñó de manera que el caudal de riego en cada canal fuese de 46 seg/lt por cada canal de PVC y la pendiente permitiera una adecuada evacuación de la solución nutritiva evitando así desbordes.

## **10.2.3. Sistema acuapónicos**

El sistema también fue analizado por los requerimientos que necesitara los peces en los tanques como el pH del agua, conductividad eléctrica, salinidad.

### **10.2.3.1. Instalación de los tanques para los peces**

Los tanques de peces son un componente crucial en cada unidad. Como tal, los tanques de peces pueden representar hasta el 20 por ciento del costo total de una unidad acuapónica. Los peces requieren ciertas condiciones para sobrevivir y prosperar, y por lo tanto el tanque de peces debe ser elegido sabiamente. Hay varios aspectos importantes a considerar, incluyendo la forma, el material y el color. Es importante elegir un tanque que se adapte a las características de las especies acuáticas criadas porque muchas especies de peces prefieren la parte inferior del tanque y muestran un mejor crecimiento y menos estrés con un espacio horizontal adecuado (Carruthers, 2015).

Se realizó de acuerdo al croquis y diseño experimental planteado, se empleó dos tanques cada una de 1200 L para el alojamiento de los 16 peces de (etapa juvenil), 8 por cada estanque (Figura 7).

Dentro se colocó, un aireador de 900 L/min para proporcionar oxígeno a los peces, y una bomba de 1 hp conectada con un tubo de 1" de diámetro, que conducía el agua al sistema de cultivo y esta retornaba hacia los tanques de los peces.

### **10.2.3.2. Alimento de los peces**

La cantidad de alimento a suministrar diariamente a los peces se realizó considerando la relación del peso del pez. Castañon et al., (2001), menciona que la cantidad debe ser el 5% del peso total de los peces.

Para calcular la cantidad de alimento se procedió a pesar y determinar el peso promedio de los peces en una fuente, este resultado fue multiplicado por el número total de peces que se tiene en el tanque.

Posteriormente mediante una regla de tres se calculó la cantidad de alimento que se proporcionó a los peces diariamente, de la siguiente manera, por ejemplo, para el alimento balanceado en un determinado momento se tomó:

### 10.2.3.3. Calculo del alimento

Nº total de peces en el tanque = 16 peces etapa juvenil

Mortalidad = ninguno Peso total de peces = 1767 g.

Nivel de alimentación = 5%

1767 g. ----- 100 % del peso total de peces

X ----- 5% del peso total de peces

X = 88,35 gr

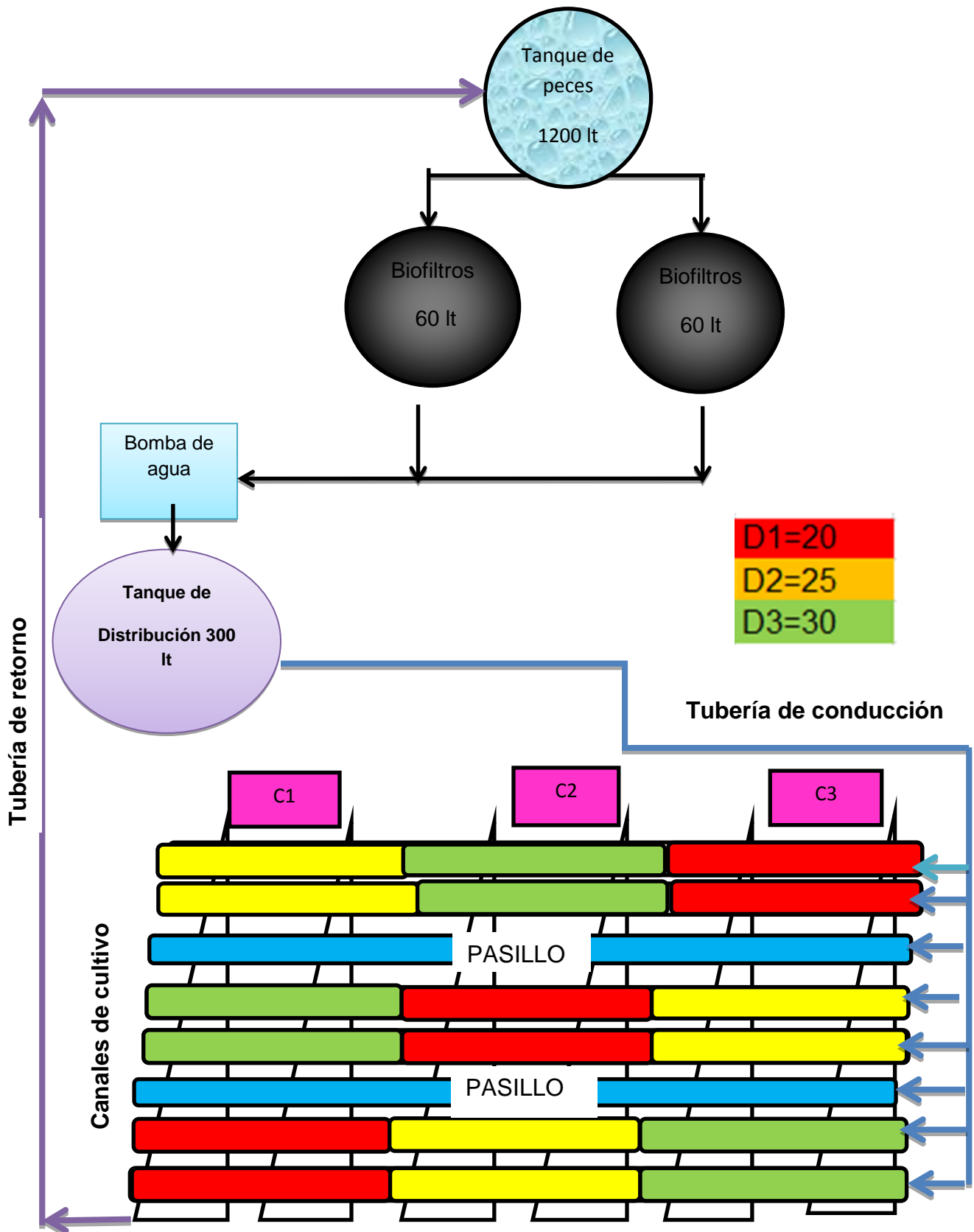


Figura 9. Componentes Sistema Acuapónico

#### **10.2.4. Trasplante final al sistema NFT**

Una vez que se alcanzó a tener las hojas verdaderas se trasplanto al sistema NFT donde se esperó obtener las plantas completamente desarrolladas hasta la cosecha, con una dimensión de 2.63 metros de largo y con una altura de 1,80 metros bajo tres densidades que se aplicaran que son de 20cm, 25cm, 30cm.

#### **10.2.5. Biofiltros**

En los Biofiltros se alberga las bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter sp.*) que convierten el amonio (molécula presente en las excretas de los peces) en nitrito y luego este en nitrato. El amonio y el nitrito son perjudiciales para los peces y en altas concentraciones pueden producir la muerte, pero el nitrato es menos tóxico para los peces y más aprovechable para las plantas.

#### **10.2.6. Filtro mecánico**

Fue construido en dos tanques cada una de 60 L, dentro de él se utilizaron materiales como (Perlón o fibra, esponja de 3 cm de grosor, las cuales se cortaron de acuerdo al diámetro del tanque), estos permitieron filtrar el agua reteniendo los residuos sólidos.

El agua filtrada por el filtro mecánico circula al biofiltros por gravedad, ya que juega el mismo papel que una rejilla, esto para retener el alimento desechado o no consumido por los peces.

#### **10.2.6. Temperatura y humedad relativa**

Se tomaron los datos de temperatura y humedad relativa con la ayuda de un instrumento de meteorología portátil. Los datos se registraran diariamente.

#### **10.2.7. PH**

El control del PH se realizó una vez al mes ya que el rango optimo estuvo entre 6.5 a 8 tanto para peces como la espinaca.

### **10.2.8. Conductividad eléctrica**

La conductividad eléctrica de la solución al inicio se registró en 0,86  $\mu\text{s}/\text{cm}$  luego se incrementó a 1  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

### **10.2.9. Control de plagas y enfermedades**

Durante el desarrollo del cultivo de la espinaca a un principio no se presentaron ninguna plaga pero al finalizar el experimento 2 semanas antes aparecieron los pulgones (*Myzus persicae*) en un 40 % de las plantas.

Esta plaga se logró controlar con repelente orgánico a base de cebolla y locoto ya que en el experimento no se podía usar ningún componente químico ya que afectaría a la área de peces.

### **10.2.10. Control de la temperatura**

El control de temperatura se realizó con dos termómetros uno ambiental y otro de agua cada uno registró las temperaturas del sistema acuapónico el ambiental que se encontraba en el invernadero y el otro termómetro donde se registraba la temperatura del agua donde se encontraba los peces se obtuvieron temperaturas mínimas, máximas también se sacaron temperaturas donde el sistema NFT (Nutrient Film Technique) y promedias en ambos lugares de experimento.

### **10.2.11. Análisis Estadístico**

Los datos se obtuvieron en el experimento se ordenaron y sistematizaron con el análisis estadístico de acuerdo al modelo que se adoptó, donde se realizó el análisis de varianza y se probó la significancia.

Los resultados que se obtuvieron en el experimento fueron procesados con los programa SAS y Excel y se analizó e interpreto logrando alcanzar a los objetivos planteados.

#### **10.2.12. Análisis químico del agua**

El análisis químico de agua se realizó en el Laboratorio de Calidad Ambiental (LCA), UMSA – Facultad de Ciencias Puras y Naturales, Instituto de Ecología y los resultados fueron los siguientes.

#### **10.2.13. Toma de datos**

El 15 de septiembre se realizó el trasplante al sistema NFT, y se seleccionó 5 muestras al azar de la parte central de cada unidad experimental de acuerdo a la densidad de siembra, de las cuales se registraron, las respectivas medidas consideradas en las variables de respuesta que fueron planteadas al inicio

#### **10.2.14. Labores culturales**

Las labores que se realizaron en la investigación fueron las siguientes:

#### **10.2.15. Refalle**

Esta práctica se realizó con el objetivo de reponer aquellas plántulas que no llegaron a prender al realizar el trasplante al sistema NFT, utilizando las plántulas de pasillo de la fase inicial de crecimiento.

#### **10.2.16. Prevención fitosanitaria**

Se realizó la observación cada 5 días hoja por hoja la presencia de alguna plaga o enfermedad en la cual no se llegó a manifestar ninguna.

#### **10.2.17. Cosecha**

A los 71 días las espinacas alcanzaron el máximo de su desarrollo en el sistema acuapónico donde se realizó el único corte presentando ya la inflorescencia donde indico que llegó a su etapa final de su desarrollo

#### **10.2.18. Post cosecha**

Luego de la cosecha, manualmente se embolsaron en bolsas de la Facultad de Agronomía donde se introdujeron es pinacas de 45 gr



### **10.3 Variables de respuesta**

#### **10.3.1. Supervivencia**

La toma de datos se realizó al momento de los 10 días del trasplante definitivo al sistema NFT (Nutrient Film Technique) y viendo el desarrollo de cada plantita de espinaca.

#### **10.3.2. Número de hojas**

En la toma de datos se realizó el conteo de las hojas más desarrolladas de 5 plantas por tratamiento que se escogieron al azar, este proceso se realizó cada 10 días después de que trasplantó al sistema NFT (Nutrient Film Technique), donde se analizó con un análisis de varianza que no hubo diferencia significativa

#### **10.3.3. Altura de planta**

Para la toma de datos se realizó a medir la altura de plantas con 5 plantas por tratamiento que se escogieron al azar, este proceso se realizó cada 10 días después que se trasplanto al sistema NFT (Nutrient Film Technique) que hubo diferencia no significativo.

