

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL**



**COMPORTAMIENTO DE TRES TECNICAS DE CULTIVO  
HIDROPONICO CON LECHUGA (*Lactuca sativa L.*) EN UN  
SISTEMA ACUAPONICO - ECHARATI - LA CONVENCION- CUSCO**

Tesis presentada por la Bachiller en  
Ciencias Agrarias MILKA MEZA ARROYO  
para optar al Título Profesional de  
Ingeniero Agrónomo Tropical.

ASESORA: Mgt. Doris Flor Pacheco  
Farfán

LA CONVENCION \_ CUSCO

2018

## DEDICATORIA

A DIOS MI SEÑOR

Por ser mi fuente de inspiración, guía en los momentos difíciles, mi luz y mi todo.

A MI ESPOSO

**Mauro David Vásquez Cárdenas** mi compañero incondicional y eterno amor que sin su apoyo no podría haber sido posible esta tesis, y la razón que me impulsa a esforzarme cada día más.

A MIS PADRES

Con amor respeto y gratitud, **Aureliano Meza Núñez y Leonor Arroyo Condori**, por brindarme todo el apoyo incondicional durante estos años de mi carrera siendo modelos en mi vida.

A MIS HERMANOS

**Jorge, Aurelio, Jaime, Roger, Alcides, Oscar, Michael.**

Sobrinas: **Yerica , Yomari ,Yosely ,Yudali**

sobrinos: **Olger, Diego, Brayan, Ashly, Álvaro**

cuñadas : **Sara, Marlene, Karina, María**

mis, tíos: **Luis Cruz, Nelly , Mario** ,quienes que con su alegría y apoyo llenaron mi vida de felicidad.

A MI PRIMO

**Mijaíl Emerick Cruz Arroyo** por ser como es gracioso en todo y por brindarme su apoyo en todo momento.

## AGRADECIMIENTO

- ❖ A nuestra alma mater la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco a la facultad de Ciencias Agrarias Tropicales por brindarme la oportunidad de desarrollarme y formarme profesionalmente.
- ❖ Mis más sinceros agradecimiento a todos los docentes de la facultad de Ciencias Agrarias Tropicales que contribuyeron a mi formación académica en ciencias agrarias y haber forjado un ideal que será la base de mi desempeño.
- ❖ Mgt.Doris Flor Pacheco Farfán asesora de tesis a quien agradezco de manera especial por el tiempo y paciencia en la trasmisión de sus conocimientos en la guía para la realización de este trabajo.
- ❖ A Dios y a mis padres por darme la vida y brindarme todo su apoyo, a mi querida madre en especial quien día a día me inculco valores sólidos en mi vida con esfuerzo lucha y perseverancia pude ser una persona justa y equitativa en el logro de mis objetivos y metas trazadas.
- ❖ Al amor de mi vida que siempre a pesar de su ausencia me brindó su apoyo y darme ánimos a seguir adelante y no rendirme en el intento de alcanzar mis metas y ser cada día mejor.
- ❖ A mis amigos compañeros de código Junior, Marvin, Ebert , Leidy ,Gisela ,Fátima , Erick ,Rutber, Danny, Milo, Waldo ,Aníbal ,Julissa ,Roger ,Evelyn ,quienes juntos compartimos momentos de alegría, trabajos, en mi formación académica.

Milka Meza Arroyo

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación **“COMPORTAMIENTO DE TRES TECNICAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON LECHUGA (*LACTUCA SATICA L.*) EN UN SISTEMA ACUAPONICO ECHARATI - LA CONVENCION – CUSCO.**

Se realizó en una granja piscícola del agricultor Darío Leguía propietario del predio en el sector de Rosario Mayo Echarati, el presente trabajo de investigación a pequeña escala pretende ser un medio para la difusión de técnicas de cultivo poco conocida en la Provincia de La Convención, con menor impacto ambiental que se basa en la recirculación del agua sin uso de agroquímicos, se dio inicio en el mes de Diciembre del 2017 y culmino en Febrero del 2018 del presente año cuyos objetivos específicos fueron:

Determinar el comportamiento de tres técnicas hidropónicas NFT, Raíz Flotante, Grava con el cultivo de lechuga utilizando el efluente de tilapia como una solución orgánica nutritiva en el rendimiento de Peso de materia fresca con raíz y en el comportamiento agro botánico (Altura de planta, longitud de raíz, diámetro de masa foliar) a la cosecha en un sistema acuaponico.

Se condujo empleando un BCA con ANVA con un total de 4 tratamientos y 3 repeticiones en 3 técnicas de cultivo más testigo (suelo sin nutrientes) con lechuga los cuales fueron distribuidos según el diseño estadístico con un total de 12 unidades experimentales. Los resultados obtenidos fueron procesados utilizando el análisis de varianza y la prueba de tukey.

En torno a los resultados obtenidos la técnica de cultivo de Raíz flotante mostro mayor predominio en Peso de materia fresca con raíz, Diámetro de masa foliar y Longitud de raíz en comparación a las demás técnicas de cultivo hidropónico NFT, Grava, Testigo que, mostraron un menor desarrollo vegetativo.

Respecto a la Altura de planta la técnica de cultivo Grava predomino frente a las demás técnicas de cultivo NFT, Raíz flotante, testigo con promedio de alturas mínimas en el sistema acuaponico.

## ÍNDICE

pág.

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
RESUMEN.....	iv
INDICE.....	v
INTRODUCCION.....	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION.....	2
1.1 Identificación del problema.....	2
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Pregunta General.....	2
1.2.2 Preguntas Específicas.....	2
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACION.....	4
2.1 Objetivo general.....	4
2.2.1 Objetivo específico.....	4
2.2 Justificación.....	5
III. HIPOTESIS.....	6
3.1 Hipótesis general.....	6
3.1.1 Hipótesis específica.....	6
IV. MARCO TEORICO.....	7
4.2 Clasificación científica.....	7
4.3 Descripción botánica.....	8
4.3.1 Sistema Radicular.....	8
4.3.2 Tallo.....	8
4.3.3 Las Hojas.....	8
4.3.4 Inflorescencia.....	8
4.3.5 Semillas.....	8
4.3.6 El fruto.....	9
4.4 Importancia del cultivo de lechuga.....	9
4.5 Variedades.....	10

4.5.1	Lechugas de hoja o amarra ( <i>Lactuca sativa L.</i> ) var.crispa.....	10
4.5.2	Lechugas cos o romana ( <i>Lactuca sativa L.</i> )var.longifolia.....	10
4.5.3	Lechuga de cortar.....	10
4.6	Requerimiento edafoclimaticos.....	11
4.6.1	Temperatura .....	11
4.6.2	Humedad Relativa.....	12
4.6.3	Suelo .....	12
4.7	Particularidades del cultivo.....	12
4.7.1	Semilleros.....	12
4.7.2	Selección del terreno.....	13
4.7.3	Preparación del terreno.....	13
4.7.4	Drenajes.....	13
4.7.5	Trasplante.....	14
4.7.6	Distancias de siembra.....	14
4.7.7	Cosecha.....	15
4.7.8	Plagas y enfermedades.....	15
4.7.9	Fisiopatías.....	18
4.8	Acuaponia.....	21
4.8.1	Definición.....	21
4.8.2	Ventajas y desventajas.....	25
4.8.3	Descripción de un Sistema Acuaponico.....	27
4.8.4	Balance del sistema acuaponico.....	31
4.8.5	Técnicas de cultivo.....	33
4.8.6	Recirculación y uso de agua.....	42
4.8.7	Rendimiento de cultivo en sistemas acuaponico.....	42
4.9	Hidroponía.....	43
4.10	Acuicultura en el Perú.....	44
4.10.1	Producción acuícola.....	45
4.11	Descripción de la especie .....	46

4.11.1 Tilapia ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	46
4.11.2 Clasificación científica.....	47
4.11.3 Generalidades de la especie.....	47
4.11.4 Parámetros físico-químicos del agua.....	48
4.11.5 Factores para la selección de la especie a cultivar .....	48
4.11.6 Manipulación.....	49
4.11.7 Siembra.....	50
4.11.8 Alimentación.....	50
4.11.9 El mercado.....	52
V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....	53
5.1 Tipo de investigación.....	53
5.2 Ubicación espacial.....	53
5.2.1 Ubicación política.....	53
5.2.2 Ubicación Hidrográfica.....	53
5.2.3 Ubicación geográfica.....	53
5.2.4. Ubicación Ecológica.....	53
5.3 Ubicación temporal .....	53
5.4 Materiales y métodos.....	56
5.4.1 Material experimental.....	56
5.4.2 Materiales de Campo .....	56
5.4.3 Equipos.....	56
5.4.4 Herramientas.....	56
5.4.5 Materiales para el fluido de efluente de la tilapia.....	57
5.4.6 Materiales de Gabinete.....	57
5.4.7 Instalaciones.....	58
5.5 Metodología.....	58
5.5.1 Enfoque de la investigación.....	58
5.5.2 Diseño experimental.....	58
5.5.3 Croquis y disposición del experimento.....	59

5.6	Instalación y conducción del experimento.....	61
5.7	Evaluación de las variables en estudio.....	81
5.7.1	Evaluaciones de las características agronómicas.....	81
5.7.2	Evaluaciones del rendimiento del experimento.....	83
VI.	RESULTADOS Y DISCUSION.....	84
6.1	Resultados.....	84
6.1.1	Rendimiento.....	84
6.1.2	componente agro botánico.....	87
VII.	CONCLUSIONES.....	94
IX	SUGERENCIAS.....	95
X.	BIBLIOGRAFIA .....	96
	ANEXOS.....	100
	Anexos 01 : Presupuesto de materiales.....	101
	Anexos 02 : Panel fotográfico.....	102
	Anexos 03 : Planos del sistema acuaponico.....	109

	<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>PÁG</b>
Cuadro 01	Registro de datos meteorológicos mensuales correspondiente a los octubre 2011-abril 2012.	11
Cuadro 02	Contenido nutricional de la lechuga ( <b><i>Lactuca sativa L.</i></b> ) .	20
Cuadro 03	Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces (aguas cálidas y aguas frías) .	32
Cuadro 04	Duración de las etapas del sistema Raíz flotante en algunos cultivos.	35
Cuadro 05	Generación promedio de nutrientes en tanque de peces .	43
Cuadro 06	Niveles de toxicidad de nitrógeno amoniacal en peces .	48
Cuadro 07	Tratamiento en estudio.	59
Cuadro 08	Parámetros de calidad del agua obtenidos durante el cultivo del tilapia ( <b><i>Oreochromis niloticus</i></b> ).	79
Cuadro 09	Promedio de peso de materia fresca con raíz en un sistema acuaponico con lechuga.(gr).	83
Cuadro 10	ANVA para peso de materia fresca con raíz por tratamiento.	84
Cuadro 11	Prueba de tukey para peso de materia fresca con raíz (gr).	84
Cuadro 12	Promedio de altura de planta en un sistema acuaponico de lechuga (cm.)	86
Cuadro 13	ANVA para promedio de altura en un sistema acuaponico.	86

Cuadro 14	Prueba de tukey para altura de planta.	87
Cuadro 15	Promedio de longitud de raíz en un sistema acuaponico (cm).	88
Cuadro 16	ANVA para promedio de longitud de raíz en un sistema acuaponico.	88
Cuadro 17	Prueba de tukey para longitud de raíz por tratamiento.	89
Cuadro 18	Promedio de diámetro de masa foliar en un sistema acuaponico (cm).	90
Cuadro 19	ANVA para diámetro de masa foliar por tratamiento.	90
Cuadro 20	Prueba de tukey para diámetro de masa foliar por tratamiento.	91

## ÍNDICE DE FIGURAS

pág.

Figura 01	Principales países productores de lechuga 2002	9
Figura 02	Diagrama interactivo de los fundamentos biológicos de un sistema acuaponico.	22
Figura 03	Producción de acuicultura por especie año 2009	46
Figura 04	Comparación de los tratamientos por peso de materia fresca con raíz.	85
Figura 05	Comparación de los tratamientos (técnicas de cultivo) en Altura de planta.	87
Figura 06	Comparación de los tratamientos (técnicas de cultivo) en longitud de raíz	89
Figura 07	Comparación de los tratamientos (técnicas de cultivo) en diámetro de masa foliar	91

## INTRODUCCION

El deterioro progresivo de los suelos agrícolas, que debido a una sobre explotación, exceso de fertilización, contaminación de pesticidas y una salinización es cada vez más extendida y está obligando a los agricultores sobre todo en países desarrollados a optar el uso de tecnologías adecuadas para la solución de dichos problemas.

En estos tiempos las técnicas de producción de cultivo de plantas “sin suelo” es el método más extensivo de producción hortícola generalmente es de alta tecnología y fuerte empleo de capital, obteniendo hortalizas de excelente calidad y sanidad y se asegura un uso mas eficiente del agua y fertilizante.

El cultivo hidropónico consiste en sustituir el suelo por un sustrato natural – artificial y/o solido –liquido ,este cultivo no solo se centra en los cultivos con agua sino que también se extiende a aquellos que se realizan en medios inertes tales como perlita ,grava ,o arcilla expandida .

Considerando que la acuaponía 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. Se decidió realizar esta investigación con tres técnicas de cultivo (NFT, sustrato grava, raíz flotante) para promocionar el cultivo de lechuga hidropónica y obtener una producción de lechuga orgánica y de buena calidad lo cual utiliza espacios reducidos y se puede llevar acabo de forma intensiva tanto en áreas rurales como urbana.

El éxito que eventualmente se pueda obtener de esta investigación dependerá del grado de adopción que muestren los agricultores de su particular interés.

Autora

# I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION

## 1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El control del aporte nutricional a las plantas es una de las principales desventajas de los cultivos en sustrato suelo donde los fertilizantes representan alrededor del 50% de los costos de producción agrícola, con efectos en la contaminación del manto freático, eutrofización de los ecosistemas acuáticos y generación de gases de invernadero. Por otra parte los proyectos acuícolas tienden a eliminar constantemente los efluentes de las especies sin saber cuan importante es la calidad del agua (excretas) por su contenido de nutrientes, donde la acuaponia constituye una integración entre un cultivo de peces y uno hidropónico de plantas, estos se unen en un único sistema de recirculación, en el cual se juntan, el componente acuícola y el componente hidropónico. En este sistema, los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento, son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal. De esta forma se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con la ventaja sobre dos puntos de gran interés en producción y tratamiento de desechos.

## 1.2 Planteamiento del problema

Con la finalidad de aportar a la solución de dicho problema, se realizara la presente investigación para lo cual, se plantean las siguientes preguntas.

### 1.2.1 Pregunta General

¿Cuál será el efecto que genere en las diferentes técnicas de cultivo hidropónico en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad verónica utilizando el efluente de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema acuapónico?

### 1.2.2 Preguntas Específicas

- a) ¿Cuál de las tres técnicas de cultivo hidropónicos influirá mejor en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa L.*) variedad verónica en la *longitud* de raíz utilizando la efluente de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en un sistema acuaponico?

- b) ¿Cómo influirá en el cultivo de lechuga (***Lactuca sativa L.***) variedad verónica en tres técnicas de cultivo en el rendimiento de peso de materia fresca con raíz con el uso del efluente de tilapia (***Oreochromis niloticus***) en un sistema acuaponico?
- c) ¿Cuál de las tres técnicas de cultivo hidropónico influirá mejor en la producción de diámetro de masa foliar en el cultivo de lechuga var.veronica en un sistema acuaponico usando efluente de tilapia?
- d) ¿Cuál es el efecto del uso de la efluente de tilapia en el comportamiento agrobotánico (altura de planta, longitud de raíz) en la producción del cultivo de lechuga (***Lactuca sativa L.***) var.veronica en tres técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico?

## II OBJETIVOS Y JUSTIFICACION

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

Comportamiento de tres técnicas de cultivo hidropónico NFT, Raíz flotante, Grava, en lechuga (***Lactuca sativa L.***) en un sistema acuaponico, sector de Rosario Mayo Echarati - La Convención- Cusco.

#### 2.2.1 OBJETIVO ESPECIFICO

- a) Evaluar las tres técnicas de cultivo hidropónico con lechuga (***Lactuca sativa L.***) variedad verónica en el peso de materia fresca con raíz en un sistema acuaponico.
  
- b) Evaluar en las tres técnicas de cultivo hidropónico con lechuga (***Lactuca sativa L.***) var.Veronica con mayor predominio de altura de planta y longitud de raíz en un sistema acuaponico.
  
- c) Determinar en cuál de las técnicas de cultivo se obtendrá mayor diámetro de masa foliar con el cultivo de lechuga var. verónica en un sistema acuaponico.

## 2.2 JUSTIFICACIÓN

La tecnología avanza y es importante estar al día con las innovaciones que también se dan en la acuaponía o cultivo sin suelo, las técnicas de cultivo hidropónico y aún más con el uso de efluente de tilapia (*Oreochromis niloticus*) recirculante dada su elevada tecnificación nos brinda muchas ventajas tales como : nos permite aprovechar suelos o terrenos no adecuados para la agricultura tradicional ,disminución de fertilizantes ,posibilita de producir cerca de los centros de consumo y tiene dos fuentes de ingreso ,en plantas se logran crecimiento similar a los cultivos hidropónicos ,no contamina el medio ambiente ,menor uso de agua y disminuye la contaminación de compuestos nitrogenados del efluente de tilapia evitando así la eutrofización ,y se puede realizar varias cosechas al año .En la provincia de La Convención nunca se realizó este tipo de trabajo de investigación ya que existen proyectos psicolos , debido a que la Acuaponía en si es un sistema y poco conocida y no se tienen datos del uso de técnicas de cultivo hidropónico como ( NFT, Grava, Raíz Flotante ) con el uso de efluente de tilapia (fuente nutritiva orgánica ) para cultivar plantas hortícolas .

Asimismo, no se tiene ninguna información relacionado con la Acuaponía solo en hidroponía relacionando a la zona Kaira sobre el rendimiento, peso de materia fresca con raíz, y comportamiento agro botánico altura de planta, diámetro de masa foliar, longitud de raíz, para su desarrollo.

Por las razones expuestas y con la finalidad de poder generar tecnología y adaptarla a nuestro medio y que sirva realmente a nuestros agricultores es necesario investigar el **COMPORTAMIENTO DE TRES TÉCNICAS DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON LECHUGA (*LACTUCA SATIVA L.*) EN UN SISTEMA ACUAPONICO SECTOR DE ROSARIO MAYO ECHARATI - LA CONVENCION-CUSCO** dentro de ese contexto se justifica plenamente el presente trabajo de investigación que evaluara el comportamiento agro botánico y el rendimiento del cultivo de lechuga en un sistema acuaponico .

### III. HIPOTESIS

#### 3.1 HIPÓTESIS GENERAL

El cultivo de lechuga var. Verónica cultivada en tres técnicas de cultivo hidropónico presenta un mejor rendimiento que la misma variedad de lechuga cultivada en suelo inerte (testigo).

##### 3.1.1 HIPÓTESIS ESPECÍFICA

- a) La técnica de cultivo hidropónico NFT (técnica de cultivo en flujo laminar de agua) con el uso e efluente de tilapia (*Oreochromis niloticus*) influye en el rendimiento de peso de materia fresca con raíz con un alto peso promedio.
- b) La técnica de cultivo Grava con el cultivo de lechuga utilizando efluente de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en comparación con la técnica de cultivo NFT tiene un alto rendimiento en peso de materia fresca con raíz en un sistema acuaponico.
- c) El cultivo de lechuga en las tres técnicas de cultivo en un sistema acuaponico NFT, Raíz flotante, Grava, presentan mejor comportamiento agro botánico (altura de planta, longitud de raíz, diámetro de masa foliar) que la misma variedad de lechuga cultivada en suelo (testigo).

## IV. MARCO TEORICO

### 4.1 ORIGEN E HISTORIA DE LA LECHUGA

**Kramer, R. (1965)**, indica el origen de la lechuga no está muy claro. Algunos autores afirman que procede de la India, mientras que otros la sitúan en las regiones templadas de América del Norte, a partir de la especie (***Lactuca serriola L.***).

El cultivo de la lechuga comenzó hace 2,500 años. Era una hortaliza ya conocida por persas, griegos y romanos. Estos últimos tenían la costumbre de consumirla antes de acostarse después de una cena abundante para así poder conciliar mejor el sueño. Además, en esta época ya se conocían distintas variedades de lechuga. En la edad media su consumo comenzó a descender, pero volvió a adquirir importancia en el renacimiento.

Las primeras lechugas de las que se tiene referencia son las de hoja suelta, mientras que las variedades acogolladas no se conocieron hasta el siglo XVI. Dos siglos más tarde se obtuvieron numerosas variedades gracias a los estudios llevados a cabo por horticultores alemanes. En la actualidad, la lechuga es una verdura cultivada al aire libre o en invernaderos en zonas templadas de todo el mundo.

### 4.2 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA

**Vargas, F. (1997)**, nombra a Cronquist y da la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	Plantae
Subreino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Género	Lactuca
Especie	<b><i>Lactuca sativa L.</i></b> <b><i>Lechuga Var. Veronica</i></b>

### **4.3 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA**

**Valencia, A. (1995)**, indica que la lechuga es una planta herbácea anual y bianual que cuando se encuentra en su etapa juvenil contiene en sus tejidos un jugo lechosos de látex cuya cantidad disminuye con la edad de la planta. Se reporta que las raíces principales de absorción se encuentra a una profundidad de 5 a 30 cm.

#### **4.3.1 Sistema radicular**

**Granval, N. & Graviola, JC. (1991)**, mencionan que la raíz principal es pivotante, corta, puede llegar a penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones; crece muy rápido, con abundante látex, tiene numerosas raíces laterales de absorción, las cuales se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm.

#### **4.3.2 Tallo**

**Valadez, A. (1997)**, define que el tallo alargado de la planta de lechuga listo para florecer, el tallo es pequeño, muy corto, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha; sin embargo, cuando finaliza la etapa comercial, el tallo se alarga hasta 1,2 m de longitud (Figura 5), con ramificación del extremo y presencia, en cada punta, de las ramillas terminales de una inflorescencia.

#### **4.3.3 Las hojas**

**Granva L. N. & Graviola, J .C. (1991)**, mencionan que por su forma son lanceoladas, oblongas o redondas. El borde de los limbos es liso, lobulado, ondulado, aserrado o dentado, lo cual depende de la variedad. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, púrpura o casi morado, dependiendo del tipo y el cultivar.

#### **4.3.4 Inflorescencia**

**López, M. (1994)**, menciona que esta se constituye de grupos de 15 a 25 flores las cuales están ramificadas y de color amarillo.

#### **4.3.5 Semillas**

**Granval, N. & Graviola, JC. (1991)**, señala que el fruto es un aquenio típico y la semilla es ex albuminosa, picuda y plana, la cual botánicamente es un fruto tiene forma aovada, achatada, con tres a cinco costillas en cada cara, de color blanco, amarillo, marrón o negro, mide de 2 a 5 mm. En su base se encuentra el vilano o

papús plumoso, que facilita la diseminación por el viento; este se desprende fácilmente, con lo cual el aquenio de la semilla queda limpio.

#### 4.3.6 El fruto

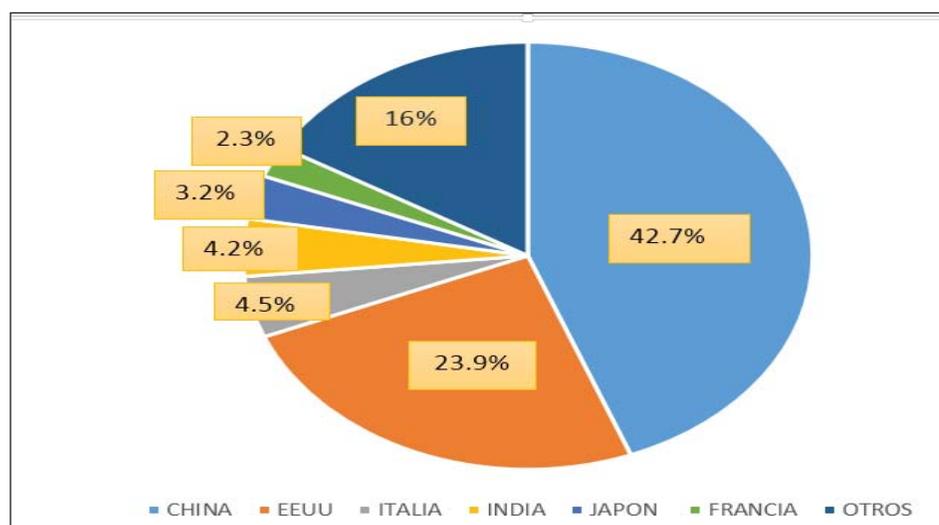
**Tamaro D. (1968)**, refiere que las semillas es aquenio seco y oblongo y que las semillas son pequeñas, alargadas agudas por su extremo, de color blanco o negro y rara vez rojizo .Un gramo contiene 800 semillas y el peso del hectolitro de estas es de alrededor de 425 gramos .La facultad germinativa dura de cuatro a cinco años.

