REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Universidad Católica de Santa María

Facultad de Ciencias e Ingenierías Biológicas y Químicas

Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica y Agrícola

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA *(Lactuca sativa L.)* BAJO DOS TÉCNICAS HIDROPÓNICAS UTILIZANDO EFLUENTES DE TRUCHA *(Oncorhynchus mykiss)* COMO UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA ORGÁNICA EN VIVERO UCSM-SACHACA-AREQUIPA 2022

Tesis presentada por las Bachilleres:

Chavez Arqque Rosmery Olga

Mamani Vizcarra Evelin Elvira

Para optar el Título Profesional de:

Ingeniero Agrónomo y Agrícola

Asesor:

Mg. Ing. Díaz Vento Ingrind Mirna

Arequipa- Perú
2023

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA AGRONOMICA Y AGRICOLA

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 20 de Junio del 2023

Dictamen: 008877-C-EPIAyA-2023

Visto el borrador del expediente 008877, presentado por:

2015402092 - CHAVEZ ARQQUE ROSMERY OLGA
2014202332 - MAMANI VIZCARRA EVELIN ELVIRA

Titulado:

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (LACTUCA SATIVA L.) BAJO DOS TECNICAS HIDROPONICAS UTILIZANDO EFLUENTES DE TRUCHA (ONCORHYNCHUS MYKISS) COMO UNA SOLUCION NUTRITIVA ORGANICA EN VIVERO UCSM-SACHACA-AREQUIPA 2022

Nuestro dictamen es:

APROBADO

30675663 - STRETZ CHAVEZ HUMBERTO JOSE
DICTAMINADOR

29593741 - ZEGARRA FLORES JORGE ARTURO
DICTAMINADOR

29471151 - LINARES QUIROZ GUILLERMO ALONSO
DICTAMINADOR

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

DEDICATORIA

A MI SEÑOR DIOS:

Por ser nuestro amparo, fortaleza en el trayecto de nuestras vidas, guía en nuestros momentos difíciles, luz en todo, base y el pilar fundamental de lucha en todo momento, por permitirnos alcanzar esta meta.

A NUESTROS PADRES:

Cesar Chavez y Olga Arqque por su amor, trabajo, comprensión, consejo, por su paciencia que me han tenido en todos estos años y quienes a lo largo de mi vida siempre han velado por mi educación y mi bienestar, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, y convertirme en lo que soy.

Ysela Vizcarra y Aníbal Mamani, esta tesis es una forma de agradecerles por su constante apoyo incondicional y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles, por darme la fuerza para seguir adelante y culminar mi carrera profesional, a pesar de la distancia siempre estuvieron conmigo apoyándome moralmente, son mi motor y motivo para seguir cumpliendo mis metas.

A NUESTROS HERMANOS:

Russell Chavez, Grover Chavez, Lenin Chavez, Daniel Chavez por su apoyo, consejos, gracias por inculcarme el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está con nosotros siempre.

Johel Mamani por su apoyo, compañía y amor.

A MIS SOBRINAS:

Juliette, Valeria, Daylen por estar en esos momentos y llenarnos de alegría levantándonos el ánimo con sus sonrisas cada mañana.

Porque de Él, por Él y para Él son todas las cosas. A Él sea la gloria para siempre.

Romanos 11:36

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

AGRADECIMIENTO

A nuestra alma mater Universidad Católica de Santa María, Facultad Ciencias Ingeniería Biológicas y Químicas que me brindaron la oportunidad de desarrollo y formación profesional.

El más sincero agradecimiento a cada docente de la Carrera de Ingeniería Agronómica y Agrícola que nos brindaron la formación académica y sabios conocimiento dados a lo largo de la carrera.

El agradecimiento a nuestros padres quienes confiaron en nosotras y las enseñanzas que en cada momento difícil siempre existe que ponerle el doble de sacrificio para poder demostrar que todo se puede lograr. Con el amor y trabajo nos apoyaron en cada etapa de nuestra formación profesional.

Al Msc. Ronny Gonzales Medina por su constante disposición, compromiso, perseverancia, paciencia y tiempo, por el apoyo y oportunidad de poder participar en el proyecto denominado "Implementación de un sistema acuapónico automatizado como una alternativa del tratamiento de aguas residuales acuícolas y producción orgánica".

A la Msc. Ingrind Mirna Diaz Vento, nuestra asesora de tesis, nuestro sincero agradecimiento por brindarnos su apoyo incondicional, paciencia, profesionalismo, amistad sincera y acompañamiento en la realización del presente proyecto de investigación.

A nuestros compañeros y grupo de amigos Verónica, Alberto, Nelsy, André y Rodrigo por compartir los momentos más gratos al inicio y final de la carrera universitaria que nos brindaron su amistad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en el vivero ubicado en la Universidad Católica de Santa María, ubicado en el distrito de Sachaca, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa, durante octubre 2022- febrero 2023. Se tuvo como objetivo determinar el comportamiento de tres variedades de lechuga *(Lactuca sativa L.)* Caipira, Lollo rosso, Dancing, bajo dos técnicas hidropónicas (Raíz flotante y Nutrient Film Technique); utilizando efluentes de truchas (*Oncorhynchus mykiss*), siendo así un sistema recirculatorio. Con respecto a los parámetros evaluados fueron (longitud de raíz, número de las hojas, altura de planta) a los 15, 30, 45 días después del trasplante y el parámetro de peso fresco total se realizó en la cosecha.

Por otra parte, se evaluó las variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.)* según la eficiencia de absorción de los macronutrientes bajo dos técnicas hidropónicas con efluentes de truchas mediante un análisis foliar, asimismo se comparó las técnicas hidropónicas Raíz flotante y NFT en un sistema recirculatorio.

El diseño experimental empleado fue completamente al azar (DCA) con lo arreglo en parcela divida con 4 repeticiones.

De los resultados se concluye que la variedad Caipira tuvo mejores resultados con respecto peso fresco se obtuvo 233.40 g. y número de hojas 25 hojas/planta. Altura de planta de las variedades Lollo rosso y Dancing obteniendo resultados no significativos entre ellas, siendo así de 22.3 cm. y 22.2 cm. respectivamente superponiéndose a la v. Caipira con 19.6 cm. y con respecto a las longitudes de raíces fueron estadísticamente similares en las tres variedades.

Según los resultados la variedad Caipira sobresale en comparación de las otras dos variedades siendo así en el sistema Raíz flotante, elemento de mayor absorción es el potasio, fosforo y nitrógeno 5.8%, 2.3%, 1,54% respectivamente así mismo obtuvo en proteína 14.38%. Con respecto a comparación del sistema hidropónico Raíz flotante resaltó en longitud de la raíz con 24 cm frente al sistema NFT (Nutrient Film Technique) siendo de 18.9 cm usando efluentes de truchas en un sistema acuapónico.

Palabras clave: Acuaponía, hidroponía, efluente de trucha, lechuga.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

SUMMARY

The present research was carried out in the nursery located at the Catholic University of Santa Maria, located in the district of Sachaca, province of Arequipa, department of Arequipa, during October 2022-February 2023. The objective was to determine the behavior of three varieties of lettuce (Lactuca sativa L.) Caipira, Lollo rosso, Dancing, under two hydroponic techniques (Floating Root and Nutrient Film Technique); using effluents from trout (Oncorhynchus mykiss), thus being a recirculatory system. The parameters evaluated were (root length, number of leaves, plant height) at 15, 30 and 45 days after transplanting and the total fresh weight parameter was performed at harvest.

On the other hand, lettuce varieties (Lactuca sativa L.) were evaluated according to the efficiency of absorption of macronutrients under two hydroponic techniques with trout effluent by foliar analysis, and the hydroponic techniques Floating root and NFT were compared in a recirculating system.

The experimental design used was completely randomized (CRD) with a split plot arrangement with 4 replications.

From the results it is concluded that the Caipira variety had better results with respect to fresh weight, 233.40 g. and number of leaves 25 leaves/plant. Plant height of the varieties Lollo rosso and Dancing obtained non-significant results between them, being 22.3 cm. and 22.2 cm. respectively, overlapping the Caipira variety with 19.6 cm. and with respect to the length of roots were statistically similar in the three varieties.

According to the results, the Caipira variety stands out in comparison with the other two varieties, being thus in the floating root system, the element of greater absorption is potassium, phosphorus and nitrogen 5.8%, 2.3%, 1.54% respectively, as well as 14.38% protein. With respect to the comparison of the hydroponic system, Floating Root stood out in root length with 24 cm compared to the NFT (Nutrient Film Technique) system with 18.9 cm using trout effluents in an aquaponic system.

Keywords: aquaponics, hydroponics, trout effluent, lettuce.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

INTRODUCCIÓN

Cabe señalar que la producción de alimentos depende de la disponibilidad de recursos como la tierra, el agua, los combustibles fósiles y los nutrientes. Además, la deforestación y el aumento de la competencia por el agua y la tierra han puesto en peligro la seguridad alimentaria mundial, sobre todo en las naciones en desarrollo (Aldaya et al., 2011). El Perú es una nación en desarrollo con actividades agrícolas, ganaderos y recursos naturales. Estas actividades las llevan a cabo pequeños y medianos agricultores que están expuestos a los efectos del cambio climático. Aunque los recursos más fundamentales y esenciales que la naturaleza proporciona al hombre son el agua y el suelo, a medida que pasa el tiempo y los problemas medioambientales se hacen más frecuentes, estos recursos se ven cada vez más amenazados.

El método más extendido de cultivo de plantas "sin suelo" en la actualidad suele emplear alta tecnología y una vigorosa inversión de capital, lo que produce hortalizas de excelente calidad y sanidad, y garantiza un uso más eficaz del agua y los nutrientes necesarios por los cultivos (Paye, 2022).

Debido a que el cultivo de lechuga *(Lactuca sativa L.)* no es muy conocido en el Perú como dieta nutritiva, tampoco lo es por sus cualidades como rica hortaliza. Podríamos enumerar numerosas cualidades de las hojas, pero se debe priorizar el valor de su cultivo produciendo con abonos naturales para su sano desarrollo para el consumo de la población (Pianto y Ñaupa, 2020).