#### **10.3.4. Longitud de hoja**

Al momento de la toma de datos se realizó la medición de largo de hoja, desde el peciolo hasta la punta de la hoja de 5 plantas por tratamientos; este procedimiento se repitió semanalmente.

Después de dos semanas que se realizó el trasplante al sistema NFT (Nutrient Film Technique), estos datos se analizaron con el análisis de varianza, la cual nos permitió determinar si existía algunas diferencia significativas entre tratamientos.

#### **10.3.5. Largo de la hoja**

En esta variable los datos también se tomados cada 10 días, se midieron el largo de las hojas marbeteadas, midiendo desde la base de la hoja hasta la punta de esta.

### **10.3.6. Ancho de hoja**

En esta variable los datos también se tomaron cada 10 días, se midieron el ancho de las hojas muestreadas de la parte media del limbo de la hoja.

### **10.3.7. Materia verde**

En materia verde se realizó la toma de datos en la cosecha de 5 plantas por tratamiento que se realizó cada 10 días después que se realizó el trasplante al sistema NFT donde se realizó el análisis de varianza.

### **10.3.8. Análisis Costos Parciales**

La evaluación Económica preliminar se realizó según la metodología propuesta por CIMMYT (1988), que recomienda el análisis de beneficios netos y el cálculo de la tasa de retorno marginal de los tratamientos alternativos, para obtener los beneficios y costos marginales. Los rendimientos se ajustaron al menos 10% por efecto del nivel de manejo, puesto que el experimento estuvo sujeto a cuidados y seguimientos que normalmente no se dan en condiciones de producción comercial.

#### **a) Beneficio Bruto (BB)**

Es llamado también ingreso bruto, es el rendimiento ajustado, multiplicado por el precio del producto (CIMMYT, 1988).

$$BB=R*PP \text{ (Ecuación 1)}$$

Dónde:

BB = Beneficio Bruto (Bs)

R = Rendimiento Ajustado (Bs)

PP = Precio del producto (Bs)

### **b) Costos Variables (CV)**

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria utilizados en cada tratamiento, fertilizantes, insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte (CIMMYT, 1988).

### **c) Costos Fijos**

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para cada campaña de producción y que no están relacionados con la producción final. El costo fijo no se aumenta o disminuye la producción.

### **d) Costos Totales**

Es la suma del costo total variable más el costo total fijo. Se suman estos dos costos para conocer cuánto de dinero se utilizó en total en un ciclo de producción de lechuga hidropónica.

### **e) Beneficio Neto (BN)**

Es el valor de todos los beneficios brutos de la producción (BB), menos los costos de producción (CP).

$$\text{BN} = \text{BB} - \text{CP} \text{ (Ecuación 2)}$$

Dónde:

BN = Beneficios Netos (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de producción (Bs)

### **f) Relación Beneficio / costo (B/C)**

Es la relación que existe entre los beneficios brutos (BB), sobre los costos de producción (CP).

$$B/C = BB/CP \text{ (Ecuación 3)}$$

Dónde:

B/C = Beneficio Costo (Bs)

BB = Beneficios Brutos (Bs)

CP = Costos de Producción (Bs)

Cuando:

(B/C) > 1 Aceptable

(B/C) = 1 Dudoso

(B/C) < 1 Rechazado

## 11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 11.1. Porcentaje de supervivencia

Para obtener estos resultados de supervivencia de plantines de espinacas cada 10 días en el sistema acuapónicos se realizó análisis de varianza.

El porcentaje de supervivencia se determinó contando el total de plantas que se adaptaron al sistema a los 10 días después de su trasplante.

**Cuadro 4. Resumen de ANVA para la variable del porcentaje de supervivencia**

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr >F
<b>Columna</b>	2	0.291	0.145	0.15	0.8715 NS
<b>Fila</b>	2	0.823	0.411	0.42	0.7058 NS
<b>Distancia</b>	2	0.220	0.110	0.11	0.8997 NS
<b>Error</b>	2	1.975	0.988		
<b>Total</b>	8	3.310			

**Fuente:** Elaboración propia 2020

**C. V. = 1.00 %**

De acuerdo al cuadro 4. Para filas y columna el resultado fue N.S esto indica que la densidades no tuvieron efecto directa en el cultivo de la espinaca.

Con respecto a la densidad de siembra dio como resultado no significativo, lo que indica que las densidades no tuvieron un efecto directo en la supervivencia de las espinacas.

El coeficiente de variación fue de 1.00% lo que indica que se encuentra dentro del rango aceptable.

**Cuadro 5.** Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto a la supervivencia

DENSIDAD	MEDIAS
D1	99.2667
D2	98.9167
D3	99.2267

**Fuente:** Elaboración propia 2020

La supervivencia por otra parte la distancia entre plantas no reporto diferencia estadísticamente sea significativa, esto indica que el porcentaje de supervivencia fue el mismo entre las 3 distancias de plantas estudiadas.

### 11.2. Número de hojas

En el cuadro 6. Se da seguimiento en etapa de crecimiento a los 70 días antes de su cosecha del cultivo de espinaca en el sistema acuapónico. y mostrando los resultados de análisis de varianza para el número de hojas en diferentes a diferentes densidades.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza y prueba de promedios para Número de hojas a los 70 días

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr >F
Columna	22	2.88	1.44	1.86	0.3500 NS
Fila	2	30.88	15.44	19.86	0.0479 *
Distancia	2	3.55	1.77	2.29	0.3043 NS
Error	2	1.55	0.78		
Total	8	38.89			

**Fuente:** Elaboración propia 2020

**C. V. = 8.92 %**

De acuerdo al análisis de varianza podemos ver que existe una diferencia no significativa entre bloques los valores de rendimiento de hojas, esto nos determina que el número de hojas cosechadas no depende del sistema de producción utilizado y la diferencia de valores es simplemente un valor al azar.

De acuerdo al análisis de varianza podemos ver que existe una diferencia significativa en filas, esto tuvo un efecto dependiendo a la posición de los diferentes tratamientos dentro del área de estudio.

En el análisis de varianza se puede observar que la distancia entre plantas no tuvo un valor significativo y los valores de rendimiento de hojas de espinaca no dependieron del sistema de producción.

El coeficiente de variación fue de 8.92% que está dentro del rango aceptable, por lo que los datos fueron tomados cuidadosamente y son confiables para el análisis estadístico.

Santana (2016) en el sistema hidropónico la variedad que mayor tuvo número de hojas fue new Zelanda con un número total de 28.53 a comparación de la viroflay con 8 número de hojas en total.

Neumann (1997) citado por Hoyos (2009), menciona que la tasa de crecimiento de las hojas depende de la continua e irreversible expansión de células jóvenes, las cuales son producidas por la división celular en los tejidos meristemáticos. De este modo, el suministro sub óptimo de nutrientes podría afectar la tasa de crecimiento de las hojas por la inhibición de la tasa de producción y expansión de nuevas hojas.

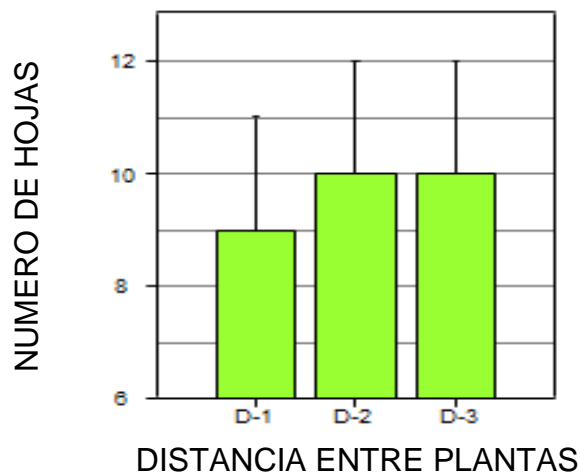
Al observar podemos ver en el cuadro que existen diferencias en número de hojas a los 70 días en la cosecha.

**Cuadro 7.**Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto al número de hojas.

DENSIDAD	MEDIAS
D1	9.0000
D2	10.3333
D3	10.3333

**Fuente:** Elaboración propia 2020

**Figura 10.**Prueba de Duncan para el variable número de hojas



**Fuente:** Elaboración propia 2020

Según la comparación de medias que se muestra en la figura 10, se observa que no influye la densidad de siembra en el incremento de número de hojas, que sin importar la densidad que se utilizó el número de hojas no cambiara notoriamente.

La figura 18, muestra que las densidades de (D2 y D3) tuvo un mayor número de hojas entre 10 hojas/ planta seguido por la densidad (D1) que obtuvo 9hojas/plantas.

Los mejores tratamientos fueron las densidades (D2) y (D3) que fueron las más cercanas seguidos por la densidad (D1) estuvo abajo en el sistema NFT dificultando el ingreso de la luz.



La sombra que se generó en el D1 afectó en el crecimiento de las hojas por lo que el fotoperiodo es necesario para la obtención mayor de número de hojas.

### 11.3. Altura de plantas

**Cuadro 8.** Análisis de variancia y prueba de promedios para la altura de plantas

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr >F
<b>Columna</b>	2	0.86	0.43	1.13	0.4684 NS
<b>Fila</b>	2	31.01	15.50	40.62	0.0240*
<b>Distancia</b>	2	0.53	0.26	0.69	0.5910 NS
<b>Error</b>	2	0.76	0.38		
<b>Total</b>	8	33.17			

**Fuente:** Elaboración propia 2020

**C. V. = 6.48 %**

De acuerdo al análisis de variancia podemos ver que existe una diferencia no significativa en la altura entre plantas en las bloques esto nos indica que cada planta en el sistema acuapónicos tuvo una diferencia de tamaño.

En filas nos indica que tuvo un efecto significativo con respecto en las columnas esto significa que tuvo un efecto diferente en cada fila.

En distancia se determinó que en cada tratamiento no existió diferencia significativo es decir que los diferentes densidades utilizados estadísticamente logran el mismo diámetro por tanto se recomienda la densidad de 25 cm entre plantas en la que tuvo mayor densidad.

El coeficiente de variación fue de 6.48% que está dentro del rango aceptable, por lo que los datos fueron tomados cuidadosamente y son confiables para el análisis estadístico.

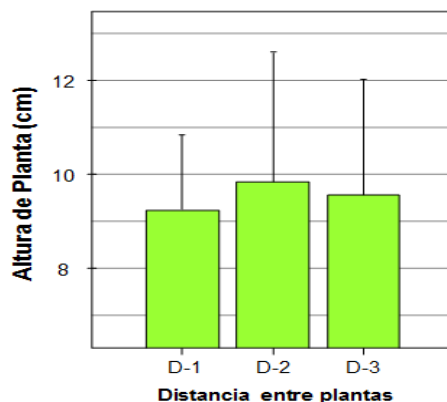
Sirpa (2008), indica que en un sistema hidropónico la variedad que mayor altura tuvo fue la variedad new Zelanda 10.5 cm a comparación de la viroflay con 5.5 cm.

**Cuadro 9.** Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto a la altura de la planta de espinaca

DENSIDAD	MEDIAS
D1	9.2400
D2	9.8333
D3	9.5467

**Fuente:** Elaboración propia 2020

**Figura 11.** Prueba de Duncan para la variable de altura de plantas



**Fuente:** Elaboración propia 2020

La Figura 11. Podemos observar que la D2 tuvo mayor altura en el desarrollo de la espinaca.