#### 4.4 IMPORTANCIA DEL CULTIVO DE LECHUGA

**Giaconi E. (1995)**, refieren que es cultivo más importante entre las hortalizas de hojas que se consume cruda .se cultiva en todo el mundo bajo diferentes sistemas de producción, al aire libre, bajo invernadero, en suelo y en hidroponía .Es muy apreciada por ser un alimento fresco, de alto contenido de agua, vitaminas y bajo valor energético, siendo importante para las dietas hipocalóricas. Se utiliza casi exclusivamente como producto fresco, principalmente como ensalada.

También hoy existe la posibilidad de comercializar las hojas de lechuga pre picadas en bolsas listas para el consumo. La importancia del cultivo de lechuga ha ido incrementándose en los últimos años debido tanto a la diversificación de tipos varietales, como al aumento de la cuarta gama.

**Figura 01 Principales países productores de lechuga 2002, en porcentaje.**



Fuente: FAO (2002)

La producción mundial de lechuga alcanzó el año 2002 ,18.75 millones de toneladas anuales siendo el principal productor China con 42.7 % seguido por Estados Unidos 23.9% Italia con 4.5 %, India con 4.2, Japón con 3.2 %, Francia con 2.3 % y otros países con 16 %.

Con un consumo per cápita de 3 kg /año y una tasa de crecimiento del 3 % en el consumo 1997- 2001 a nivel mundial, el continente americano registra los mayores niveles de consumo .Al interior del continente se destaca Estados Unidos que consumió en el año 2001 un promedio de 14 kg /año ´por persona .A nivel mundial el mayor consumo se registra en Martinica en donde para el año en mención se registra en promedio 20 kg /año por persona.

#### **4.5 VARIEDADES**

**Giacconi Escaff. (1995)**, refiere que las variedades de lechuga se pueden agrupar en cuatro tipos bastante definidos de hojas o de amarra repolladas o de cabeza, cos o romana y de cortar.

Además se pueden clasificar en variedades de verano y de invierno, aunque no son tan definidas como las anteriores debido a cierto grado de adaptación a una estación u otra mostrado por algunas variedades.

##### **4.5.1 Lechugas de hoja o amarra (*Lactuca sativa L.*) var. Crispa**

La denominación “de amarra “se presta a confusión la amarra es eventual y se practica mucho menos en la actualidad dentro de las variedades de verano se tiene: Milanesa, Gallega de verano y Crespa Simpson .Dentro de las variedades de invierno están Gallega de invierno, Parker y Francesa.

##### **4.5.2 Lechugas cos o romana (*Lactuca sativa L.*) var.Longifolia**

Dentro de las variedades de verano se encuentran Blanca de parís y Corsaro, para variedades de invierno se tiene Roja y verde de invierno.

##### **4.5.3 Lechuga de cortar**

Tiene limitada importancia aun a nivel de huerto casero, porque las hojas que se cortan, a semejanza de la acelga y de la espinaca, son de inferior calidad en textura, comparadas con las lechugas de cultivo tradicional.

#### 4.5.4 Lechugas repolladas o de cabeza

Dentro de este tipo se tiene de hojas suaves o lisas (trocadero, White, Boston y española y de hojas crespas (Great Lakes, Imperial), también existiendo variedades mejor adaptadas para cada zona y clima particular.

#### 4.6 REQUERIMIENTO EDAFOCLIMATICOS

**Cuadro 01.** Registros de datos meteorológicos mensuales correspondiente a los meses de octubre 2011 –abril 2012.

MESES	T MEDIA (°C)	PRECIPITACION PLUVIAL TOTAL (MM)	HUMEDAD RELATIVA (%)	HORAS SOL
OCTUBRE	13.87	38.20	64.71	187.10
NOVIEMBRE	14.56	60.20	63.65	187.90
DICIEMBRE	13.11	94.40	68.94	88.60
ENERO	13.73	76.70	66.27	113.30
FEBRERO	13.39	78.95	68.57	75.20
MARZO	13.29	41.70	67.42	127.90
ABRIL	12.69	48.10	66.37	144.90

*Fuente:* SENAMHI

##### 4.6.1 Temperatura

**Escalante, E. (2001)**, refiere que la temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche. Este cultivo soporta peor las temperaturas elevadas que las bajas, ya que como temperatura máxima

puede soportar hasta los 30 °C y como mínima temperaturas de hasta 6 °C. Cuando la lechuga soporta temperaturas bajas durante algún tiempo, sus hojas toman una coloración rojiza, que se puede confundir con alguna carencia.

#### **4.6.2 Humedad Relativa**

**Osorio, J. & Lobo, M. (1983)**, señalan que el sistema radicular de la lechuga es muy reducido, en comparación con la parte aérea, por lo cual es muy sensible a la falta de humedad y soporta mal un periodo de sequía, por breve que sea. La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%; la alta humedad causa problemas porque favorece el ataque de enfermedades como el moho blanco causado por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*, el moho gris causado por *Botrytis cinerea* y el mildew veloso causado por el hongo *Bremia lactucae*.

#### **4.6.3 Suelo**

**Álzate, JF. & Loaiza, LF. (2008)**, mencionan que la adaptación de esta hortaliza a diferentes tipos de suelo es muy amplia. Se da bien en suelos francos, francos arenosos y francos arcillosos y también en los orgánicos; sin embargo, el mejor desarrollo se obtiene en suelos francos arenosos y francos arcillosos con suficiente contenido de materia orgánica, bien drenados, con buena retención de humedad debido a que el sistema radicular de la lechuga no es muy extenso y el 96% de la parte comestible es agua; suelos profundos, con topografía plana o con pendientes inferiores a 30%. Es una especie medianamente tolerante a la salinidad (entre 4 y 10 mm) y a la acidez en los suelos. El pH óptimo está entre 6,5 y 7,5. Valores de pH menores de 5,5 originan un pobre desarrollo y valores por encima de 7,3 son el límite para un buen crecimiento.

### **4.7 PARTICULARIDADES DEL CULTIVO**

#### **4.7.1 Semilleros**

**Zeidan. (2005)**, menciona que el cultivo de la lechuga se puede realizar por siembra directa o por trasplante. La siembra directa no es recomendable debido a la fuerte competencia de las malezas y al ataque de enfermedades.

La multiplicación de la lechuga se debe hacer siempre con planta en cepellón, obtenida en semilleros. La temperatura óptima de germinación está entre 15 y 20 °C;

la semilla de lechuga no germina por debajo de 3 a 5 °C en el suelo, ni por encima de 25 a 30 °C.

**Zeidan (2005)**, señala que la temperatura óptima de un semillero es 15 °C en el día y 19 °C en la noche. La producción de plántulas es un procedimiento de vital importancia para lograr el éxito en el cultivo, ya que el crecimiento y la producción de frutos son afectados por la calidad de la plántula que se lleve a campo.

#### **4.7.2 Selección del terreno**

**Jaramillo, JE. & Ríos, G. (2007)**, menciona que para el establecimiento del cultivo es necesario que el sitio cumpla con los requerimientos climáticos y edáficos, además de tener una topografía apropiada para su desarrollo, ya que una buena ubicación del cultivo constituye la base para implementar un adecuado manejo. La topografía más recomendada para la siembra de estas especies es la plana o la ondulada con pendientes inferiores al 30%, ya que la siembra en suelos con pendientes superiores dificulta el manejo y se presentan problemas de erosión y lavado de nutrientes. Se debe disponer de agua para las labores agrícolas y la ubicación del cultivo debe permitir el fácil transporte tanto de los insumos como de la producción.

#### **4.7.3 Preparación del terreno**

**Álzate, JF. & Loaiza, LF. (2008)**, indican que el sistema radicular de la lechuga no es muy profundo; sin embargo, requiere de una preparación adecuada de suelo para lograr una textura suelta que facilite el trasplante y establecimiento del cultivo. En extensiones grandes, para la preparación de suelo se recomienda el uso del tractor, y en áreas más pequeñas y suelos que han sido trabajados con anterioridad se puede utilizar monocultor. En primer lugar se nivela el terreno, especialmente en zonas con tendencia al encharcamiento, luego se procede a la construcción de los surcos y de la acaballonada o de eras, dependiendo del sistema de siembra utilizado. Las camas o eras se construyen de 10 a 15 cm de altura, y entre uno y dos metros de ancho, de acuerdo con las condiciones topográficas del terreno, el sistema de riego y las distancias de siembra recomendadas para las diferentes variedades.

#### **4.7.4 Drenajes**

**Sagarpa. (2014)**, Señala que el drenaje agrícola se compone del conjunto de obras que se desarrollan sobre una parcela para desalojar los excesos de agua sobre la superficie o el perfil del suelo en un tiempo adecuado, con el propósito de poder mantener la humedad en un punto que no afecte al libre desarrollo de las raíces de las plantas y poder así conseguir su óptimo desarrollo.

#### **4.7.5 Trasplante**

**Vallejo, A. & Estrada, E. (2004)**, menciona que el trasplante es el paso de las plántulas del semillero al sitio definitivo. Las plántulas se llevan a campo cuando hayan adquirido determinado desarrollo. Como norma general se puede tomar el número de hojas, tres a cuatro bien formadas; es decir, cuando la plántula tenga entre ocho y diez, lo cual generalmente se alcanza 25 a 30 días después de la germinación.

Los trasplantes se deben hacer en las primeras horas de la mañana, en suelo húmedo, asegurando que el sistema radicular de las plantas provenientes de las bandejas de propagación tenga buena humedad. La plántula se debe sembrar a una profundidad igual a la longitud del pilón de sustrato donde se desarrolla el sistema radicular, teniendo cuidado que el sustrato quede cubierto con suelo, para reducir las posibilidades de pérdida de humedad. El trasplante se debe hacer con el mayor cuidado posible a fin de evitar el daño de hojas, ya que estas conforman la primera área fotosintética influyente sobre el desarrollo de la planta. Desde ese momento se deben realizar de manera oportuna labores como riego, control de malezas y manejo integrado de plagas.

#### **4.7.6 Distancias de siembra**

**Serrano, Z. (1996)**, afirma que la distancia entre plantas es variable y depende de diversos factores : arquitectura de la planta, variedad o híbridos empleados, pendiente del terreno, condiciones físicas y de fertilidad del suelo, humedad relativa y luminosidad, entre otros. Igualmente varía de acuerdo con las exigencias del mercado en cuanto al tamaño y peso de las cabezas o pellas. En la elección del espaciamiento se debe tener en cuenta también que a menores distancias cada

cabeza tendrá menor peso, pero se obtendrá mayor número y por lo tanto mayor rendimiento por hectárea. En general, a mayor distancia de siembra, mayor peso y tamaño de las cabezas.

El marco de plantación depende de la envergadura que alcance la variedad; en el caso de variedades de tamaño pequeño se pueden plantar hasta 18 plantas por metro cuadrado, sembrando en eras o en llano total a distancias de 25 cm por 25 cm o en caballón a una distancia de 50 cm entre caballones y dos hileras por planta por caballón, separadas 25 cm entre sí.

#### **4.7.7 Cosecha**

**Jaramillo, JE. & Ríos, G. (2007)**, refiere que es la acción de recoger la parte de la planta que se va a aprovechar. El éxito de la calidad del producto dependerá de este proceso; se estima que el manejo dado incide entre un 10 y un 20% sobre la calidad comercial del mismo. Se debe cuidar de no causar daños mecánicos a los productos, ya sea por golpes, presiones excesivas, cortaduras, entre otros.

**Ryder, EJ.(1998)**, señala que la planta de lechuga se encuentra lista para la cosecha cuando se ha formado la roseta de hojas o el repollo; su tiempo de corte está relacionado con el estado de maduración y esta dependerá de la variedad y las condiciones climáticas durante el crecimiento.

#### **4.7.8 Plagas y enfermedades**

**UNALM. (1998)**, menciona que la lechuga es atacada por las siguientes plagas:

##### **4.7.8.1 Plagas**

- **Minadores ( *Liriomiza trifoli* y *Liriomiza huidobrensis* )**

Forman galerías en las hojas si el ataque de la plaga es muy fuerte la planta queda debilitada los tratamientos comenzaran cuando se observen los primeros síntomas procurando mojar bien la superficie de la planta.

- **Mosca blanca ( *Trialeuro desvaporaiorum* )**

Produce una melaza que deteriora las hojas, dando lugar a un debilitamiento general de la planta los tratamientos químicos comenzarán una vez que la producción de la mosca blanca vaya incrementándose.

- **Áfidos (*Myzus persicae* y otros)**

Lee, R. y Escobar, H. (2000), es una de las plagas más importantes de la lechuga. Además del daño directo que ocasionan a la planta mediante la succión de savia, también pueden ser portadores de virus. Su presencia en las plantas listas para cosechar les da un aspecto desagradable (daño cosmético) que disminuye su calidad.

- **Babosas (*Deroceras sp.*) (, *Limax sp.*)**

Sánchez, GD. y Moreno, M. (2004), señala que las babosas son muy activas en periodos húmedos, en zonas regadas en forma constante y cerca de sitios con mal drenaje. En estaciones secas entran en un periodo de latencia y vuelven a activarse cuando aparecen de nuevo las lluvias o cuando hay presencia de agua líquida.

- **Trozadores y tierreros (*Agrotis ipsilon* )( *Spodoptera frugiperda* )**

Ávila, C. (1999), indica que el gusano biringo, gusano mantequilla, cortador, trozador negro o rosquilla. Es una de las plagas más comunes en las hortalizas y otros cultivos en los climas fríos .El daño más importante lo hacen las larvas grandes cortando los tallos de las plántulas a 11ras o por debajo del nivel del suelo; dañan el follaje de las hortalizas o las frutas que se encuentren sobre el suelo o cerca de este. A. ipsilon ataca una amplia gama de plantas, entre las que sobresalen lechuga, maíz, tomate, cebolla, zanahoria, remolacha, repollo, col, coliflor y papa.

#### **4.7.8.1 Enfermedades**

##### **4.7.8.1.1 Cultivo en suelo**

Prado Cardoman, V.M. (1990), menciona que existe diversas enfermedades que afectan al cultivo de la lechuga entre las cuales se pueden encontrar (*Rhizoctonia solani*), Mildiu de la lechuga (*Bremia lactucae Regel* ), esclerotiniasis o moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum* ), pudrición gris o moho gris (*Botrytis cinérea* ) antracnosis (*Marssonina panattoniana*), oídio o caída de almacigo provocado por un complejo fungoso donde se encuentra (*Phytophthora spp*) (*Pythium spp*) (*Aphanomyces spp*),(*Fusarium spp*) (*Alternaría spp* ) y (*Rhizoctonia solani* ).

#### 4.7.8.1.2 Cultivo hidropónico

**Sandoval, C. (2004)**, expresa que el producir plantas en cultivo hidropónico puede reducirla incidencia de un gran número de enfermedades que se encuentran asociadas al suelo. Este es el caso de caída de plántulas producida por un complejo de hongos habitantes naturales del suelo (*Pythium sp.*) (*Rhizoctonia sp.*), (*Botrytis sp.*) (*Fusarium sp.*) entre otros pudriciones radicales causadas por hongos del genero *Phytophthora* y necrosis de los vasos conductores, asociados a especies de *Fusarium sp* y *Verticillium sp*. De esta forma el utilizar esta modalidad de producción puede constituir una alternativa de control de estas patologías.

Entre las patologías más importantes se puede mencionar:

- **Mildeo Velloso**

**Pardo Pardonan, VM. (1990)**, menciona que el mildew velloso de la lechuga es causado por el hongo *Bremia lactucae*. Este patógeno produce la mayoría de las lesiones sobre el follaje más viejo, aunque puede infectar cualquier parte de la planta. Las manchas comienzan en forma de áreas amarillentas o verde claro sobre la superficie superior de la hoja; en la cara inferior corresponde a estas manchas un crecimiento de aspecto velloso blanquecino.

**Blancard, D. (2005)**, refiere que las hojas basales e intermedias están cubiertas de manchas amarillas o necróticas. Las manchas amarillas son más visibles en la parte superior del limbo o en su periferia; en la cara inferior del limbo las manchas son más difusas y menos marcadas. Observando esta mancha de cerca se nota que es angular y alargada y que aparece delimitada por las nervaduras.

- **Mancha de la hoja de la lechuga septoriosis**

**Tamayo PJ, Jaramillo JE. (1992)**, indican que esta enfermedad es causada por el hongo *Septoria lactucae*. El problema se presenta de forma esporádica y puede ser severo en condiciones de humedad prolongada y mucha lluvia.

- **Pudrición Blanda, Moho Blanco, Esclerotinia**

**Tamayo PJ, Jaramillo JE. (1992)**, indican que la pudrición blanda de la lechuga es causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum* y por *Sclerotinia minor Jagger*. El patógeno afecta más de 360 especies de plantas, entre ellas, lechuga, tomate, crucíferas, zanahoria, alcachofa, apio, pepino, frijol, habichuela y arveja.

- **Cercosporiosis**

**Pardo Cardona, VM. (1990)**, indica que la cercosporiosis está ampliamente extendida por el mundo y es esencialmente dañina en algunas zonas de producción tropicales, donde el clima cálido y húmedo favorece su desarrollo. El hongo *Cercospora longissima*, es el causante de pequeñas manchas húmedas localizadas en las hojas más viejas.

**Blancard, D. (2005)**, señala que las manchas son de color pardo y están rodeadas por un halo verde pálido, se extienden y forman alteraciones parduzcas circunscritas por las nervaduras. Estas manchas se cubren de una pelusa grisácea compuesta por numerosas fructificaciones del hongo.

#### **4.7.8.2 Fisiopatías**

**Maroto, J.V. (2000)**, indica las siguientes fisiopatías en el cultivo hortícola lechuga (*Lactuca sativa L.*), a continuación se menciona:

- **Tip burn**

Se manifiesta como una quemadura de las puntas de las hojas más jóvenes y se origina fundamentalmente por la falta de calcio, en los órganos en los que aparece y además por un excesivo calor, salinidad, exceso de nitrógeno y defecto de potasio, desequilibrio de riegos y escasa humedad relativa. Las hojas con las puntas quemadas dan una apariencia desagradable y el margen de la hoja dañada es más débil y susceptible a pudriciones.

- **Espigado o subida de la flor**

Diversos factores influyen en el desarrollo del espigado: características genéticas, endurecimiento de la planta en primeros periodos de cultivo, fotoperiodos largos, elevadas temperaturas, sequía en el suelo y exceso de nitrógeno. Esta fisiopatía afecta negativamente al acogollado de la lechuga.

- **Antocianos en la hoja**

En época de bajas temperaturas durante el ciclo del cultivo algunas variedades son muy sensibles al enrojecimiento de sus hojas, sobre todo la lechuga tipo *Trocadero*.

- **Escarchas en primavera**

Pueden dar lugar a diversas alteraciones como descamaciones epidérmicas y desecaciones. Como medida preventiva se colocan campanas de poliestireno sobre las plantas.

- **Granizo**

Afecta negativamente tanto por el daño directo como por el indirecto, ya que sobre las heridas pueden desarrollarse patógenos secundarios, afectando a la comercialización del producto.

- **Punteado pardo**

Es una fisiopatía común debido a la exposición a bajas concentraciones de etileno que produce depresiones oscuras especialmente en la nervadura media de las hojas. Secundariamente, el etileno estimula la producción de compuestos fenólicos que conduce a la síntesis de pigmentos pardos. Bajo condiciones severas, las manchas pueden ser encontradas en el tejido verde de las hojas y en todo el cogollo. Esta fisiopatía hace a la lechuga no comercial.

### 4.7.8.3 Contenido nutricional

**Universidad Nacional Agraria La Molina (1998)**, refiere que la lechuga es rica en calcio, vitamina B y fibra. se utiliza en fresco en ensaladas y como acompañante en diferentes platos de la cocina peruana .Industrialmente se usa para la fabricación de cremas cosméticas .El aporte de calorías de esta hortaliza es muy bajo mientras que la vitamina c es muy rica ,teniendo las hojas exteriores más cantidad de la misma frente a la interiores .También resulta una fuente importante de vitamina k ,con lo que protege ante la osteoporosis .otra vitamina que destacan en la lechuga son la vitamina A,E y ácido fólico. Está compuesto en 94%de agua y aporta mucho potasio y fosforo.

#### **Cuadro 02. Contenido nutricional de la lechuga**

<b>Valor nutricional de la lechuga en 100 gr de sustancia.</b>	
Carbohidratos (g)	20.1
Proteína (g)	8.4
Grasa (g)	1.3
Calcio (g)	0.4
Fosforo (g)	138.9
Vitamina c(mg)	125.7
Hierro (mg)	7.5
Niacina (mg)	1.3
Riboflavina (mg)	0.6
Tialina (mg)	0.3
Vitamina A (U.I)	1155
Calorías (cal)	18

*Fuente:* Universidad nacional agraria la molina (1998).

El valor nutritivo de la lechuga difiere según su variedad. La lechuga en general provee fibra, carbohidratos, proteína, y una mínima cantidad de grasa, tiene acción antioxidante, lo cual está relacionado con la prevención de enfermedades cardiovasculares e incluso cáncer.

#### **4.7.8.4 Nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas**

**Kramer, R. (1965)**, menciona que los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeso (Mn), Boro (B), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo). Cada uno de estos elementos tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta, así como su carencia se traducen en síntomas específicos que se reflejan en la estructura de la planta. A este conjunto de elementos químicos, se los divide en dos grupos: Nutrientes principales, que son los que las plantas requieren en mayores cantidades, y los nutrientes menores, también llamados micronutrientes o elementos menores, que son tan esenciales como los primeros, pero requeridos solamente en cantidades ínfimas. Los que integran el primer grupo son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre; los restantes, son considerados micronutrientes.

##### **4.7.8.4.1 Nutrientes menores o microelementos**

**Kramer, R. (1965)**, indica que los nutrientes menores o microelementos, son elementos importantes para el desarrollo de las plantas, estos se encuentran contenidos en ellas, en muy pequeñas cantidades, que van desde 0,01% hasta 0,0001%. Este grupo de nutrientes está compuesto por: hierro, cobre, manganeso, boro, zinc, molibdeno y cloro.

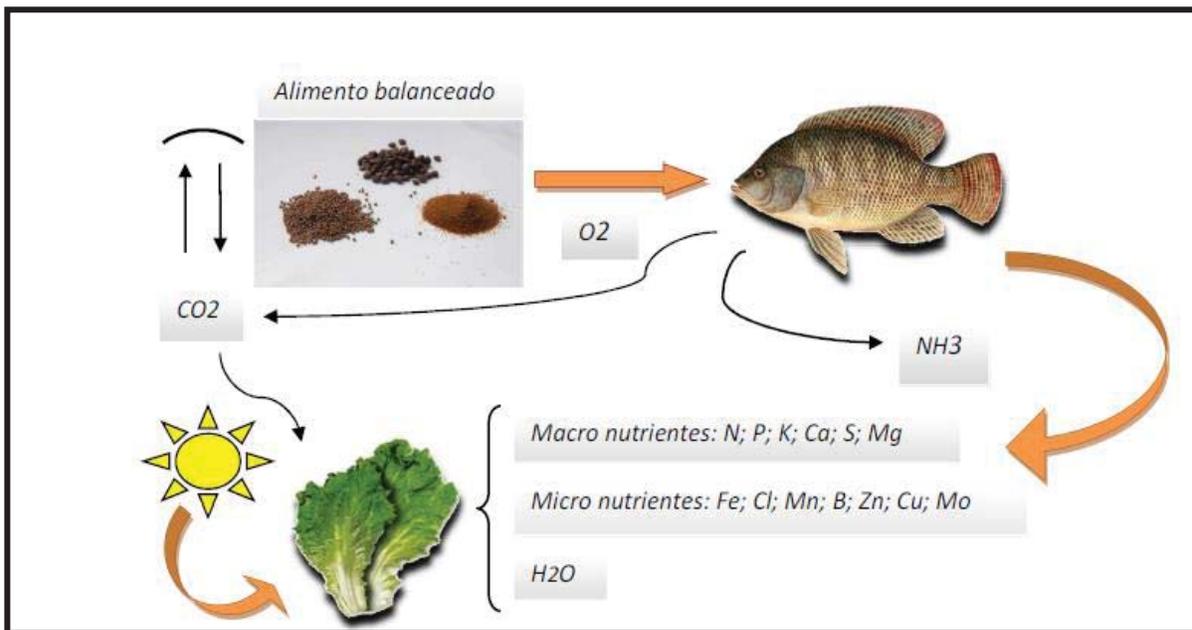
## **4.8 ACUAPONIA**

### **4.8.1 Definición**

**Rakocy, (1999)**, Constituye una integración entre un cultivo de peces y uno hidropónico de plantas. Estos se unen en un único sistema de recirculación, en el cual se juntan, el componente acuícola y el componente hidropónico. En este

sistema, los desechos metabólicos generados por los peces y los restos de alimento, son utilizados por los vegetales y transformados en materia orgánica vegetal. De esta forma se genera un producto de valor a través de un subproducto desechable, con la ventaja de que, el agua libre ya de nutrientes, queda disponible para ser reutilizada. Gracias a esto, los sistemas acuapónicos trabajan sobre dos puntos de gran interés en producción, rentabilidad y tratamiento de desechos.