En un sistema acuapónico. “Las sustancias que se producen a partir de las excreciones de los organismos hidrobiológicos (camarones y peces), así como las que surgen de la descomposición microbiana de los desechos orgánicos” (Roosta et al.,2011). Mencionan Culcos y Tucto (2018), que conducen a la nitrificación del nitrógeno, el cual es aprovechado por el cultivo y que posteriormente regresa al estanque piscícola con las cualidades adecuadas para el desarrollo de los peces.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE

RESUMEN 1

SUMMARY 2

INTRODUCCIÓN 3

ÍNDICE 4

ÍNDICE DE FIGURAS 9

ÍNDICE DE TABLAS 10

ÍNDICE DE CUADROS 10

ÍNDICE DE GRÁFICO 15

ÍNDICE DE ANEXO 18

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS 19

CAPÍTULO I 1

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 1

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA. 1

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA. 1

1.3 JUSTIFICACIÓN 2

1.3.1 Aspecto general. 2

1.3.2 Aspecto tecnológico. 2

1.3.3 Aspecto social. 2

1.3.4 Aspecto ambiental 3

1.3.5 Importancia. 3

1.4 OBJETIVOS. 4

1.4.1 Objetivo general. 4

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4.2 Objetivos específicos. 4

1.5 HIPÓTESIS 4

CAPÍTULO II 5

2. REVISIÓN DE LITERATURA 5

2.1 ORIGEN DEL CULTIVO 5

2.2 COMPOSICIÓN Y SUS BENEFICIOS 5

2.3 TAXONOMÍA 5

2.4 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA 6

2.4.1 Sistema radicular 7

2.4.2 Tallo 7

2.4.3 Las hojas 7

2.4.4 Inflorescencia 7

2.4.5 Semilla 7

2.4.6 El fruto 8

2.5 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS 8

2.5.1 Clima 8

2.5.2 Suelo 8

2.5.3 Agua 9

2.6 IMPORTANCIA DEL CULTIVO 9

2.7 VARIEDADES, TIPO Y CULTIVARES DE LECHUGA 10

2.7.1 Variedad Longifolia 10

2.7.2 Variedad Capitata 11

2.7.3 Variedad Intybacea 12

2.7.4 Variedad Asparagina 13

2.8 PLAGAS Y ENFERMEDADES 14

2.8.1 Pulgón *(Myzus persicae, Aphis spp.)* 14

2.8.2 Trips *(Frankliniella spp.)* 14

2.8.3 Mosca minadora *(Liriomyza huidobrensis)* 14

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.8.4 Mosca Blanca *(Bemisia tabaci)* 15
2.8.5 Mildiu Velloso *(Bremia lactuacae)* 15
2.8.6 Oidium *(Erysiphe cichoracearum)* 16
2.8.7 Pudrición radicular *(Pythium tracheiphilum)* 16
2.8.8 Pudrición gris *(Botrytis cinerea)* 16
2.9 ACUAPONÍA 17
2.9.1 Generalidades de la acuaponía 17
2.9.2 Ventajas 19
2.9.3 Desventajas 19
2.9.4 Componentes del sistema acuapónico 20
2.10 HIDROPONÍA 22
2.10.1 Ventajas 24
2.10.2 Desventajas: 24
2.10.3 Sistema NFT (Nutrient Film Technique) 25
2.10.4 Ventajas 25
2.10.5 Desventajas 26
2.10.6 Sistema Raíz Flotante 26
2.11 Balance del sistema acuapónico 26
2.12 CALIDAD DE AGUA 28
2.13 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN 30
2.13.1 Análisis de tesis 30
2.13.2 Análisis de trabajos de investigación 31
CAPÍTULO III 34
3. MATERIALES Y MÉTODOS. 34
3.1 MATERIALES DE CAMPO 34
3.1.1 Localización del trabajo. 34
3.1.2 Materiales biológicos. 36

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.3 Materiales de laboratorio. 36

3.1.4 Materiales para la instalación sistema acuapónico 36

3.1.5 Insumos para la preparación del sustrato en almaciguera 37

3.1.6 Herramientas 37

3.1.7 Materiales de escritorio 37

3.1.8 Otros 37

3.2 MÉTODOS: 38

3.2.1 Muestreo: 38

3.2.2 Recopilación de la información. 39

3.3 COMPONENTES DE ESTUDIO 40

3.3.1 Variables dependientes 40

3.3.2 Variables independientes 40

3.4 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA 40

3.4.1 Diseño Experimental. 40

3.4.2 Unidades experimentales. 40

3.5 CROQUIS EXPERIMENTAL 41

3.6 METODOLOGÍA: 42

3.6.1 Metodología de la instalación. 42

3.6.2 Calidad de agua 56

3.7 EVALUACIONES 59

3.7.1 Evaluaciones de las características Biométricas: 59

3.7.2 Evaluaciones en laboratorio 62

CAPÍTULO IV 63

4. RESULTADOS 63

4.1 OBJETIVO 1: Evaluación las tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con respecto a los parámetros biométricos en un sistema acuapónico. 63

4.1.1 Longitud de Raíces a los 15 días después del trasplante 63

4.1.2 Longitud de Raíces a los 30 días después del trasplante 65

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3 Longitud de Raíces a los 45 días después del trasplante 68

4.1.4 Números de Hojas a los 15 días después del trasplante..... 70

4.1.5 Número de Hojas a los 30 días después del trasplante 72

4.1.6 Número de Hojas a los 45 días después del trasplante 75

4.1.7 Altura de Planta a los 15 días después del trasplante..... 78

4.1.8 Altura de Planta a los 30 días después del trasplante..... 80

4.1.9 Altura de Planta a los 45 días después del trasplante..... 83

4.1.10 Peso Fresco Total (g/planta) a los 45 días después del trasplante 85

4.2 OBJETIVO 2: Evaluar las variedades de lechuga *(Lactuca sativa L.)* según la eficiencia de absorción de los macronutrientes bajo dos sistemas hidropónicos con efluentes de truchas…….. 88

4.2.1 Concentración de nutrientes en las plantas lechugas (*Lactuca sativa* L.)..... 88

4.3 OBJETIVO 3: Comparación de los sistemas hidropónicos raíz flotante y nft en un sistema acuapónico…… 96

CAPITULO V 99

5. DISCUSIÓN 99

5.1 PARÁMETROS BIOMÉTRICOS 99

5.1.1 Longitud de Raíz (cm) 99

5.1.2 Número de Hojas 99

5.1.3 Altura de Planta(cm)..... 100

5.1.4 Peso Fresco Total (g/planta) 101

5.2 APORTE DE NUTRIENTES DE LOS EFLUENTES DE TRUCHA COMO SOLUCIÓN NUTRITIVA…..... 101

5.2.1 Contenido de aporte de nutrientes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)... 101

5.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS RAÍZ FLOTANTE Y NFT ... 102

5.3.1 Comparación de los sistemas Raíz flotante y NFT en un sistema acuapónico..... 102

CAPÍTULO VI..... 104

6. CONCLUSIONES 104

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VII 105

7. RECOMENDACIONES 105
REFERENCIAS 106

ANEXOS 116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura1: Lechuga variedad longifolia. 11

Figura2: Lechuga variedad capitata. 12

Figura3: Lechuga variedad intybacea. 12

Figura4: Lechuga variedad asparagina. 13

Figura5: Ciclo de la Acuaponía. 18

Figura6: Diagrama del sistema acuapónico e hidropónico. 20

Figura7: Diagrama de un separador de sólidos mecánico. 21

Figura8: Localización geográfica del área experimental en el vivero Sachaca de la Universidad Católica de Santa María. 35

Figura9: Distribución de tratamientos. 41

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía de la Lechuga..... 6

Tabla 2: Requerimientos hidropónicos de Lechuga 9

Tabla 3: Requerimientos hidropónicos de Lechuga 13

Tabla 4: Funciones de los elementos nutritivos en las plantas. 27

Tabla 5: Descripción de los tratamientos..... 40

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de Raíces de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos a los 15 días después del trasplante. 64

Cuadro 2: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 15 días después del trasplante. 64

Cuadro 3: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 15 días después del trasplante..... 65

Cuadro 4: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de Raíces de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 30 días. . 66

Cuadro 5: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 30

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

días después del trasplante. 66

Cuadro 6: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa L.*) a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 30 días después del trasplante..... 67

Cuadro 7: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de Raíces de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días. . 68

Cuadro 8: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante. 69

Cuadro 9: C Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante..... 69

Cuadro 10: Análisis de varianza (ANVA) para Número de hojas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 15 días. 71

Cuadro 11: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 15 días después del trasplante. 71

Cuadro 12: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 15 días después del trasplante..... 72

Cuadro 13: Análisis de varianza (ANVA) para el Número de Hojas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 30 días. . 73

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 14: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 30 días después del trasplante. 73

Cuadro 15: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 30 días después del trasplante..... 74

Cuadro 16: Análisis de varianza (ANVA) para Número de hojas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días. 76

Cuadro 17: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante. 76

Cuadro 18: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (Lactuca sativa L.) a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante..... 77

Cuadro 19: Análisis de Varianza (ANVA) para los Efectos simples en Número de Hojas de Lechuga a los 45 días. 77

Cuadro 20: Análisis de varianza (ANVA) para la Altura de Planta de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 15 días. 78

Cuadro 21: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 15 días después del trasplante. 79

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 22: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 15 días después del trasplante..... 79

Cuadro 23: Análisis de varianza (ANVA) para la Altura de Planta de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 30 días .. 81

Cuadro 24: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 30 días después del trasplante. 81

Cuadro 25: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 30 días después del trasplante..... 82

Cuadro 26: Análisis de varianza (ANVA) para la Altura de Planta de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días. . 83

Cuadro 27: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante 84

Cuadro 28: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante..... 84

Cuadro 29: Análisis de varianza (ANVA) para Peso Fresco Total de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días. 86

Cuadro 30: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Peso fresco total de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante. 86

Cuadro 31: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para peso fresco total de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante..... 87

Cuadro 32: Comparación del contenido de nutrientes de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema NFT. 88

Cuadro 33: Comparación del contenido de nutrientes de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema Raíz flotante. 89

Cuadro 34: Comparación del contenido de Nitrógeno (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar. 90

Cuadro 35: Comparación del contenido de Fosforo (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar. 91

Cuadro 36: Comparación del contenido de Potasio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar. 92

Cuadro 37: Comparación del contenido de Calcio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar. 93

Cuadro 38: Comparación del contenido de Magnesio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar. 94

Cuadro 39: Comparación del contenido de Proteína (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar. 95

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 40: Comparación de los sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en Longitud de raíz(cm). 96

Cuadro 41: Comparación de sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en Número de hojas. . 97

Cuadro 42: Comparación de sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en Altura de planta. ... 97

ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1: Longitud de Raíz de lechuga de raíz a nivel parcela. 64

Gráfico 2: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Subparcela. 65

Gráfico 3: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Parcela. 67

Gráfico 4: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Subparcela. 67

Gráfico 5: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Parcela. 69

Gráfico 6: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Subparcela. 70

Gráfico 7: Número de Hojas de Lechuga a nivel Parcela. 71

Gráfico 8: Número de Hojas de Lechuga a nivel Subparcela. 72

Gráfico 9: Número de Hojas de Lechuga a nivel Parcela. 74

Gráfico 10: Número de Hojas de Lechuga a nivel Subparcela. 75

Gráfico 11: Número de Hojas de Lechuga a nivel Parcela. 76

Gráfico 12: Número de Hojas de Lechuga a nivel Subparcela. 77

Gráfico 13: Altura de planta de Lechuga a nivel Parcela. 79

Gráfico 14: Altura de planta de Lechuga a nivel Subparcela. 80

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gráfico 15: Altura de planta de Lechuga a nivel Parcela. 81

Gráfico 16: Altura de planta de Lechuga a nivel Subparcela. 82

Gráfico 17: Altura de planta de Lechuga a nivel Parcela. 84

Gráfico 18: Altura de planta de Lechuga a nivel Subparcela. 85

Gráfico 19: Peso Fresco Total de Lechuga a nivel Parcela. 87

Gráfico 20: Peso Fresco de Lechuga a nivel Subparcela. 87

Gráfico 21: Contenido de nutrientes a nivel de parcela en Sistema NFT. 88

Gráfico 22: Contenido de nutrientes a nivel de parcela en Sistema Raíz Flotante. 89

Gráfico 23: Contenido de Nitrógeno (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos. 90

Gráfico 24: Contenido de Fósforo (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos 91

Gráfico 25: Contenido de Potasio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos 92

Gráfico 26: Contenido de Calcio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos 93

Gráfico 27: Contenido de Magnesio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos. 94

Gráfico 28: Contenido de Proteína (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos. 95

Gráfico 29: Longitud de raíz en los sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico. 96