Respecto a la altura de las plantas se pudo apreciar que la densidad D2 (25cm X 25cm) con un promedio de 9.83 cm obtuvo mayor altura en el sistema acuapónico la densidad D3 (30cm X 30cm) es la que le siguió con un 9.54 cm y por último la densidad D1 (20cm X 20cm) es la que menor altura tuvo 9.24 cm.

Esto se debe a que la D2 en el sistema NFT estuvo con las condiciones adecuadas para su desarrollo pero las demás, con respecto a las demás densidades la diferencia tampoco fue mucho.

#### 11.4. Longitud de hoja

**Cuadro 10.** Análisis de variancia y prueba de promedios para longitud de planta

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr >F
<b>Columna</b>	2	0.026	0.013	2.14	0.3181*
<b>Fila</b>	2	0.028	0.014	2.30	0.3027*
<b>Distancia</b>	2	0.596	0.298	49.41	0.0198*
<b>Error</b>	2	0.012	0.006		
<b>Total</b>	8	0.662			

**Fuente:** Elaboración propia 2020

C. V. = 2.10 %

De acuerdo a los resultados obtenidos en bloques fue significativa y tuvo efecto directo en cada longitud de hoja al finalizar el sistema acuapónico.

En filas los resultados también se obtuvieron diferencias significativas ya que en cada hilera tuvieron efecto climático diferente.

En distancia la longitud hojas en el análisis de varianza se observa diferencia significativa, esto se atribuye a que en el sistema acuapónico las longitudes no tuvieron homogeneidad.

En el coeficiente de variación el resultado es 2.10% esto indica que los resultados de análisis de varianza fueron confiables y hubo un buen manejo experimental.

Para establecer cual distancia presenta mayor longitud de hoja se realizó la prueba de Duncan al 5% significancia presentado en la figura

Luque (2004), indica que la longitud promedio de hoja del cultivo de espinaca variedad Viroflay producida en el suelo alcanzó un promedio máximo de 12,35 cm de largo.

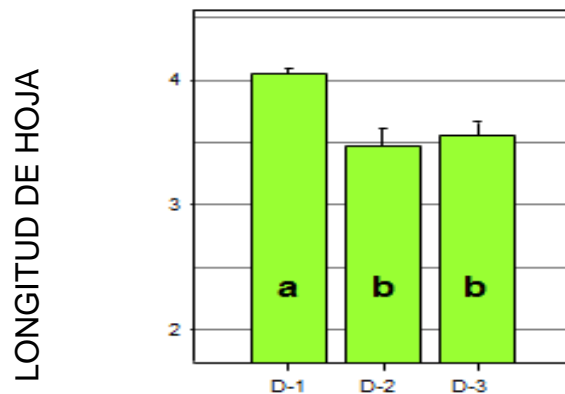
Mientras que Sirpa (2008), produjo espinaca Viroflay en condiciones de hidroponía en piscina alcanzando una longitud de 7.6 cm de largo.

**Cuadro 11.** Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto a la longitud de hoja

DENSIDAD	MEDIAS
D1	4.05333
D2	3,46667
D3	3,56000

Fuente: Elaboración propia 2020

**Figura 12.** Prueba de Duncan para la variable de longitud de hoja



Fuente: Elaboración propia 2020

Se observa en la figura 12, que en la D1 se obtuvo mayor longitud con un resultado de 4.05cm con respecto a los demás densidades como la D3 con un 3.56cm y D2 3.46cm respectivamente.

se puede establecer que la D1 no tiene entre si diferencias significativas y se establece con un mayor largo de hoja en todo el experimento.

### 11.5. Ancho de Hoja

**Cuadro 12.** Análisis de variancia y prueba de promedios para ancho de hojas

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr >F
<b>Columna</b>	2	0.002	0.001	0.64	0.6079 NS
<b>Fila</b>	2	0.004	0.002	0.96	0.5090 *
<b>Distancia</b>	2	0.128	0.064	34.18	0.0284*
<b>Error</b>	2	0.004	0.002		
<b>Total</b>	8	0.138			

Fuente: Elaboración propia 2020

**C. V. = 2.33 %**

En bloque el ancho de hoja no tuvo significancia en las hojas y eso indica que cada tratamiento no tuvo mucha diferencia es decir que lograron el mismo diámetro.

En fila el análisis de variancia tuvieron valore significativo esto indica que tuvo un efecto directo en cada ancho de hoja.

En distancia los resultados fueron significativos y se tuvo efectos diferentes en cada densidad y no tuvieron hogeneidad.

El coeficiente de variación tuvo como resultado 2.33% donde diámetro que los resultados de análisis de varianza fueron datos confiables y tuvo un buen manejo experimental.

En la prueba de Duncan al 5% de significancia nos muestra que a D1 tuvo mayor resultado en ancho de hoja.

Jiménez (2009) en su estudio obtuvo 13.79 cm de ancho de hoja al producir espinaca Viroflay en suelo en 65 días después de la siembra.

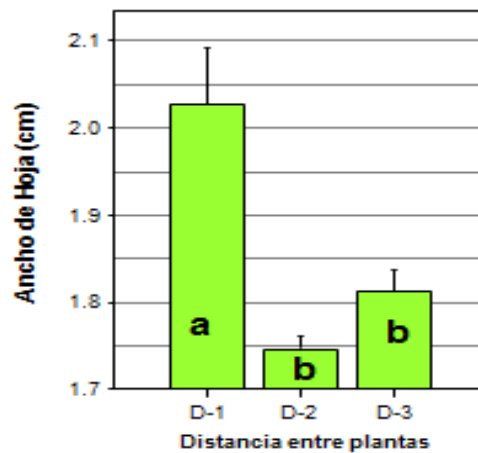
Mientras que Sirpa (2008) obtuvo espinacas Viroflay hidropónicas en piscina, con un ancho de 6.7 cm en 60 días después de la siembra.

**Cuadro 13.** Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto al ancho de hoja.

DENSIDAD	MEDIAS
D1	2.02667
D2	1,74667
D3	1,81333

Fuente: Elaboración propia 2020

**Figura 13.** Prueba de Duncan para el variable ancho de hoja



Fuente: Elaboración propia 2020

En la figura 13, se muestra que la densidad D1 obtuvo un mayor ancho de hoja con un 2cm y en segundo lugar fue la D3 con un 1.8cm y en tercer lugar fue el de D2 1.7 cm esto se debe a que la adaptación al sistema NFT fue mejor.

## 11.6. Materia verde

**Cuadro 14.** Análisis de variancia y prueba de promedios para materia verde

Fuente de Variación	G. L.	S. C.	C. M.	Fc	Pr >F
<b>Columna</b>	2	0.004	0.002	1.72	0.3676*
<b>Fila</b>	2	0.010	0.005	4.33	0.1876*
<b>Distancia</b>	2	0.064	0.032	28.87	0.0335*
<b>Error</b>	2	0.002	0.001		
<b>Total</b>	8	0.080			

**Fuente:** Elaboración propia 2019

**C. V. = 3.90 %**

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de variancia, donde se observa diferencia significativas en las columnas, esto se atribuye a que los columnas, esto indica que el sistema acuapónico tuvo efecto directo en la variable en materia verde esto indica que tuvo una precisión en el diseño.

Por otra parte se llegó a determinar que existe diferencia significativa para hileras lo que significa que el rendimiento en peso fresco es diferente.

En materia verde en distancia tuvo un comportamiento significativo, lo que muestra que en cada distancia hubo un comportamiento diferente.

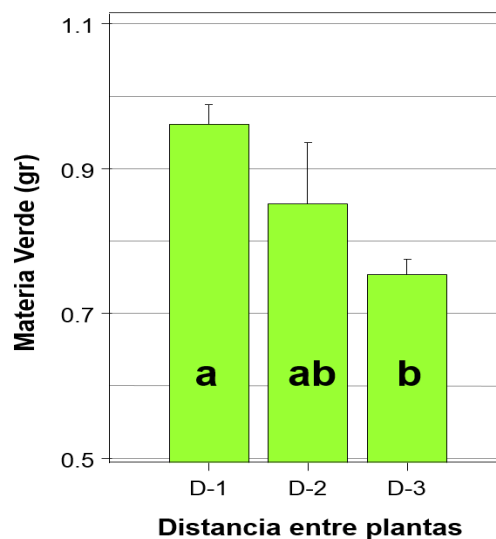
El coeficiente de variación es de 3.90% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad, además indica un buen manejo experimental.

**Cuadro 15.** Análisis estadístico de las densidades de siembra respecto materia verde

DENSIDAD	MEDIAS
D1	0.96000
D2	0.85000
D3	0.75333

**Fuente:** Elaboración propia 2020

**Figura 14.** Prueba de Duncan para el variable de materia verde



**Fuente:** Elaboración propia 2020

En la figura 14, se puede observar que en la densidad (D1) tuvo un mayor peso con 0.96 seguido de la (D2) 0.85gr y la (D3) tuvo un 0.75gr.

se pudo observar que las espinacas no alcanzaron un desarrollo adecuado ya que el sistema fue total mente orgánico donde no se podía añadir nada para no afectar la estabilidad de los peces.



## 12. ANÁLISIS ECONÓMICO

A partir de los resultados obtenidos en el proceso de investigación y el respectivo análisis estadístico, es esencial realizar un análisis económico de los resultados, de tal forma dar recomendaciones benéficas o no benéficas de la presente investigación, combinados con los aspectos agronómicos.

El análisis económico nos permite proporcionar parámetros claros para determinar la rentabilidad o no de un tratamiento, facilitándonos algún cambio tecnológico en nuestro sistema de producción, en este caso el cultivo de espinaca.

### 12.2. Beneficio bruto

El beneficio bruto se calcula multiplicando el rendimiento ajustado en 1.000 m<sup>2</sup> del ambiente atemperado, por el precio promedio de kilogramo de espinaca hidropónica, para el cálculo de beneficio bruto anual se multiplicó el beneficio bruto de una campaña, por el número de campañas al año.

**Cuadro 16.** Beneficio Bruto

	T1	T2	T3
<b>Venta de peces (Bs)</b>	360	360	360
<b>Venta de espinaca(Bs)</b>	87.2	87.2	86.4
<b>Beneficio bruto año (Bs/8m2)</b>	387.2	387.2	386.4

**Fuente:** Elaboración propia 2020

### 12.3. Costos variables

Para obtener los costos variables, se considera los costos de insumos que se utilización en cada tratamiento, ya que estos pueden varias en el precio según las épocas de año.

**Cuadro 17.**Costos variables

	T1	T2	T3
<b>ITEMS</b>			
<b>Semilla de espinaca</b>	0.35	0.29	0.1
<b>Alimento para peces(Bs)</b>	193	193	193
<b>peces(Bs)</b>	320	320	320
<b>Siembra y trasplante</b>	20	15	10
<b>Mano de obra</b>	820	820	820
<b>TOTAL</b>	1266.68	1261.62	1256.43

**Fuente:** Elaboración propia 2020

En el cuadro 18.se puede ver en los costos variables que el T1 tuvo un costo más elevado con un 1266.68 Bs/ m<sup>2</sup> con respecto a T2 = 1261.62 Bs/ m<sup>2</sup>, T3=1256.43 Bs/ m<sup>2</sup>, donde solo se diferencia solo en centavos.

#### 12.4. Costos fijos

Los costos fijos son aquellos costos que se mantienen para la producción de espinaca en cada siembra y que no están relacionados con la producción final.

Este trabajo toma como en cuenta los costos de infraestructura como el sistema acuapónico, sistema hidropónicos recircularte e invernadero.