**Figura 02 .Diagrama interactivo de los fundamentos biológicos de un sistema acuaponico.**



Fuente: Rakocy, et al. (1993).

**Indica similitudes de factores físicos y químicos del agua durante las actividades de la hidroponía y acuicultura de recirculación.**

**Guzmán, RL. y Moreno, LA. (2005)**, definen que la acuaponía 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 nutrientes presentes en el efluente de tilapia.

**Ramírez, D. (2008)**, menciona que la acuaponia es un sistema en el cual los desechos orgánicos producidos por algún organismo acuático (generalmente peces)

sirven como fuente de alimento para las plantas. Estas a su vez al tomar estos desechos, limpian el agua para los peces actuando como filtro biológico.

**Diver, S. (2000)**, define que la acuaponia es una técnica de producción intensiva, bio-integrada y altamente productiva en la cual se obtienen peces y hortalizas en un mismo sistema de producción.

**Mateus, J. (2009)**, señala que por cada tonelada de pescado producida en sistemas acuaponico se obtienen hasta 7 toneladas de vegetales.

**Iturbide, DK. (2008)**, define que la acuaponia tiene algunos principios que la gobiernan estos son:

- Los productos de desechos de un sistema biológico sirven como nutrientes para un segundo sistema biológico. La integración de peces y plantas resulta en un policultivo que incrementa la diversidad y la producción de múltiples productos (policultivo).
- El agua es reutilizada a través de filtración biológica y la recirculación.
- La producción local de alimentos provee acceso a alimentos más saludables e incrementa la economía local.

**Escalante, E. (2001)**, define que aquellos sistemas de recirculación de agua que integran la producción de organismos acuáticos (peces principalmente) y vegetales, se conocen como acuaponia. Tales sistemas se basan en el principio de utilizar los desperdicios nitrogenados provocados por el metabolismo de los peces, como nutrientes necesarios para el crecimiento de plantas, frutos o vegetales. Las plantas y bacterias nitrificantes, filtran el agua extrayendo los desechos nitrogenados como fuente de alimento mejorando así, el medio ambiente de los peces y promoviendo su crecimiento.

**Rakocy, JE. y Messer, MP. (2006)**, refieren que la Acuaponía es el nombre que se da a la integración de la acuicultura y la hidroponía indica que la acuaponía es el cultivo de peces y plantas en un sistema de recirculación cerrado.

**Diver, S. (2006)**, menciona que esta actividad está ganando atención como un sistema biointegrado de producción de alimentos, y que podría realizarse en los sistemas de circulación cerrados de acuicultura.

**a. Características:**

- ✓ Fácil manejo.
- ✓ Bajo riesgo en producción.
- ✓ Mayor aprovechamiento del sistema.

**b. Componente de la acuaponía**

- ✓ Un tanque para mantener los peces (u otros organismos acuáticos) fácil de limpiar y accesible para el momento de la cosecha.
- ✓ Un clarificador para remover las partículas originadas a partir de los desechos de los peces, las algas y la comida no consumida. El clarificador puede ser un tanque de sedimentación o algún tipo de filtro de selección para que las raíces de las plantas se protejan del acúmulo de los desechos orgánicos.
- ✓ Un biofiltro para convertir el amonio tóxico liberado por los peces en nitrato inofensivo, el cual es un buen alimento para las plantas. Tres cosas son necesarias para la óptima operación de un biofiltro: a) bacterias nitrificantes, las cuales se encuentran en los ambientes terrestres y acuáticos; b) un sustrato para que las bacterias se adhieran (arena, grava, plásticos, etc.) y c) oxígeno.
- ✓ Un componente hidropónico. Éste se basa en camas hidropónicas o camas de crecimiento, donde las plantas flotan en el agua de cultivo, usando como aislamiento una espuma de poliestireno. En algunas ocasiones es posible colocar los peces y las plantas en el mismo tanque de cultivo; sin embargo, es necesario adicionar algún tipo de malla o red que proteja las raíces de las plantas para evitar que sean maltratadas o incluso comidas por los organismos acuáticos del cultivo.

- ✓ Un sumidero, donde el agua pueda ser recolectada para que sea direccionada de nuevo hacia el tanque de cultivo de peces.

#### **4.8.2 Ventajas y desventajas**

**Escalante, E. (2001)**, menciona que la acuaponía presenta un gran número de ventajas con respecto a los cultivos realizados en suelo, a continuación se menciona:

##### **4.8.2.1 Ventajas**

###### **❖ Promueve el balance de aire, agua y nutrientes.**

Con algunas excepciones al utilizar un sistema de cultivo en suelos. Es difícil abastecer a las raíces simultáneamente con las cantidades de agua, aire y nutrientes que requieren. Cuando el suelo se satura el agua se encuentra disponible para las raíces en grandes cantidades pero el oxígeno del suelo tiende a ser limitado; a medida que el suelo va perdiendo agua, la cantidad de oxígeno disponible va en aumento. En acuaponia es posible mantener tanto el aire como el agua dentro del rango requerido por los cultivos.

###### **❖ Permite una mayor densidad de población**

Indica que las plantas cultivadas en este sistema pueden plantarse a menor distancia una de la otra (entre un 15 a 30%) que sus similares en el suelo, los nutrientes no son limitantes por lo que no afecta la densidad del cultivo.

###### **❖ Control de pH**

Es un factor que influye notablemente en la asimilación de los nutrientes y por lo tanto en el rendimiento de las plantas y peces. En un cultivo sobre suelo el pH puede estar muy desviado del rango (ácido o alcalino) adecuado y su corrección en la mayoría de los 20 casos, puede ser difícil y costosa. En acuaponia al trabajar con agua es muy fácil y barato ajustar y mantener el pH a nivel deseado ya que este se corrige de forma directa en el sistema.

###### **❖ Permite obtener productos orgánicos**

Porque ya que no se utilizan químicos, pesticidas, fungicidas ni fertilizantes.

❖ **Permite un ahorro en el consumo de agua**

En acuaponía, generalmente se recircula el agua en el sistema, las plantas se encargan de filtrar el agua para ser utilizada nuevamente por los peces.

❖ **Mayor limpieza e higiene**

Indica que mediante el cultivo acuaponico se elimina el riesgo de contraer enfermedades gastrointestinales producidas por microorganismos que contienen las aguas negras cuando estas son utilizadas para riego de hortalizas.

❖ **No hay gasto de maquinaria agrícola**

Menciona que no se requiere de tractor, arado u otros implementos semejantes.

❖ **Se reduce en buena medida la contaminación ambiental y los riesgos de erosión**

Al no utilizar compuestos químicos para el control de plagas y enfermedades, se reduce la contaminación. Al ser un sistema en el cual las plantas se encargan de filtrar el agua la contaminación generada es reducida.

❖ **Debido a que es un policultivo se maximizan**

Los recursos indica que la integración de plantas y animales incrementa la diversidad y por lo tanto brinda estabilidad al sistema utilizando el agua, nutrientes y espacio al máximo.

#### **4.8.2.2 Desventajas**

**Escalante, E. (2001)**, describe las siguientes desventajas:

❖ **Falta de estudios**

Menciona que debido a esto todavía se están realizando pruebas para optimizar el sistema.

❖ **Se requiere conocimiento técnico para un manejo adecuado**

Es un sistema de integración de dos cultivos por lo que se requiere a una persona que tenga conocimientos básicos de fisiología vegetal (hortalizas) y animal (peces).

### 4.8.3 Descripción de un Sistema Acuaponico

**Rakocy, JE. y Messer, MP. (2006)**, menciona que los sistemas acuaponico, 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.

Esencialmente abarca uno o más contenedores para los peces, seguido de un contenedor con estructura que permita una filtración mecánica (o remoción de sólidos) y posteriormente uno con área suficiente para el proceso de biofiltrado.

Luego de estas unidades para los tratamientos previos, recién se ubicarán las unidades para alojamiento del componente vegetal (o subsistema hidropónico), y luego un sumidero o colector de agua del sistema en el nivel más bajo, donde generalmente es instalada la bomba que provocará la circulación del agua en el sistema.

#### ❖ Filtración mecánica

**Somerville, A.L. (2014)**, menciona un manejo ineludible y fundamental dentro de los sistemas de recirculación, resulta ser la filtración del agua, mediante alguna técnica mecánica. Este manejo permite separar y remover los desechos sólidos en suspensión (ya sean flotantes o no), permitiendo una serie de objetivos y beneficios. Estas partículas en suspensión, se componen principalmente del material fecal de los peces y los restos de alimento, sumado a otros organismos como bacterias, hongos y algas que se desarrollan en el sistema.

Las partículas suspendidas en un sistema de recirculación, muestran una gran variedad de tamaños, que abarcan desde unas micras ( $\mu\text{m}$ ) hasta unos centímetros, y a diferentes densidades que las distribuyen en distintas zonas de la columna de agua. Existen varios mecanismos destinados a la remoción de los sólidos, dependiendo principalmente del tamaño y peso que presenten las partículas. Generalmente, se aplica el método de decantación o sedimentación para sólidos de gran tamaño (mayores a  $100 \mu\text{m}$ ), y distintos tipos de filtración para partículas menores, sumado a técnicas de separación de los desechos flotantes.

Los desperdicios sólidos, en caso de no ser removidos, podrían liberar gases tóxicos al acumularse y descomponerse por medio de bacterias anaeróbicas dentro del tanque de los peces, y podrían por otra parte, alcanzar a las raíces de las plantas, y taparlas impidiendo así, una correcta absorción de los nutrientes. La filtración mecánica, además de retirar de circulación estos sólidos, cumple la función de retenerlos y acumularlos periódicamente en un sector determinado, lugar donde se realiza naturalmente otro proceso de suma importancia para nuestro sistema: la mineralización, o proceso de liberación de nutrientes al agua.

### ❖ **Mineralización**

**Somerville, A.L. ( 2014)**, indica que este es el proceso mediante el cual se produce la liberación de elementos o moléculas menores al agua, originadas en la materia orgánica sólida depositada en sectores localizados dentro del sistema, el proceso se lleva a cabo mediante la acción de microorganismos presentes en el sistema como son las bacterias heterotróficas, los hongos y otros organismos superiores, que utilizan el carbono orgánico como fuente de su alimento; involucrándose centralmente en la descomposición de los desperdicios sólidos y dejando disponibles micronutrientes esenciales que aprovechan las plantas. Estos organismos, al igual que las bacterias nitrificantes, requieren condiciones aeróbicas (con oxígeno) para un normal desarrollo y lograr una proceso exitoso de mineralización en el agua.

A menudo, pequeños animales como anélidos, anfípodos, larvas de organismos y otros, son encontrados en sistemas acuapónicos formando parte de la materia orgánica. Dichos organismos trabajan en conjunto con las bacterias heterotróficas en el proceso de descomposición y mineralización, previniendo la acumulación de sólidos. Los sólidos atrapados por la filtración mecánica en el biofiltro, o incluso dentro del componente hidropónico y tanque de peces, se someten en alguna medida, a este proceso.

El mayor tiempo de retención de los desperdicios dentro del sistema extenderá el proceso de mineralización, y por ende producirá una mayor cantidad de compuestos disponibles para los vegetales. No obstante, se debe considerar que estos mismos sólidos, ante un manejo deficiente, pueden acumularse y tapar las

cañerías, creando condiciones de anoxia al consumir oxígeno, y producir además, ácido sulfhídrico (gas tóxico), y desnitrificación (liberación de nitrógeno gaseoso). En contraposición, al eliminar excesivamente los sólidos retenidos en el sistema, se puede llegar a causar deficiencias en las plantas por carencia de nutrientes y esta forma, se requerirá algún tipo de suplemento. Para permitir una correcta y abundante mineralización de los sólidos en el sistema, deberá proveerse un contenedor específico para dicho objetivo, el que deberá estar provisto de buenas condiciones de oxigenación y flujo de agua.

### ❖ Filtración biológica

**Jchapell, (2008)**, según en todo sistema de recirculación, se presta especial atención a los procesos biológicos vitales de los organismos bajo cultivo, con la nitrificación. Este proceso, también llamado biofiltración (o filtración biológica), involucra en los SRA la transformación del nitrógeno excretado al medio por los organismos cultivados, desde un estado que representa toxicidad ( $\text{NH}_3$ =amoníaco) a otro relativamente inofensivo ( $\text{NO}_3$ =nitrato), por parte de una población de bacterias especializadas a tal fin. Este es un proceso muy importante y vital en el ciclo del nitrógeno en la naturaleza, y aunque también existen otros procesos en el ciclo de este abundante elemento químico, como la fijación del nitrógeno atmosférico, la descomposición o amonificación, y la desnitrificación.

Se deberá recordar la importancia del nitrógeno en la composición de todas las formas de vida existentes el planeta. Dicho elemento químico, es el más abundante en la atmósfera de la tierra (78% vs 21%  $\text{O}_2$ ), está presente en todos los aminoácidos que forman las proteínas, y es además el más importante nutriente inorgánico para las plantas. La acumulación del nitrógeno en los sistemas de acuicultura es debido a la alta carga de este elemento ingresada al sistema como parte del alimento, dado que este posee una carga importante de proteínas en su composición, y es liberado por los peces al agua luego de alimentarse y metabolizar estas proteínas. Como sólo 1/3 aproximado del alimento ingerido por los peces es transformado en carne, el resto se metaboliza y es liberado a la columna de agua como amoníaco excretado (vía branquias, orina y fecas), otro aporte de Nitrógeno, es

también producido por la descomposición orgánica de los desechos sólidos en el sistema.



#### ❖ **Maduración del biofiltros**

**Somerville, (2014)**, menciona que la maduración del biofiltros o también llamado ciclado del sistema, es un proceso inicial en todo SRA, incluyendo los módulos acuaponico. Mediante este proceso se busca desarrollar y establecer una colonia bacteriana que luego realizará la tarea de nitrificación antes descrita.

Es un proceso que toma aproximadamente 3 -5 semanas en condiciones normales, y requiere el agregado constante de una fuente de amonio para alimentar y posibilitar el desarrollo de dicha colonia, creando de esta manera el biofiltros del sistema. El proceso es lento debido al pobre crecimiento de las bacterias nitrificantes y puede durar hasta dos meses en condiciones de bajas temperaturas.

Durante este proceso deben ser monitoreados los niveles de nitrógeno en sus compuestos NAT, NO<sub>2</sub>, y NO<sub>3</sub>, para poder evaluar el estado del proceso de nitrificación. Es un requisito proteger el sistema de la luz solar directa, la cual inhibe el crecimiento de las bacterias por los rayos UV contenidos. Además debe considerarse que durante el ciclado habrá altos niveles de amonio y de nitritos, los cuales representan mucho peligro para los peces, por lo cual se aconseja no introducir peces al sistema hasta no estar completo el proceso.

La fuente de amonio deberá agregarse al sistema de una manera continua pero cautelosamente, evitando concentraciones  $\geq 2-3$  mg/l que pueden ser tóxica para la misma colonia en desarrollo.

Luego de aproximadamente 5 a 7 días del primer ingreso de amonio al sistema comienza la oxidación del producto a nitrito, y luego de un período similar de tiempo deberán notarse incrementados los niveles de nitritos, lo cual estimula a la oxidación de éstos y la aparición de nitratos.

Al cabo de 25 días aproximadamente, se deberá comenzar a notar en las mediciones un decaimiento en los niveles de nitritos, a la vez que se elevan

sostenidamente las concentraciones de nitratos. Hacia el día 40 ya deberá estar formada la colonia y convertir activamente el amonio a nitrato.

Existen posibilidades para acelerar el proceso, como compartir parte de un biofiltro desde un sistema que ya esté en funcionamiento con anterioridad, lo cual permitirá un desarrollo más rápido de colonización. También existe la posibilidad de inoculación directa de colonias vivas que pueden venderse en casas de acuarismo, aunque esto puede no estar disponible, o representar un costo extra elevado e innecesario.

#### **4.8.4 Balance del sistema acuaponico**

**Rakocy, JE. (1997)**, menciona que debido que un sistema acuaponico involucra cantidades de proteínas metabolizadas ,como una capacidad de biofiltración y además de un poder determinado de absorción de los nitratos, a la hora de montarlo, se deberá considerar la importancia de mantener un balance de cargas en las tres principales comunidades peces, plantas y bacterias presentes en el sistema acuaponico:

##### **4.8.4.1 Calidad de agua**

**Somerville, C. (2014)**, menciona que para poder entender mejor la importancia la calidad del agua en el sistema acuaponico, se lo puede asemejar a la función de la sangre en el sistema circulatorio de un organismo animal, que provee y distribuye los nutrientes, el oxígeno y cumple además, con las funciones necesarias para el desarrollo saludable del mismo.

El agua, provee los macro y micro nutrientes a los vegetales de cultivo, y es el medio por el cual los peces reciben además el oxígeno y donde emiten sus excreciones que luego se depurarán. Cada uno de estos parámetros físicos y químicos influyen directamente en los tres componentes principales del sistema: peces, plantas y bacterias; motivo por el cual debe alcanzarse una calidad de agua compatible en lo posible, con los rangos de tolerancia específicos.

Dentro de estos rangos de tolerancia para cada factor, se encuentran valores óptimos para el desarrollo y crecimiento de cada componente, que pueden diferir entre sí. Buscar la mejor combinación respecto a estos requerimientos y mantener los parámetros mencionados bajo control en el mejor equilibrio posible para el

ecosistema, permitirá un desarrollo exitoso desde el punto de vista biológico y económico.

**Cuadro 03. Rangos generales de tolerancia de calidad de agua para peces (aguas cálidas y aguas frías); plantas y bacterias nitrificantes**

Tipo de organismo	Temp.(°c)	pH	NAT(mg/l)	N0 <sub>2</sub> (mg/l)	N0 <sub>3</sub> (mg/l)	OD (mg/l)
Peces agua cálidas	22-32	6-8,5	<3	<1	<400	4-6
Peces agua 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:* según Somerville (2014).

#### 4.8.4.2 Temperatura

**Rakocy, J.E. (2004)** indica que en cuanto a la temperatura, como este factor determinará más 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.

#### 4.8.4.3 Oxígeno disuelto

**Rakocy, J.E. (1993)**, menciona que 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).

#### **4.8.4.4 pH**

**Resh, H.M. (1995)**, señala que este importante parámetro que influye sobre la calidad del agua, interviene además en muchos otros procesos, tomando especial importancia en la determinación, junto a la temperatura, el % de toxicidad (% amonio no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) del nitrógeno amoniacal total. Considerando que el proceso de nitrificación produce una ligera acidificación, al liberar los iones hidrógeno, y que se realiza de manera permanente dentro del sistema, se debe estar atentos y en alerta, ante los cambios de pH, con el fin de realizar un manejo correctivo. Además, también puede verse incrementada la acidez del sistema como producto de una alta densidad de peces, ya que estos producirán dióxido de carbono a través de su respiración; producto que en contacto con el agua, forma ácido carbónico. Afortunadamente, los incrementos de acidez (disminución del pH) reducen la toxicidad del amoníaco al predominar en su forma ionizada ( $\text{NH}_4^+$ ).

#### **4.8.4.5 Dureza y alcalinidad**

**Rakocy, J.E. (1993)**, indica que 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 acuaponico; pero la alcalinidad tiene una relación particular y determinante con el valor de pH del agua.

#### **4.8.5 Técnicas de cultivo**

**Mateus J. (2009)**, indica que las principales técnicas de cultivos hidropónicos utilizados de acuaponía son: sistema de camas con sustrato sólido (lechos de sustratos), sistemas de raíz flotante (cultivo de aguas profundas) y Técnica del film nutritivo (NFT) .Estos sistemas serán descritos a continuación.

**Marulanda, S.H. (2003)**, Argumenta en este tipo de técnicas las raíces de las plantas están en contacto directo con el efluente de tilapia la ventaja de los cultivos sin suelo está en la facilidad para emplear técnicas de irrigación con un consumo moderado de agua, como en el caso de los hidropónicos donde las raíces de las plantas están sumergidas en las disoluciones nutritivas es por ello que el sistema acuaponico posee técnicas de cultivo y se clasifica de la siguiente manera:

#### **4.8.5.1 Raíz flotante**

**Castañeda, F. (1997)**, señala que esta técnica no requiere de sustrato sólido, las raíces de las plantas permanecen en contacto con el agua que debe ser oxigenada diariamente. La oxigenación puede ser aplicada manualmente o a través de bombas de aire, se presenta una cama hidropónica de raíz flotante. Como se puede notar una lámina de tecnopor cubre la totalidad de la superficie de la cama. A dicha lámina se le han practicado unos orificios para colocar las plantas que a la vez son sostenidas con esponjas. Este sistema es utilizado en acuaponía a mediana y larga escala y si bien no necesita de sustrato sólido, es necesario añadirle un biofiltro. Además, a diferencia de las camas hidropónicas de raíz flotante, las utilizadas en acuaponía necesitan una entrada y una salida de agua, para la recirculación de la misma.

**Chang, M. y Hoyos, M. (2000)**, indican que de todos los métodos de cultivo sin suelo, el cultivo de agua por definición es el auténtico. Este sistema es muy utilizado en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos generalmente para producir cultivos de hojas, como diversas variedades de lechuga, albaca, apio, menta, hierba buena, etc. Para lograr una buena producción es importante airear bien el efluente de tilapia esta se puede hacer colocando un aireador en el sedimentador por lo menos dos veces al día. Esta acción permite redistribuir los elementos nutritivos y oxigenar el efluente (excretas de los peces).

##### **4.8.5.1.1 Etapas de la técnica de cultivo raíz flotante**

**Chang, M. y Hoyos, M. (2000)**, definen que el sistema de raíz flotante consta de tres etapas que son almacigo, post-almacigo y trasplante definitivo, sin embargo en algunas ocasiones se obvia la etapa de post-almacigo quedando únicamente dos

etapas, almacigo y trasplante definitivo, se presenta el tiempo de duración de cada una de las etapas del sistema hidropónicos de raíz flotante para algunos cultivos.

**Cuadro 04. Duración de las etapas del sistema raíz flotante en algunos cultivos**

CULTIVO	ETAPAS DEL SISTEMA DE RAIZ FLOTANTE		
	ALMACIGO	POST ALMACIGO	TRASNPLANTE DEFINITIVO
<b>LECHUGA</b>	2-3 semanas	2-3 semanas	4 Semanas
<b>ALBAHACA</b>	2semanas		4 semanas
<b>APIO</b>	2-3 semanas	4 semanas	8 semanas

*Fuente : Chang.M,(2000)*

➤ **Semillero o almacigo**

**Chang, M. y Hoyos, M. (2000)**, indica que el semillero o almacigo no es otra cosa un pequeño espacio al que se le proporciona las condiciones óptimas para garantizar la germinación o nacimiento de las semillas y el crecimiento inicial de las plántulas .Debe procurarse un cuidado especial al momento de la siembra para que no existan problemas en el desarrollo de las mismas.

**Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (2002)**, refiere que para el almacigo se puede utilizar sustratos preparados arena fina + cascarilla de arroz a una relación 1:1 el sustrato no debe tener partículas muy grandes ni pesadas porque estas no permitirían la emergencia de las plantitas recién germinadas .las condiciones de humedad deben de ser controladas, ya que las semillas y las plantas recién germinadas no se desarrollarían sino tiene la cantidad de agua suficiente.

En el semillero se trazan las líneas o surcos con una regla a una distancia de 5 cm a una profundidad de 0.5 cm se ponen las semillas una por una dentro de surco o hilera a 1cm entre plantas (semilla).Luego de sembradas las semillas se presiona suavemente el sustrato para expulsar el exceso de aire que pueda haber quedado alrededor de la semilla y aumentar el contacto de la misma con el sustrato.

➤ **Trasplante definitivo**

En esta etapa comienza cuando se trasplantan las plántulas del post-almacigo a contenedores más grandes generalmente de 1m x 1m x 0.10m y se requiere planchas de tecno por de 1 o 1 ½ con orificios hechos en forma similar como la descrita en la etapa anterior ,solo que el diámetro y las distancias de estos son mayores porque aquí el cultivo adquiere mayor desarrollo hasta la cosecha .El diámetro de los orificios es de 2.5 cm y la distancia entre estos es de 17 a 20 cm para el cultivo de lechuga para un área de un metro cuadrado se pueden colocar entre 25 a 30 lechugas .

➤ **Cosecha**

Se recomienda realizar la recolección de las plantas muy temprano en las mañanas o en las tardes, retirándole las hojas basales secas y dañadas

➤ **Comercialización**

Estos cultivos se pueden comercializar como plantas vivas, es decir, colocando las plantas con sus raíces en recipientes que contengan agua. Asimismo, las plantas se pueden embalar individualmente (lechuga y apio) o atados (albahaca) en bolsas plásticas. Las plantas comercializadas con sus raíces pueden aumentar su duración en el mercado respecto a aquellas que no llevan raíces, sobre todo si no son mantenidas en cámaras de conservación.