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Gráfico 30: Número de hojas en sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico..... 97

Gráfico 31: Altura de planta en las sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico..... 98

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE ANEXO

Anexo 1: Diagrama de bloques sistema acuapónico automatizado con monitoreo. 116

Anexo 2: Diagrama de flujo (*Flow sheet*) del sistema acuapónico inicial 116

Anexo 3: Diseño final de sistema. 117

Anexo 4: Recopilación de datos de Longitud de Raíz a los 15 días..... 118

Anexo 5: Recopilación de datos de Longitud de Raíz a los 30 días..... 119

Anexo 6: Recopilación de datos de Longitud de Raíz a los 45 días..... 120

Anexo 7: Recopilación de datos Número de Hojas a los 15 días. 121

Anexo 8: Recopilación de datos Número de Hojas a los 30 días. 122

Anexo 9: Recopilación de datos Número de Hojas a los 45 días. 123

Anexo 10: Recopilación de datos de Altura de Planta a los 15 días. 124

Anexo 11: Recopilación de datos de Altura de Planta a los 30 días. 125

Anexo 12: Recopilación de datos de Altura de Planta a los 45 días. 126

Anexo 13: Peso Fresco de Lechuga..... 127

Anexo 14: Efectos Simples en Número de Hojas a los 45 días después del trasplante 128

Anexo 15: pH diario en el biofiltro 129

Anexo 16: Temperatura de agua en Geotanque de trucha..... 130

Anexo 17: Análisis Foliar de tres variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)..... 131

Anexo 18: Análisis de efluentes de trucha 132

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Diseño y construcción del sistema acuapónico 42

Fotografía 2: Instalación del Geotanque 43

Fotografía 3: Sedimentador de flujo radial..... 44

Fotografía 4: Biofiltro 45

Fotografía 5: Sumidero..... 46

Fotografía 6: Sistema eléctrico..... 47

Fotografía 7: Sistema Raíz Flotante y NFT..... 47

Fotografía 8: Instalación del Sistema Raíz Flotante..... 48

Fotografía 9: Instalación del Sistema NFT..... 49

Fotografía 10: Siembra de almácigos..... 50

Fotografía 11: Plántulas listas para el trasplante..... 50

Fotografía 12: Plantines de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) de las 3 variedades 51

Fotografía 13: Preparación y lavado de raíces de plantines para el trasplante..... 52

Fotografía 14: Trasplante de almácigos al sistema Raíz Flotante 52

Fotografía 15: Plantines instalados en el Sistema NFT..... 52

Fotografía 16: Rotulación de plantines en Evaluación..... 53

Fotografía 17: Cosecha..... 53

Fotografía 18: Embolso de Lechugas..... 54

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Fotografía 19: Alimentación de truchas 55

Fotografía 20: Limpieza en sedimentador 55

Fotografía 21: Retiro de acumulación de sedimentos 56

Fotografía 22: Control de PH 56

Fotografía 23: Control de Temperatura 57

Fotografía 24: Control de Oxígeno Disuelto 57

Fotografía 25: Monitoreo de pH, en Sistema Hidropónico 58

Fotografía 26: Monitoreo de pH y temperatura con multiparámetro 58

Fotografía 27: Evaluación de Longitud de raíz a los 15 días 59

Fotografía 28: Evaluación de Longitud de raíz a los 45 días 59

Fotografía 29: Sistema de raíz flotante 60

Fotografía 30: Conteo manual de hojas 60

Fotografía 31: Evaluación final de número de hojas 61

Fotografía 32: Evaluación de altura de planta con regla 61

Fotografía 33: Evaluación de peso fresco con una balanza electrónica 62

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA.

¿Cuál será el efecto que genere los efluentes de truchas en las tres variedades de lechuga bajo dos técnicas hidropónicas en un sistema acuapónico?

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.

La aplicación de fertilizantes minerales solubles es esencial en la agricultura convencional para aumentar el rendimiento de los cultivos. Pero su aplicación excesiva ha provocado eutrofización, toxicidad del agua, contaminación de las aguas subterráneas, contaminación atmosférica, erosión del suelo y degradación del ecosistema, desequilibrios biológicos y disminución de la biodiversidad. Los efectos negativos sobre el suelo incluyen el aumento de la acidez, la disminución de la fertilidad del suelo, la degradación de la estructura del suelo y la degradación de la microfauna. Por otro lado, los proyectos de acuicultura a menudo desechan el agua sobrante de las especies, ya que no se dan cuenta de lo vital que es la calidad del agua (heces) debido a su contenido en nutrientes.

La integración de la acuicultura y la horticultura hidropónica en un único sistema de recirculación en el que se combinan donde se conoce como un sistema acuapónico. En este sistema, las plantas aprovechan los residuos metabólicos que producen los peces y mariscos y los transforman en materia orgánica de origen vegetal. De este modo, se crea un producto valioso mediante el uso de un subproducto desechable lo que tiene la ventaja en la producción y el tratamiento de aguas residuales de efluentes de peces.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.3 JUSTIFICACIÓN

1.3.1 Aspecto general.

El control de la cantidad de nutrientes aportados a las plantas es uno de los principales inconvenientes de cultivar en suelos de sustrato, donde los fertilizantes suponen alrededor del 50% de los costes de la producción agrícola. El suelo con aplicaciones de fertilizantes minerales desmedidos que son con fines agrícolas y el uso ineficiente del agua dan como resultado un suelo degradado y un ecosistema desequilibrado. La acuaponía es aquella que integración entre el cultivo de peces y un cultivo hidropónico de plantas y estos se unen mediante un sistema de recirculación una y otra vez, en el cual se juntan el componente acuícola y el componente hidropónico, por lo cual se considera una alternativa para la producción orgánica del cultivo de lechuga aprovechando los efluentes de la trucha como una solución orgánica nutritiva

1.3.2 Aspecto tecnológico.

Los escases de fertilizantes nos conllevan a utilizar otras alternativas como biofertilizantes como efluentes de trucha para poder producir el cultivo de lechuga por lo cual esta investigación va orientada en forma íntegra a solucionar problemas en la agricultura investigando fuentes orgánicas que se pueden aprovechar para crear nuevos biofertilizantes que contribuyan a la sensibilización, mayor conocimiento, un mejor uso y conservación sostenible de nuestros recursos.

1.3.3 Aspecto social.

La investigación va orientada aprovechar los efluentes de la trucha como biofertilizante en la agricultura, mediante los cuales se va a generar empleo mejorando su calidad de vida y estos resultados pueda brindar confiabilidad, y puedan emprender en este rubro de la acuaponía.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

1.3.4 Aspecto ambiental

Esta investigación nos permitirá producir de forma sostenible y en armonía con el medio ambiente, ya que no se dañarán los recursos hídricos naturales al no eliminarse el agua procedente de efluentes de (tilapia, camarones, trucha) con gran cantidad de toxinas.

1.3.5 Importancia.

Cabe señalar que los productos de este tipo de cultivo tienen un importante valor agregado, al hablar de inocuidad y seguridad alimentaria ya que los cultivos de hortalizas son completamente orgánicos, sin fertilizantes inorgánicos, ni pesticidas así de esta manera podemos llevar productos confiables y de alta calidad a nuestra mesa.

Por lo tanto, la presente investigación plantea el aprovechamiento de los efluentes trucha de un sistema acuapónico y optar el sistema hidropónico que tenga mejores resultados y la variedad de lechuga que tenga mejor producción.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

1.4 OBJETIVOS.

1.4.1 Objetivo general.

Evaluar el comportamiento de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.)* bajo dos técnicas utilizando efluentes de truchas (*Oncorhynchus mykiss*) en un sistema acuapónico.

1.4.2 Objetivos específicos.

1. Evaluar las tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con respecto a los parámetros biométricos en un sistema acuapónico.
2. Evaluar las variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) según la eficiencia de absorción de los macronutrientes bajo dos sistemas hidropónicos con efluentes de truchas.
3. Comparar los sistemas hidropónicos Raíz flotante y NFT con lechuga (*Lactuca sativa* L.).

1.5 HIPÓTESIS.

Ho: Las tres variedades de lechuga, (*Lactuca sativa L.*) cultivadas en el sistema acuapónico, no presentan variación.

Ha: Las tres variedades de lechuga, (*Lactuca sativa L.)* cultivadas en el sistema acuapónico si presentan variación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ORIGEN DEL CULTIVO

Una planta con una larga historia a lo largo de la historia de la humanidad, la lechuga *(Lactuca sativa L.)* fue incluso venerada por los antiguos romanos y griegos en el año 2500 a.C. Es una planta herbácea nativa de regiones templadas, sin embargo, ha sido capaz de adaptarse a otras regiones climáticas, haciendo de esto una propiedad crucial en su comercialización como alimento (Lin et al., 2013).

Una de las hortalizas más apreciadas fue traída a América por los primeros conquistadores tras extenderse rápidamente desde el Mediterráneo a través de Europa. En la actualidad, hay que tener en cuenta es una especie de distribución universal (Arias, 2009, p. 34).

2.2 COMPOSICIÓN Y SUS BENEFICIOS

Además, en el interior de sus proporciones, se ubica las proteínas que contienen el valor medio de 25,75 g/100 g de lechuga fresca y un valor de 26,21 g de fibra. Además de diferentes vitaminas incluidas las vitaminas A, B6, C, E, K, B1 y B2 y minerales como Calcio, Hierro, Magnesio, Fósforo y Zinc. Pero hay que señalar que la mayor parte de la composición de *Lactuca sativa L.* aproximadamente el 94,8% está formada por agua (Sularz et al., 2020).

2.3 TAXONOMÍA

La lechuga es denominada una planta anual autógama, diploide con 2n=18 cromosomas. “Pertenece a la familia de las asteráceas y su nombre botánico es (*Lactuca sativa* L)” (Moroto et al., 2000).

Se clasifica taxonómicamente cuando cumple todos los criterios que permiten reconocerla como única dentro de un hábitat o ecosistema. En el caso de esta planta, estos criterios incluyeron la evolución de la planta en relación a sus parientes,

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

características físico-morfológicas, resistencia a antagonistas específicos, ciclo de vida y epidemiología, requerimiento ambiental y distribución geográfica, entre otros (Lebeda y Mieslerová, 2011).

Carlos Von Linneo describió por primera vez esta especie en el año 1753 (El-esawi, 2015).

Tabla 1: División taxonómica de la lechuga (*Lactuca sativa* L.)

Denominación científica	Lactuca sativa
Nombre general	Lechuga
Dominio.	Eucariota.
Reino.	Viridiplantae.
Filo.	Espermatofita.
Sub-filo.	Angiosperma.
Clase.	Asterales.
Familia.	Compuesta o Asteráceas.

2.4 DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA

La lechuga es una planta herbácea, anual y bianual, autógama perteneciente a la familia Compositae y cuyo nombre botánico es *Lactuca sativa* L., el crecimiento se desarrolla en roseta, en su etapa juvenil contienen en sus tejidos un jugo lechoso látex; cuya cantidad disminuye con la edad de la planta, tallos erectos, solitarios, glabros, de 0.3 a 1 m de alto, poseen hojas basales o caulinares (Garden, 2015).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.1 Sistema radicular

Granval y Graviola (1991) afirma que posee una raíz principal el cual es pivotante, corta, puede penetrar hasta 30 cm de profundidad, con pequeñas ramificaciones; crece muy rápido, con abundante látex, posee numerosas raíces laterales de absorción, que se desarrollan en la capa superficial del suelo con una profundidad de 5 a 30 cm.