**Cuadro 18.**Costos fijos

	T1	T2	T3
<b>Alquiler del sistema NFT(bs)</b>	36.99	36.99	36.99
<b>Alquiler del sistema acuapónico(bs)</b>	183.4	183.4	183.4
<b>Alquiler del invernadero(3,00bs/m2 mes)</b>	70	70	70
<b>Bomba(bs)</b>	16.6	16.6	16.6
<b>TOTAL</b>	269.98	269.98	269.98

**Fuente:** Elaboración propia 2020

## 12.5. Costos totales

Los costos totales es la suma de los costos variables + costos fijos, como se verán el siguiente cuadro con detalle.

**Cuadro 19.** Costos totales

	T1	T2	T3
<b>Total de costos variables(Bs/ Año)</b>	1353.35	1348.3	1343.1
<b>Total de costos fijos (Bs/ Año)</b>	269.98	269.98	269.98
<b>Total de costos (Bs/ Año)</b>	1623.33	1618.27	1613.08

**Fuente:** Elaboración propia 2019

De acuerdo al cuadro19, se observa que el T1 (20 x20) 1623.33 tuvo un costo superior con respecto a los T2 (25x25) 1618.27 y T3 (30x30) 1613.08, que tuvieron un costo inferior.

## 12.6. Beneficio neto

Los beneficios netos nos reflejan ingresos obtenidos luego de restar los costos totales.

**Cuadro 20.** Beneficio neto

	T1	T2	T3
<b>Beneficio bruto(Bs/año)</b>	610.4	610.4	607.2
<b>Total costos(Bs/año)</b>	1623.33	1618.27	1613.08
<b>Benéfico neto(Bs/año)</b>	-1012.93	-1007.87	-1005.88
<b>Beneficio/costo (bs) año</b>	0.4	0.4	0.4

**Fuente:** Elaboración propia 2020

Según el cuadro 20. Del análisis económico realizado el T1 tuvo un resultado negativo donde hubo pérdidas que ganancias en el ensayo demostrando.

Donde T1 (20 x20) se observó perdidas de al menos -1012.93bs/año y T2 (25x25) - 1007.87 bs/año, y por ultimo él T3 (30x30) con un resultado de -1005.88bs /año donde se demostró que hubo más perdidas que ganancias.

### 13. CONCLUSIONES

Según los objetivos planteados en la presente investigación se concluye:

- Según el estudio realizado, en la supervivencia de los espinacas no hubo muchos caídas de plantas de espinaca, no presento ningún problema en las tres densidades, D1=20, D2=25, D3=30 obteniendo resultados similares 99% por que se hizo refalle para reponer aquellas plántulas que no llegaron a prender al realizar el transplante al sistema NFT.
- Con respecto al número de hojas que se estudió en el sistema acuapónico se tuvieron como resultados que la densidad D1 (20cm X 20cm) tuvo un menor número de hojas de 9.00 con respecto a la densidades D2(25cm X 25cm) y D3 (30cm X 30cm) que tuvieron un similar número de hojas de 10.333.
- Respecto a la altura de las plantas se pudo percatar que la densidad D2 (25cm X 25cm) con un promedio de 9.83 cm obtuvo mayor altura en el sistema acuapónico la densidad D3 (30cm X 30cm) es la que le siguió con un 9.54 cm y por último la densidad D1 (20cm X 20cm) es la que menor altura tuvo 9,24 cm.
- En la longitud de hoja la densidad con un promedio de D1 (20cm X 20cm) 4,05 cm, tuvo mejor resultado a comparación de la D3 (30cm X 30cm) 3,56 cm y la D2 (25cm X 25cm) con un promedio de 3,46 cm que obtuvo un menor longitud de hoja.
- Con respecto al ancho de la hoja D2 (25cm X 25cm) logro un promedio de 2,02 cm, seguidamente de la D3 (30cm X 30cm) con un promedio de 1,8 cm y que menor ancho de hojas tuvo es la 1,74 cm dado a entender que a menor densidad existe mayor facilidad de absorción de las plantas.
- En materia verde la D1 (20cm X 20cm) obtuvo un rendimiento mayor en 0,96 gr/plantas resultado la mayor y la que fue D2 (25cm X 25cm) con un rendimiento promedio de 0,85 gr/plantas y la peor fue D3 con 0,75 gr/plantas.
- El desarrollo de espinaca en el sistema acuapónico no cumplió con las expectativas realizadas con lo q se propuso para obtener ganancias se

requiere esperar a 2 o más siembras para generar ingresos económicos e equilibrar bien el sistema.

## 14. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los objetivos específicos el resultado obtenido de las variables de respuesta en la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones.

- ❖ Realizar investigaciones futuras para evaluar el rendimiento de un sistema acuapónico de cultivo.
- ❖ Controlar mediante cálculos precisos los volúmenes de evaporación y muestreo en el sistema acuapónico.
- ❖ Caracterizar el agua en el sistema acuapónico en términos de micro y macronutrientes.
- ❖ se recomienda estudiar tipos de Biofiltros para verificar el tiempo de transformación de los nutrientes
- ❖ Algunas espinacas empiezan a desarrollar más rápido que otras por lo cual se recomienda realizar investigaciones futuras con otros tipos de variedades de espinaca.
- ❖ Económicamente para que este nuevo sistema de producción acuapónico tenga éxito es necesario realizar proyectos a grande escala ya que toda alternativa al desarrollo debe ser aceptable, técnicamente factible, acorde a las necesidades de cada productor.
- ❖ Se debería probar en otros sistemas acuapónico como el de cama flotante con sustrato.
- ❖ Se recomienda equilibrar el número de peces y número de plantas de acuerdo al tamaño del sistema acuapónico.
- ❖ Se debe tener todos los equipos necesarios para poner el sistema acuapónico si faltara alguno el sistema no funcionaría bien o en caso peor se suspendería la producción acuapónico.

## 15. BIBLIOGRAFIA

- **ANZOLA, E. E y col., 1993.** Fundamentos de Acuicultura Continental, Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, .Bogota Colombia pp. 9, 14, 111, 209 y 210.
- **AGRIOS, G.1996.** Fitopatología 2 Ed. México. Limusa p-838.
- **APHA, AWWA, APLF 1992.** Métodos normalizados para análisis de aguas y aguas residuales. 17 edition. American Public Health Association Enc. New York.
- **BERNAL MELO, I.; GARCÍA RICO, E.; SOTO ZARAZÚA, G., s/f.** Sistema de producción mixta Hortícola-acuícola. Facultad de Ingeniería. Departamento de Posgrado. Universidad Autónoma de Querétaro. pp -4.
- **BELTRANO, J Y GIMÉNEZ, D. 2015,** cultivo en hidroponía 1º edición. Buenos Aires, Argentina.
- **CANDARLEP (S.F).** Técnicas de acuaponia p 20.
- **CALDERÓN, M 1998.** evaluación productiva de acelga (*Beta Vulgaris Var Cicla*), espinaca (*Spinacea Oleracea L.*) y lechuga (*Lactuca Sativa L*) en un sistema de cultivo intercalado. Tesis Lic. Agr.Valdivia Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias Agrarias, p122.
- **CASAS, D.2008.** sistema de recirculación de agua para la cría intensiva de cachama blanca (*Piaractus brachipomus*).Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de ingeniero agrónomo. Cabudare- Venezuela. Universidad Centro Occidental p1-97.
- **CASTAÑON, V., GUISBERT, G., GUTIERREZ, R., LAURA, J. 2001.** Ecopiscicultura. Una Nueva Alternativa Para El Cultivo De Carpa Y Tilapia En Los Yungas. Caranavi. La Paz, Bolivia. 109 Pp.
- **COLAGROSO 2014.** Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónico a pequeña escala p-43.
- **CENTRO DE ESTUDIOS PARA EL DESARROLLO RURAL SUSTENTABLE Y LA SOBERANIA ALIMENTARIA (CEDRSSA) 2015.** Acuicultura p-2
- **CENTRO NACIOANAL DE DESARROLLO ACUICOLA (CENADAC), DIRECCION DE ACUICULTURA , TECNICAS DE ACUAPONIA, (s.f) p-20**

- **COLAGROSSO, A. 2014.** Instalación y manejo de sistemas de cultivo acuapónicos a pequeña escala.
- **CYMMYT, 1998.** Un manual metodológico de evaluación económica, México D.F. 79 p.
- **C. DORRONSORO, 2001.** Contaminación de suelos por sales solubles. Universidad de Granada.
- **ELLENA, M. 1993.** Producción Forzada de hortalizas de hojas. Curso, taller hortalizas bajo plástico parcial al sur de Chile Instituto de investigación carillanca serie carrillanca nº36, p 64-68.
- **EGNA Y BOYD. 1997.** Dynamics of pond Aquaculture. Ed CRC PRESS. EEUU.
- **FAO 1990.** Primer Seminario Nacional sobre Fertilidad d suelo y uso de fertilizantes en Bolivia. CIAT- IBTA. Santa Cruz-Bolivia p 35-38.
- **FAO, 2003.** Manual técnico. La huerta hidropónica popular.
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 2014.** 1-2 pp.
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 2014.** 3-4 pp.
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 2014.** 4-5 pp.
- **FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS Rome, 2014.** 15 pp.
- **FOSSATI, C, 1986.** como práctica el hidro-cultivo Editorial Edaf. Madris España.pp 27,37-98,99.
- **GALLI O. Y SAL F.2007.** Sistema de resirculacion y tratmiento de agua. p21.
- **GUERRA.F.H ALCANTAR. BF. CAMPOS. A.AL., 1994.** Psicultura amazónica con especies nativas, ed. C.C.A, PERU. pp 19-30-40-50-90-106.
- **GRANDE, E 2010.** Comparación de la producción de lechuga a 6, 12 y 18 plantas/m<sup>2</sup> con 40 y 70 ppm de nitrógeno total en acuaponia con tilapia. Tesis Lic. Zamorano, HN, Escuela Agrícola Panamericana. p23



- **GIACONI, V Y ESCAFF, M.1988.** cultivo de hortalizas. Editorial universitaria .p336.
- **GONZALES, R; ARRETZ, P Y CAMPO, L. 1973.** catálogo de las plagas agrícolas de chile. Publicación en Ciencias Agrícolas N°2 universidad de chile. Facultad de agronomía. Santiago de chile. p-68
- **INSTITUT NACIONAL DE VULGARISATION POUR LES FRUITS ET LEGUMES (INVUFLER) 1970.** La espinaca, Traducida por Horacio Marco. T. Zaragoza, España. p-67.
- **INFOAGRO., 2005.** Hortalizas de hoja espinaca. Disponible en: [www.infojardin.com](http://www.infojardin.com).
- **INFOAGRO., 2010.** Portal de información agraria. Disponible en: <http://www.infoagro.com/hortalizas/espinacas.html>
- **JCHAPELL, J. A; BROWN, T. W Y PURCELL, T. 2008.** A demonstration of tilapia and tomato culture utilizing an energy efficient integrated system approach. 8th International Symposium tilapia in Aquaculture 2008. pp 23-32.
- **JONES, S.** evolución aquaponics”, aquaponics journal, volumen VI,N°1, 2002.
- **JIMÉNEZ ET AL., 2010.** cultivo de espinaca (*Spinacia oleracea L.*) y manejo fitosanitario en Colombia pp-16.
- **JIMÉNEZ .J.VALERO; VALERO: L.M:2010** “pimiento california en cultivo hidropónico con recirculación “Memorias de actividades 2005.Resultados d ensayos horticultura”.
- **LATORRE, B.1990.** Enfermedades de la Plantas cultivadas Universidad Católica de Chile. Santiago. p-458
- **LEWIS, W.M, YOPP, J.H, SCHRAMM, H.L, BRANDENBURG, A.M. 1978.** Use of hydroponics to maintain quality of recirculated water in a fish culture system. Transactions of the American Fisheries Society 107:92–99.
- **MCMURTRY, M. R.; SANDERS, D. C.; CURE, J. D.; HODSON, R. G.; HANING, B. C.; ST. AMAND, P. C.,1997.** Efficiency of water use of an integrated fish/vegetable co-culture system. J. World Aquaculture Soc. 28:420–428.