#### **4.8.5.2 NFT (nutrient film technique)**

**Alvarado, D. (2001)**, menciona que es un cultivo en donde las raíces de las plantas se encuentran directamente en contacto con la solución nutritiva .por lo general este sistema está catalogado como de alto costo y requiere del suministro de agua constante .la ventaja de esta técnica es que la solución nutriente es recolectada y nuevamente suministrada a través de los canales de cultivo de PVC hacia las raíces.

**Salomón, S.(2008)**, comenta que en este sistema las plantas crecen en el agua y sobre canales de PVC o láminas de nutrientes que está en constante movimiento ,es importante señalar que la temperatura del efluente de tilapia debe estar entre 14-20 °C para evitar daños en sistema radicular de la hortaliza.

**Carrasco, G. (1996)**, señala que este sistema puede ser implementado con materiales y equipos de bajo costo. Estos materiales pueden ser tubos de PVC y /o polietileno, madera y bombas de agua de bajo precio. Otra característica de este sistema es el desnivel o pendiente que debe tener en la superficie de cultivo ya que con esto, ayudara a la recirculación del efluente utilizado.

La constante oferta de agua y elementos minerales permite a las plantas crecer y obtener el potencial productivo del cultivo. Además es posible obtener adelanto en la cosecha lo que para algunos mercados locales conlleva un mejor precio.

La lechuga es la cuarta hortaliza que se cultivaba en sistemas hidropónicos en comparación con la cosecha a campo abierto en donde se tienen mayores problemas de enfermedades, plagas y de calidad.

#### **4.8.5.2.1 Ventajas**

**Alvarado, D. y Haword, M.R. (2005)**, manifiesta que el sistema NFT presenta una serie de ventajas frente a los sistemas recirculantes en sustratos dentro de las cuales se pueden destacar las siguientes:

- La alta calidad de los productos hortícolas
- Corto periodo de cultivo
- Alto rendimiento
- Menor consumo de agua
- Menor uso de mano de obra
- Control muy preciso en la nutrición
- El agua y los nutrientes se encuentra en contacto directo con las raíces del cultivo
- Alto contenido de vitaminas en las hortalizas cultivadas principalmente vitamina C y ácido fólico.
- La instalación de un sistema nutrient film technique (NFT) es sencillo.

#### 4.8.5.2.2 Desventajas

**Carrasco, G (1996)**, señala las desventajas que presenta el sistema NFT en comparación a otros sistemas hidropónicos y son:

- se requiere de un conocimiento efectivo sobre el sistema
- una contaminación por patógenos en el agua puede afectar todo el sistema
- estricto funcionamiento de la solución nutritiva.
- alto costo.
- La producción de lechuga cultivada en un sistema NFT se ha demostrado que dicha hortaliza tiene un porcentaje alto de nitratos en comparación al sistema de raíz flotante.
- El efluente de tilapia puede alcanzar temperaturas excesivamente altas.

#### 4.8.5.2.3 Componentes y materiales de la técnica de cultivo NFT

**Alvarado. (2001) Y Carrasco, G. (1996)**, refiere que para construir e instalar un sistema (Nutrient Film Technique) en cualquier zona geográfica se requiere una serie de materiales tomando en cuenta que estos materiales deben ser de excelente calidad para evitar pérdidas en la producción de dichas hortalizas. Los materiales para la construcción de dicho sistema son:

- ❖ **Tanque:** almacena el efluente de tilapia y es necesario que esté protegido de la radiación solar para evitar el desarrollo de algas.
- ❖ **Canales de cultivo:** permiten el paso del efluente y se recomienda que sean de material PVC ya que presenta algunas ventajas como bajo costo y fácil instalación.
- ❖ **Bomba:** tiene la función de impulsar el efluente de tilapia desde el tanque seguido de filtros para luego llegar a las tuberías de distribución.
- ❖ **Red de distribución:** el efluente es distribuido a través de una red compuesta de tuberías y mangueras de PVC.
- ❖ **Tubería Colectora:** se encarga de recoger el efluente desde los canales de cultivo y la lleva de nuevo al tanque donde se encuentra el resto del efluente de tilapia.

#### 4.8.5.2.4 Requerimientos para NFT

Para la obtención de una producción comercial exitosa, es necesario conocer los requerimientos básicos de este sistema hidropónico los cuales son:

- ✓ **Altura de la lámina del efluente de tilapia:** esta lámina no debería alcanzar una altura superior a los 4 a 5 mm.
- ✓ **Flujo del efluente de tilapia:** para el logro y mantención de la lámina del efluente de tilapia recirculante, es recomendable ajustar su flujo en aproximadamente 2 litros por minuto. Este caudal permite que las raíces de las plantas posean una oferta adecuada de oxígeno, agua y nutrientes. Sin embargo, a través del período de crecimiento del cultivo, el flujo del efluente puede aumentarse, para favorecer el contacto íntimo del efluente con las raíces, ya que éstas crecen en tal magnitud que se entrecruzan originando un conglomerado, que comúnmente se denomina "colchón de raíces".

Este "colchón" es un impedimento para el libre paso del efluente y su absorción. Además, se forman "bolsones" de solución al interior de éste, los cuales favorecen no sólo la acumulación de sales, sino también la muerte sectorizada de raíces al no recibir el efluente. Por esta razón, para especies de gran desarrollo radical (tomate, pepino por ejemplo) se hace necesario, desde el momento que se forma el "colchón de raíces hasta el fin del cultivo, aumentar la tasa de flujo sobre los 2 litros por minuto hasta visualizar que las raíces son efectivamente alcanzadas por el efluente de tilapia. Para que la solución nutritiva fluya constantemente en el sistema, se requiere que ésta sea impulsada desde el tanque hacia la parte elevada de los canales de cultivo, y luego descienda a través de ellos por gravedad. Este descenso se produce gracias a la pendiente longitudinal de los canales de cultivo. En general, se recomienda que esta inclinación sea de alrededor de un 2 %.

#### 4.8.5.3 Técnica de cultivo sustrato solido

**Chang, M. (2000)**, menciona que en este sistema se utiliza un medio sólido (sustrato) para el soporte de las raíces de las plantas el sustrato tiene varias funciones: sirve de anclaje a las plantas, protege a las raíces de la luz solar, retiene

cierta cantidad de humedad y solución nutritiva y permite la oxigenación de las raíces por medio de los espacios que se forman entre las partículas. Además en los sistemas acuaponico, el sustrato suficientemente poroso es el lugar donde se desarrollan las bacterias nitrificadoras los contenedores más utilizados en este sistema se llaman camas y se pueden observar.

El sistema de camas con sustrato sólido es el sistema más utilizado en hidroponía popular y en acuaponía. La utilización del sustrato solido evita la necesidad de construir un biofiltro, bajando así los costos de producción.

### **A. Sustrato solido**

Los sustratos son materiales sobre los cuales se desarrollan las raicea de las plantas y le sirven para sus sostén. Los a sustratos donde se desarrollan las raíces se pueden utilizar solos, pero es mejor mezclarlos para aprovechar las ventajas de la combinación.

#### **a. Características de un buen sustrato**

Las partículas que lo componen tengan un tamaño no inferior a 0.2 mm y no superiores a 7 mm.

- Que retengan una buena cantidad de humedad, pero que además faciliten la salida de los excesos de agua.
- Que no retengan humedad en su superficie
- Que no se descompongan o degraden con facilidad
- Preferiblemente que tenga coloración oscura
- Que no contengan elementos nutritivos.
- Que no contengan microorganismos perjudiciales a la salud de los seres humanos o de las plantas.
- Que no estén contaminados con residuos industriales o humanos.
- Que sean abundantes y fáciles de conseguir, transportar y manejar.
- Que sean de bajo costo

#### **b. Sustratos adecuados para el cultivo hidropónico**

**Marulanda, C.H. (1992)**, indica que los materiales que han, sido probados y que cumplen la mayoría de estos requisitos son los siguientes:

✓ **Cascarilla de arroz**

Es necesario lavarla y dejarla bien humedecida antes de sembrar o trasplantar.

✓ **Aserrín de maderas no latifoladas ni pino**

El aserrín debe ser apenas una pequeña parte (entre 15 y 20%) del sustrato que debe colocar en una cama de cultivo, pues, cantidades muy grandes de él pueden ser perjudiciales para el desarrollo de algunas plantas. Se debe utilizar aserrín de maderas finas como cedro o caoba.

✓ **Hormigón o arenas volcánicas, arena de río**

En este caso se deben lavar adecuadamente para eliminar residuos de arcillas que pueden contener en sus superficies en las pequeñas cavidades de las mismas.

✓ **Mesclas de sustratos**

Los materiales anteriormente mencionados se pueden utilizar solos, pero también algunas mezclas de ellos en diferentes proporciones han sido probadas en cultivos hortícolas de más de 30 especies.

Algunas mezclas recomendadas de acuerdo a varios ensayos en varios lugares son:

- 50% de cascarilla de arroz y 50 % de escoria volcánica
- 80 % de cascarilla de arroz y 20 % de aserrín de cedro o caoba
- 50% de cascarilla de arroz y 50 % de arena de río
- 50% de cascarilla de arroz y 50 % de arena volcánica (pómez)
- 50% de cascarilla de arroz, 40% de escoria volcánica y 10 % de aserrín.

**B. Etapas del sistema hidropónico de sustrato sólido**

La producción de hortalizas bajo el sistema en el sistema hidropónico sustrato sólido básicamente es la misma que se indicó en el sistema de raíz flotante es decir ambos sistemas (sustratos líquidos y sólidos), comparten en común la primera etapa que se refiere al semillero o almacigo.

✓ **Trasplante definitivo**

Para el trasplante se emplean recipientes de plástico o cajas de madera, los cuales se impermeabilizan por medio plástico negro. Sea cual fuere el sustrato sólido que se utilice se coloca una capa de unos 12 a 15 centímetros. Para facilidad

en el manejo a las cajas de madera se les puede colocar patas para que las plantas quede a una altura de aproximadamente unos 50 centímetros sobre la superficie del lugar donde se coloquen.

Al tener preparadas las cajas suficientes para trasplantar todo el semillero se procede a extraer las plántulas del semillero por medio de palita de mano plástica, luego se coloca en el agujero de la caja de trasplante y se tapa el agujero alrededor de la plantita con sustrato de los alrededores.

Es importante recordar que los trasplantes deben hacerse en las últimas horas de la tarde para evitar que las plantitas recién trasplantadas sufran demasiado estrés.

#### **4.8.6 Recirculación y uso de agua**

**Rakocy, JE. (1988 )**, menciona que los estudios de tasas de flujo de agua en sistemas acuapónicos son importantes debido a que se relaciona directamente con la disponibilidad de nutrientes para las plantas, un mayor flujo de agua evidencia mayor disponibilidad de nutrientes en las raíces de las plantas, mejorando la absorción directa de los nutrientes y las transformaciones producidas por las bacterias .El flujo de agua en los sistemas acuapónicos puede ser intermitente o continuo, el primero controlado mediante un sistema de temporización y el segundo de acuerdo al control de velocidad y capacidad de la bomba.

Menciona que ciclos intermitentes de circulación y drenaje permiten suministrar nutrientes en la primera fase y oxigenar en la segunda. Por otra parte en los sistemas de flujo continuo el tiempo de contacto del agua con la raíz es constante incrementando la posibilidad de absorción de compuestos, sin embargo repercute en niveles más bajos de oxígeno. El flujo de agua depende físicamente de la capacidad de la bomba y su diseño se relaciona directamente con la capacidad de funcionamiento del filtro mecánico y filtro biológico.

#### **4.8.7 Rendimiento de cultivo en sistemas acuapónicos**

**Rakocy, JE. (1988 )**, indica que encontró que ciertos nutrientes como el potasio, hierro, calcio y fosforo no son generados en los porcentajes adecuados para las plantas en los sistemas acuaponico generando un déficit en su crecimiento se puede observarse la generación promedio de macronutrientes y micronutrientes producidos

en un tanque de peces y los requerimientos necesarios para un correcto crecimiento de las plantas.

**Cuadro 05: Generación promedio de nutrientes en tanque de peces**

Macronutrientes	Concentración (mg/L)	Micronutrientes	Concentración (mg/L)
<i>N-NO3</i>	127	<i>Fe</i>	0.08
<i>N-NO2</i>	0.39	<i>Mo</i>	0.016
<i>N-NH4</i>	1.33	<i>Cu</i>	0.015
<i>P-PO4</i>	6.89	<i>Cl</i>	82.63
<i>K</i>	6.12	<i>Na</i>	62.40
<i>S-SO4</i>		165.37	
<i>Ca</i>		212.90	
<i>Mg</i>		32.33	

Fuente: Graber (2009)

#### 4.9 HIDROPONÍA

**Rodríguez, D. (2004)**, indica que una manera sencilla de definir a la hidroponía es como la técnica agrícola que permite producir plantas sin emplear el suelo. En ausencia de suelo las raíces de las plantas crecen dentro de un sustrato como arena, lana de roca etc. y se incorporan los nutrientes mediante una solución nutritiva a través del riego. Aunque literalmente se traduce como trabajo en agua ya que se deriva de los vocablos griegos hydro (agua) y ponos (labor), no es únicamente cultivar sobre agua, actualmente la tendencia es la búsqueda de sustitutos del suelo.

**Conavas, F. (2002)**, indica que con una interpretación menos estricta aplica a sistemas que emplean sustratos inertes porque estos no interfieren ni aportan elementos nutritivos a la planta más bien actúan como soporte y contenedor de las soluciones nutritivas.

**UNALM (1998)**, dice que la palabra hidroponía se deriva del griego Hydro (agua) ponos (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en el agua. La hidroponía en términos estrictos es una técnica que permite producir plantas sin emplear suelos.

**Horword (2005)**, menciona las siguientes ventajas:

- No existe la competencia de las plantas por nutrientes.
- Menor consumo de agua y fertilizantes.
- Reducción de aplicación de agroquímicos.
- La producción es intensivo o que permite tener mayor número de cosechas por año.
- Mayor calidad en el producto.
- Mayor limpieza e higiene.

Existe otras desventajas asociados en los cultivos sin suelo como la necesidad de una mayor frecuencia de riego con el problema añadido de una falla en el sistema, una mayor necesidad de agua, una mínima reserva de nutrientes no deriva de la incapacidad de algunos sustratos para fijar nutrientes, no debemos olvidar que el suelo tiene capacidad amortiguadora pero con los sustratos se paga caro.

#### **4.10 ACUICULTURA EN EL PERÚ**

**FAO (2003)**, señala que la acuicultura en nuestro país tiene un escaso nivel de desarrollo, comparado con otros países de la región y está orientada al cultivo de pocas especies. Al primer semestre de 2008 el 82,91% del área otorgada (19,110.06 ha) corresponde a la actividad acuícola marina y 17,09% (3,938.93 ha) a la actividad acuícola continental. Los cultivos más desarrollados son los de concha de abanico y langostino, cuyas producciones son destinadas principalmente a la exportación. Asimismo, el cultivo de trucha se desarrolla en las zonas alto andinas y está dirigido tanto al mercado local como al de exportación. Otras especies cultivadas en zonas tropicales son peces nativos (Gamitana, Paco y Boquichico), y su producción se orienta al mercado local. Finalmente, la tilapia es cultivada en selva alta (San Martín) para consumo local y en la costa norte del país, para mercado interno y para exportación.

**Alceste, C. (2000)**, menciona que desafortunadamente, las operaciones acuícolas también pueden producir impactos negativos en el medioambiente marino. La estrategia natural de alimentación de los peces, la densidad de los peces, la biomasa

total, la tasa de alimentación, calidad de agua y manejo del agua influye en la asimilación de nutrientes por los peces y la generación de aguas residuales. Estas se acumulan mientras la alimentación continua en el estanque de cultivo.

**Mateus J. (2009)**, indica que los sistemas acuícolas generan continuamente grandes cantidades de desechos los cuales son descargados directamente en cuerpos naturales de agua. Estos desperdicios consisten primeramente en alimento para peces no consumido, materia fecal y otras excretas. Los desperdicios son una fuente de contaminación de nutrientes carbono, Nitrógeno y Fósforo.

**FAO (2008)**, define la acuicultura como la explotación de organismos acuáticos, incluyendo peces, moluscos, crustáceos y plantas acuáticas, la acuicultura se asemeja mucho más a la agricultura y a la ganadería que a la pesca, pues implica la cría y el manejo de los recursos acuáticos vivos en un medio ambiente restringido.

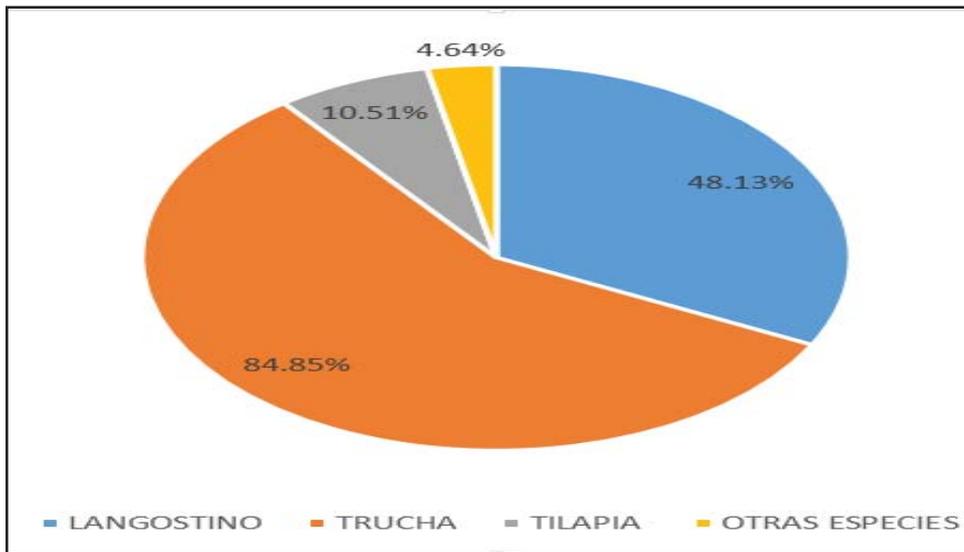
La acuicultura ha sido desarrollada para servir los más variados propósitos. En la actualidad, sus objetivos más frecuentes son:

- La producción de alimentos de alto valor nutritivo para el consumo humano;
- La contribución a la formación del ingreso y a la creación de empleo rurales;
- El mejoramiento de la captura y la pesca deportiva;
- El cultivo de especies ornamentales con propósitos estéticos;
- El control de malezas acuáticas o los riesgos de plagas y enfermedades, tanto para la agricultura como para los seres humanos,
- La desalinización y otras formas de recuperación de suelos agrícolas.

#### **4.10.1 Producción acuícola**

**FAO (2008)**, La producción acuícola nacional en el 2009, alcanzó las 43,458.65 toneladas. Además, la producción de origen marino para el 2009, ascendió a 26,234.57 toneladas (60.37%) y la de origen continental fue de 17,224.08 toneladas (39.63%). En el ámbito marino predomina el cultivo de concha de abanico que representa el 51.87% de la producción y el cultivo de langostinos que representa el 48.13%; mientras que en el ámbito continental predomina la producción de trucha con un 84.85%, seguido de la tilapia con 10.51% y otras especies con 4.64%.

**Figura 03 Producción de acuicultura por especie año 2009**



Fuente: FAO (2009)

#### **4.11 DESCRIPCIÓN DE LA ESPECIE**

##### **4.11.1 Tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

**Morales, A. (1991)**, menciona que la tilapia, es un pez nativo de África que ha sido introducido a muchos países del mundo. Es resistente a enfermedades, se reproduce con facilidad, consume una gran variedad de alimentos y tolera aguas con bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

Comúnmente, es cultivada en estanques, jaulas y arrozales inundados. La mayoría de las especies de tilapia pueden crecer en aguas salobres y algunas se adaptan al agua de mar. Todas estas características hacen que la tilapia sea una especie de cultivo apta en la mayoría de los países tropicales.

La tilapia, *Oreochromis niloticus* se cría cada vez más en condiciones ambientalmente controladas en climas templados. Se considera en general la mejor especie para la acuicultura de agua dulce, presenta muchos atributos adecuados para su domesticación y cría entre ellos la buena calidad y el sabor de su carne, tiene gran tolerancia a distintos entornos, resistencia a enfermedades habituales de los peces y relativa facilidad de reproducción.

#### 4.11.2 Clasificación científica

**Rakocy J.E., (1997)**, nombra y da la siguiente clasificación taxonómica:

Phylum	:	Vertebrata
Clase	:	Teleostei
Orden	:	Perciformes
Suborden	:	Percoides
Familia	:	Cichlidae
Género	:	Oreochromis
Especie	:	<b><i>Oreochromis niloticus</i></b> <b><i>Tilapia</i></b>

Actualmente se cultivan con éxito unas diez especies. Como grupo las tilapias representan uno de los peces más ampliamente producidos en el mundo.

Las especies más cultivadas son :

- ***O. aureus***
- ***O. niloticus***
- ***O.mossambicus***

#### 4.11.3 Generalidades de la especie

**Morales, A. (1991)**, señal que su tamaño y peso máximo es de 80 cm y hasta 5 kg. Su peso promedio es de 0.18 a 0.27 kg en reservorios. El tamaño y peso comercial es de 20 a 30 cm y de 0.22 a 0.45 kg. Para un adecuado cultivo se necesita una temperatura del agua de 23 a 35°C.

En cuanto al hábitat es una especie de ambientes lenticos (lagos, lagunas e incluso reservorios), aunque también se le encuentra en algunos ambientes loticos (ríos y riachuelos).

Las características biológicas de la especie son las siguientes: se desarrollan bien en agua dulce y salobre, son especies rústicas y de alimentación omnívora, acepta alimento balanceado. Se reproduce a partir de los 4 meses de edad y desova parcialmente cada 2 ó 3 meses, los machos crecen mejor que las hembras, por lo que es preferible los cultivos de mono sexo, es por esto que se realiza la producción de súper machos o se efectúa la reversión a machos aplicando hormonas en el alimento en los primeros 30 días de nacidos.

#### 4.11.4 Parámetros físico-químicos del agua

**Morales (1991)**, establece que los parámetros físico-químicos del agua para el cultivo de tilapia son los siguientes:

- ✓ **Temperatura:** rango entre 22 a 26°C, fuera de este rango decae la actividad metabólica de los peces.
- ✓ **pH:** rango entre 5 a 9, siendo ideal 7. Valores fuera de este rango ocasionan aletargamiento, disminución en la reproducción y el crecimiento. Para mantener el pH en este rango, es necesario encalar cuando esté ácido o hacer recambios fuertes de agua y fertilizar cuando este se torna alcalino.
- ✓ **Oxígeno disuelto:** mayor a 4 ppm. Existe una estrecha relación entre la concentración de oxígeno y la temperatura. En las noches los niveles de oxígeno pueden descender a menos de 2 ppm razón por la cual los peces reducen el metabolismo. Este parámetro debe ser observado para determinar la densidad de siembra previendo así el recambio de agua necesario o la aireación suplementaria.
- ✓ **Dureza:** debe ser mayor a 60 ppm
- ✓ **CO<sub>2</sub>:** debe ser menor a 20 ppm.
- ✓ **Amonio:** Es un producto de la excreción, orina de los peces y descomposición de la materia (degradación de la materia vegetal y de las proteínas del alimento no consumido). El amonio no ionizado (forma gaseosa) y primer producto de excreción de los peces, es un elemento tóxico.

Los valores de amonio deben fluctuar entre 0.01 ppm a 0.1 ppm (valores cercanos a 2 ppm son críticos). El amonio es tóxico, y se hace más tóxico cuando el pH y la temperatura del agua están elevados, los niveles de tolerancia para la tilapia se encuentra en el rango de 0.6 a 2.0 ppm.

**Cuadro N°06 Niveles de toxicidad de nitrógeno amoniacal en peces.**

TOXICIDAD	Nh <sub>3</sub> mg/l	Nh <sub>4</sub> mg/l
Óptimo	0.00	0.00-0.4
Aceptable	0.006	1.0
Aceptable por 15 días	0.025	1.6
Mortalidad total	0.08	3.0

*Fuente: Guerra, H. et al 2006.*

✓ **Nitritos.**

**Kubitza, (2000)**, menciona que es un parámetro de vital importancia por su gran toxicidad y por ser un poderoso agente contaminante. Se generan en el proceso de transformación del amoníaco a nitratos. La toxicidad de los nitritos depende de la cantidad de cloruros, temperatura y concentración de oxígeno en el agua.

Es necesario mantener la concentración por debajo de 0.1 ppm, haciendo recambios fuertes, limitando la alimentación y evitando concentraciones altas de amonio en el agua.