2.4.2 Tallo

Valadez López (1998) afirma que cuando una planta de lechuga está lista para florecer, la parte más alta de la planta es pequeña, extremadamente corta, cilíndrico y no se ramifica cuando la planta está en el estado óptimo de cosecha, la parte más alta de la planta crece hasta una longitud de 1.2 m, con las extremidades ramificadas y las ramillas terminales de una inflorescencia presente en cada punto.

2.4.3 Las hojas

Granval y Graviola (1991) mencionan que son de forma lanceolada, oblonga o redonda. Dependiendo de la variedad, los bordes del limbo pueden ser lisos, lobulados, ondulados, aserrados o dentados. Según la clase y el cultivar, puede ser de color amarillo, violáceo o casi marrón. Su color es verde amarillento, claro u oscuro; rojizo, púrpura o casi morado, dependiendo del tipo y el cultivar.

2.4.4 Inflorescencia

Según Valadez López (1998) afirma que “se encuentra conformada por grupos ramificados de 15 a 25 flores”. Asimismo, Chávez y Medina (2013) afirman que la Inflorescencia tiene capuchones con flores amarilis colocadas en racimos o corimbos.

2.4.5 Semilla

Granval y Graviola (1991) mencionan que “El fruto es un aquenio típico y la semilla es elíptica, ovoide, picuda y planar. Botánicamente hablando, la semilla es un fruto aovada con tres a cinco costillas en cada cara, y su tamaño oscila entre 2 y 5 mm. En su base se encuentra el vilano o 9 papús plumosos, que facilita la dispersión por el viento y se separa fácilmente, dejando limpio el aquenio de la semilla

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.4.6 El fruto

Tamaro(1968), afirma que las semillas son pequeñas, alargadas y muy puntiagudas, con un tinte blanco o marrón oscuro, rara vez rojizo. Un gramo contiene 800 granos, y un hectolitro de estos granos pesa unos 425 gramos. La facultad germinativa dura de cuatro a cinco años.

2.5 REQUERIMIENTOS EDAFOCLIMÁTICOS

Es importante considerar los requerimientos edafoclimáticos. “La condicion ideal para su cultivo oscilan entre 1800 y 2800 msnm, requieren de 250 a 350 mm de agua distribuidos uniformemente a lo largo del ciclo, y tener suelos con pH entre 5,2 y 6,7” (Cacarin Pinán, 2013).

2.5.1 Clima

Según Goites (2008) “menciona que la lechuga crece bien en climas fríos y puede cultivarse durante todo el año en zonas con temperaturas medias mensuales entre 13° y 18°C y un rango que puede fluctuar entre 7° y 24°C”. Según (Smith et al., 2011) “las condiciones ideales para el crecimiento de la lechuga son alrededor de 23°C durante el día y 7°C por la noche”. La temperatura elevada que supera los 30°C tiene un impacto negativo en la germinación de las semillas y el posterior desarrollo de la planta, que limita el crecimiento, Goites (2008).

El cultivo de la lechuga “afirma que es beneficiada de una humedad relativa que oscila entre el 60 y el 80%; en algunas circunstancias, se necesita menos del 60% los cuales son óptimos para el cultivo” (Iglesias, 2006).

2.5.2 Suelo

Según (Smith et al., 2011), la lechuga puede cultivarse en suelos pesados y arcillosos siempre que el suelo tenga una estructura sólida y la cantidad adecuada de drenaje. Este cultivar tiene un nivel moderadamente bajo de tolerancia a la sal, lo que conduce a una mala germinación de las semillas y un crecimiento reducido cuando los niveles de salinidad son demasiado altos.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.5.3 Agua

Según (Defilipis et al., 2006), "La lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* es una planta especialmente delicada al déficit hídrico debido a su sistema radicular poco profundo. Esto repercute en la producción de material verde y requiere niveles de agua cercanos a la capacidad de campo". En ese sentido es importante mantener en buenos niveles hídricos.

Tabla 2: Requerimientos hidropónicos de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

REQUERIMIENTOS HIDROPÓNICOS DE LA LECHUGA	
Temperatura óptima	18 a 23 °C durante el día Y 7 a 15 °C durante la noche
Densidad del cultivo	24 a 32 plantas/m2
Pendiente del canal	1,5%
Caudal de la película de solución por canal(recirculación)	2 a 6 litros/min
Conductividad eléctrica de la solución	1500 a 2500 mS/cm
pH	5,5 a 6,5
Humedad relativa	60 a 80%

Fuente: (Beltrano y Giménez, 2015)

2.6 IMPORTANCIA DEL CULTIVO

El cultivo más importante entre las hojas hortalizas utilizadas para el consumo de alimentos crudos se cultiva en todo el mundo utilizando diversos métodos de producción, como al aire libre, en interiores, en el suelo y en invernaderos. Es muy apreciada por ser un alimento fresco con una alta concentración de agua, vitaminas

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

y un bajo contenido energético que resulta beneficioso para las dietas hipocalóricas. También es una buena fuente de fibra, hierro, ácido fólico y vitamina C. La lechuga es además una buena fuente de otros compuestos bioactivos beneficiosos para la salud. Estudios realizados in vitro e in vivo han demostrado que los componentes bioactivos de la lechuga tienen propiedades antiinflamatorias, reductoras del colesterol y antidiabéticas. Sin embargo, la composición nutricional y los compuestos bioactivos difieren entre los distintos tipos de lechuga. (Giaconi E. y Escaff M. 1995).

Según (Defilipis et al., 2006), aunque la mayor parte del contenido de una lechuga es agua (con una media del 95% de agua), sigue aportando una cantidad insignificante de calcio y fósforo, así como otros minerales cruciales como el zinc y el hierro. Por ello, se aconseja a quienes padecen obesidad o siguen dietas para diabéticos. Se consume casi exclusivamente como producto fresco, sobre todo como ingrediente de ensaladas.

2.7 VARIEDADES, TIPO Y CULTIVARES DE LECHUGA

Carrasco et al. (2016) describen cuatro tipos de lechuga, cada uno con múltiples variedades y estas a su vez con numerosos cultivares. El término "cultivar" es una combinación de "cultivada" y "variedad", y se refiere a especies adaptadas a zonas específicas o mejoradas genéticamente para transmitir características agrícolas deseables. La abundante diversidad de cultivares a veces genera confusión al momento de su clasificación de las lechugas.

2.7.1 Variedad Longifolia

- **Tipo Cos o Romana**

Estas lechugas son conocidas como Romanas o Cos y se originan en el este del Mediterráneo, específicamente en Turquía. Su rasgo distintivo son las hojas de gran tamaño, que son oblongas u ovaladas y pueden llegar a medir entre 20 y 30 cm de largo y 10 cm de ancho. Tienen una nervadura central ancha y bien definida. Este tipo de lechuga crece verticalmente, y a medida que se desarrolla, las hojas se

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

cierran en la parte superior formando un falso cogollo. Tienen un peso promedio de 600 a 1000 gramos. En el centro de la planta se encuentra un tallo más o menos desarrollado que está protegido por hojas que forman una pequeña roseta llamada "corazón", la cual tiene un tono más claro que las hojas exteriores. Esta variedad de lechuga es caracteriza gracias a su buena tolerancia a las altas temperaturas del verano, lo cual la convierte en una de las más cultivadas y muy apreciada en la cocina gourmet.

Algunos de los cultivares más representativos son: Parris Island Cos, Clemente, Orejona, entre otros.



Figura1: Lechuga variedad longifolia.

2.7.2 Variedad Capitata

- **Tipo Iceberg**

Carrasco Silva y Sandoval Briones (2016) Refieren que este tipo de lechuga se caracteriza por tener hojas un poco más gruesas, lisas y anchas, con una nervadura central ancha y de color blanco. Son de textura suave asimismo la característica principal de este tipo de lechuga es su capacidad para formar una cabeza compacta y apretada, lo que le permite resistir el daño mecánico y la hace excelente para el transporte a largas distancias. También es el tipo de lechuga que muestra mayor resistencia a la formación de tallo floral. Sin embargo, algunos cultivares que forman cabezas compactas tienen un contenido de proteínas más bajo, ya que las hojas exteriores cubren el corazón, que suele ser de color blanco o pálido. Debido a su forma de crecimiento, no se recomienda cultivar este tipo de lechuga en invernaderos. Algunos de los cultivares que se encuentran en esta categoría son: Batavia, Iceberg y Great Lakes.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Figura2: Lechuga variedad capitata.

2.7.3 Variedad Intybacea

- **Tipo Lollo**

Carrasco y Sandoval (2016) las hojas de este tipo de lechuga se describen como sueltas, dispersas y no envolventes. Son hojas sésiles con bordes ondulados y rizados, y no forman cogollo o cabeza. Son de menor tamaño, con un peso promedio comercial de alrededor de 200 gramos. Hay dos subtipos: Rossa, que presenta tonalidades rojas, pardas y violáceas, que consiste en hojas de diversos tonos verdes. Junto con el Tipo Trocadero, las más populares para el cultivo hidropónico debido a su corto período vegetativo de aproximadamente 50 días y su variada y llamativa coloración. Algunos de los cultivares comercializados incluyen Hoja Roble, Waldman's Green, Bionda, Italiana, Prize Head, Red Salad Bowl Rossa.



Figura3: Lechuga variedad intybacea.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.7.4 Variedad Asparagina

- **Tipo Espárrago**

Este tipo de lechuga se consume en China y se caracteriza por tener un tallo carnoso que también es comestible. Sus hojas son sésiles, enteras y lanceoladas, y pueden presentar coloraciones verdes o rojizas. Tienen un sabor amargo. Esta variedad de lechuga no es muy cultivada fuera de China y se cultiva principalmente por sus hojas, mientras que el tallo se utiliza para alimentar al ganado. El cultivar más conocido es el Celtuce, también conocido como Chinese Stem Lettuce.



Figura4: Lechuga variedad asparagina.

Ciclos de cultivo en función del cultivo y la época

Tabla 3: Requerimientos hidropónicos de Lechuga.

	Iceberg	Trocadero	Romana	Batavia	Escarola	Hoja de Roble	Lollo rosso y verde	Brote Batavia	Brotes de Lollo rosso
Ciclo de Cultivo									
Verano	45-65 días	40-60 días	50-70 días	40-60 días	45-65 días	40-60 días	50-70 días	28-39 días	33-45 días
Invierno	56-105 días	55-88 días	60-110 días	55-105 días	55-110 días	55-88 días	65-115 días	28-67 días	30-69 días

Fuente: (Luna, 2012)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.8 PLAGAS Y ENFERMEDADES

2.8.1 Pulgón *(Myzus persicae, Aphis spp.)*

Es común encontrar plagas de pulgones en varios cultivos, incluyendo la lechuga. Estos insectos forman colonias que comienzan en las hojas exteriores y luego se extienden hacia las hojas internas. Los pulgones pueden encontrarse en dos estados, alados (con alas) y ápteros (sin alas). Son portadores de virus y desarrollan rápidamente resistencia a insecticidas debido a su capacidad de reproducción tanto sexual como a través de partenogénesis. Además, tienen ciclos biológicos cortos, lo que les permite tener varias generaciones durante la temporada de crecimiento. y (Saavedra,2017). Para controlar esta plaga, mantener un riego moderado, controlar las plantas hospederas y regular la densidad de las plantas. También se pueden aplicar insecticidas como acetamiprid, dimetoato, pirimicarb, entre otros. (Ugaz et al. 2000)

2.8.2 Trips *(Frankliniella spp.)*

Según Halsouet (2005), en España y Europa, la especie Frankliniella occidentalis representa una seria amenaza, ya que transmite el virus del bronceado (Tomato Spotted Wilt Virus, TSWV), el cual causa una marchitez generalizada en las hojas y eventualmente conduce a la muerte de la planta. Por esta razón, se considera una plaga clave en este cultivo. En cambio, en América, el consumo de lechugas del tipo Iceberg y sus cultivares se ha popularizado ampliamente. Este tipo de lechuga es resistente al virus mencionado, lo que significa que los daños causados se limitan a lesiones en las hojas y no afectan gravemente la salud general de la planta.