- **NATUREGATE. (S.F).**portal de formación Disponible en: [www.ivontoportti.com/svomi/es/kalat/carpa común.](http://www.ivontoportti.com/svomi/es/kalat/carpa_común)
- **RAKOCY, J. E.; BAILEY, D. S.; SHULTZ K. A. & COLE, W. M., 1997.** Evaluation of a commercial scale aquaponics unit for the production of tilapia and lettuce. Pages 357-372 in: K. Fitzsimmons, ed. Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Orlando, Florida.
- **RAKOCY, J. E.; SHULTZ, R. C.; BAILEY, D. S. & THOMAN, E. S., 2004.** Aquaponics production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. Acta Horticulturae (ISHS) p-63-69
- **RODRIGES 2007.** guía de cultivo de espinaca para la industria p-3.
- **RUEDA, F.M. 2011.** Breve historia de una gran desconocida: la acuicultura bacteriana: Especial Biología Marina p-1.
- **SANTANA. 2016. COMPORTAMIENTO AGRONÓMICO DE SEIS VARIETADES DE ESPINACA (*Spinacea Oleracea L.*) CON LA TÉCNICA HIDROPÓNICA NFT EN EL CENTRO EXPERIMENTAL DE COTA – COTA** (Universidad Mayor de San Andrés).
- **SERRANO, Z.1977.** cultivo de la espinaca. Publicaciones de Estación Agraria. Ministerio de agricultura Madrid. España, p-65.
- **SEPULVERA, P.Y REBUFEL, P. 2003.**El virus mosaico del pepino se detectó en espinaca. Tierra Adentro p- 30-31.
- **SMITH,I DUNEZ,J.;PHILLIPS,D.;ELLIOTT,R. y ARCHER S.1992.** Manual de enfermedades de la plantas. Madrid Mundi-Prensa pp-33-34,262-263.
- **TECNO AGRO. 2010.** Portal de información Agraria.Disponible en: <http://tecnoagro.com.mx/revista/2010/> el cultivo de la espinaca (*Spinacea Oleracea L.*)
- **SIRPA. 2008. CULTIVO DE LA ESPINACA (*Spinacea Oleracea L.*) BAJO HIDROPINA EN CONDICIONES DE INVERNADERO** (Universidad Mayor de San Andrés).

- **TIMMONS, MB; EBELING, JM; WHEATON, FW; SUMMERFELT, ST; VINCI, BJ. 2002.** Recirculating Aquaculture Systems. 2a ed. Ithaca, US, Cayuga Aqua Ventures. 769 pp.
- **VALDEZ 1990.** Producción de Hortalizas Editorial Limus.S.A. p127.
- **WOYNAROVICH E., 1985. Manual de Piscicultura, Brasilia, Brasil CODEVASF/MINTER pp. 25 -27.**

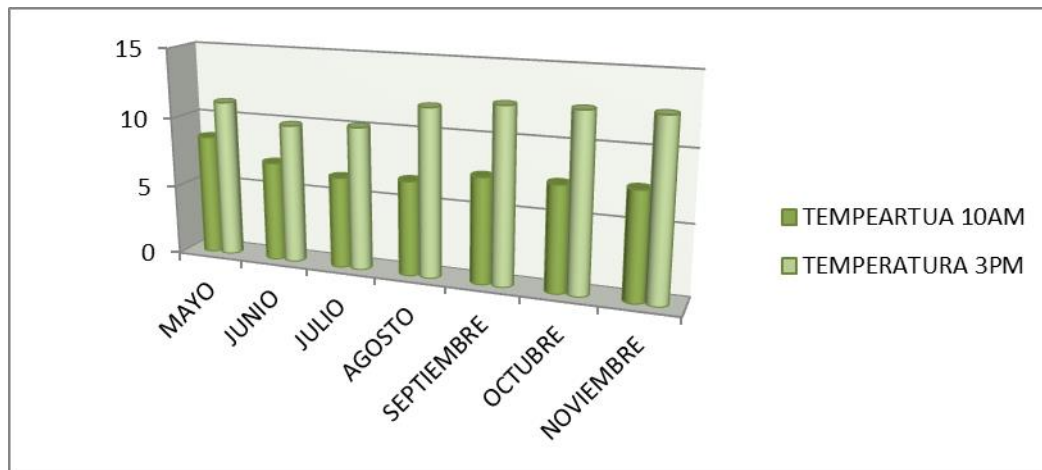
# ANEXOS

**Anexo 1. Calculo de la temperatura del tanque de los peces**  
**Temperatura promedio del tanque de peces**

En el presente trabajo se tomaron las temperaturas 2 veces al día a las 10 am y a las 3 pm por día sacando un promedio por mes desde mayo hasta noviembre.

	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV
<b>TEMPEARTUA 10AM</b>	8,58	7,1	6,5	6,74	7,5	7,48	7,63
<b>TEMPERATURA 3PM</b>	11,2	9,9	10,16	11,9	12,4	12,45	12,5

**Fuente:** Elaboración propia 2020



**Fuente:** Elaboración propia 2020

**Temperatura promedio del tanque de peces**

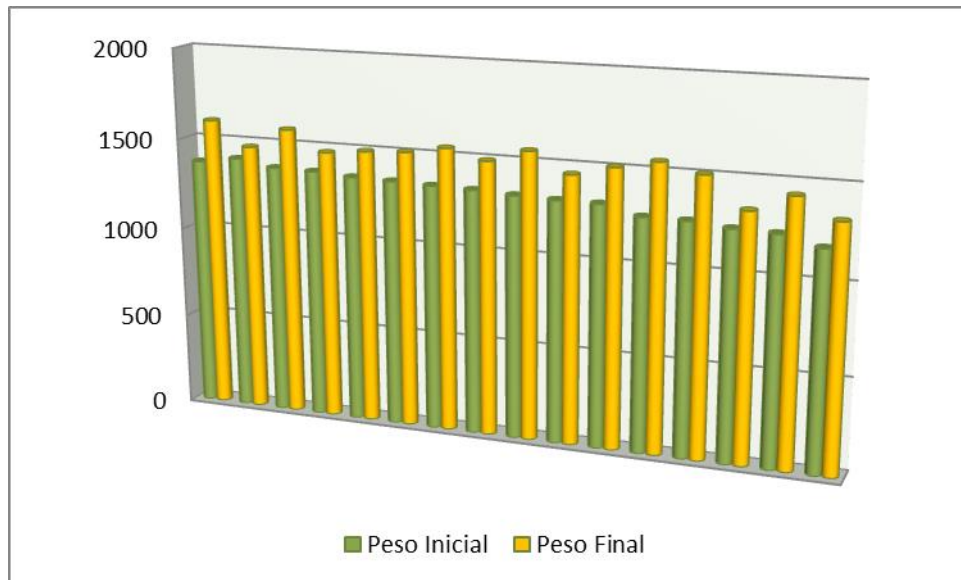
**Anexo 2. Registro de peso de los peces**

Martínez (1987), señala que esta variable mide el incremento en peso corporal y se expresa de la siguiente forma:

$$GTP = \text{peso final} - \text{peso inicial}$$

Se puede observar que a inicio de la evaluación los peces de etapa juveniles fueron alimentados con alimento balanceado que fue “ración de pellets” y se les administro

de acuerdo al peso total obtenido de los 16 peces, que fue de 1767 gramos, entonces el alimento que se proporcionó a inicio a los peces fue de 88,35 gramos. Esta cantidad calculada fue dividida en dos partes, es decir la alimentación se realizó de acuerdo a la frecuencia de alimentación: una por la mañana y la otra por la tarde. Esta prueba duro aproximadamente 7 meses (mayo, junio, julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre).



**Fuente:** Elaboración propia 2020

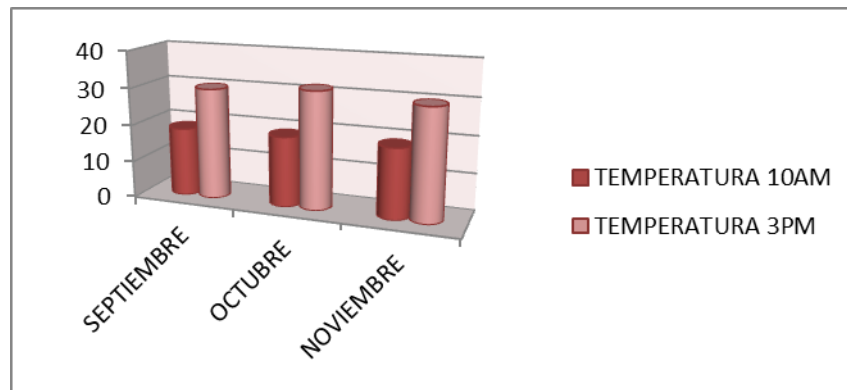
## SISTEMA ACUAPÓNICO

### Anexo 3. Temperaturas promedio del invernadero

La temperatura del invernadero fue tomado desde el mes de septiembre donde se realizó el trasplante de la espinaca donde se realizó dos veces al día a las 10 am y 3 pm.

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
<b>TEMPERATURA</b> <b>10AM</b>	18,61	18,93	18,9
<b>TEMPERATURA</b> <b>3PM</b>	30,02	31,65	29,92

**Fuente:** Elaboración propia 2020



**Fuente:** Elaboración propia 2020

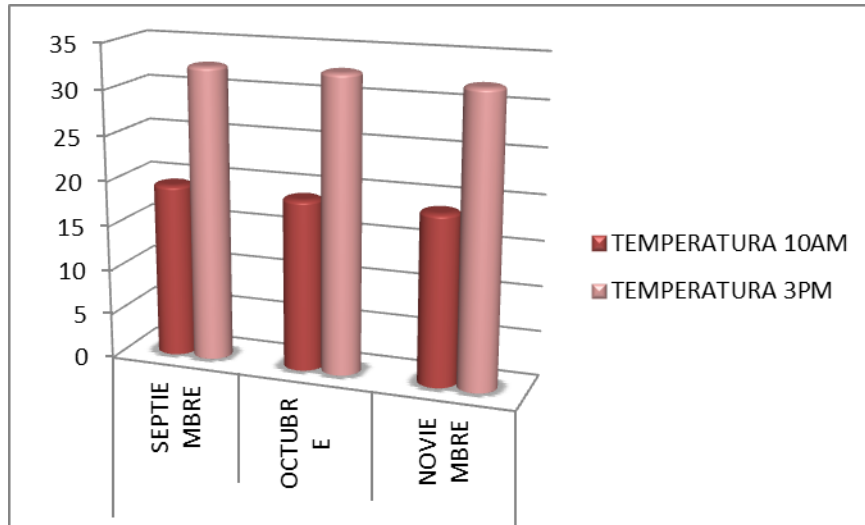
### Temperaturas promedio del invernadero

#### Anexo 4. Control del sistema nft (nutrient film technique ) superior

Este control de temperatura se realizó al tubo superior de del sistema NFT (Nutrient Film Technique ) q se encuentra en la parte de arriba donde se encontraba los plantines de la espinaca.