✓ **Nitratos.**

**Kubitza, (2000)**, menciona que los nitratos son el producto final de la nitrificación y el menos tóxico de los metabolitos nitrogenados. Es el producto de la actividad de las bacterias nitrificantes nitrobacter, las cuales transforman el  $\text{NO}_2$  en nitrato ( $\text{NO}_3$ ). Se han reportado que concentraciones de hasta 200 mg/L son toleradas de buena manera por los peces y sólo cuando la exposición es prolongada puede llegar a causar daños en el sistema inmunológico aumentando su vulnerabilidad ante cualquier ataque de enfermedades.

#### **4.11.5 Factores para la selección de la especie a cultivar**

- Curva de crecimiento rápida
- Hábitos alimenticios adaptados a dietas suplementarias que aumenten los rendimientos (facilidad de administrar alimentos balanceados).
- Tolerancia a altas densidades de siembra, debido a los altos costos de adecuación de terrenos e insumos.
- Tolerancia a condiciones extremas: resistencia a concentraciones bajas de oxígeno, niveles altos de amonio, valores bajos de pH.
- Fácil manejo: resistencia al manipuleo en siembra, transferencias, cosechas, manejo de reproductores.

#### **4.11.6 Manipulación**

**Aguilera, P. y Noriega, P. (1985)**, mencionan que el empleo de mallas suaves es la forma más recomendable de manipular alevines, dado que evita el contacto directo y permite un manejo rápido de gran volumen de animales. Los métodos desde la orilla

son los más indicados, pero también se pueden realizar barridas totales de los estanques de reproducción.

#### **4.11.7 Siembra.**

**Aguilera, P. y Noriega, P. (1985)**, mencionan que es importante tener en cuenta para la siembra de semilla los siguientes aspectos: Conteo preciso de una muestra o del total de la semilla (volumétrico, por peso o manual, es decir conteo individuo por individuo).

Aclimatación de temperatura: el agua de las bolsas de transporte de alevines se debe mezclar por lo menos durante 30 minutos con el agua del estanque

Que se va a sembrar.

#### **4.11.8 Alimentación**

**Aguilera, P. y Noriega, P. (1985)**, señalan que es necesario utilizar un alimento de alto contenido proteico (45%), energético y que sea tamizado para asegurar un consumo uniforme y fácil por parte del alevín. En general, el tamaño de la partícula que se debe suministrar durante el período de reversión debe estar entre los 0.5 y 0.8 milímetros.

El éxito de la actividad piscícola depende de la eficiencia en el cultivo, principalmente del manejo del alimento y técnicas de alimentación considerando la calidad y cantidad del alimento suministrado. La tilapia es omnívora y su requerimiento y tipo de alimento varían con la edad del pez. Durante la fase juvenil pueden alimentarse tanto de fitoplancton, zooplancton así como pequeños crustáceos.

#### ✓ **Forma de alimentar.**

Las formas de alimentación dependen directamente del manejo, el tipo de explotación, la edad y los hábitos de la especie. Entre las más comunes tenemos:

##### **- Alimentación en un solo sitio**

Es una de las formas menos convenientes de alimentar por la acumulación de materia orgánica en un solo lugar y la dificultad para que coma toda la población de peces que constituyen el lote, lo que hace que gran parte del alimento sea consumido solamente por los más grandes y se incremente el porcentaje de peces pequeños. Este tipo de alimentación en un solo sitio, es altamente eficiente en

sistemas intensivos (300 a 500 peces m).La alimentación en una sola orilla es un sistema adecuado para animales de 1 a 50 gramos, ya que no les exige una gran actividad de nado y permite realizar una alimentación homogénea y eficiente.

- **Alimentación en "L". (Dos orillas del estanque).**

Este sistema de alimentación es sugerido para animales de 50 a 100 gramos, el cual se realiza en dos orillas continuas del estanque. Lo más recomendable es alimentar en la orilla de salida (desagüe) y en uno de los dos lados, con el fin de sacar la mayor cantidad de heces en el momento de la alimentación.

- **Alimentación periférica**

Se realiza por todas las orillas del estanque y se recomienda para peces mayores a 100 gramos, dado que por encima de este peso se acentúan los instintos territoriales de estos animales, en varios sitios del estanque.

- **Alimentadores automáticos**

Existen muchos tipos de comederos automáticos, como el de péndulo, con timer horario (reloj automático), con bandejas, etc. Sin embargo, por su costo elevado se convierten en sistemas antieconómicos y sirven solamente en explotaciones donde se sobrepase la relación costo beneficio.

#### **4.11.8.1 Descripción de los alimentos balanceados para tilapias**

**Nicovita (2002)**, menciona los siguientes alimentos descritos a continuación:

**a) Alimento de inicio**

Que el alimento completo con 40% de proteína como mínimo, diseñado y fabricado para alevines de tilapia, cuyos índices de crecimiento se incrementan rápidamente. Contiene proteína de óptimo valor biológico, debido a su estricta y rigurosa formulación; permitiendo un rápido crecimiento y una baja mortalidad, lo que refleja al final una mejor conversión alimenticia.

**b) Alimento de crecimiento**

Alimento completo con 35% de proteína como mínimo, dependiendo de la temperatura y el manejo, con densidad de 25 a 50 peces por m<sup>2</sup>, diseñado y fabricado para crecimiento 1 y crecimiento 2 de tilapia, cuyos índices de crecimiento

se incrementan rápidamente. Contiene proteína de óptimo valor biológico, debido a su estricta y rigurosa formulación; permitiendo un rápido crecimiento y lo que refleja al final una mejor conversión alimenticia.

**c) Alimento acabado**

Alimento completo con 30% de proteína como mínimo, diseñado y fabricado para tilapias pre comercial y comercial, desde los 80 gramos hasta el peso de cosecha, se sugiere suministrar el alimento entre 2 y 4 veces por día.

✓ **Ingredientes principales**

Subproductos de molinería, torta de soya 48, harina integral extruida de soya, harina de pescado prime, harina de maíz, aceite vegetal y de pescado, carbonato de calcio, vitaminas – minerales, cloruro de colina 60%, cloruro de sodio, antifúngico, antioxidantes y promotores orgánicos de crecimiento.

**4.11.9 El mercado**

**4.11.9.1 Principales productores**

**FAO (2009)**, menciona que el anuario de estadística de pesca y acuicultura los cinco principales productores de tilapia en el año 2009 concentraron el 93,20 % de la producción. La producción de China de 1.257.978 toneladas representa el 49.47 % del total de la producción .En china el consumo es bastante alto por esa razón su producción se destina principalmente a satisfacer su mercado interno.

A nivel de Latinoamérica Ecuador fue el más importante productor en el año 2009 con una producción de 37.461 toneladas, luego sigue costa rica con 18.909 toneladas Colombia con 19.232, el Salvador con 1.261.

## **V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

**5.1 Tipo de investigación:** Es de tipo experimental.

### **5.2 Ubicación espacial**

La investigación ha sido realizada en el sector de Rosario Mayo perteneciente al distrito de Echarati, perteneciente a la Provincia de La Convención, región Cusco.

#### **5.2.1 Ubicación política**

Departamento : Cusco.  
Provincia : La Convención.  
Distrito : Echarati  
Sector : Rosario Mayo

#### **5.2.2 Ubicación Hidrográfica**

Vertiente : Atlántico  
Cuenca : Vilcanota  
Microcuenca : Rosario Mayo

#### **5.2.3 Ubicación geográfica**

Longitud : 72°39'09.7931 longitud oeste  
Latitud : 12°46'32.7827 latitud sur  
Altitud máxima : 2345 m.s.n.m.

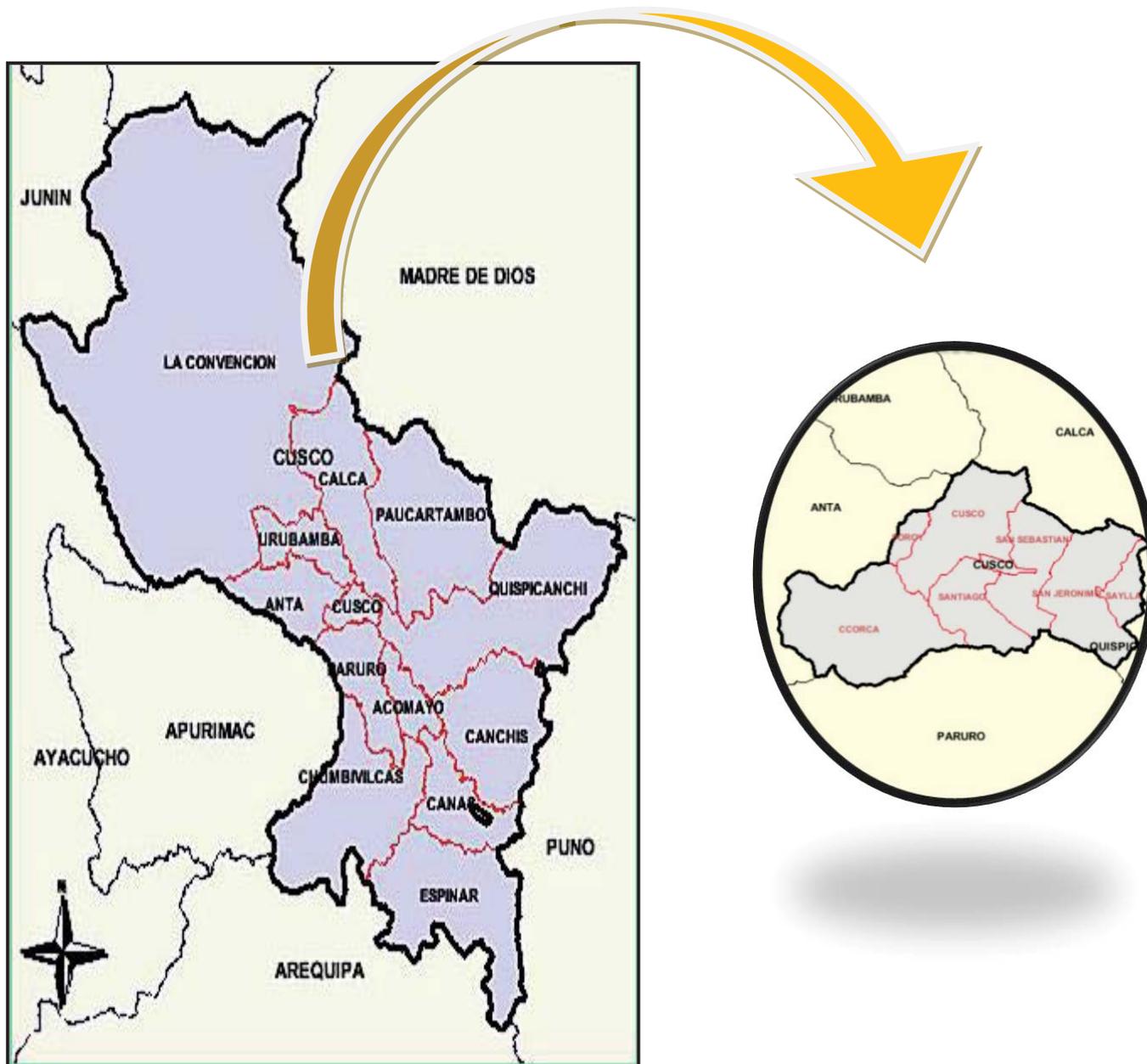
#### **5.2.4. Ubicación Ecológica**

**Zona de vida** : Bosque húmedo sub tropical (bh – st)

### **5.3 Ubicación temporal**

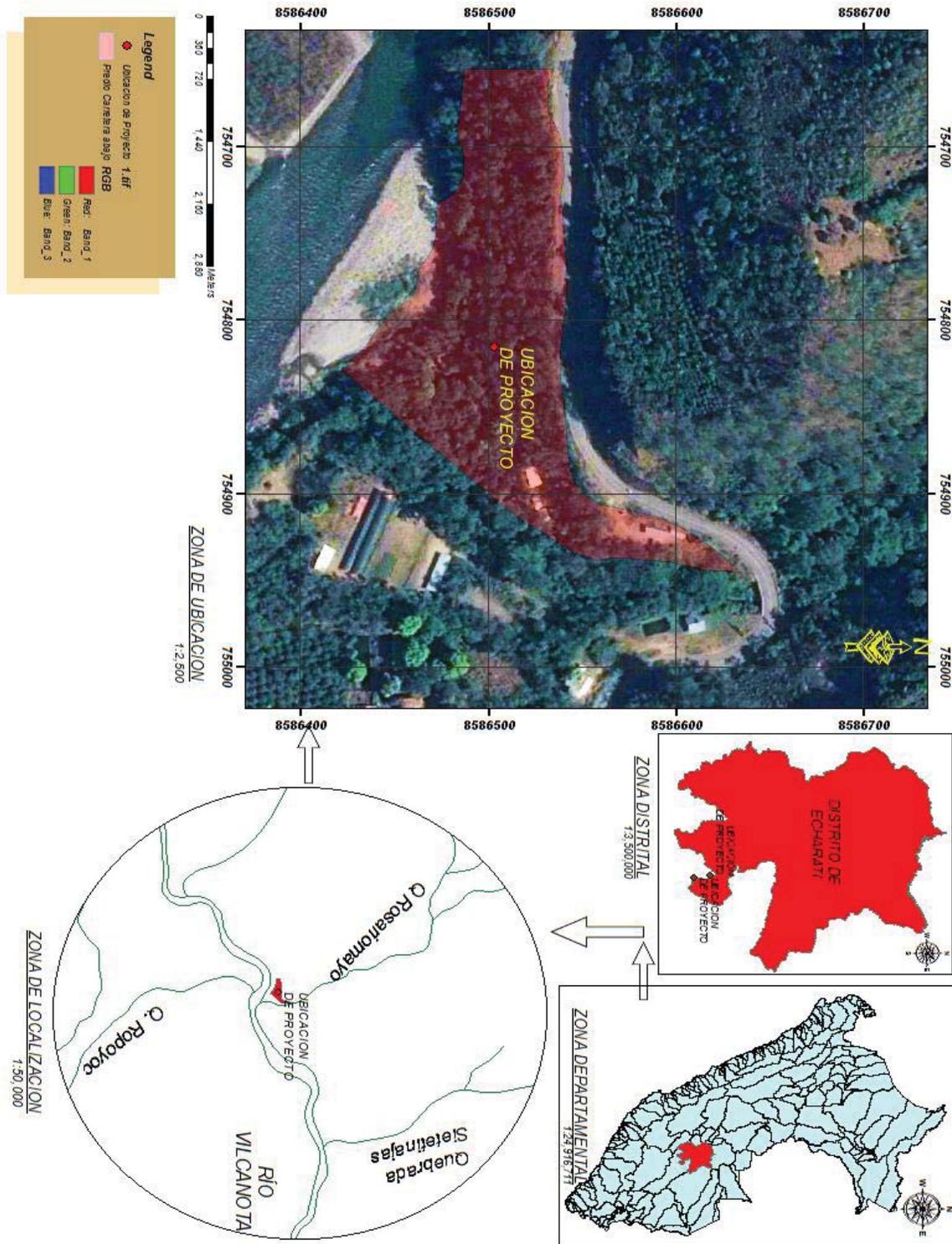
El presente trabajo se dio inicio en diciembre del 2017 y culminó en febrero del 2018 del presente año.

# MAPA N° 01 DEL DEPARTAMENTO DEL CUSCO



Fuente : Municipalidad del Departamento del Cusco

## MAPA N° 02 UBICACIÓN DEL EXPERIMENTO SECTOR DE ROSARIO MAYO EN EL DISTRITO DE ECHARATI



Fuente: Municipalidad Distrital de Echarati

## **5.4 MATERIALES Y METODOS**

### **5.4.1 Material Gabinete**

- Materiales de escritorio
- Cámara fotográfica
- Computadora
- Impresora
- Engrampador

### **5.4.2 Materiales de Campo**

#### **5.4.2.1 Herramienta**

- Cinta métrica
- Machete
- Martillo
- Pico
- Pala
- Carretilla
- Vasos descartables grandes
- Libreta de campo
- Agua

#### **5.4.2.2 Materiales para la Instalación S.A**

- Tubo PVC
- Container
- Bidones
- Malla rashell
- Manguera
- Silicona
- Plástico
- Rafia
- Camas de madera

- Cama de tubo PVC (NFT)

#### **5.4.2.3 Material genético**

- Semilla de lechuga (*Lactuca sativa l.*) variedad verónica
- Tilapia (*Oreochromis niloticus*) pez.

#### **5.4.3 Equipos**

- Medidor de pH
- Bomba de 360 lt/ h
- kisp para análisis de agua
- Balanza electronica
- Aereador

#### **5.4.4 Herramientas**

- Cinta métrica
- Alicata
- Martillo
- Engrampador
- Silicona
- Pico
- Pala

#### **5.4.5 Materiales para el fluido de efluente de la tilapia**

- Bomba sumergible de 60 w
- Manguera de polietileno 16 mm
- Válvula de ramal polietileno 16 mm
- Filtro de malla 1 “
- Unión universal 1”
- Tubo PVC 2”
- UPR de PVC de 1”
- Tubo de 1/2 de agua
- Tubo 1 “
- Conectores 2”

- Tapón de 1" de PVC de presión

#### **5.4.6 Materiales de Gabinete**

- Computadora
- Calculadora
- Programa de procesamiento de datos
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Otros

#### **5.4.7 Instalaciones**

- Camas para el sustrato.
- Sistema eléctrico

### **5.5 METODOLOGIA**

#### **5.5.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACION**

Para el desarrollo de la investigación se optó por el enfoque cuantitativo, ya que se empleó la estadística para el procesamiento de la información.

#### **5.5.2 DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el presente trabajo de investigación se utilizó un diseño de Bloques Completamente al Azar con 4 tratamientos y con 3 repeticiones por tratamiento, los cuales fueron distribuidos al azar con un total de 12 unidades experimentales.

Los resultados obtenidos fueron procesados utilizando el análisis de varianza y la prueba de tukey, mediante el programa de statgrafic.

Durante la instalación del experimento los bloques fueron distribuidos en tres filas paralelas Bloque I, Bloque II, Bloque III tal como se muestra en el grafico respectivo.

Con la finalidad de obtener una información correcta del error experimental de los tratamientos.

**Cuadro 07** Tratamiento en estudio

N°	CLAVE	TECNICA DE CULTIVO	VARIEDAD
1	S1	NFT(Nutrient film technique )	
2	S2	Sustrato grava	Lechuga Var.veronica
3	S3	Raíz flotante	
4	S4	Testigo	

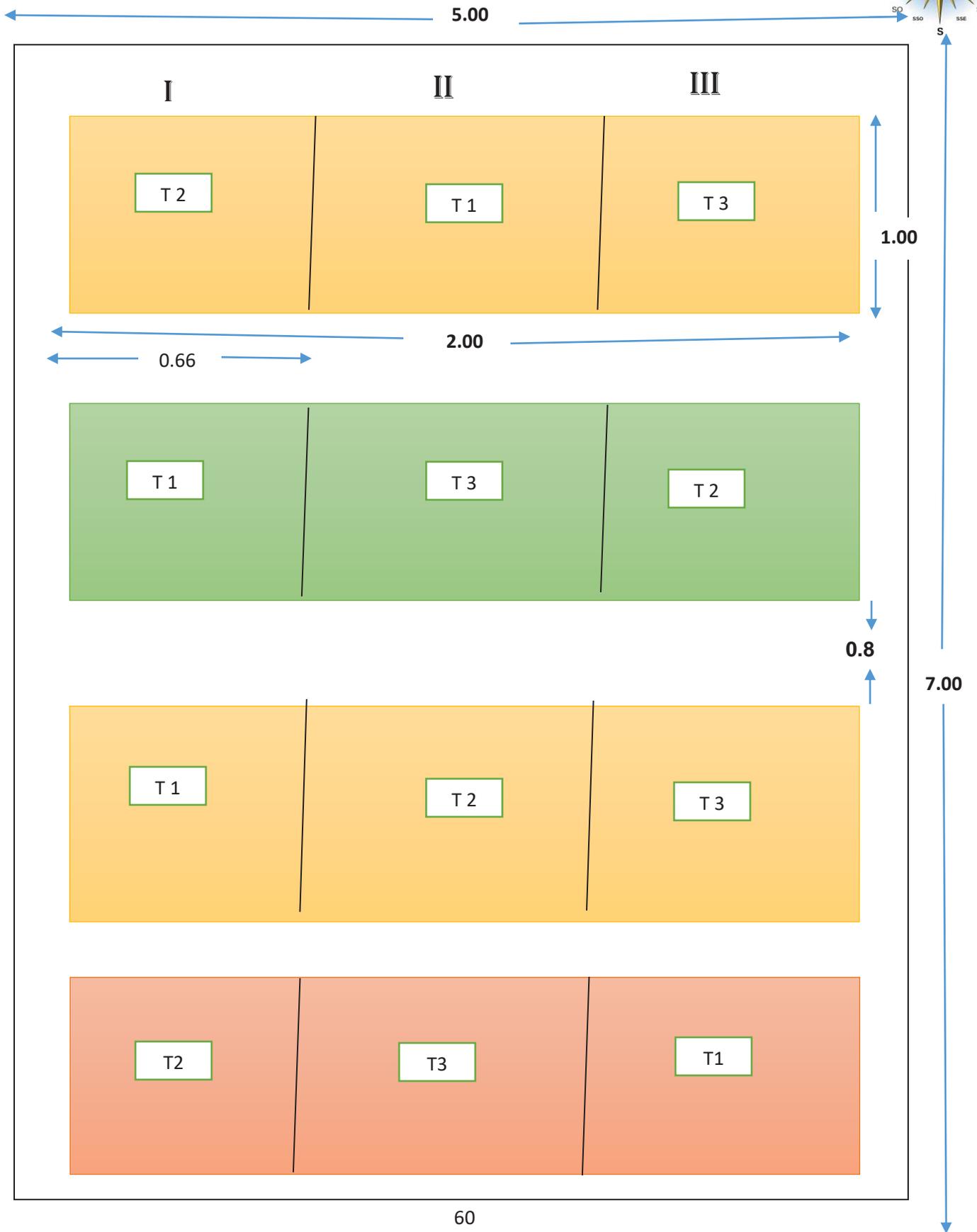
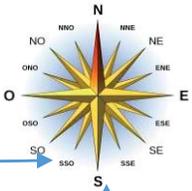
*Fuente:* propia

### **5.5.3 CROQUIS Y DISPOSICIÓN DEL EXPERIMENTO**

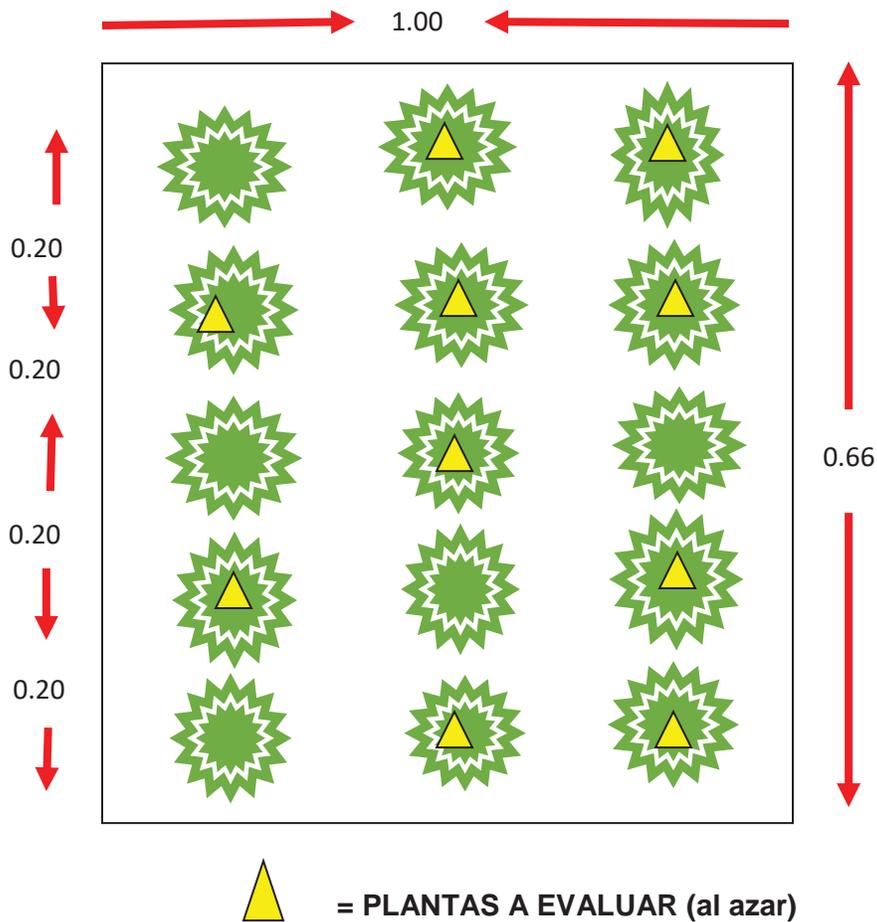
El diseño de la investigación es de Bloques Completamente al Azar con 3 repeticiones, siendo 12 las unidades experimentales, los cuales fueron dispuestos de la manera siguiente:

- ❖ Área Total del experimento : 35 m<sup>2</sup>
- ❖ Número de unidades experimentales : 12
- ❖ Área de la Unidad Experimental : 0.66 m<sup>2</sup>
- ❖ Número total de tratamientos : 4

Grafico N° 03 Disposición de unidades experimentales en campo



**Gráfico 04: Diseño de la Unidad experimental**



Una unidad experimental con sus respectivas plantas a evaluar para cada tratamiento en estudio.