2.8.3 Mosca minadora *(Liriomyza huidobrensis)*

Las larvas de este díptero se alimentan del mesófilo de las hojas de la lechuga, creando galerías delgadas. Los ataques severos provocan una disminución en el valor comercial de las lechugas, lo que dificulta su venta (Halsouet, P. 2005). Además, las hojas infestadas no pueden realizar la fotosíntesis adecuadamente y terminan secándose. Para controlar esta plaga, se recomienda llevar a cabo acciones

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

como el control de malezas hospederas, riegos frecuentes y ligeros, el uso de trampas con plásticos amarillos cubiertos de aceite, y la aplicación de insecticidas como alfacipermetrina, entre otros (Ugaz et al., 2000).

2.8.4 Mosca Blanca *(Bemisia tabaci)*

En cuanto a la mosca blanca *Bemisia tabaci* y *Bemisia argentifoli*, tanto los adultos como las larvas se alimentan de la savia en el envés de las hojas de la lechuga. Esto genera la producción de melaza que puede provocar fumagina, además de que pueden transmitir virus. Para su control, se recomienda evitar la falta de agua, asegurar una buena nutrición de las plantas, controlar las malezas, utilizar trampas pegajosas de color amarillo y aplicar insecticidas como burpofezin, alfacipermetrina, ciflutrin, entre otros (Ugaz et al., 2000).

Sobre las enfermedades se tiene:

2.8.5 Mildiu Velloso *(Bremia lactuacae)*

El patógeno más dañino para el cultivo de lechuga es un hongo que causa diversos síntomas en las hojas. En el haz de las hojas, se forman pequeñas manchas amarillentas, y en el envés de las hojas, se pueden observar vellosidades finas de color gris o blanquecino, que son el signo del hongo. Con el tiempo, las manchas amarillentas se vuelven grises y necróticas, y el daño se extiende a todos los niveles de las hojas, con las manchas delimitadas por las nervaduras. Aunque los ataques suelen ser de intensidad leve a moderada, el daño resultante reduce el potencial de venta de las plantas. Esta enfermedad se considera clave, ya que puede manifestarse en todas las etapas del desarrollo de la lechuga, incluso durante la preparación de plántulas, debido a que las esporas pueden sobrevivir en las semillas (Saavedra, 2017). Según Jaramillo et al. (2016), las condiciones ideales para la infestación de este hongo en las hojas de lechuga son una baja humedad relativa (30%) y temperaturas diurnas de 12 a 20 ºC y nocturnas de 6 a 10 ºC. Para su manejo, es recomendable la humedad en los riegos, proporcionar un abonamiento balanceado, y aplicar fungicidas como mancozeb(Ugaz et al., 2000).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.8.6 Oidium *(Erysiphe cichoracearum)*

Saavedra (2017) los síntomas del oídio son similares a los del mildiu, pero con algunas diferencias. En el oídio, las manchas en el haz de las hojas no siguen las nervaduras y son irregulares. Además, el micelio del hongo puede formarse en ambas caras de las hojas. Esta enfermedad se observa con mayor frecuencia en invernaderos, ya que las altas temperaturas y la alta humedad relativa favorecen su aparición. Para su control, se recomienda realizar la limpieza de las hojas inferiores y aplicar fungicidas como azufre en polvo mojable, diniconazole y penconazol (Ugaz et al., 2000)

2.8.7 Pudrición radicular *(Pythium tracheiphilum)*

(Morgan, 1998) afirma que la infección causada por el hongo Pythium sp. es un problema común en los cultivos hortícolas, especialmente en sistemas hidropónicos utilizados para el cultivo de lechuga y tomate. Este hongo tiene una afinidad particular por el agua, por lo que los sistemas hidropónicos brindan un entorno propicio para su desarrollo y producción. Los síntomas visibles de la enfermedad incluyen el oscurecimiento de las raíces y el deterioro general de la planta. A medida que la enfermedad progresa, se produce un estrangulamiento y pudrición del cuello de la planta, lo que resulta en el marchitamiento de las hojas externas y finalmente en la muerte de la planta. Se recomienda prevenir esta enfermedad mediante la limpieza y desinfección adecuadas del sistema después de cada cosecha, así como asegurando una oxigenación adecuada de la solución nutritiva utilizada en el sistema hidropónico.

2.8.8 Pudrición gris *(Botrytis cinerea)*

(Saavedra, 2017) nos dice que el daño causado por esta enfermedad comienza en las hojas más externas o más viejas de la planta, así como en la parte basal. Se observan manchas amarillentas húmedas con la formación de un moho gris abundante. Esta enfermedad es especialmente relevante en invernaderos, ya que su propagación y reproducción se ven favorecidas por una alta humedad relativa. Sin

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

embargo, si el ambiente es más seco, se pueden formar pudriciones de color oscuro en las áreas afectadas. El patógeno puede sobrevivir en forma de esclerocios.

2.9 ACUAPONÍA

2.9.1 Generalidades de la acuaponía

La acuaponía es un sistema de producción que combina la acuicultura y el sistema hidropónico. En una unidad de acuaponía, el agua del tanque de peces se dirige al sedimentador, posteriormente al filtros y camas de crecimiento donde se cultivan las plantas luego al sumidero, y finalmente regresa al tanque de peces (FAO, 2022). Este sistema permite la producción integrada de peces y cultivos vegetales orgánicos (Caló y Cenadac, 2011). Los desechos orgánicos que son generados por los peces, como el amonio, son descompuestos por bacterias y convertidos en nutrientes para las plantas mediante la acción de bacterias nitrificantes (Hollyer et al., 2009). Estos nutrientes se transforman en nitritos y nitratos, que son formas químicas de nitrógeno que las plantas pueden absorber y utilizar para sintetizar proteínas y crecer. Al absorber estos nutrientes, las plantas purifican el agua, proporcionando un hábitat limpio para los peces, lo que resulta en un sistema ecológicamente sostenible y autosuficiente (Parker, 2002).

(Wang, 1993) La acuaponía se presenta como una opción de producción agrícola y pecuaria enfocada en el desarrollo sostenible. Consiste en la integración de dos sistemas: la acuicultura y la hidroponía. En un sistema acuapónico, el agua utilizada en la acuicultura, que actúa como un subsistema, se canaliza hacia el sistema hidropónico. En este sistema, los desechos ricos en amoníaco son descompuestos por bacterias nitrificantes, convirtiéndose primero en nitritos y luego en nitratos, los cuales son utilizados como nutrientes por las plantas. Como resultado, es posible que el agua regrese al subsistema de acuicultura ya en condiciones óptimas para los peces (Candarle, 2016).

Los dos sistemas que componen el sistema de recirculación acuapónico son el sistema hidropónico, que consiste en cultivar plantas acuáticas o que requieren mucha agua para sobrevivir, y el sistema acuícola, que se refiere a la cría de peces. Los cultivos acuapónicos e hidropónicos han experimentado una importante

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

expansión en todo el mundo debido a su alta productividad, así como a un mejor uso de la tierra y el agua, métodos sencillos de control de la contaminación, mejor gestión de los factores de producción, productos de mayor calidad y mayor seguridad alimentaria. (FAO, 2018).

En términos de beneficios sociales y medioambientales, la acuaponía destaca por su capacidad para utilizar los recursos energéticos de forma sostenible, reducir los costes operativos asociados al transporte de agua y producir plantas y horticultura mediante prácticas acuapónicas eficaces, rentables y respetuosas con el medio ambiente, ya que no se utilizan fertilizantes químicos ni insecticidas durante el cultivo (Diver, 2019).

Sin embargo, dado que las plantas deben satisfacer sus necesidades nutricionales a partir de las cosechas, es crucial tener en cuenta la cantidad de nutrientes que se producen en los sistemas acuícolas. En consecuencia, es necesario evaluar qué plantas pueden cultivarse en sistemas acuícolas en función de las condiciones climáticas, el tamaño del sistema, la biomasa del cultivo y la producción de nutrientes.

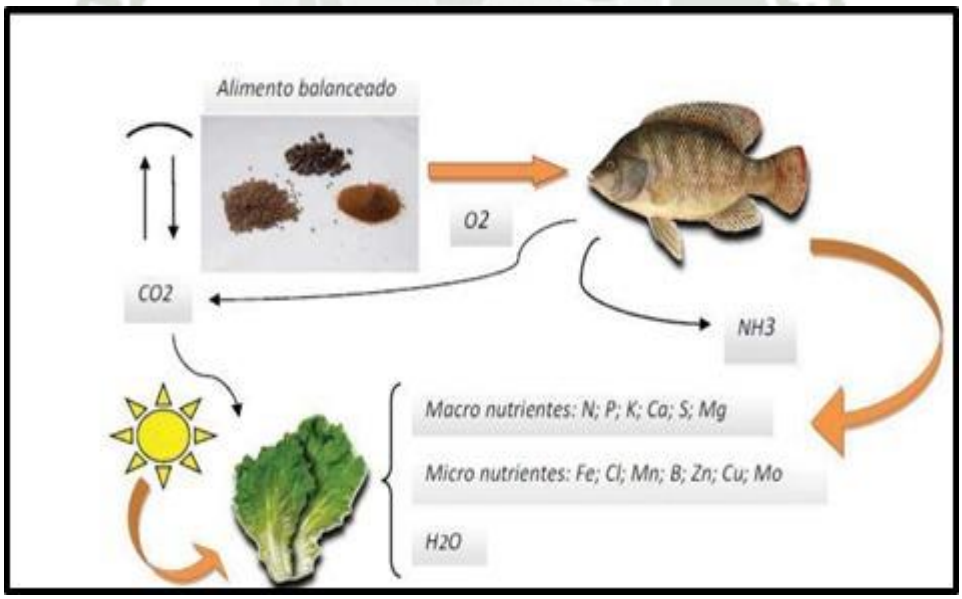


Figura5: Ciclo de la Acuaponía.

Fuente: Rakocy, et al. (1993).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.9.2 Ventajas

(Ramírez et al., 2008) menciona que los sistemas acuapónicos proporcionan una serie de ventajas, entre las que destacan las siguientes:

- Como los efluentes de los peces sirven como nutrientes para las plantas, hay una producción integrada de peces y plantas.
- Ya que no se utilizan pesticidas ni herbicidas, aumenta la producción local de alimentos y se producen alimentos más sanos, lo que significa que podemos obtener alimentos orgánicos y limpios.
- Al no utilizar suelo para la producción de las hortalizas podemos evitar que se propaguen enfermedades trasmitidas por este medio.
- El agua se reutiliza mediante filtración biológica y recirculación, por lo que estos sistemas sólo emplean una fracción del agua (1-5%) que se suele utilizar en la agricultura convencional, ya que el agua no se desecha ni son tomadas por las malezas.