	TUBO SUPERIOR		
	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TEMPERATURA 10AM	19,34	19	18,88
TEMPERATURA 3PM	32,6	32,76	32,16

**Fuente:** Elaboración propia 2020



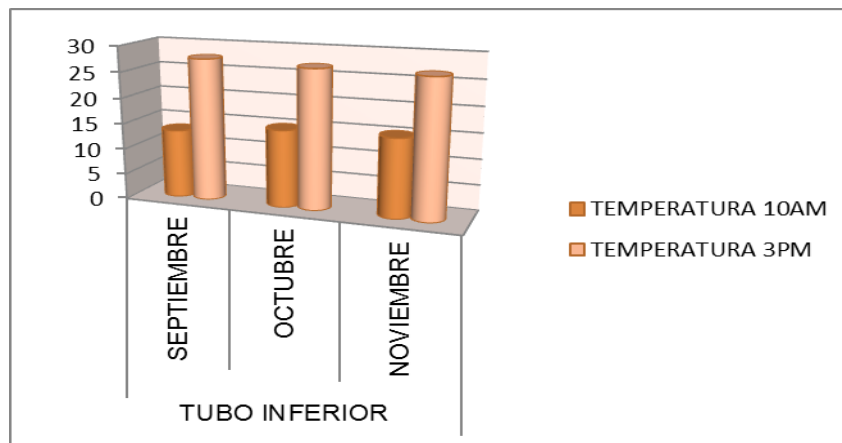
Fuente: Elaboración propia 2020

### Anexo 5. Control del sistema nft (nutrient film technique ) inferior

En este caso la temperatura se realizó también en el tubo inferior del sistema NFT INFERIOR (Nutrient Film Technique ) del cultivo de espinaca

	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE
TEMPERATURA 10AM	13,38	15,06	15,32
TEMPERATURA 3PM	27,64	26,96	26,7

Fuente: Elaboración propia 2020



Fuente: Elaboración propia 2020



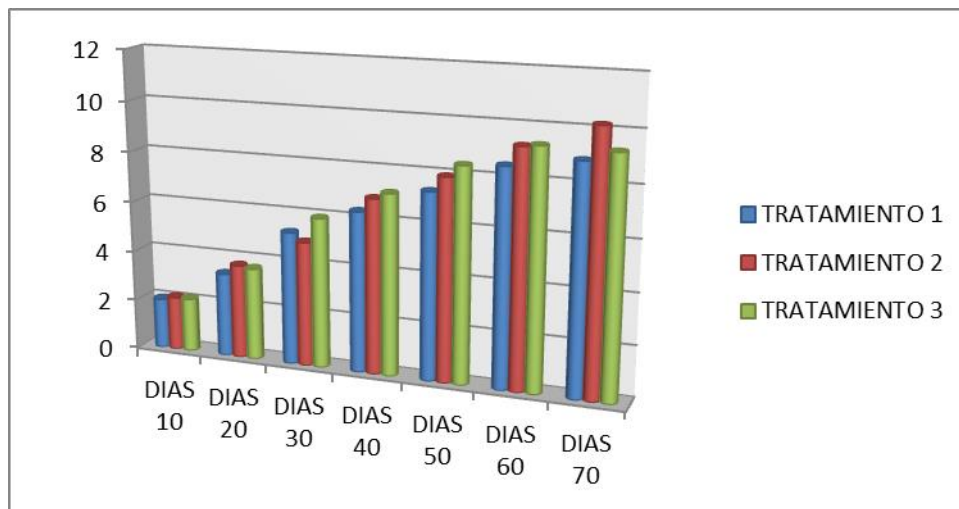
## Anexo 6. Número de hojas

Seguimiento en etapa de crecimiento a los 70 días antes de su cosecha del cultivo de espinaca en el sistema acuapónico.

### Seguimiento del desarrollo en número de hojas

	DIAS 10	DIAS 20	DIAS 30	DIAS 40	DIAS 50	DIAS 60	DIAS 70
TRATAMIENTO 1	2	3,33	5,26	6,33	7,33	8,5	8,9
TRATAMIENTO 2	2,13	3,73	4,93	6,88	7,93	9,26	10,2
TRATAMIENTO 3	2,13	3,66	5,93	7,13	8,4	9,33	9,3

Fuente: Elaboración propia 2020



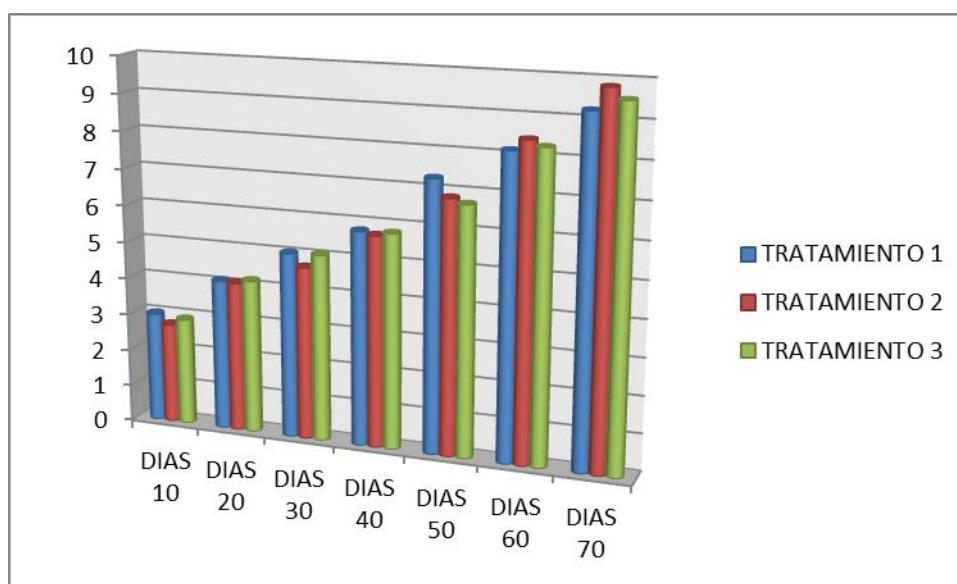
Fuente: Elaboración propia 2020

## Anexo 7. Altura de plantas

Seguimiento en etapa de crecimiento a los 60 días antes de su cosecha del cultivo de espinaca en el sistema acuapónico.

	DIAS 10	DIAS 20	DIAS 30	DIAS 40	DIAS 50	DIAS 60	DIAS 70
TRATAMIENTO 1	3	4,1	5,03	5,79	7,31	8,14	9,24
TRATAMIENTO 2	2,74	4,08	4,69	5,71	6,84	8,44	9,83
TRATAMIENTO 3	2,92	4,18	5,06	5,8	6,71	8,28	9,54

Fuente: Elaboración propia 2020



Fuente: Elaboración propia 2020

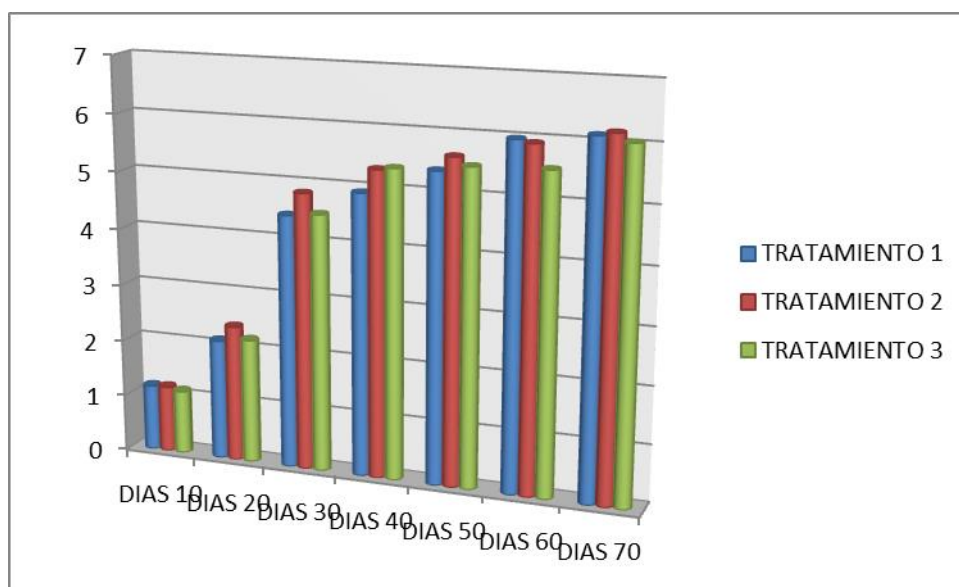
## Seguimiento del desarrollo en altura de la planta

### Anexo 8. Longitud de hoja

Seguimiento en etapa de crecimiento a los 60 días antes de su cosecha del cultivo de espinaca en el sistema acuapónico.

	DIAS 10	DIAS 20	DIAS 30	DIAS 40	DIAS 50	DIAS 60	DIAS 70
TRATAMIENTO 1	1,16	2,12	4,44	4,92	5,38	5,98	6,12
TRATAMIENTO 2	1,17	2,4	4,84	5,33	5,63	5,93	6,18
TRATAMIENTO 3	1,12	2,19	4,5	5,37	5,49	5,53	6,04

Fuente: Elaboración propia 2020



Fuente: Elaboración propia 2020

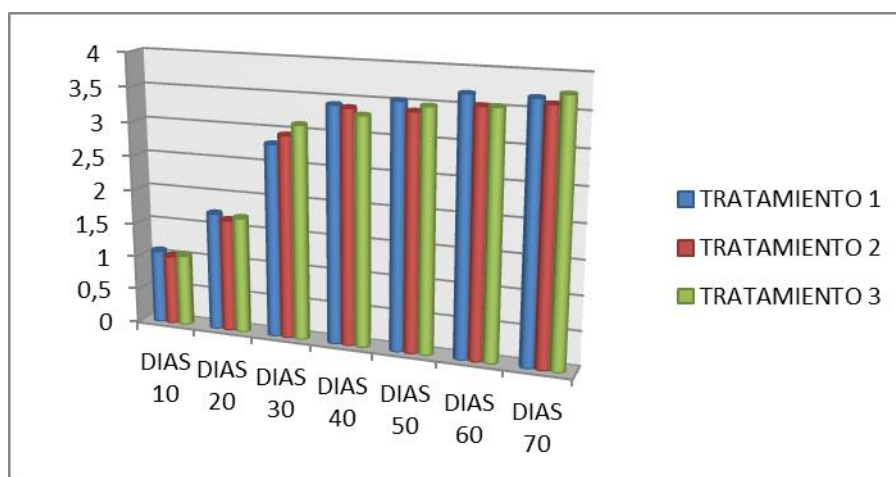
Seguimiento en etapa de crecimiento a los 60 días antes de su cosecha del cultivo de espinaca en el sistema acuapónico.

## Anexo 9. Ancho de Hoja

Seguimiento en etapa de crecimiento a los 70 días antes de su cosecha del cultivo de espinaca en el sistema acuapónico.