## 5.6 INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Siendo de importancia estas labores para el experimento se realizó y se condujo bajo cobertura parcial de sombra a fin de evitar la fuerte radiación solar directa a las plántulas, en el momento del trasplante de las plántulas de lechuga a las diferentes técnicas de cultivo en el sistema acuaponico. La secuencia de las labores culturales son las siguientes:

### A. Instalación de la cubierta

Se realizó esta actividad con las medidas requeridas y se cubrió con un material translucido, malla rashell color verde para un adecuado manejo y permita la entrada parcial de la luz.

## **B. Construcción e instalación de las cajas hidropónicas**

Se realizó esta actividad utilizando madera material principal con el cual se construyeron las camas hidropónicas, esta puede provenir de aserraderos, depósitos de materiales, madera de desecho, etc., el plástico utilizado es de color negro para impermeabilizar la caja de madera y su función para evitar el humedecimiento y pudrición e impedir la fuga de agua, también el color negro evita la formación de algas y dar mayor oscuridad a la zona de las raíces de las plantas, las cajas tienen un área de 1m<sup>2</sup>.

- **Procedimientos:** Los materiales y formas de construir las cajas hidropónicas de 2m<sup>2</sup> fueron los siguientes:

**Paso N°1** Se procedió a medir y cortar las tablas de 1m<sup>2</sup> de largo para la base y para las paredes de la caja hidropónicas de 2m<sup>2</sup> de largo y se utilizó listones de 0.9 m para las patas.

**Paso N°2** Luego se procedió a clavar las tablas formando una plataforma de 2 m<sup>2</sup> acompañado de las patas quedando un área de 2m<sup>2</sup> con una altura de 0.20 m.

**Paso N°3** Se limpió las impurezas del interior de las cajas hidropónicas para cubrir con el plástico toda la cama hidropónica.

**Paso N°4** Ya terminada las cajas se procedió a medir y hacer los agujeros en el tecnopor, la que sirvió para tapar la cama de raíz flotante y base para las plantas.

En este experimento se utilizó 1000lt de agua para la crianza de tilapia y hacer recircular el agua para que las plantas de lechuga se desarrollen.

**Fotografía N° 01** Construcción de la cama de madera



**Fotografía N° 02** Construcción de soporte de madera para los biofiltros



**C. Compra de materiales e insumos (contenedores de plástico)**

Se realizó la compra de contenedores de plásticos que no hayan sido empleados para transportar sustancias tóxicas o peligrosas, pues estas podrían perjudicar la

salud de las personas, los peces y las plantas. La mejor opción son aquellos contenedores utilizados para transportar alimentos.

Se hizo la compra de contenedores de 1000lt de agua para la crianza de peces (tilapia) y para los biofiltros de 70 lt y 20 lt, también se utilizó bidones de 200lt para la recirculación del agua hacia el tanque de los peces.

La eliminación de la parte superior puede ser total o parcial (tanque de peces), lo importante es que la abertura sea lo suficientemente amplia como para permitir la liberación de los peces, la limpieza del tanque, la captura de los peces que se quieren cosechar, la remoción de los peces muertos, como el adecuado mantenimiento del tanque. Una vez escogido el tanque se procede a realizar una apertura en la parte superior.

**Fotografía N° 03** Desinfección del tanque y bidones de agua



#### **D. Instalación de las conexiones de tubos a las diferentes técnicas de cultivo**

Se realizó esta actividad una vez adquirido los materiales y las camas que se hizo de madera, se procedió a realizar las instalaciones de los tubos desde el tanque de los peces hacia las técnicas de cultivo a continuación detallo cada paso:

❖ **Tanque de peces:**

**Paso N°1** Se procedió a realizar una perforación a una altura de 0.90 m del tanque de peces para luego colocar un tubo de 3 “acompañado de un codo de 3”, para luego instalar los bidones de sedimentación y biofiltros .

**Paso N°2** Luego se colocó un sifón desde el interior (centro) del tanque a una altura de 0.90 m.

**Fotografía N° 04** El tanque de peces y sus conexiones



❖ **Sedimentador:**

**Paso N°1** Se procedió a colocar un cilindro de 200 lt. a lado del tanque de los peces, lo cual se hizo la conexión con codos dos y un tubo de 3“de 1m de largo, se hizo un agujero en la base del cilindro para luego instalar una llave para su desfogue .

**Paso N°2** Luego de tener listo estas conexiones con el tanque de los peces y el cilindro de 200lt se procede hacer un agujero en la parte del costado (media ) que estas se conectan al biofiltro1( chapas de gaseosa) y luego al biofiltros 2 .

## Fotografía N ° 05 Conexiones del sedimentador al biofiltro 2



### E. Construcción e instalación de la técnica de cultivo NFT (solución nutritiva recirculante)

Consistió en recircular continuamente el efluente de tilapia por una serie de canales de PVC de forma rectangular, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas, y estos canales están apoyados sobre caballetes con una ligera pendiente o desnivel que facilita la circulación de la solución, donde se pueden distinguir los siguientes elementos principales:

- Tuberías de distribución
- Canales de cultivo
- Tubería colectora

#### ✓ Procedimientos:

**Paso N° 1** Se procedió a medir y cortar listones de 0.9 m para las patas (armazón) y un tabla 1.5 m de largo con agujeros de media luna para que encaje los tubos y sea soporte.

**Paso N°2** Luego se procedió a cortar los tubos de 3m de largo a 1.50 m de largo, se utilizó tres tubos de desagües.

**Paso N° 3** Se utilizó taladro para perforar en forma circular los tubos para luego colocar los vasos descartables.

**Paso N° 4** Se hizo las conexiones desde los biofiltros hacia los tubos de NFT también se hizo conexiones de entrada y salida del agua de los tubos para que el agua pueda recircular, se utilizó silicona para poder cubrir los tubos y conectar los tubos transparentes 1/4 hacia el tubo de 3”.

Esta técnica de cultivo NFT consta de distintos materiales como son tubos, codos, tes, silicona, etc.

**Fotografía N°04** Instalación de los tubos, desde los biofiltros a la tecina de cultivo NFT.



#### ❖ **Técnica de Raíz flotante**

Pasos a seguir:

**Paso N°1** Se procedió con la instalación, el tubo de 2” que procede del biofiltros 2 que conecta al NFT, esta se dirige a la cama de raíz flotante donde se conecta mediante una llave de paso y un conector, consta de 2 conectores al ingresar el agua y al salir el agua donde se puede verificar notablemente.

**Paso N° 2** Luego se realizó el procedimiento de salida de agua procedente del desfogue esta se dirige a un tanque de 200lt para luego recircular al tanque de peces.

**Fotografía N° 05** Cama de raíz flotante y sus conexiones



#### ❖ **Técnica de cultivo grava**

Pasos a seguir:

**Paso N°1** Se realizó las conexión a la cama de grava utilizando tubos PVC, se realizó entre el biofiltros 1 y el biofiltros 2 en la parte media se realizó un corte y se colocó una te ,y se colocó un tubo de 3” que esta conduce hacia las camas de grava donde se colocó una reducción con un codo y tubo de 2 mt de largo de 2” y que estas a su vez tendrían dos salidas de agua que se dirigen al cultivo de lechuga para su posterior aprovechamiento del efluente de tilapia ,la cama de grava tiene 2 perforaciones en la base donde se colocó 2 conectores más 2 UPR donde estos actúan como sifones ,en la parte interior de la cama donde los agujeros se realizó se coloca un tubo de 10 cm de alto de 3” y por dentro un tubo de 2” de 9.5 cm de alto y por la parte inferior de las camas de grava se coloca un tubo de 2” conectada al conector donde esta servirá como la conexión de desfogue del sifón hacia un cilindro de 200lt colocada en el suelo para recibir cada fluido de agua de las técnicas de cultivo (NFT,cama de grava, raíz flotante) donde el agua es enviada desde el cilindro

ubicada en el suelo hacia los tanques de los peces así recirculando diariamente el efluente de la tilapia .

**Fotografía N°06** Las conexiones de tubos a la cama de grava



#### **E. Siembra de los peces tilapia (*Oreochromis niloticus*)**

Se realizó con peces de tilapia fueron los primeros organismos en entrar al sistema, sus excretas favorecieron la colonización de las bacterias nitrificadoras que a su vez crearon las condiciones óptimas para la siembra de las plantas. Se sembraron los peces a una densidad de 25 peces para el sistema acuaponico el volumen de agua promedio de 1 m<sup>3</sup> del tanque. Los peces sembrados fueron de 10 cm de largo con un peso de 80 gr.

## Fotografía N°07 Selección de tilapias para la siembra en tanque



### F. Alimentación

Se utilizó alimento concentrado peletizado extruido formulado especialmente para peces, marca Puritilapia (para crecimiento). El concentrado estuvo compuesto nutricionalmente por:

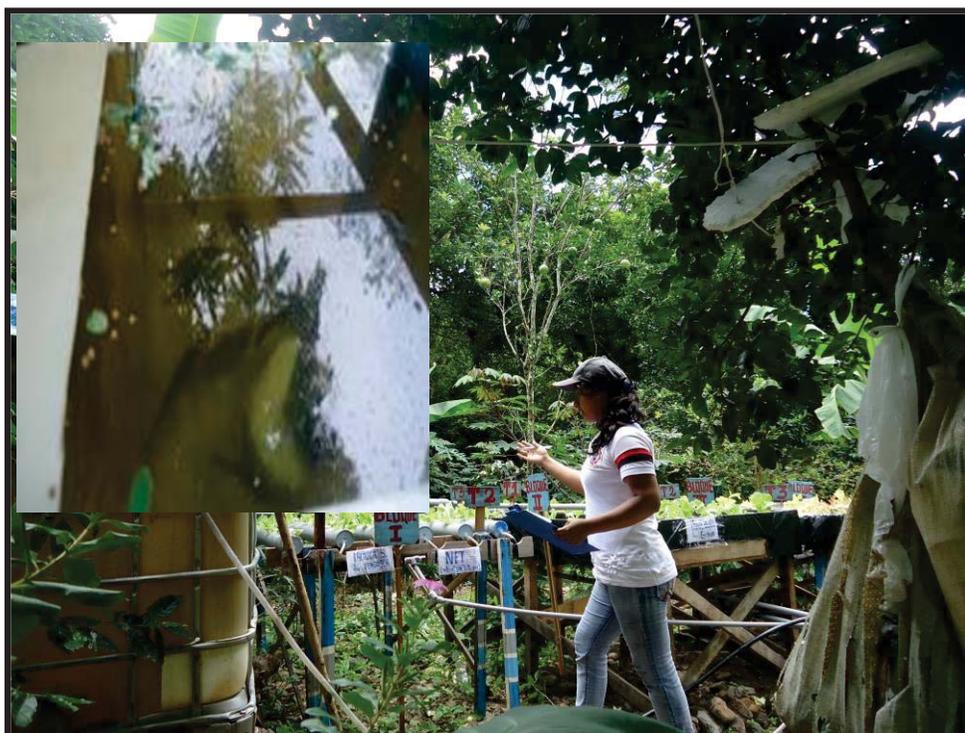
- ❖ Proteína min 32 %
- ❖ Grasa min 7.0 %
- ❖ Fibra max 5.0 %
- ❖ Humedad max 14 %
- ❖ Ceniza max 14%

El mismo viene presentado en sacos de 40 kg a un costo de S/. 120 por saco. La alimentación se realizó por un periodo de 2 meses, dos veces al día en horas de la mañana 7:00 am y 4:00 pm. El alimento fue esparcido al voleo para que su distribución sea homogénea en la superficie del agua logrando minimizar las situaciones de competencia durante la alimentación. Se alimentó hasta que los peces ya no consuman el alimento suministrado, luego se anotó el alimento consumido para llevar un registro diario.

**Fotografía N°08:** Alimento para peces (crecimiento)



**Fotografía N°09** Registrando datos en campo



## G. Las bacterias y la calidad del agua

Se utilizaron bacterias nitrificadoras (*Nitrosomonas sp.* y *Nitrobacter sp.*), una vez liberados los peces en los tanques, las excretas que ellos produjeron aumentaron el nivel de amonio, siendo las bacterias *Nitrosomonas sp.*, las primeras que colonizaron el sistema y las encargadas de transformar el amonio en nitritos, este punto comenzó a aparecer las bacterias *Nitrobacter sp.*, que transformaron los nitritos en nitratos.

El sistema maduro cuando los niveles de amonio y nitritos son bajos y se dispara el nivel de los nitratos, este es el momento donde se sembró las plantas. Donde la concentración de nitratos fue de 40 ppm o ml para sembrar.

**Fotografía N° 10** Bacterias nitrificadoras presente en el sedimentador



Los parámetros químicos a medir fueron: pH, nitritos, nitratos, amonio disuelto para saber la calidad de agua adecuada. Son compuestos principalmente por pequeñas botellas que contienen las soluciones indicadoras, tubos de ensayos, pipeta y tabla de colores con los niveles de pH y concentraciones mg/l de nitrito, nitrato, amonio y la temperatura del agua mediante un termómetro digital.

Para realizar la medición de los parámetros indicados, se extrajo agua del tanque de peces, mediante la ayuda de una jeringa de 5 ml, se llenó dos frascos con

5 ml de agua en ambos (frasco n° 1 muestra en blanco y frasco n° 2 muestra en análisis). Luego en el frasco n° 2 se aplicó las gotas y cucharillas de reactivos en polvo, en la cantidad que indica el envase, se agito y se comparó el color obtenido con la tabla de colores. Para realizar la lectura. Para evaluar el parámetro físico (la temperatura del agua) se utilizó un termómetro digital. Las evaluaciones de los parámetros fisicoquímico fueron cada 10 días y se llevaron registro de los datos obtenidos, se graficó en una hoja de Excel para tener una mejor lectura e interpretación de las condiciones fisicoquímicas del agua.

✓ **Las principales rutinas diarias son las siguientes:**

- Alimentación de los peces.
- Remoción de peces muertos.
- Control del nivel del agua y llenado del faltante.
- Control de fugas en las tuberías.
- Control de las entradas y salidas del agua, para verificar el normal flujo de agua y que no se presentaran obstrucciones.

✓ **Las rutinas semanales:**

- La medición de la temperatura con un termómetro digital.
- limpieza de los tanques

## **I. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO EN EL CULTIVO DE LECHUGA**

Se realizó las conexiones de tubo y las camas de las técnicas de cultivo para el buen funcionamiento del sistema acuaponico se procedió a iniciar los trabajos en el cultivo el cual se dio en varias etapas.

❖ **Semillero o almacigo.-** Se realizó la germinación de las semillas de lechuga se sembró en bandejas 96 tubetes, almacigo y en caja para obtener plántulas con buen desarrollo radicular, utilice sustrato pre fabricado Nec Plant, se llenó los tubetes para luego proceder al sembrío.

❖ **Siembra.-** se realizó la siembra en cada tubete y en el almacigo se realizó al boleó la siembra .

### ❖ Germinación de las plántulas y cuidado en el semillero

Se realizó la germinación de la semilla de lechuga variedad verónica (crespa) luego a la semana a una germinación completa.

- Una vez terminada la germinación se retiró la paja, y a partir de la siembra y durante los 25 días en la bandeja y almaciguera se procedió a regar de manera interdiaria.
- Diariamente se revisó las plántulas en el semillero a fin de controlar la presencia de plagas y enfermedades durante los 25 días durante la fase de las plántulas en almacigo y bandeja que se utilizó.
- Durante los días de crecimiento las plántulas de lechuga necesitan aporque y se tuvo que aumentar para fijar bien la raíz.

**Fotografía N° 11** Preparación de la bandeja con sustrato y siembra respectivamente.



### ❖ Plántulas listas Trasplante y post almacigo

Se realizó el trasplante de lechugas que fueron los últimos organismos que entraron en el sistema acuaponico, después de 40 días de sembrados los peces. La variedad sembrada fue: *Lactuca sativa L.* "Lechuga". Verónica.

Plántulas de lechuga con 3 a 4 hojas listas para el trasplante en las técnicas de cultivo .El trasplante se realizó el 15 de diciembre del 2017 y a los 25 días de edad se procedió a trasplante.

**Fotografía N° 13** Plántulas de lechuga listas para el trasplante.



#### ❖ **Trasplante de las plántulas de lechuga**

##### **a. Trasplante definitivo Raíz flotante**

- Se extrajeron las plántulas de lechuga de la almaciguera tratando de no dañar las raíces luego cada una fue sumergida en agua limpia para eliminar los restos del sustrato presente en las raíces para posteriormente ser colocadas en esponjas envolviéndolas con sumo cuidado para no lastimar las raíces así introducirlas en los agujeros de las planchas de tecnopor .
- Al terminar el trasplante se verifico que las raíces estén en contacto con el agua (efluente de tilapia).
- Se colocó la plancha de tecno por con las plántulas sobre el efluente de tilapia contenida en las camas de raíz flotante.
- La oxigenación del efluente de tilapia se da desde el tanque de peces donde es oxigenada continuamente, por la mañana y por la tarde lo cual se instaló un sistema eléctrico (automático) timer.

**Fotografía N° 14:** Trasplante del almacigo a las camas de raíz flotante hidropónicas



**b. Trasplante definitivo NFT (Nutrient Film Technique)**

Se realizó en esta etapa el trasplante de plántulas en los canales de cultivo hasta la cosecha con los siguientes pasos:

- Se eligieron las mejores plantas con raíces bien desarrolladas.
- Se trasplanto las plantas a los canales de cultivo en sus respectivas posiciones según la distribución del croquis del experimento cuidando de no lastimar las raíces.
- La oxigenación en esta etapa se dio desde el tanque de peces, donde continuamente se distribuye el agua oxigenada, para cada planta, luego regresar nuevamente al tanque de peces de tilapia mediante una bomba de 3000 LT / hora.
- En esta etapa estuvo 7 semanas.

## Fotografía N°15 Siembra de plántulas en el sistema NFT



### c. Trasplante definitivo cama de sustrato (grava)

Se realizó en esta etapa la selección de plántulas de lechuga, el cual se trasplantaron sobre grava (confitillo lavado) hasta la cosecha con los siguientes pasos:

- Se eligieron plántulas muy buenas de buen aspecto físico, con 3,4 pares de hojas.
- Se sembró según la distribución del croquis.
- se hizo aperturas, hoyos pequeños luego se cubrió con grava lavada las raíces.
- El efluente de tilapia recorre desde el tanque de peces oxigenado, llenando las camas hidropónicas cierta altura donde luego se vacía por medio de un sifón donde el agua empieza a recircular nuevamente al tanque de peces por medio de una bomba automatizada alimentándose de los nutrientes del efluente.
- En esta etapa estuvo 7 semanas

**Fotografía N°16** Plántulas de lechuga en la cama de grava.



**d. Trasplante definitivo en suelo inerte (testigo)**

Se extrajeron las plántulas del almácigo juntamente con las demás técnicas de cultivo de acuerdo al croquis establecido en el diseño, se procedió a plantar las plántulas.

**e. Calidad del agua**

se realizaron las variaciones de los parámetros fisicoquímicos durante el periodo de cultivo de 56 días se presenta en el cuadro N°08 Observándose una temperatura promedio 21.90 °C y un Ph 6. 91. para la variable de amonio no ionizado se puede observar una concentración promedio de 0.06 mg/lit por su parte para la variable nitrito se obtuvo una concentración promedio de 0.2 mg / lit y como producto final la variable nitrato se encontró de 35.90 mg/lit.

**Cuadro N°08** Parámetros de calidad del agua obtenidos durante el cultivo del tilapia (*Oreochromis niloticus*) en 56 días en estudio, en un sistema acuaponico.

Día de muestreo	T (°C)	NH <sub>3</sub> (mg/l)	NO <sub>2</sub> (mg/l)	NO <sub>3</sub> (mg/l)	(pH)
5/12/2017	22	0.0	0.0	0.0	7.7
15/12/2017	23	0.08	0.3	50	7.8
25/12/2017	22	0.08	0.3	50	7.8
29/12/2017	22	0.09	0.5	50	7.6
4/01/2018	22	0.08	0.6	45	7.7
14/01/2018	21	0.08	0.3	25	7.5
25/01/2018	22	0.08	0.1	25	7.5
8/02/2018	22	0.08	0.1	50	7.4
18/02/2018	22	0.08	0.4	50	7.8
28/02/2018	21	0.00	0.3	25	7.5
7/03/2018	22	0.08	0.3	25	7.5
<b>Promedio</b>	<b>21.90</b>	<b>0.06</b>	<b>0.2</b>	<b>35.90</b>	<b>6.91</b>

Fuente: propia

**Fotografía N°17** Realizando los análisis las muestras en el agua.



## f.Cosecha

Se realizó la cosecha el 17 de febrero del 2018 a los 65 días después del trasplante definitivo una vez que las plantas alcanzaron un desarrollo adecuado momento igual que se hicieron las evaluaciones de las variables planteadas para el experimento.

**Fotografía N° 18** Cosecha de las plántulas de lechuga para las evaluaciones



## 5.7 EVALUACION DE LAS VARIABLES EN ESTUDIO

Las evaluaciones fueron realizadas considerando 10 plantas de cada unidad experimental.

### 5.7.1 Evaluaciones de las características agronómicas

❖ **Altura de planta.-** Se realizó la medida con una cinta métrica desde la base inferior de la planta (cuello) hasta la parte superior de la cabeza de la lechuga en centímetros la altura de cada lechuga (10 lechugas) registrando el dato promedio de altura por cada tratamiento y repetición en mi libreta.

**Fotografía N°19** Medición de la altura de la plancha



❖ **Diámetro de la masa foliar.-** Para medir el diámetro de la cabeza de la lechuga se empleó una wincha métrica y con ello se registró el diámetro promedio por cada tratamiento, evaluando en cada unidad experimental 10 plantas de lechuga.

**Fotografía N°20** Registro de diámetro de masa foliar



### 5.7.2 Evaluaciones del rendimiento del experimento

✓ **Peso de materia fresca con raíz.**- Se realizó la medida de esta variable una vez cosechada las lechugas hidropónicas las cuales fueron pesadas en una balanza electrónica el peso de la materia fresca con raíz.

**Fotografía N° 21** Registro del peso de materia fresca con raíz (g)



## VI. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 RESULTADOS

#### 6.1.1 RENDIMIENTO

Técnicas de cultivo hidropónico en estudio

T1 : NFT (solución nutritiva resirculante)

T2 : Sustrato grava

T3 : Raíz flotante

T4 : Testigo

#### 6.1.1.1 Peso de materia fresca con raíz

**Cuadro 09: Datos promedio sobre peso de materia fresca con raíz (g) en tres técnicas de cultivo en un sistema acuaponico.**

Técnicas de cultivo i/o Tratamiento					
BLOQUES	NFT (1)	GRAVA (2)	R.FLOTANTE (3)	TESTIGO (4)	Σ BLOQUE
I	28.32	27.32	26.2	9.78	<b>91.62</b>
II	19.7	20.9	30.4	10.5	<b>81.5</b>
III	12.2	29.7	21.6	11.02	<b>74.52</b>
Σ .TRATAM	<b>60.22</b>	<b>77.92</b>	<b>78.2</b>	<b>31.3</b>	<b>247.64</b>
PROMEDIO	20.07	25.97	26.07	10.43	20.64

Expone los promedios de pesos realizadas sobre materia fresca con raíz de cada una de las técnicas de cultivo estudiados.

**Cuadro 10: Análisis de varianza de peso de materia fresca con raíz en tres técnicas de cultivo hidropónico**

F de V	GL	SC	CM	Fc	5%	Significancia al 5 %
<b>BLOQUE</b>	2	36.96	18.48	0.64	5.14	NS
<b>TRATAM</b>	3	487.17	162.39	5.60	4.76	*
<b>ERROR</b>	6	174.14	29.02			
<b>TOTAL</b>	11	698.27				
			<b>CV</b>	<b>26.11</b>		

El análisis de varianza acerca de los pesos obtenidos de peso de materia fresca con raíz indica que respecto a los bloques no existe diferencia estadísticamente significativas ya que el valor de F calculado menor al 5 % lo cual conlleva a una homogeneidad en los resultados, y para tratamientos se puede deducir que Fc sobrepasa en este caso la relación existente entre la varianza de tratamientos, hay diferencia estadísticamente significativa al 95 %.

El coeficiente de variabilidad para este factor es de 26.11.