2.9.3 Desventajas

El núcleo de los sistemas de recirculación acuapónicos se basa en dos tipos de producción: vegetal y animal. Por ello, es imprescindible tener conocimientos suficientes de acuicultura y horticultura para ofrecer soluciones y mejoras en los sistemas de producción (Muñoz, 2012) siendo estas las desventajas:

- La meticulosidad necesaria para mantener un equilibrio casi impecable entre ambas producciones con el fin de evitar cualquier interferencia en cualquiera de los dos procesos.
- Los gastos energéticos para transportar el agua han aumentado.
- Una vez instalado el sistema, la inversión en alimentación puede acabar siendo el componente más caro de todo el sistema, por lo que hay que prestarle mucha atención.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.9.4 Componentes del sistema acuapónico

(Rakocy et al., 2006) menciona que los sistemas de acuaponía pueden configurarse y dimensionarse de diversas maneras, pero que existe un patrón básico que debe seguirse para su correcto diseño, identificando sus componentes esenciales y determinando la dirección del flujo de agua para su recirculación.

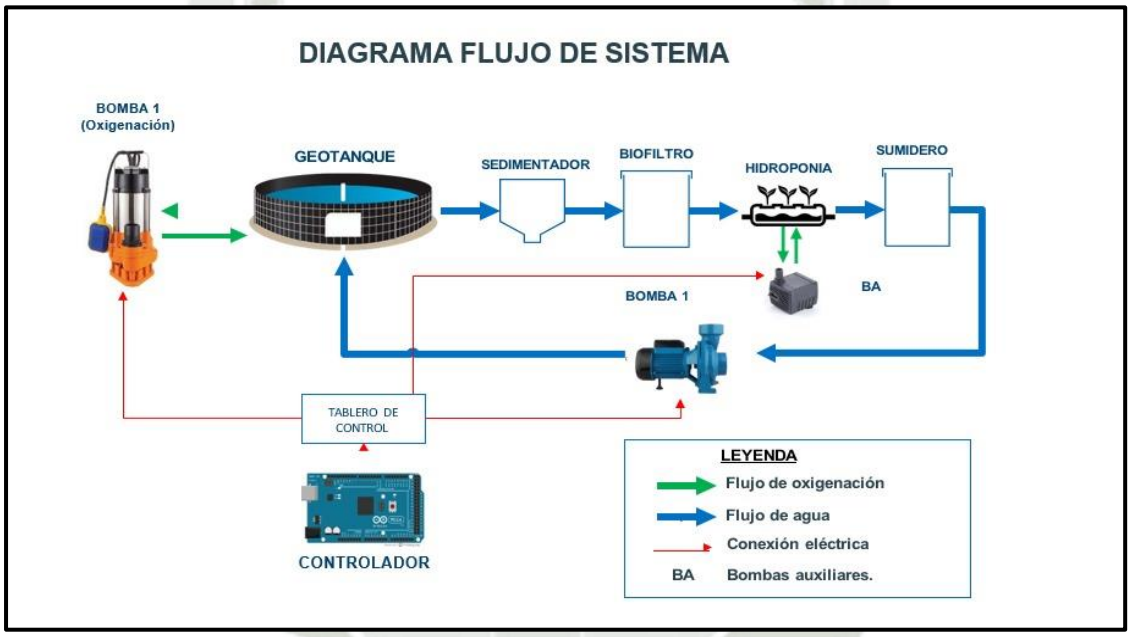


Figura6: Diagrama del sistema acuapónico e hidropónico.

Fuente: Elaboración propia

a) Tanque para cultivar peces

El tanque para mantener los peces es importante que sea fácil para limpiar y accesible para el momento de cosechar, también es necesario que los peces tengan buenas condiciones para sobrevivir, hay varios aspectos importantes a considerar, incluyendo la forma, el material y el color. También es importante escoger un tanque que tome en cuenta las características de las especies acuáticas a ser cultivadas pues muchas especies de peces que viven en el fondo muestran mejor crecimiento y menos estrés con un espacio horizontal adecuado (FAO,2022).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

b) Sedimentador

Un agente clarificador para deshacerse de las partículas que dejan los peces, las algas y los derechos alimentarios no consumidos. Para eliminar los sólidos en suspensión causados por la sedimentación se desarrolló una tecnología llamada sedimentador. Decantador, contenedor de asentamiento o contenedor de sedimentación son otros de sus nombres. La velocidad de flujo más lenta en un sedimentador permite que las partículas sedimentables se agrupen mientras que los componentes que pesan menos que el agua flotan en la superficie (Tilley et al., 2014).

Diagrama de un separador de los sólidos mecánico

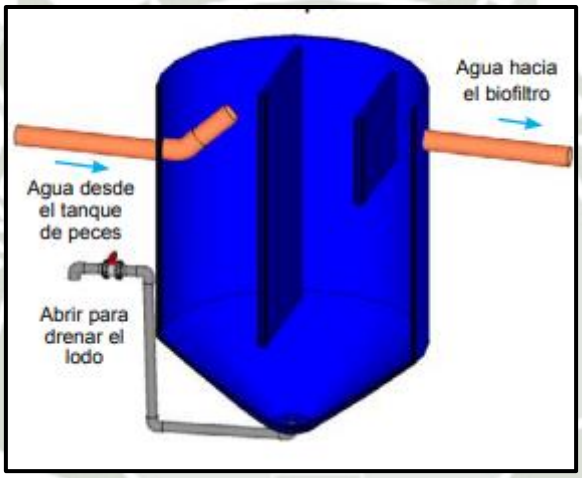


Figura7: Diagrama de un separador de sólidos mecánico.

Fuente: FAO

c) Biofiltro

Un biofiltro es esencial para transformar el amoníaco y nitrito tóxico liberado por los peces en nitrato inocuo, que sirve de buen alimento para las plantas. El funcionamiento ideal de un biofiltro requiere tres cosas: A) bacterias nitrificantes, que se encuentran en medios terrestres y acuáticos; B) una superficie a la que puedan adherirse las bacterias (arena, grava, plásticos, etc.); y C) oxígeno (FAO, 2022).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Sumidero

Debe haber un sumidero donde el agua pueda recolectada y reconducirse al geotanque de peces. Estos componentes están conectados entre sí por un sistema de circulación de agua que beneficia tanto a los microorganismos como a las plantas y los peces. Los productos de desecho creados por la descomposición de los alimentos no consumidos por los peces y las excretas se dispersan en la base del geotanque de peces y pasa al sedimentador para eliminar las partículas más grandes, luego el agua fluye al biofiltro para encargarse de la oxidación del amonio a nitritos y luego a nitratos por bacterias del tipo nitrosomas y nitrobacter que están adheridas al filtro biológico (Wongkiew et al., 2018)

Las bacterias nitrosomas oxidan el amoníaco para producir nitrito, un compuesto que sigue siendo tóxico para los peces. Las bacterias nitrobacter convierten los nitritos en nitratos como parte del ciclo de nitrificación, lo que hace que esta sustancia sea menos tóxica para los peces en bajas concentraciones y, al mismo tiempo, son nutrientes para las plantas (Shnel et al., 2002). El flujo de agua circula posteriormente del filtro biológico al sistema hidropónico donde los nutrientes generados son aprovechados por las plantas y finalmente es conducida al tanque de sumidero y que posteriormente regresa esta agua al geo tanque de peces.

e) Componente hidropónico

Los componentes hidropónicos son los que describen las secciones para cultivar plantas en una unidad, es donde va ocurrir la producción de los cultivos, donde podemos utilizar varios sistemas hidropónicos.

2.10 HIDROPONÍA

La hidroponía es una técnica agrícola que consiste en cultivar plantas en soluciones acuosas ricas en nutrientes. Normalmente, se utilizan soportes inertes (como arena, grava, perlita, etc.) como sustrato, en otras palabras se trata de cultivar sin tierra, donde los nutrientes que las plantas necesitan para crecer se suministran a través del agua. Con ello se consigue una producción rápida, controlada y de alto

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

rendimiento (Yescas et al., 2011).

La hidroponía es una técnica joven que acaba de utilizarse a escala comercial. En este poco tiempo, la gente ha sido capaz de adaptarse a una variedad de situaciones, incluyendo el cultivo en el aire (aeroponía) y en invierno utilizando tecnología avanzada. Sus únicas restricciones son los nutrientes y el agua potable (Sánchez y Escalante, 2013).

Para cultivar plantas con sistemas hidropónicos no es necesario el uso de suelo. La horticultura se practica sobre sustratos de medios puros o liquidos inertes. En estos sistemas, todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas se obtienen de fertilizantes sintéticos (Tonet et al., 2011; FAO, 2014).

Estos sistemas ofrecen mayores niveles de control que el cultivo directo en el suelo, al tiempo que utilizan el agua y los fertilizantes de forma eficiente y con menores riesgos de plagas y enfermedades. Sin embargo, la dependencia total de fertilizantes manufacturados supone un alto coste para los pequeños agricultores (FAO, 2014; Stefanelli et al., 2011).

En particular, y debido a los altos costos de los fertilizantes y el daño ambiental causado por su uso excesivo, los sistemas hidropónicos cerrados se han expandido ya que reutilizan el agua de drenaje y minimizan el consumo de fertilizantes y agua (Massa et al., 2010).

Un sistema hidropónico es un sistema separado del suelo de tal manera que se pueden cultivar diversas hortalizas, cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos nutricionales que necesita dicha planta a través del agua o de una solución nutritiva. El objetivo de este tipo de cultivo es reducir las influencias sobre el crecimiento de las plantas relacionadas con las características del suelo.

En los sistemas hidropónicos, los nutrientes que necesitan las plantas se complementan añadiendo una solución nutritiva con macronutrientes y micronutrientes adecuados para el cultivo. (Nichols & Savidov, 2012).

La hidroponía puede llevarse a cabo mediante diversos sistemas, entre los que se encuentran el sistema de flujo de nutrientes a través de canales (también conocido como NFT) y el sistema raíz flotante o balsa. La idea básica de cada uno de ellos es

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

la misma: las raíces de los cultivos reciben una solución nutritiva con los macro y micronutrientes dispersos en ella (Alpazar Antillón, 2004).

Como resultado, los cultivos hidropónicos en circuito cerrado se consideran el sistema que menos daña el medio ambiente, contribuye a la preservación de los recursos naturales y permite ofrecer alimentos vegetales frescos a todas las personas (Arévalo, 2006; y Beltrano, 2015).

2.10.1 Ventajas

Además, (Castillo, 2001) afirma que para los cultivares hortícolas han adquirido una importancia significativa en los tiempos modernos, los cuales son los siguientes:

- Reducción de los costes de producción y prevención de la contaminación de los recursos naturales.
- Producción de en cualquier mes del año y cosechas tempranas en los cultivos.
- Ahorro de agua, fertilizantes, pesticidas, etc.
- Se evita el uso de maquinaria agrícola (tractores, rastrillos, etc.).
- Mayor limpieza e higiene en el manejo de los cultivos para evitar contaminación mediante las raíces.
- Se puede cultivar en zonas donde la agricultura es complicada.

2.10.2 Desventajas:

- La planta depende totalmente del agua, y empezar a cultivarla de esta forma requiere también una importante inversión económica.
- Es un cultivo que sólo incluye hojas hortalizas y unas pocas hortalizas de fruto.
- Es necesario adquirir los nutrientes que necesitan las plantas, y éstos son de costos elevados.
- Es esencial mantener un control continuo de los niveles de nutrientes y agua.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.10.3 Sistema NFT (Nutrient Film Technique)

Los sistemas se basan en canales de cultivo, que suelen ser de PVC, por las que circula una cantidad reducida de agua que contiene nutrientes para las plantas (Ngo, 2017). El tamaño del diámetro de los tubos variará en función de la densidad de las plantas y del tamaño de sus raíces, pero se recomienda que no superen los 15 metros de longitud. Esto evitará que las raíces obstruyan el paso de la solución, es recomendable que la inclinación sea de 1 a 5% de longitud de este (Lastra et al., 2009, citado por Barrera y Hernández 2010).