	DIAS 10	DIAS 20	DIAS 30	DIAS 40	DIAS 50	DIAS 60	DIAS 70
TRATAMIENTO 1	1,08	1,73	2,81	3,42	3,53	3,68	3,68
TRATAMIENTO 2	1,02	1,65	2,95	3,39	3,4	3,53	3,61
TRATAMIENTO 3	1,05	1,7	3,11	3,3	3,48	3,53	3,75

Fuente: Elaboración propia 2020

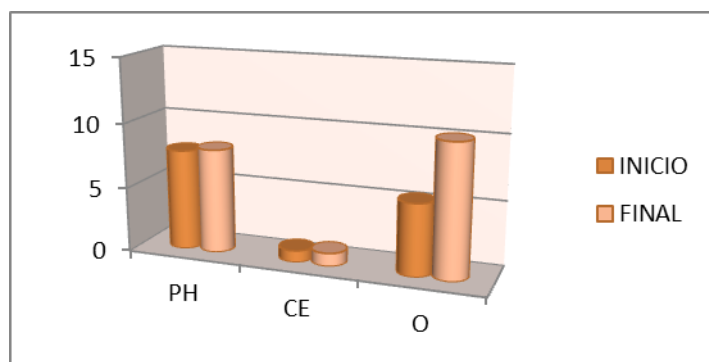


Fuente: Elaboración propia 2020

**Anexo 10.** Cálculo del PH, CE, O

	INICIO	FINAL
PH	7,76	8,04
CE	0,89	1
O	5,51	10,18

**Fuente:** Elaboración propia 2020



**Fuente:** Elaboración propia 2020

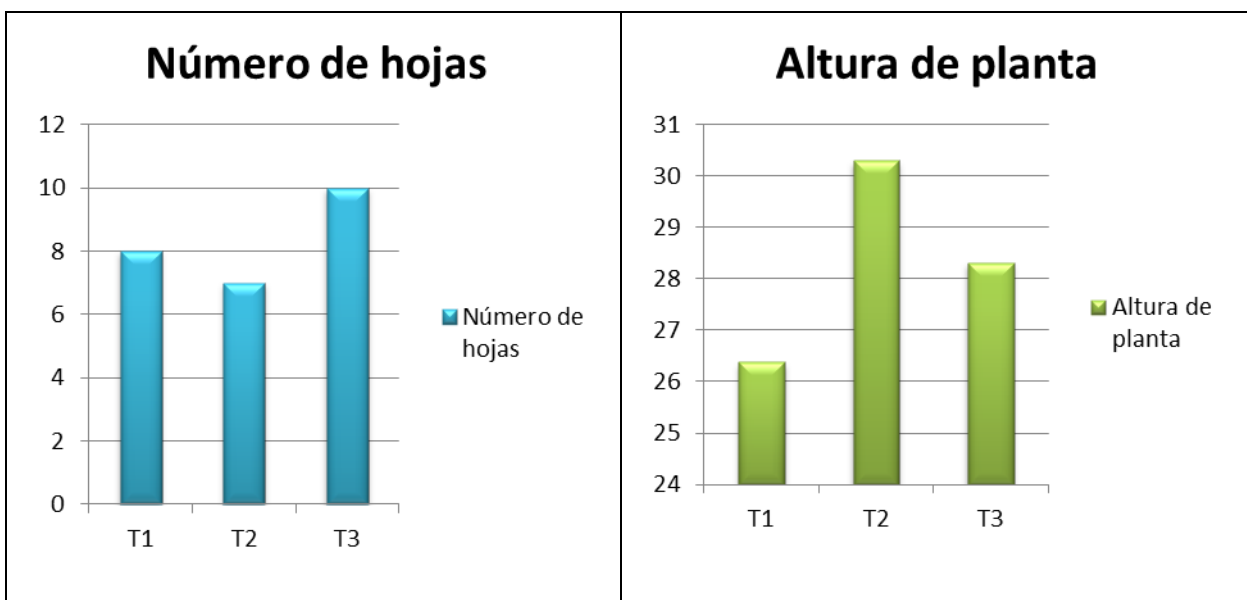
**Anexo 11.** Dato general y promediado de la espinaca sembrado en cultivo convencional para una comparación entre ambos cultivos como se observa el rendimiento es mucho mayor al sistema acuapónico haciendo una comparación de entre variable.

	PROMEDIOS		
	T1	T2	T3
<b>Supervivencia</b>	95,24	80	85,71
	T1	T2	T3
<b>Número de hojas</b>	8	7	10
	T1	T2	T3
<b>Altura de planta</b>	26,38	30,3	28,32
	T1	T2	T3
<b>Longitud de hoja</b>	17,7	18	17,7

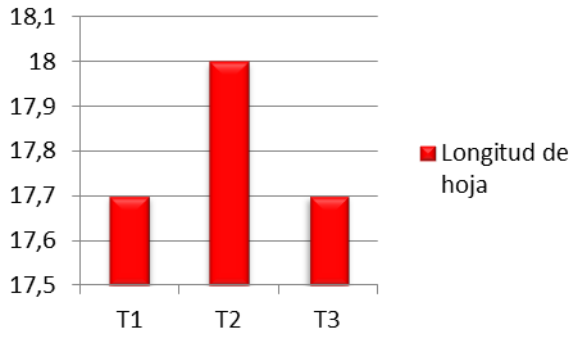
	T1	T2	T3
<b>Largo de la hoja</b>	12,4	13,5	11,5
	T1	T2	T3
<b>Ancho de hoja</b>	10,4	12,6	10,5
	T1	T2	T3
<b>Materia verde</b>	720,12	780,69	730,32

**Fuente:** Elaboración propia 2019

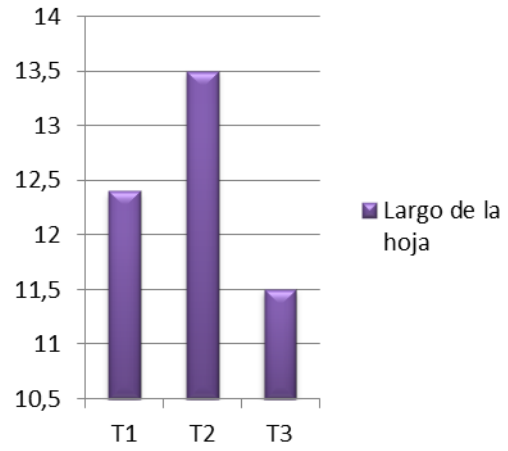
**Anexo 12.** Graficos de datos generales de la siembra en un sistema convencional



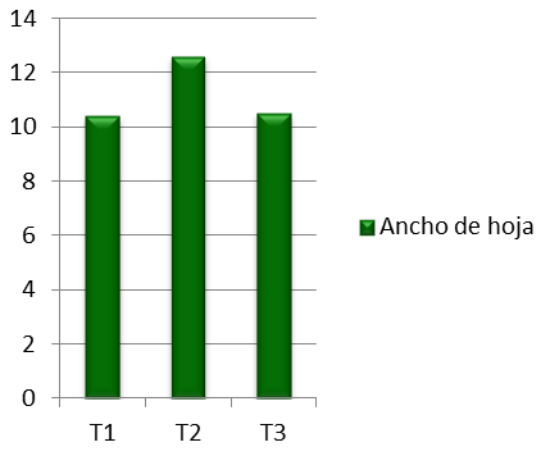
### Longitud de hoja



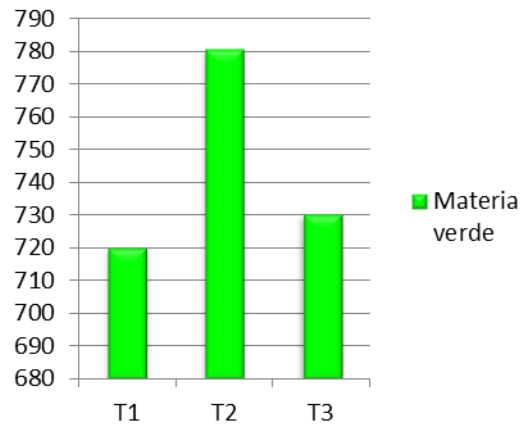
### Largo de la hoja

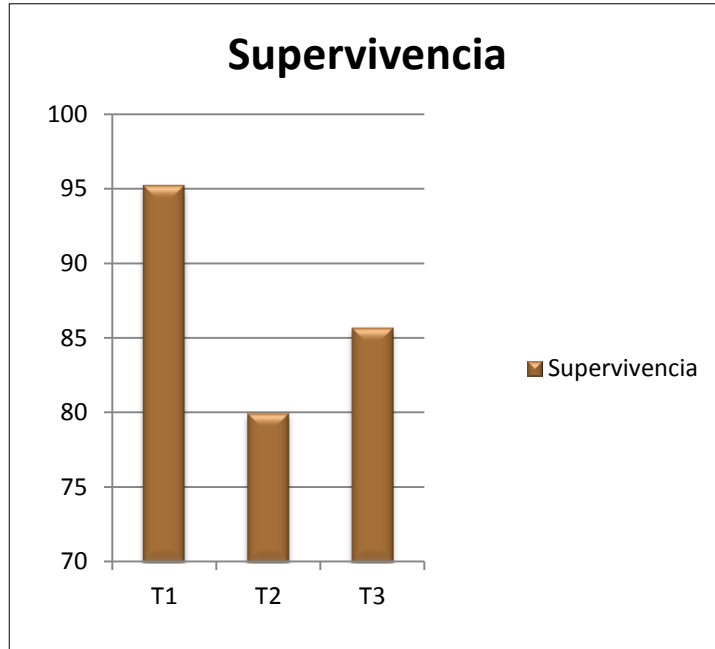


### Ancho de hoja



### Materia verde





**Fuente:** Elaboración propia 2020



## CALCULO DE COSTOS

### COSTOS FIJOS

Anexo 13.Presupuesto para el sistema NFT con capacidad de 174 plantas

DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (Bs)	TOTAL (Bs)
Madera para los triángulos.	Pie2	34	7	238
Madera para la sujeción de la pirámide.	Pie2	4	7	28
Tubos de para desague 4" de diámetro	Piezas	2	58	116
Codos de 4" pulgadas	Piezas	3	10	30
Te de 4" pulgadas	Piezas	1	12	12
Tubos de canal de cultivo de 3" de diámetro.	Piezas	5	52	260
Tubos de desagüe de 2" de diámetro.	Piezas	2	70	140
Tubos de 1/2" de diámetro.	Piezas	2	30	60
Tapas de tubos de 3" de diámetro.	Piezas	1	7	7
Polytubo de 1/2" de diámetro.	Metros	3	1,1	3,3
Clavos de 1/2"	Kilo	1/2	12	6

<b>Reductor de 1" a ¾" de diámetro.</b>	<b>Piezas</b>	<b>1</b>	<b>3,5</b>	<b>3,5</b>
<b>Madera tableada de 1" * 0.15 metros * 4</b>	<b>Metros</b>	<b>4</b>	<b>4,5</b>	<b>18</b>
<b>Codos de 1" de diámetro.</b>	<b>Piezas</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>48</b>
<b>Agrofilm de 250 micras.</b>	<b>Metros</b>	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>90</b>
<b>Cruzeta de 1" de diámetro.</b>	<b>Piezas</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Llaves con unión universal de 1" de diámetro.</b>	<b>Piezas</b>	<b>2</b>	<b>85</b>	<b>170</b>
<b>Tapón hembra de ½" de diámetro.</b>	<b>Piezas</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
<b>Micro tubo de 6 mm de diámetro.</b>	<b>Metros</b>	<b>10</b>	<b>2,5</b>	<b>25</b>
<b>Cinta aislante.</b>	<b>Piezas</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
<b>teflón de ¾.</b>	<b>Piezas</b>	<b>24</b>	<b>3,5</b>	<b>84</b>
<b>Acoples de micro tubo.</b>	<b>Piezas</b>	<b>8</b>	<b>2,5</b>	<b>20</b>
<b>Pegamento PVC.</b>	<b>Piezas</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
<b>Tanque de agua de 300 litros.</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>280</b>	<b>280</b>
<b>Remaches de 3.5 mm.</b>	<b>Piezas</b>	<b>110</b>	<b>0,25</b>	<b>27,5</b>
<b>Chupador de 1" de diámetro.</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>45</b>	<b>45</b>
<b>Clavos de 2".</b>	<b>Kilos</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
<b>Tornillos de 1".</b>	<b>Kilo</b>	<b>½</b>	<b>12</b>	<b>6</b>