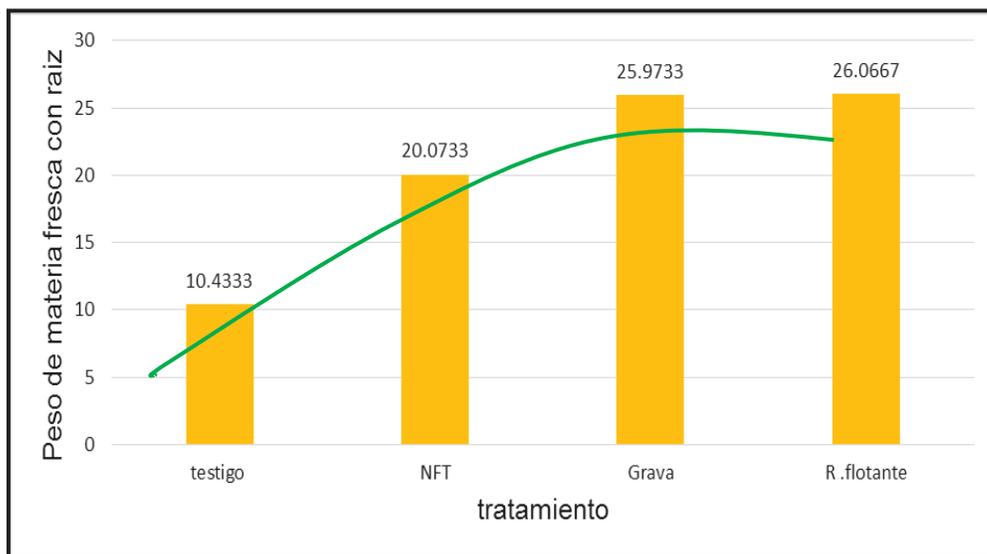
**Cuadro 11: Prueba de Tukey para peso de materia fresca con raíz en tres técnicas de cultivo hidropónico**

Nº	TECNICA DE CULTIVO	PROMEDIO	Significancia al 5 %
<b>I</b>	RAIZ FLOTANTE	26.07	a
<b>II</b>	GRAVA	25.97	a
<b>III</b>	NFT	20.07	b
<b>IV</b>	TESTIGO	10.43	c

**Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.**

De acuerdo a la prueba de tukey realizada al 95% de confianza indica que la técnica de cultivo Raíz flotante con el cultivo de lechuga se obtuvo mayor peso frente a las demás técnicas de cultivo con 26.07 g. lo cual indica a su vez que el peso de materia fresca con raíz en este sistema acuaponico es estadísticamente igual al peso de materia fresca con raíz a la técnica de cultivo Grava, (25.97g ).La técnica de cultivo que mostraron menor peso fueron NFT y testigo con (20.07g,10.43 g) siendo estos últimos estadísticamente diferentes .

**Figura 04: Comparación de Tukey para Peso de materia fresca con raíz en tres técnicas de cultivo hidropónico**



La figura 04 de comparación de tukey muestra claramente la superioridad de la técnica de cultivo Raíz flotante respecto al peso mostrado por los demás técnicas de cultivo, también se identificó la técnica de cultivo Grava quien mostro un segundo orden en peso de materia fresca con raíz asimismo se aprecia su similitud estadística, y la diferencia estadística con los demás técnicas de cultivo.

Observamos que el tratamiento (técnicas de cultivo) de raíz flotante obtuvo el mayor peso de materia fresca con raíz seguida de la técnica de cultivo Grava .Por lo tanto podemos afirmar que este tratamiento genero mayor peso total que los demás tratamientos.

## 6.1.2 COMPONENTE AGROBOTANICO

### 6.1.2.1 Altura de planta

**Cuadro 12 Promedio de Altura de planta cm en tres técnicas de cultivo hidropónico.**

Técnica de cultivo i/o tratamiento					
BLOQUES	NFT (1)	GRAVA (2)	R.FLOTANT E (3)	TESTIGO (4)	$\Sigma$ BLOQUE
I	26.21	34.66	31.8	16.91	<b>109.58</b>
II	22.96	31.75	26.29	11.27	<b>92.27</b>
III	26.07	30.44	29.74	15.91	<b>102.16</b>
$\Sigma$ .TRATAM	<b>75.24</b>	<b>96.85</b>	<b>87.83</b>	<b>44.09</b>	<b>304.01</b>
PROMED	25.08	32.28	29.28	14.70	25.33

El cuadro 12, expone los promedios de mediciones realizadas sobre la altura de planta en las tres técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico.

**Cuadro 13 : ANVA para promedio de Altura de planta en un sistema acuaponico.**

CUADRO DE ANVA						
F de V	GL	SC	CM	Fc	5%	Signficacion
BLOQUE	2	37.71	18.85	9.44	5.14	*
TRATAM	3	531.17	177.06	88.61	4.76	*
ERROR	6	11.99	2.00			
TOTAL	11	580.86				
			<b>CV</b>	<b>5.58</b>		

El análisis de varianza acerca de la altura de planta obtenidos indica que respecto a los bloques existe diferencia estadísticamente significativas ya que el valor de F calculado es mayor al 5 % lo cual con lleva una significancia en los resultados, y para tratamientos se puede deducir que Fc sobrepasa en este caso la relación existente entre la varianza de tratamientos, hay diferencia estadísticamente significativa al 95 %..El coeficiente de variabilidad para este factor es de 5.58.

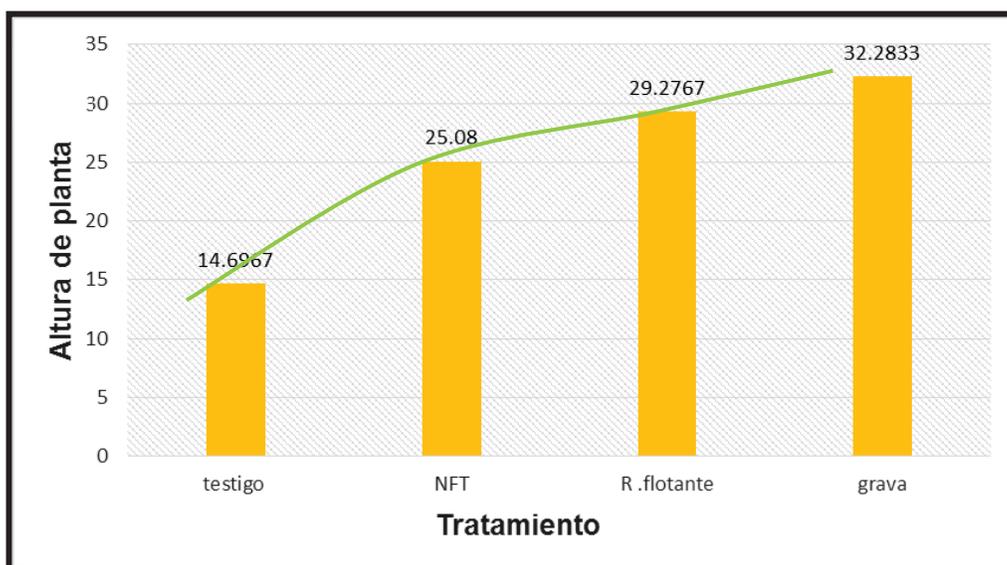
**Cuadro 14: Prueba de tukey para Altura de planta en tres técnicas de cultivo hidropónico**

Nº	TECNICA DE CULTIVO	PROMEDIO(CM)	SIGNIFICANCIA AL 5 %
I	Grava	32.28	A
II	Raíz flotante	29.28	b
III	NFT	25.08	c
IV	Testigo	14.70	d

**Nota:** Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de Tukey realizada al 95% de confianza, indica que la técnica de cultivo Grava mostró una mayor altura de planta respecto a las demás técnicas de cultivo 32.28 cm, lo cual indica a su vez que la altura de planta en esta técnica de cultivo es estadísticamente diferente a la altura de planta mostrado por los demás cultivares. La técnica de cultivo Raíz flotante mostró el segundo lugar en altura de planta reportando una media de 29.28 cm, lo cual también es estadísticamente diferente a los demás cultivares; las demás técnicas NFT, testigo mostraron la menor altura de planta con 25.08 cm, 14.70 cm. siendo estos últimos estadísticamente diferentes.

**Figura 05** Comparación de los tratamientos (técnicas de cultivo) en Altura de planta



En la figura 05 de comparación de Tukey, muestra la media de la técnica de cultivo Grava muy superior a la altura de plata reportado por los demás cultivares; así mismo se identifica la diferencia estadística de la altura de planta de la técnica de cultivo Raíz flotante, NFT, testigo.

### 6.1.2.1 Longitud de Raíz

**Cuadro 15 Promedio de Longitud de raíz en un sistema acuaponico de lechuga (cm).**

Técnica de cultivo i/o tratamiento					
BLOQUES	NFT (1)	GRAVA (2)	R.FLOTAN TE (3)	TESTIGO (4)	Σ BLOQU E
I	21.02	20.39	25.94	13.55	<b>80.9</b>
II	19.6	16.85	32.5	15.3	<b>84.25</b>
III	15.98	20.67	33.21	13.04	<b>82.9</b>
Σ .TRATAM	<b>56.6</b>	<b>57.91</b>	<b>91.65</b>	<b>41.89</b>	<b>248.05</b>
PROMED	18.87	19.30	30.55	13.96	20.67

El cuadro 15, expone los promedios de longitud de raíz en las técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico, cada uno de las técnicas de cultivos estudiados y las repeticiones por cada tratamiento empleado, en cada una de las unidades experimentales.

**cuadro 16: Análisis de varianza de longitud de raíz en tres técnicas de cultivo hidropónico**

CUADRO DE ANVA						
F de V	GL	SC	CM	Fc	5%	Significancia al 5 %
BLOQUE	2	1.42	0.71	0.08	5.14	NS
TRATAM	3	443.14	147.71	15.80	4.76	*
ERROR	6	56.09	9.35			
TOTAL	11	500.66				
			<b>CV</b>	<b>14.79</b>		

El análisis de varianza acerca de las mediciones realizadas de la Longitud de raíz en las tres técnicas de cultivo expuesto en el cuadro 13, indica que respecto a los bloques no existen diferencias significativamente estadísticas, ya que el valor de Fc

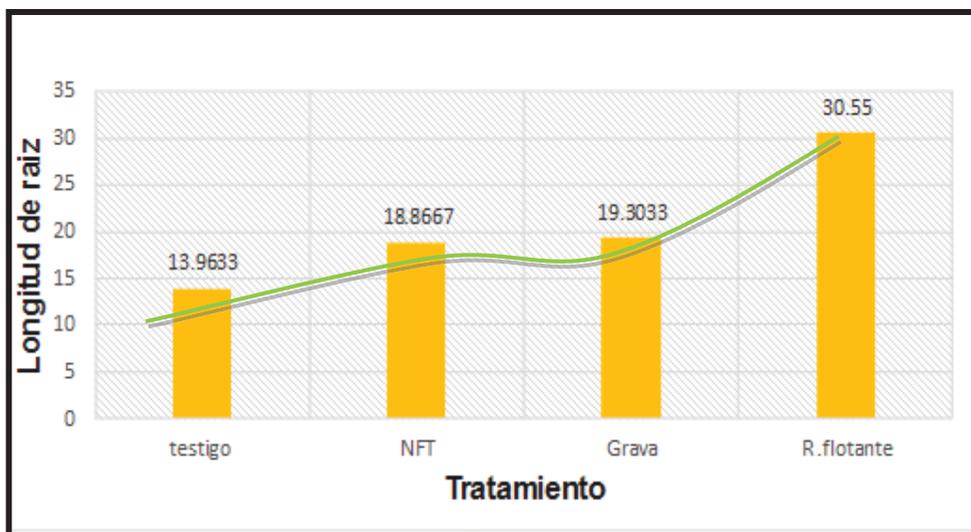
al 95 %es menor 5% de significancia ,lo cual conlleva a una homogeneidad en los resultados. Respecto a los tratamientos empleados, se identifica que existen diferencias significativamente estadísticas entre cada uno de ellos, ya que el valor de Fc al 95% es mayor a 0.05; esto conlleva a una diferenciación en las medias, lo cual significa un predominio en especial de uno o más de los cultivares estudiados. El coeficiente de variabilidad para este factor es de14.79.

**Cuadro 17: Prueba de Tukey para Longitud de raíz en tres técnicas de cultivo hidropónico.**

Nº	TECNICA DE CULTIVO	PROMEDIO(cm)	Significancia
I	Raíz flotante	30.55	a
II	Grava	19.30	b
III	NFT	18.87	b
IV	Testigo	13.96	c

De acuerdo a la prueba de Tukey realizada al 95% de confianza, indica que la técnica de cultivo de Raíz flotante mostró una mayor longitud de raíz respecto a los demás técnicas de cultivo con una media de 30.55 cm, estadísticamente diferente a la longitud de raíz mostrado por los demás técnicas de cultivo y muy superior a estos. Las técnicas de cultivo Grava, NFT mostraron similitudes estadísticas entre ellos (19.30 cm, 18.87 cm) y diferencia en relación a los demás, y el testigo obtuvo menor longitud de raíz con 13.96 cm estadísticamente diferente a las demás técnicas de cultivo.

**Figura 06** Comparación de los tratamientos (técnicas de cultivo) en Longitud de raíz



En figura 07 de comparaciones en Tukey, muestra la gran diferencia existente entre la técnica de cultivo de Raíz flotante frente a las demás técnicas de cultivo estudiados, así mismo la similitud estadística entre las técnicas de cultivo NFT, Grava en longitud de raíz con (18.86cm, 19.30 cm) respectivamente. La técnica de cultivo utilizado como testigo obtuvo la menor longitud de raíz que a su vez mostro diferencia significativa.

#### 6.1.2.1 Diámetro de masa foliar

**Cuadro 18: Promedio de Diámetro de masa foliar en tres técnicas de cultivo hidropónico en un Sistema Acuaponico de lechuga (cm).**

Técnica de cultivo i/o tratamiento					
BLOQUES	NFT (1)	GRAVA (2)	R.FLOTANTE (3)	TESTIGO (4)	Σ BLOQUE
I	17.69	15.5	17.74	9.79	<b>60.72</b>
II	15.95	14.97	17.33	12.99	<b>61.24</b>
III	12.73	16.88	15.36	13.28	<b>58.25</b>
Σ .TRATAM	<b>46.37</b>	<b>47.35</b>	<b>50.43</b>	<b>36.06</b>	<b>180.21</b>
PROMED	15.46	15.78	16.81	12.02	15.02

El cuadro 18, expone los promedios de mediciones realizadas sobre el Diámetro de masa foliar en cada una de las técnicas de cultivo hidropónico y las repeticiones por tratamiento empleado.

**Cuadro 19: Análisis de varianza del Diámetro de masa foliar en tres técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico.**

CUADRO DE ANVA						
F de V	GL	SC	CM	Fc	5%	Significancia al 5 %
BLOQUE	2	1.28	0.64	0.16	5.14	NS
TRATAM	3	38.93	12.98	3.23	<b>4.76</b>	NS
ERROR	6	24.07	4.01			
TOTAL	11	64.28				
<b>CV</b>				<b>13.34</b>		

El análisis de varianza acerca de las mediciones realizadas del Diámetro de masa foliar expuesto en el cuadro 16, indica que respecto a los bloques no existen

diferencias significativamente estadísticas, ya que el valor Fc al 95% es menor a 0.05 lo cual conlleva a una homogeneidad en los resultados. Respecto a los tratamientos o técnicas de cultivo empleados, se identifica que no existen diferencias significativamente estadísticas entre cada uno de ellos, ya que el valor de Fc al 95% es menor a 0.05; esto conlleva a una similitud en las medias. El coeficiente de variabilidad para este factor es de 13.34.

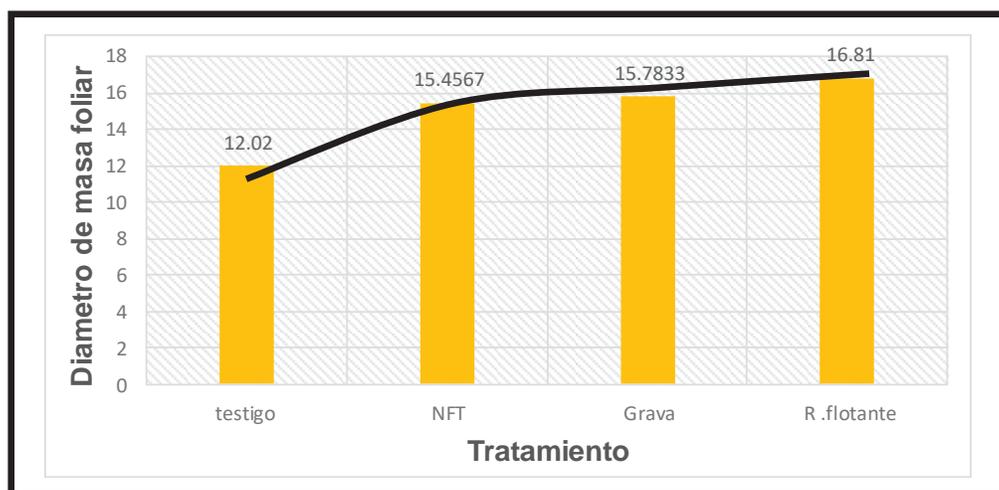
**Cuadro 20: Prueba de Tukey para Diámetro de masa foliar en tres técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico.**

Nº	Tecnica de cultivo	Promedio	Significancia al 5 %
I	R. flotante	16.81	a
II	Grava	15.78	a
III	NFT	15.46	a
IV	Testigo	12.02	b

Nota: Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De acuerdo a la prueba de Tukey realizada al 95% de confianza, indica que las técnicas de cultivo NFT, Raíz flotante, Grava No existen diferencias estadísticamente significativas entre ellas ya que los resultados de las longitudes poseen similitudes estadísticas (16.81cm, 15.78cm, 15.46cm) siendo muy significativo y mayor a comparación del testigo (12.02cm.)

**Figura 07 Comparación de los tratamientos (técnicas de cultivo) en Diámetro de masa foliar**



**Figura 08** de comparaciones en Tukey, muestra la similitud estadística entre las técnicas de cultivo NFT, Grava Raíz flotante, la técnica de cultivo que mostró el menor diámetro de masa foliar fue el testigo (12.02 cm) claramente identificada en el gráfico.

## VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

### 7.1 CONCLUSIONES:

En relación a los objetivos específicos planteados al inicio del trabajo de investigación, se ha arribado a las siguientes conclusiones:

1.- Para peso de Materia fresca con raíz (g) se determinó como mejor al tratamiento de Raíz flotante con 26.0667 g frente a los demás técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico. Existiendo también entre los tratamientos NFT, Grava una diferencia estadística significativa al 95 % de confianza, los tratamientos que mostraron menor peso en cuanto al peso en materia fresca con raíz NFT (20.07g) y Grava con (25.97 g), también se demostró que el testigo presento aun un peso mucho menor que las demás técnicas de cultivo (10.43 g).

2.- Se determinó que la técnica de cultivo Raíz flotante mostro mayor predominio en longitud de raíz con un 30.55 cm, y frente a las demás técnicas de cultivo hidropónico utilizando el efluente de tilapia en un sistema acuaponico ,existiendo también una similitud estadística entre los tratamientos NFT, Grava , al 95 % de confianza . 3.- Para Diámetro de masa foliar la técnica de cultivo Raíz flotante presento mayor diámetro con 16.81cm frente a las demás técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico, existiendo también entre los tratamientos NFT , Grava una similitud estadística al 95% de confianza con ( 15.78 cm,15.46 cm.)

4.- Para Altura de planta (cm) la técnica de cultivo Grava presento mayor altura con un 32.2833 cm, frente a las demás técnicas de cultivo hidropónico en un sistema acuaponico. Las técnicas de cultivos NFT con (25.08 cm) y Raíz flotante con (29.28 cm) en comparación con la técnica de cultivo Grava.

Pudiendo concluir que la técnica de cultivo de Raíz Flotante tiene mayor desarrollo de plantas que han podido asimilar más rápidamente los nutrientes del agua por las raíces de lechuga en comparación a las demás técnicas de cultivo hidropónico, quedando demostrado que la producción de lechuga (*Lactuca sativa L.*) y la utilización de efluente de tilapia como fuente orgánica es útil para el crecimiento y desarrollo de las plántulas de lechuga.

## 7.2 SUGERENCIAS:

- Realizar investigaciones futuras para evaluar el rendimiento de un sistema de cultivo acuaponico por cuatro ciclos de cultivo adquiriendo datos precisos por ciclo para luego obtener un promedio.
- Aprovechar al máximo el espacio en el sistema para lograr una mayor eficiencia y volumen en producción de lechuga.
- Evaluar el costo de producción entre un cultivo acuaponico y un cultivo en suelo.
- Realizar investigaciones futuras acerca de usos de efluentes orgánicos de diferentes especies que luego sean útiles para las plantas, para su desarrollo.
- Presentar proyectos tecnológicos al agricultor para generaciones futuras lograr una agricultura innovadora capaz de cambiar hábitos convencionales por tecnologías orgánicas.

## VIII. BIBLIOGRAFIA

1. ALCESTE, C. (2000), Estado de la Agricultura de la Tilapia. Revista comercio Exterior pp.25-30.
2. AGUILERA, P. Y NORIEGA, P. (1985), La tilapia y su cultivo secretaria de pesca FONDEPESCA México.
3. ALVARADO D, CHÁVEZ F, WILHEMINA K. (2001), Lechugas hidropónicas: Seminario de Agro Negocios. Universidad del Pacífico. Facultad de Administración y Contabilidad Lima- Perú.
4. ÁVILA C, VELANDIA J, LÓPEZ A. (1999), Enfermedades y plagas de las hortalizas y su manejo. Instituto Colombiano Agropecuario, 65 p. Bogotá.
5. ALZATE JF, LOAIZA LF. (2008), Monografía del cultivo de la lechuga. Colinagro, 37 p.
6. BLANCARD D. (2005), Enfermedades de las lechugas: observar, identificar, luchar. Madrid.
7. CALÓ, P. (2011), Acuaponia. Dirección de acuicultura, Ministerio de Agricultura Ganadería, Pesca y Alimentación.
8. CHANG, M.HOYOS, M, RODRIGUES, A. (2000), Manual práctico de hidroponía, sistema de raíz flotante y sistema de solido 42 p. Perú.
9. CARRASCO, G. (1996), La empresa hidropónica de mediana escala: la técnica de la solución nutritiva recirculante (NFT) Talca, Chile, Universidad de Talca. 105p.
10. CASTAÑEDA, F. (1997), Manual técnico de hidroponía popular, cultivo sin tierra., INCAP. 67 p. Guatemala.
11. CONAVAS,F.(2002), Principios básicos de la hidroponía ,p. 29-42
12. DIVER, S.AQUAPONICS (2000), Integración de la hidroponía con la acuicultura. (En línea) ATTRA - Servicio Nacional de Información Agraria Sostenible. 20 p.
13. DIRECCION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGROPECUARIA (DICTA) (2002), innovación tecnológica .Guía de producción de lechuga .sistema de raíz flotante.
14. ESCALANTE, E. (2001), Acuaponia, Universidad Autónoma de Chapingo.176 p.Mexico.