Este sistema ofrece una alta oxigenación a la sección radicular de los cultivos porque permite la disposición de las plantas y consigue una alta productividad por unidad de superficie (Gorosito et al., 2017). Esto se debe a que una baja oxigenación de la solución nutritiva afecta a la absorción de nutrientes, lo que repercute negativamente en la capacidad de las plantas para crecer en todo su potencial.

Este sistema es más adecuado para el cultivo de plantas de baja estatura o con hojas pequeñas, como la lechuga en sus distintas variedades, ya que es una técnica que requiere inversión media (Soria, 2012).

2.10.4 Ventajas

Según (Mafla, 2015), el sistema NFT tiene ciertas ventajas, tales como:

- Ahorro significativo de solución nutritiva y agua.
- Máximo aprovechamiento del espacio gracias a la posibilidad de cultivar en diferentes niveles.
- Facilita la limpieza del sistema, a diferencia de la agricultura de subsistencia.
- Permite un control más preciso de la nutrición de la planta.
- Simplifica los sistemas de gestión de riesgo y permite una automatización.
- Maximiza el contacto directo entre las raíces de los cultivos y las soluciones nutritivas, de modo que se acelera el crecimiento de los productos y es posible una mayor producción en el mismo año.
- Permite corregir las deficiencias nutricionales.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.10.5 Desventajas

- Este sistema requiere de un cuidado adecuado del estado de la solución nutritiva para rendir resultados.
- Los costos iniciales son mayores que con otros sistemas.

2.10.6 Sistema Raíz Flotante

El componente principal de los sistemas de flotación es la inmersión completa de la cuerda en agua; la cuerda puede estar soportada por un laminado de polietileno expandido "ICOPOR" (Pantanella et al., 2012). El mejor subsuelo se elige con base en factores como el flujo de aire, la retención de nutrientes y la retención de humedad, entre otros, dependiendo del tipo de planta que se cultive.

En un sistema de balsa flotante, las raíces están continuamente en contacto con la solución y son sostenidas por una plancha perforada de poliester que sirve de soporte mecánico y hace flotar un cierto número de plantas. Comparando la producción de hortalizas bajo el sistema raices flotante con otros sistemas hidropónicos, resulta menos costoso, requiere menos mano de obra y permite un uso más eficiente del agua (Pérez, 2007).

2.11 BALANCE DEL SISTEMA ACUAPÓNICO

(Rakocy et al., 1997), Menciona que debido a que un sistema acuapónico implica cantidades de proteínas metabolizadas, así como una capacidad de biofiltración y una capacidad específica de absorción de nitratos, es importante mantener un equilibrio de cargas en las tres comunidades principales de peces, plantas y bacterias que están presentes en el sistema acuapónico.

Según (Huterwal y Friedenthal, 2009), 13 de los 16 elementos químicos considerados esenciales para el crecimiento sano de las plantas son nutrientes minerales, los cuales son:

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Funciones de los elementos nutritivos en las plantas.

Tabla 4: Funciones de los elementos nutritivos en las plantas.

Elemento	Absorbido en forma	Funciones
Nitrógeno	NO_3NH_4	Da el color verde intenso a las plantas. Fomenta el rápido crecimiento. Aumenta la producción de hojas. Mejora la calidad de las hortalizas. Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos de alimentos y forrajes.
Fosforo	P_3O_5	Estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces. Facilita el rápido y vigoroso de las plantas. Acelera la maduración y estimula la coloración de los frutos. Ayuda a la formación de semillas. Da vigor a los cultivos para defenderse del rigor del invierno.
Potasio	K_2o	Otorga a las plantas gran vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas. Ayuda a la producción de proteínas de las plantas. Aumenta el tamaño de las semillas. Mejora la calidad de los frutos.
Calcio	CaO	Activa la temprana formación y crecimiento de las raicillas. Mejora el vigor general de las plantas. Neutraliza las sustancias toxicas que producen las plantas. Estimula la producción de semillas. Aumenta el contenido de Calcio en el alimento humano animal.
Magnesio	MgO	Es componente esencial de la clorofila. Es necesario para la formación de los azucares. Ayuda a regular la asimilación de los otros nutrientes. Actúa como transportador del fosforo dentro de las plantas. Promueve la formación de grasas y aceites.
Cobre	Cu	El 70% se concentra en la clorofila y su función más importante se aprecia en la asimilación.
Boro	B	Aumenta el rendimiento o mejora la calidad de las frutas, verduras y forraje, está relacionado con la asimilación del calcio y con la transferencia del azúcar dentro de las plantas. Es importante para la buena calidad de las semillas de las especies leguminosas.
Hierro	Fe	No forma parte de la clorofila, pero este ligado con su biofotosíntesis.
Manganeso	Mn	Acelera la germinación y la maduración. Aumenta el aprovechamiento del calcio, magnesio y el fosforo. Cataliza en las síntesis de la clorofila y ejerce función en la fotosíntesis.
Zinc	Zn	Es necesario para la formación normal de clorofila y para el crecimiento. Es un importante activador de las enzimas que tienen que ver con la síntesis de proteínas, por lo cual las plantas deficientes en zinc son pobres en ellas.
Molibdeno	Mo	Es esencial en la fijación del nitrógeno que hacen las legumbres.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

2.12 CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua es de gran importancia para el sistema acuapónico, ya que proporciona y distribuye los nutrientes y el oxígeno necesarios para el desarrollo saludable del sistema. Los peces reciben oxígeno y crean excreciones que luego se limpiarán en el agua, que también suministra los macro y micronutrientes a las plantas de cultivo (Candarle, 2016).

a) Temperatura

La temperatura del agua afecta todos los aspectos de su sistema acuapónico. En general, lo mejor es un rango de 18 °C a 30 °C, y la combinación de peces y plantas debe coincidir con la temperatura ambiente en la que se encuentran. Algunas plantas como la lechuga, la acelga y los pepinos crecen mejor en temperaturas más frías que oscilan entre 18°C y 26°C. Si bien lo mejor es escoger plantas y peces que ya están adaptados al clima local, hay técnicas de manejo que pueden minimizar las fluctuaciones de temperatura y extender la temporada de crecimiento (FAO,2022).

b) pH

El pH del agua tiene una influencia significativa en todas las facetas de la acuicultura, en particular para las plantas y los microbios. El pH afecta a la capacidad de las plantas para acceder a los micro y macronutrientes. Todos los nutrientes son fácilmente accesibles en un rango de pH de 6,0-6,5, sin embargo, fuera de este rango, es difícil que las plantas los obtengan los nutrientes requeridos por los cultivos. Cabe resaltar que un pH de 7.5 puede causar deficiencias de hierro, sulfato y manganeso. Este fenómeno se conoce como fijación de nutrientes. Los rangos de pH que tienen los peces también son específicos, sin embargo, la mayoría de los peces utilizados en acuaponía tienen un rango de tolerancia entre 6,0 y 8,5 (FAO,2022).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno disuelto es fundamental en los sistemas acuáticos intensivos porque los niveles bajos de oxígeno disuelto pueden provocar rápidamente un alto estrés en las peces, o hasta la muerte cuando existe un mal funcionamiento del biofiltro nitrificante, y pérdidas significativas de peces (Espinal y Matuli, 2019). La cantidad de oxígeno que se disuelve en el agua (OD) se mide ya que tiene el impacto más drástico e inmediato en la acuaponía (FAO, 2014). Las concentraciones de oxígeno ideales para la acuaponía se sitúan en torno al 80% de saturación (6 a 7 mg/l), niveles inferiores a 3 mg/l estresan la vida acuática, mientras que los inferiores a 1,0 mg/l son letales. (Caló, 2011) afirma que este gas debe mantenerse por encima de los 3 mg/l, siendo preferible una concentración igual o superior a 5ml.

d) Conductividad Eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica mide la cantidad de sales disueltas en el agua y se utiliza como medida de la salinidad es decir a mayor CE mayor contenido de sales y viceversa. Los niveles elevados de salinidad pueden afectar a las plantas. Aunque es un buen indicador de la salinidad total, la conductividad eléctrica del agua proporciona poca información sobre la composición iónica del agua (Yáez 2013).

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

2.13 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN

2.13.1 Análisis de tesis

Hernández, Z. (2017), en su investigación mediante la construcción y evaluación de dos sistemas acuosos prototípicos: un sistema convencional con recirculación simple de agua y un sistema con doble recirculación y recuperación de agua. Su investigación se presenta con el tema de los sistemas acuosos y el control de la bioseguridad. Se puso en práctica el diseño de una estrategia de control de los parámetros del agua, como el pH, el agotamiento del oxígeno, la temperatura, la conductividad eléctrica, la humedad relativa del aire, el nivel de agua en los filtros biológicos y la luminosidad. Se determinaron los valores óptimos para cada una de las variables medidas, lo que permitió mantener el sistema acústico. Se observó que el rendimiento de los cultivos de peces y plantas era el esperado con respecto a sus curvas de crecimiento. Debido a la capacidad de aportar los nutrientes faltantes a la solución sin afectar la calidad del agua de los peces, la propuesta de diseño de doble recirculación y recuperación de agua permitió mejorar el rendimiento del cultivo de lechuga. Con la incorporación del sistema de doble recirculación en condiciones invernales y la implementación de un enfoque de recuperación de agua basado en la recuperación del agua perdida por evapotranspiración de las plantas, se comprobó que la cantidad de agua utilizada en un sistema acuoso convencional se redujo del 6% al 2%. Se alcanzaron los objetivos planteados y se presentó una solución viable para los nuevos proyectos de acuaponía que se desarrollen en nuestro país.

Meza, A. (2018), determinó los resultados de tres técnicas hidropónicas (NFT, Raíz Flotante y Grava) en la producción de lechuga utilizando desechos de tilapia mostraron que la técnica hidropónica en raíz flotante mostró un promedio superior en el peso de la materia fresca de la lechuga, el diámetro de la masa foliar y la longitud de raíz de la lechuga, mientras que la técnica hidropónica de cultivo en grava logró una mayor altura de la planta.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Carrion, C. & Cordova, L. (2020), Evaluaron la eficacia de los efluentes de *Oreochromis niloticus* (Tilapia) para mejorar el desarrollo y el rendimiento de *Lactuca sativa L.* (Lechuga), demostrando que los análisis físicos-químicos de los efluentes revelaron un pH de 7, un rango de temperatura de 25-26 °C, una concentración de oxígeno disuelto entre 5,83 y 6,92 ppm, y una conductividad eléctrica entre 119.2 y 121.2 siendo estas investigaciones, concordantes con los resultados alcanzados con este estudio, ya que, el cultivo en sistema acuapónico con efluentes de diferentes especies de peces, favorecen positivamente el desarrollo de las plantas.

2.13.2 Análisis de trabajos de investigación

Espinosa, M. (2015), en su envestigación evaluaron la capacidad de tres plantas los cuales fueron hierbabuena, menta y albahaca para eliminar el nitrato de un tanque de cría de tilapia basado en Nilo. Se encontró que la hierbabuena tenía un mayor desarrollo foliar que las otras dos especies. Además, se determinó que las tres especies de plantas podían utilizarse como filtros biológicos en sistemas de filtración acuosa porque eliminan eficazmente los materiales nitrificados. La hierbabuena, la albahaca y la menta fueron las especies que demostraron mayor capacidad de nitrificación, lo que explica por qué esta especie experimentó el mayor crecimiento foliar durante el experimento.