<b>Sujetadores de metal.</b>	<b>Piezas</b>	<b>72</b>	<b>1.5</b>	<b>108</b>
<b>Interruptor.</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
<b>Cable número 12.</b>	<b>Metros</b>	<b>120</b>	<b>1</b>	<b>120</b>
<b>Esponja.</b>	<b>Metro</b>	<b>1</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
<b>Vinagre.</b>	<b>Litro</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
<b>Pastaformo.</b>	<b>Hoja</b>	<b>12</b>	<b>6</b>	<b>72</b>
<b>TOTAL</b>				<b>2219</b>

Fuente: Elaboración propia 2020

Anexo 14. Presupuesto para la instalación del sistema acuapónico con capacidad 1000 litros peces

<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO (Bs)</b>	<b>TOTAL (Bs)</b>
<b>Tubos PVC corriente de 3" pulgadas.</b>	<b>Barra</b>	<b>1</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
<b>Clavos de ½ pulgada.</b>	<b>Kilo</b>	<b>1</b>	<b>12</b>	<b>12</b>
<b>Madera tableada de 1" x 0.15 metros x</b>	<b>Metros</b>	<b>16</b>	<b>4,5</b>	<b>72</b>
<b>Llaves universales ½"</b>	<b>Piezas</b>	<b>6</b>	<b>35</b>	<b>210</b>
<b>Tubos de ¾"</b>	<b>Piezas</b>	<b>6</b>	<b>34</b>	<b>204</b>
<b>Tapon ¾" hembra</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>93ermómetro</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>150</b>	<b>150</b>
<b>Tee de ½"</b>	<b>Pieza</b>	<b>3</b>	<b>3,5</b>	<b>10,5</b>
<b>Tanque de agua de 1200 litros</b>	<b>Pieza</b>	<b>2</b>	<b>980</b>	<b>1960</b>
<b>Codos de 3" pulgada</b>	<b>Pieza</b>	<b>2</b>	<b>15</b>	<b>30</b>
<b>Tachos de 60 litros</b>	<b>Piezas</b>	<b>4</b>	<b>80</b>	<b>320</b>
<b>Flanges</b>	<b>Piezas</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>170</b>
<b>Grifo de ½"</b>	<b>Piezas</b>	<b>3</b>	<b>45</b>	<b>135</b>

<b>Coplas de 3/4"</b>	<b>Piezas</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>18</b>
<b>Codos de 3/4"</b>	<b>Piezas</b>	<b>8</b>	<b>3,5</b>	<b>28</b>
<b>llaves de 1/2" plastico</b>	<b>Piezas</b>	<b>6</b>	<b>35</b>	<b>210</b>
<b>Tubos de 1" pulgada</b>	<b>Piezas</b>	<b>2</b>	<b>60</b>	<b>120</b>
<b>Llaves de paso de 1" pulgada</b>	<b>Piezas</b>	<b>2</b>	<b>85</b>	<b>170</b>
<b>Codos de 1" pulgada</b>	<b>Piezas</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>48</b>
<b>Reduccion de 1" X 3/4 buje</b>	<b>Piezas</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Tee de 1" pulgada</b>	<b>Piezas</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	<b>18</b>
<b>Cruzeta de 1" pulgada</b>	<b>Piezas</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Tubos de 1/2"</b>	<b>Barra</b>	<b>8</b>	<b>30</b>	<b>240</b>
<b>Bañador</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>80</b>	<b>80</b>
<b>Filtros</b>	<b>Pieza</b>	<b>2</b>	<b>80</b>	<b>160</b>
<b>Oxigenadores</b>	<b>Pieza</b>	<b>4</b>	<b>35</b>	<b>140</b>
<b>Red de pez</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>15</b>	<b>15</b>
<b>Tela tull</b>	<b>Metros</b>	<b>1</b>	<b>20</b>	<b>20</b>
<b>Fibra</b>	<b>libra</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b>Biobolas</b>	<b>Pieza</b>	<b>1</b>	<b>70</b>	<b>70</b>
<b>TOTAL</b>				<b>4716</b>

Fuente: Elaboración propia 2020

9

**Anexo 15. Costos variables**

Semillas	onza	1	9,00	9,00
Peces	pez	16	60,00	960,00
siembra y trasplante T1	Hr	2	10,00	20,00
siembra y trasplante T2	Hr	1,5	10,00	15,00
siembra y trasplante T3	Hr	1	10,00	10,00
Alimento	qq	2	290,00	580,00
Alquiler del invernadero (m2)	mes	24	3,00	72,00
Alquiler del sistema acuaponico	mes	7	78,59	550,14
Alquiler del sistema NFT	mes	3	36,99	110,97
labores de Cosecha T1	Hr	2	10,00	20,00
labores de Cosecha T2	Hr	1,5	10,00	15,00
labores de Cosecha T3	Hr	1	10,00	10,00
labores de alimentacion	hr	35	10,00	350,00
Energia	kw	204	0,77	157,08
Alquiler de la bomba	mes	3	16,00	48,00
Preparado de almaciguera	Hr	4	10,00	40,00
TOTAL				2.967,19

**Fuente:** Elaboración propia 2020

### Anexo 16. Costos de producción fijos

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Alquiler del sistema NFT(bs)</b>	36.99	36.99	36.99
<b>Alquiler del sistema acuaponico(bs)</b>	183,4	183,4	183,4
<b>Alquiler del invernadero(3,00bs/m2 mes)</b>	70	70	70
<b>Bomba(bs)</b>	16,6	16,6	16,6
<b>TOTAL</b>	269,98	269,98	269,98

Fuente: Elaboración propia 2020

### Anexo 17. Costos variables (Bs.)

	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Semilla</b>	0,35	0,29	0,1
<b>siembra y trasplante</b>	20	15	10
<b>Alimento de peces (bs)</b>	193	193	193
<b>peces (bs)</b>	320	320	320
<b>mano de obra</b>	820	820	820
<b>TOTAL (bs)</b>	1353,35	1348,29	1343,1

Fuente: Elaboración propia 2020

### Anexo 18. Costos totales

ITEMS	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
<b>Total de costos variables Bs/año</b>	1353,35	1348,3	1343,1
<b>Total de costos fijos Bs /año</b>	269,98	269,98	269,98
<b>Total de costos (Bs/año)</b>	1623,33	1618,27	1613,08

Fuente: Elaboración propia 2020

### Anexo 19. Ingresos

INGRESO BRUTO X VENTA DE ESPINACA AÑO	TRATAMIENTOS		
	T1	T2	T3
Venta de peces(Bs)	600	600	600
Venta de espinaca(Bs)	93,6	93,6	67,2
Beneficios bruto (Bs/8ms <sup>2</sup> )	610,4	610,9	607,2

### Anexo 20. Beneficios netos

	T1	T2	T3
Beneficio bruto(Bs/año)	610,4	610,4	607,2
Total costos(Bs/año)	1623,33	1618,27	1613,08
Benéfico neto(Bs/año)	-1012,93	-1007,87	-1005,88
Beneficio/costo (bs) año	0,4	0,4	0,4

**Anexo 21.** Instalación del sistema acuapónico y hidropónico y los canales de conducto





**Anexo 22.** Lugar donde se realizó el armado del sistema acuapónico



**Anexo 23.** Verificación del correcto funcionamiento del sistema acuapónico



**Anexo 24.** Tanque de peces



**Anexo 25.** Introducción de peces carpa espejo





**Anexo 26.** Peso de peces



**Anexo 27.**Preparado de almaciguera



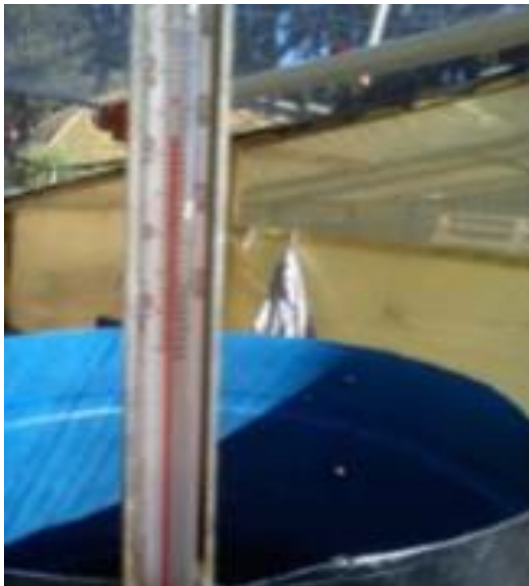
**Anexo 28.**Plantines de espinaca



**Anexo 29.**Toma de datos



**Anexo 30.**Toma de muestras del pH





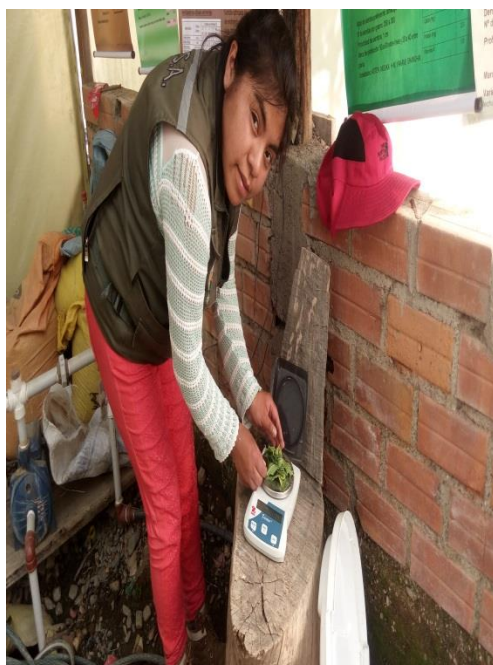
**Anexo 31.**Toma de muestra del pH en los Biofiltros



### Anexo 32. Cálculo del peso de la espinaca



### Anexo 33. Envasado de espinaca








## Anexo 34. Análisis de agua en laboratorio

*Universidad Mayor de San Andrés*  
*Facultad de Ciencias Puras y Naturales*  
*Instituto de Ecología*  
**Laboratorio de Calidad Ambiental**

  
 LCA  
 Calidad Ambiental

Informe de Ensayo: A 201/17 Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO EN AGUAS A201/17


Cliente:	AGRONOMIA - UMSA
Solicitante:	Srtas. Verónica Maquera - Tania Paco Alanoca
Dirección del cliente:	Cota Cota C/30
Procedencia de la muestra:	Estación experimental de Cota Cota
	Provincia : Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Tanque de Peces
Responsable del muestreo:	Tania Paco Alanoca
Fecha de muestreo:	24 de noviembre, 2017
Hora de muestreo:	08:00
Fecha de recepción de la muestra:	24 de noviembre, 2017
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 24 de noviembre al 08 de diciembre, 2017
Caracterización de la muestra:	Agua de Pez
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella Pet
Código LCA:	201- 1
Código original :	V-T Muestra

### Resultado de Análisis


Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	V-T Muestra 201- 1
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	584
DBO-5	EPA 405.1	mg/l	0,20	18
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	28
Fósforo total	EPA 365.2	mgP-PO <sub>4</sub> /l	0,010	0,18
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	4,5

Los resultados de este informe no deben ser modificados sin la autorización del LCA.  
La difusión de los resultados debe ser en su integridad.

La Paz, Diciembre 08 de 2017



Ing. Jaime Chincheros Panigua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



c.c. Arch.  
JCHLCA

Campus Universitario: Calle 27 de Cota Cota, La Paz, Telf./Fax: 2772522  
 Casilla Correo Central 10077, La Paz - Bolivia