15. FAO.(2008), Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación .El estado mundial de la pesca y la acuicultura.
16. FAO. (2003), Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación .Revisión del estado mundial de la acuicultura .56pp.
17. GRANVAL N,GRAVIOLA JC. (1991), Manual de producción de semillas hortícolas. Asociación Cooperadora de la Estación Experimental Agropecuaria La Consulta, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina, 82 pp.
18. GIACONI, (1995), Cultivo de hortaliza Universitaria.Santiago Chile.
19. GUZMÁN RL MORENO LA. (2005), La acuaponia una estrategia interdisciplinaria generadora de conocimientos en la escuela normal de Gachetá. 5 p. (En línea) Consultado 2 jul. 2012.
20. HOWARD, M. RESH, (2002), Cultivos Hidropónicos, Nuevas Técnicas de Producción. 5<sup>ta</sup> Edición Madrid/España.
21. ITURBIDE, DORMON K. (2008), Caracterización de los efluentes de dos sistemas de producción de tilapia y el posible uso de plantas como agentes de biorremediación. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Universidad de San Carlos de Guatemala.
22. JCHAPELL, J. (2008.), A demonstration of tilapia and tomato culture utilizing an energy efficient integrated system approach. 8th International Symposium o Tilapia in Aquaculture 2008. pp 23-32.
23. JARAMILLO JE, RÍOS G. (2007), Estrategias de producción limpia de hortalizas. Rio negro, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Centro de Investigación Técnico, 96 pp. La Selva. Boletín
24. KRAMER, R. (1965), Evaluación de calidad de frutas y hortalizas. McGraw-Hill. 30 p Washington.
25. KUBITZA, FERNANDO. (2000), Tecnología y planeamiento para la producción comercial. Jundiai, Acqua Supre. Brasil:
26. LOPEZ M . (1999), Horticultura Mexico .
27. LEER,ESCOBAR H. (2000), Manual de lechuga lisa bajo invernadero, Universidad China .
28. MOROTO ,N.(1986), Horticultura herbacea especial 2<sup>da</sup> edicion ,prensa 590 p. Madrid

29. MATEUS J. (2009), Acuaponía: hidroponía y acuicultura, sistema integrado de producción de alimentos.
30. MURULANDA , CH (1992), La hidroponia popular investigacion y progreso Agropecuario La Platina chile.
31. MASSER, M.P, (1999), Recirculating aquaculture tank production systems: management of recirculating systems. Southern Regional Aquaculture Centre Publication No. 452. Southern Regional Aquaculture Centre, USA.
32. MORALES , A.(1991), Cultivo de tilapia (*oreochromis niloticus*) . , U niversidad Autonoma de CHAPINGO .40 P. Mexico.
33. NICOVITA (2002), Manual de Crianza de Tilapia .
34. OSORIO J, LOBO M. ( 1983), Hortalizas. Manual de asistencia técnica No. 28. Instituto Colombiano Agropecuario.Colombia
35. PARDO-CARDONA VM. (1990), Índice de hongos fitopatógenos de las plantas cultivadas en, la Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, 42 pp. Colombia. Medellín.
36. RYDER EJ. (1998), Physiology of germination, growth and development. En: Lettuce, endive and chicory. Crop production science in horticulture. Cabi Publishing, pp. 54-78. Nueva York.
37. RESH, H.M., (1995), Hydroponic food production: a definitive guidebook of soilless food-growing methods. Wood bridge Press Publishing Company, Santa Bárbara.
38. RAMÍREZ, D, (2008), La acuaponía: una alternativa al desarrollo sostenible. Revista de biología. Universidad Militar de Nueva Granada.
39. RODRÍGUEZ, D; HOYOS, M; CHANG, M. (2004), Manual práctico de hidroponía, Universidad Agraria La Molina; Centro de Investigación de Hidroponía e Investigación Mineral. 100 p.Lima.
40. RAKOCY, J.E, (2006), Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture. Southern Regional Aquaculture Centre Publication. Southern Regional Aquaculture Centre, USA.
41. RAKOCY, JE, (1999.), Evaluation of a commercial scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. Pages 357-372, Orlando, Florida.
42. RAKOCY, J.E, (2004), Aquaponic production of tilapia and basil: comparing a batch and staggered cropping system. Acta Horticulturae (ISHS) 648:63-69.

43. RAKOCY, J.E., (1993), Nutrient accumulation in a recirculating aquaculture system integrated with vegetable hydroponic production. In: J.-K. Wang, Ed. Techniques for Modern Aquaculture, pp 148-158.
44. RAKOCY, J.E., (1997), Evaluation of a commercial scale aquaponic unit for the production of tilapia and lettuce. Pages 357-372.
45. SÁNCHEZ GD, MORENO M. (2004), Manejo integrado de plagas de crucíferas y lechuga en la sabana . Programa MIP, C. I. Tibaitatá, 20 pp. Bogotá
46. SOMERVILLE, C., (2014), Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 589.
47. SALOMON SADBA , (2008). cultivo hidroponico de lechuga .
48. SANDOVAL ,C.(2004), Manual tecnico ,Manejo Integrado de Enfermedades en cultivos hidroponicos.
49. SAGARPA, (2014), Drenaje superficial en terrenos agrícolas. México.
50. TAMAYO PJ, JARAMILLO JE. (1992), Situación patológica de las hortalizas cultivadas en el Oriente Antioqueño. ICA Informa .España.
51. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (1998), ¿Qué es Hidroponía?
52. UNALM.(1998),Centro de Investigacion de Hidroponia y nutricion Mineral Hidroponia una esperanza para latinoamerica.
53. VALLEJO A, ESTRADA E. (2004), Producción de hortalizas de clima cálido. Universidad Nacional , Sede Palmira, 347 pp.Colombia.
54. VALADEZ A. (1997), Producción de hortalizas , Noriega Editores, 298 pp. Mexico.
55. VALENCIA ,A.(1995) ,Cultivo de hortaliza ,de hoja coliflor y lechuga .147pp. INIA.
56. VARGAS AGUILAR , (1997), Tesis evaluacion de cuatro sustratos asociados de acelga y lechuga en fitodoldo .
57. ZEIDAN. (2005), Tomato production under protected conditions. Mashav, Cinadco, Ministry of Agriculture and Rural Development Extension Service, 99 pp. Israel.

# **ANEXOS**

## Anexo 01.: PRESUPUESTOS DE MATERIALES

MATERIALES	UNIDAD	CANTIDAD	P.U. S/	SUB TOTAL
Manguera de ¾ transparente polietileno.	Ud.	5	1.00	5.00
Tubo PVC 3"	Ud.	2	13.00	26.00
Tubo PVC 2"	Ud.	3	13.00	39.00
Tubo PVC ½"	Ud.	2	1.50	1.50
TEE PVC ,1/2"	Ud.	3	1.00	3.00
TEE PVC ,3"	Ud.	1	1.00	1.00
Codos ½",3",2"	Ud	3	1.00	3.00
UPR adaptadores	Ud.	7	1.50	9.00
Válvula de ramal P.E. 20 mm Ø	Ud.	1	4.00	4.00
Uniones mixtas	Ud.	5	2.00	10.00
Union universal	Ud.	2	5.00	10.00
Válvula de cheswing ½"	Ud.	1	30.00	30.00
Tinacos de plástico 1000lt	Ud.	1	200.00	200.00
Tinacos de plástico de 70 lt	Ud.	1	50.00	50.00
Tinacos de plástico de 200 lt.	Ud.	2	40.00	80.00
Balde de 20 lt	Ud.	1	5.00	5.00
Bomba de 300 l/h ¾.	Ud.	2	130.00	260.00
Aireador motor elite 802.	Ud.	1	80.00	80.00
Timer o temporizador	Ud.	1	60.00	60.00
Conectores (camas)	Ud.	3	6.00	18.00
Termómetro digital T°,pH	Ud.	1	70.00	70.00
Cables eléctricos	Met.	70	1.20	84.00
Silicona	Ud.	2	12.00	24.00
Semilla botánica de lechuga	Sobres	5	2.00	10.00
Peces (tilapia)	Ud.	30	1.50	45.00
Alimento balanceado	Kg.	25	5	125.00
Cinta teflón	Ud.	10	1.00	10.00
Tecnopor	Plancha	1	12.00	12.00
Piedra chancada.	1M <sup>3</sup>			25.00
Madera de 1 ½ 2x8x10 tablones	Paquete	2	54.00	108.00
Rollizos 2x 2 x2	Ud.	1	32.00	32.00
Plástico UV negro	Met.	8	4.50	36.00
Malla rashell	Met.	5	7.00	35.00
Toma corriente	Ud.	2	7.00	14.00
Viáticos y movilidad				250.00
IMPREVISTOS				300.00
			<b>Total</b>	<b>2074.5</b>

## Anexos 02: PANEL FOTOGRAFICO

**Fotografía N°22.** Manguera de Polietileno 16 mm y. Valvula de ramal 16mm



**Fotografía N° 23** Temporizador y Bomba de 300 l/h



**Fotografía 5** TUBOS DE 3"Y 2" y Termómetro digital

**Fotografía N° 24** Tubos de 3"y 2" y Termómetro



**Fotografía N°26** Instalando los canales para el recorrido del efluente de la tilapia en el Sistema Acuaponico



**Fotografía N°27** Instalando tubos para la técnica de cultivo NFT



**Fotografía N° 28** Cubriendo las camas con plástico UV para las técnicas de cultivo Grava



**Fotografía N°28** Realizando agujeros para la técnica cultivo de Raiz Flotante



**Fotografía N° 29** Instalando la cama de tierra (sin nutriente) para el testigo



**Fotografía N°30** Plántulas de lechuga listas para el trasplante



**INSTALACIÓN DE LAS PLÁNTULAS DE LECHUGA EN EL SISTEMA ACUAPONICO**  
**FOTOGRAFÍAS DE LAS PLÁNTULAS EN DESARROLLO EN LAS DIFERENTES**  
**TÉCNICAS DE CULTIVO**

**Fotografía N°31** Plántulas en desarrollo en la técnica de cultivo NFT



**Fotografía N°32** Plántulas en desarrollo en la técnica de cultivo Grava



**Fotografía N°33** Plántulas de lechuga en desarrollo en la técnica de cultivo de Raíz flotante.



**Fotografía N°34** Plántulas de lechuga en desarrollo en la cama testigo (sin nutrientes)



**Fotografía N° 35** Cosecha de peces para la siembra en el sistema acuaponico



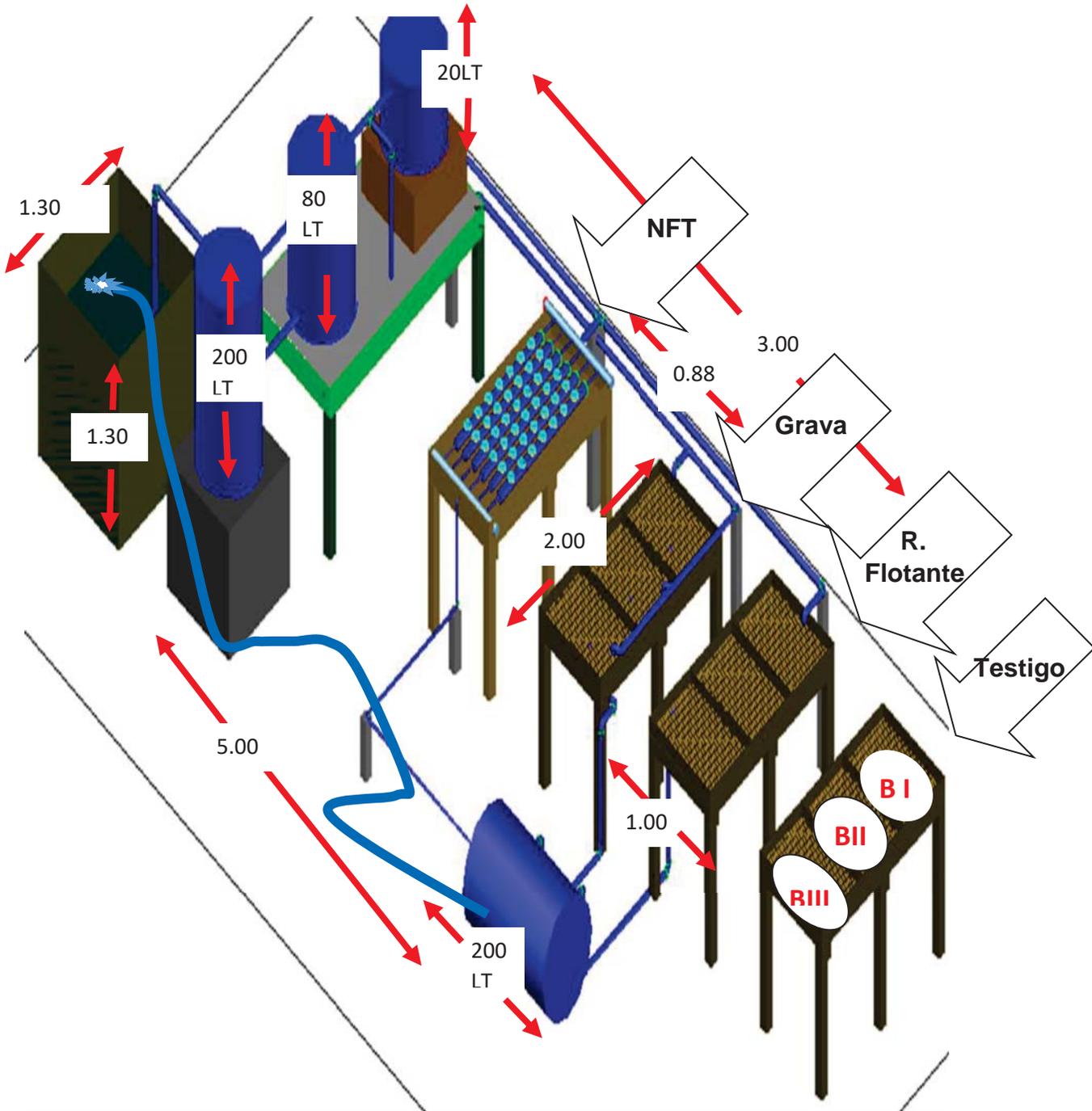
**Fotografía N°35** cultivos de peces



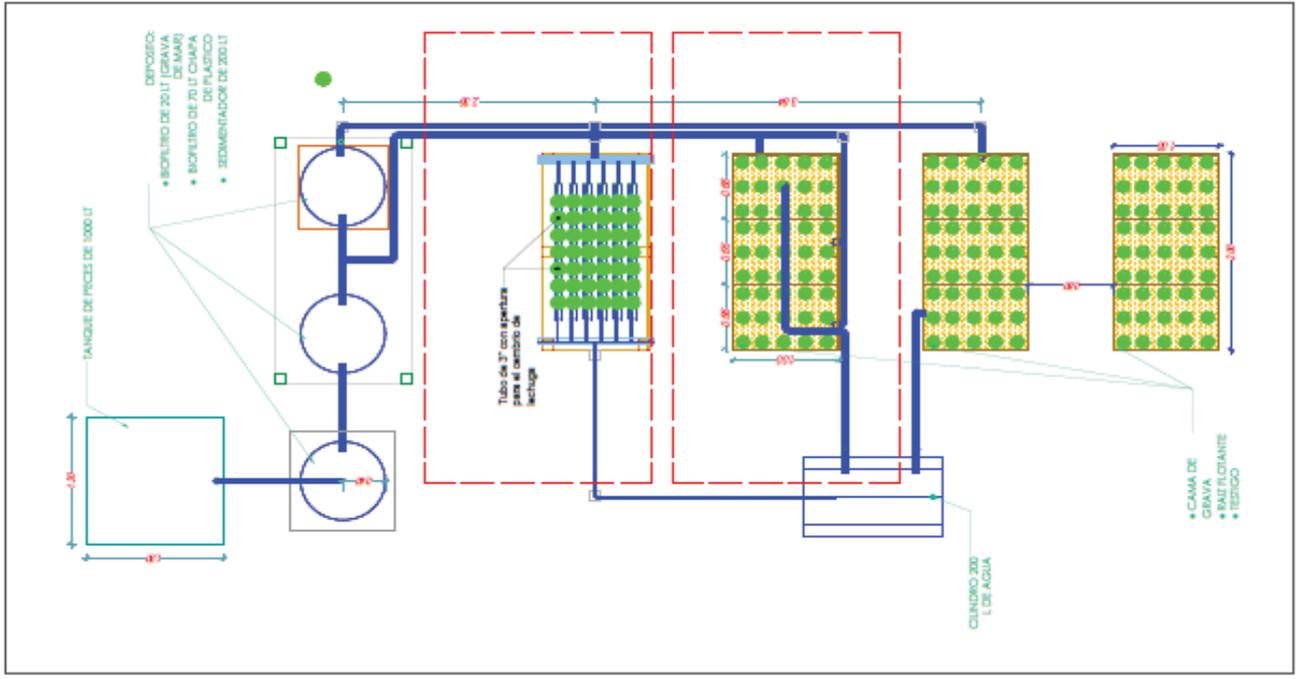
**Fotografía N° 36** Realizando la medida y el peso de los peces (tilapia)



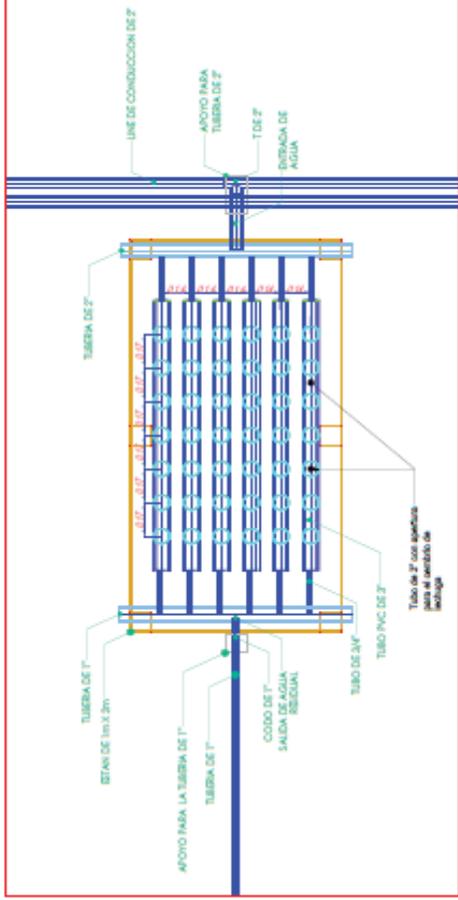
Anexo 03: CROQUIS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL



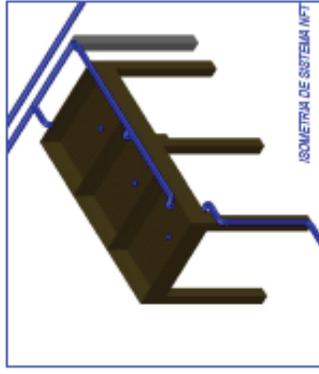
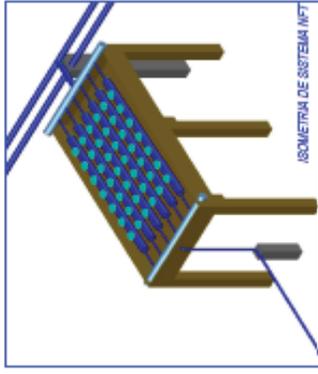
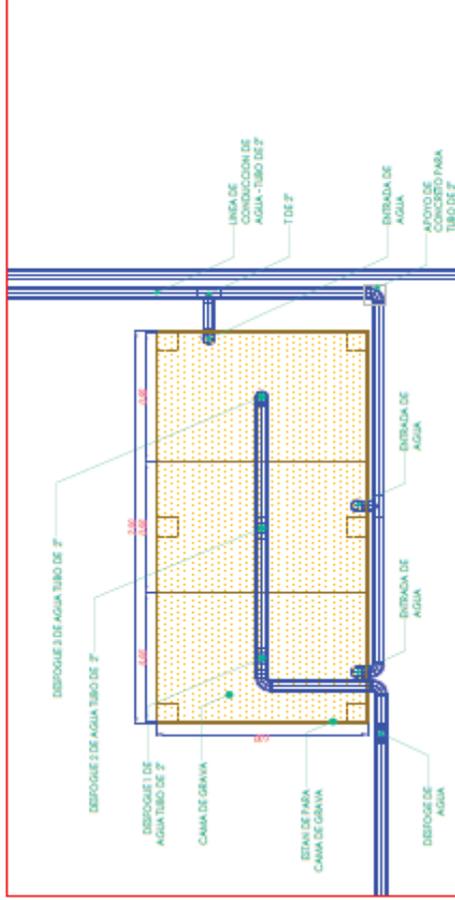
DISTRIBUCION DE CAMA, FILTROS Y SEDIMENTADORES  
ESC: 1/50



DETALLE DEL SISTEMA NPT  
ESC: 1/50



DETALLE DEL SISTEMA RESO  
ESC: 1/50



TECNICAS DE CULTIVO EN UN SISTEMA ACUAPONICO

COMPORTAMIENTO DE 3 TECNICAS DE CULTIVO DE LECHUGA EN SISTEMA ACUAPONICO

EFECTUO DE NPT

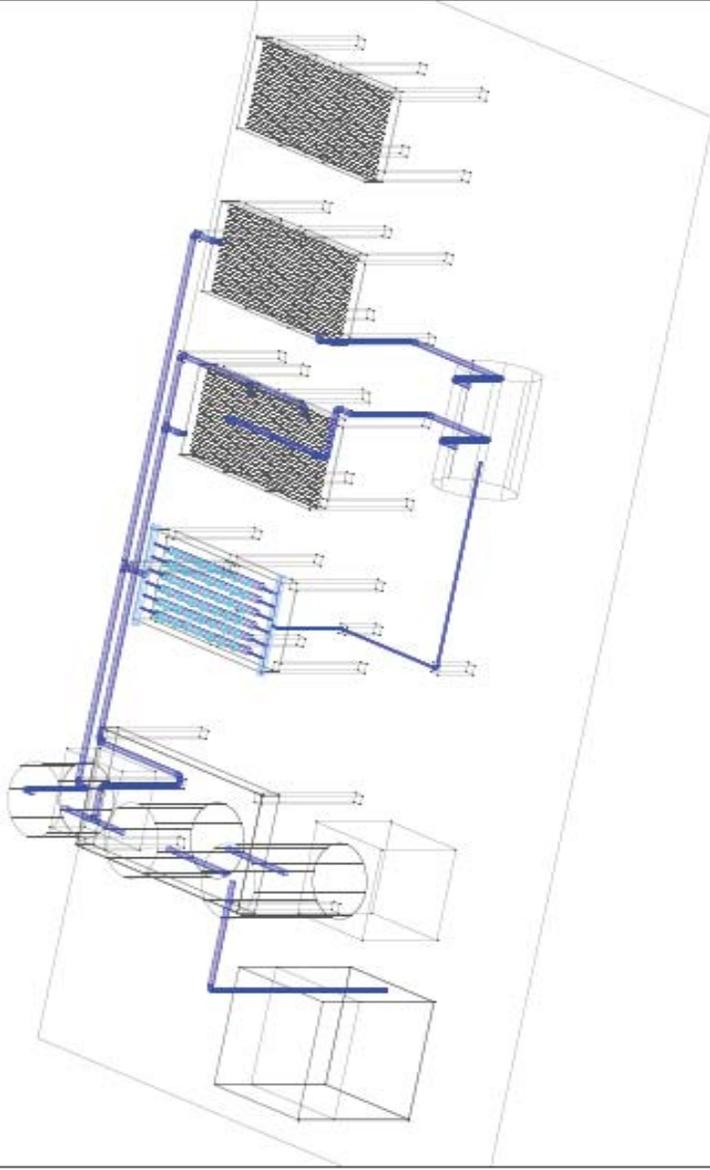
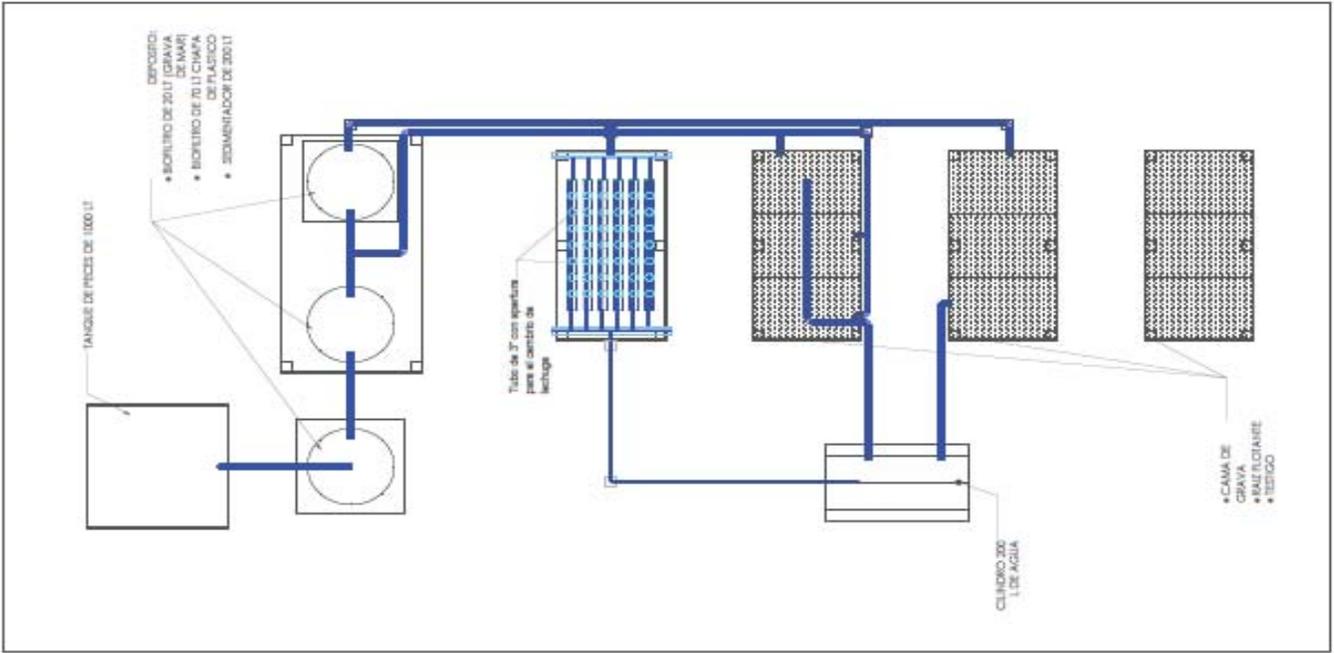
ROSA RIO MAYO

MARIA RIVERA AMARTE

03



DISTRIBUCION DE CAMA, BIOFILTROS Y SEDIMENTADORES  
ESC: 1/50



ISOMETRIA DE LA RED DE AGUA  
ESC: 1/50