Wahyuningsih, S.,Effendi, H.,&Wardiatno,Y. (2015), evaluaron la capacidad de la lechuga romana *(Lactuca sativa L.)* y la aplicación de bacterias nitrificantes para eliminar compuestos nitrogenados presentes en el agua de la tilapia. Se comprobó que estos organismos contribuyen a una eliminación mucho más eficaz, ya que el tratamiento con la adición de la lechuga romana y las bacterias produjo mejores resultados que el tratamiento con la lechuga romana sola. El sistema acuapónico fue capaz de reducir el nitrógeno orgánico en un 91,50%, 34,41%, 22,86% y 49,74% para el amoníaco y el amonio, respectivamente.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cajo, C. y Curay, Q., (2016), en su investigación tuvo como objetivo evaluar la producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L.), bajo el sistema NFT (Nutriente Film Technique), utilizando tres soluciones nutritivas donde se obtuvieron los siguientes resultados como son: longitud de las hojas y altura de la planta los mejores resultados a los 80 días fueron S2V3 y variedad 3 (Salad Bowl) y S2V2 y variedad 2 (Lollo rosso),esto probablemente debido a las características propias de cada variedad. En cambio, en la variable profundidad radicular tuvo mejores promedios la aplicación de la solución S1, esto debido a que los nutrientes presentes en la solución tuvieron las proporciones adecuadas para el cultivo. Las variables peso y rendimiento estuvieron influenciados por la aplicación de la solución S2 y se determinó que la variedad V3 Salad Bowl es la de mejor rendimiento posiblemente debido a las características genéticas propias de la variedad.

Villalobos,R. & Gonzalez, P., (2016), Para comprobar si existía un equilibrio entre el número de plantas y de peces, utilizaron alevines de tilapia con pesos individuales iniciales de 0.45 g, que se alimentaron diariamente a una tasa calculada en torno al 7% del peso corporal de los peces cada pez. Se consumió alimento comercial que contenía un 46% de proteínas durante un mes y un 28% de proteínas durante los dos meses siguientes. Un total de 48 plántulas de tomate fueron trasplantadas en tres camas de crecimiento (16 plantas por cama) 10 días después de la siembra de peces. La sobrevivencia de peces fue de 100%, el factor de conversión alimenticia fue de 1.18 y el peso final por pez fue de 62 g. Con la relación 20:1 se obtuvo un buen rendimiento, más sin embargo la complicación se vio después por que la concentración de nutrientes era poca, la baja concentración de K y la ausencia de Fe y B afectaron el desarrollo de la planta después de 90 días.

Delgado,G., (2020), El objetivo de su investigación era evaluar los efectos de un sistema de acuaponía sobre la calidad de los efluentes de tilapia y la viabilidad de los cultivos hidropónicos mediante un sistema de recirculación de agua de circuito cerrado compuesto por tres unidades experimentales: cultivo de tilapia, tratamiento de efluentes y cultivos hidropónicos. La fase en la que se observó una mayor ganancia de peso y un menor factor de conversión dietética (FCF) cosechando a los

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

51días. Las lechugas se desarrollaron a 2,18 kg/m2, con una ganancia media de peso de 2,76 g/d y una supervivencia del 100% tras 39 días de cultivo. Potasio, nitrógeno, fósforo y hierro fueron los nutrientes de las hojas de lechuga que mejor se absorbieron. La eficacia del sistema acuapónico produjo 1,87 kg de peces y 9,69 kg de lechugas, con una FCA de 3,18 en 39 días. La efectividad del tratamiento biológico logro disminuir los niveles de a NAT, amoniaco y nitrito; una conversión de nitrato del 14.12%; y una remoción máxima de DBO5 de 85.88%

Culcos, F. & Tucto, L., (2018), en su investigación, con el fin de elegir el tratamiento que promueve el mejor crecimiento, los investigadores determinaron y compararon la producción de *Oreochromis niloticus* var. Chitralada "Tilapia gris" y *Lactuca sativa L.* "Lechuga" en un sistema acuapónico con varios niveles de densidad de peces. La densidad de peces tuvo un efecto indirecto en el crecimiento de la tilapia, siendo mayor el efecto en (T1); sin embargo, la competencia directa con *Lactuca sativa L.* mostró mejor crecimiento en el periodo T3 con promedios de longitud de raíz, longitud de hoja y peso fresco. El factor más eficaz para la conversión, la eficacia nutricional y el rendimiento económico fue la densidad (T1). Las propiedades físicas y químicas del agua resultaron estar dentro de límites aceptables para el desarrollo de ambas especies en un ecosistema acuático.

Ascencio, Q., Del Valle, G., &Velásquez, A., (2019), en su investigación se evaluaron tres densidades diferentes de siembra de tilapia *(Oreochromis niloticus)* con el objetivo de comparar los rendimientos de biomasa animal y vegetal. El tratamiento con mayor ganancia de peso en los resultados para la biomasa animal fue el T1, con un peso medio de 76,1 g; el mejor peso se obtuvo en la tercera mancha con 90,7 g; y la mayor ganancia de peso en los resultados para la biomasa vegetal fue el T1, con un peso medio de 131,8 g; el mejor peso se obtuvo en la primera mancha con 142,8 g.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 MATERIALES DE CAMPO.

3.1.1 Localización del trabajo.

La investigación se realizó en el vivero de la Universidad Católica de Santa María, ubicada en el distrito de Sachaca, en la provincia de Arequipa, departamento de Arequipa.

3.1.1.1 Espacial.

Ubicación Geográfica:

- Latitud Sur: 16° 25' 43"
- Longitud Oeste: 71° 34' 5"
- Altitud: 2236 m.s.n.m.

Ubicación Política:

- Distrito: Sachaca
- Provincia: Arequipa
- Región: Arequipa

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.1.2 Temporal

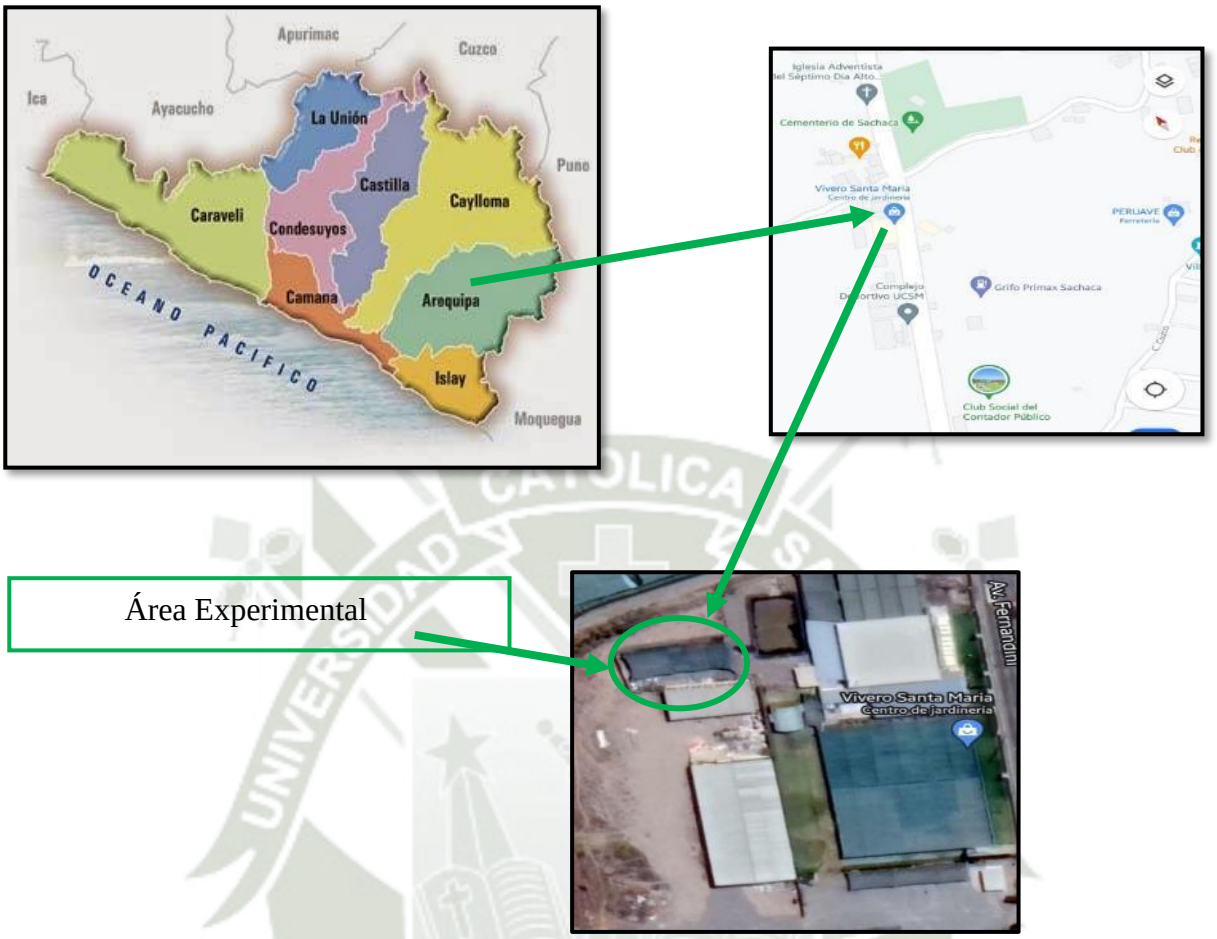


Figura8: Localización geográfica del área experimental en el vivero Sachaca de la Universidad Católica de Santa María.

Fuente:GOOGLE MAPS

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.1.2 Materiales biológicos.

- *Lactuca sativa* var.Lollo rosso
- *Lactuca sativa* var. Caipira
- *Lactuca sativa* var. Dancing
- Trucha (*Oncorhynchus mykiss*)
- Cala (*Zantedeschia aethiopica)*

3.1.3 Materiales de laboratorio.

- Balanza electrónica
- Probeta
- Papel toalla
- Agua destilada
- Regla
- Bolsas de papel
- Etiquetas
- Tijeras
- Plumón
- Escobilla
- Bandejas almacigueras
- Láminas de tecnopor
- Conductímetro

3.1.4 Materiales para la instalación sistema acuapónico

- Geotanque (geomembrana)
- Sedimentador (fibra de vidrio, tacho de plástico)
- Biofiltros (tres recipientes aceituneros, piedras canto rodados)
- Sistema hidropónico (tubos PVC de 3”, llave de paso, Tecnopor, plástico, accesorios de alimentación, soporte de madera, marco de madera, bombas sumergibles)
- Sumidero (chavo de 1000 L.)
- Bomba sumergible

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- Bomba externa
- Tuberías de conexión

3.1.5 Insumos para la preparación del sustrato en almaciguera

- Fibra de coco
- Turba
- Bandejas
- Efluentes de trucha

3.1.6 Herramientas

- Cinta métrica
- Alicate
- Martillo
- Grapadora
- Llave stilson
- Llave francesa
- Pico
- Pala

3.1.7 Materiales de escritorio

- Computadora
- Calculadora
- Programa de procesamiento de datos
- Impresora
- Cámara fotográfica
- Libreto de campo
- Calculadora

3.1.8 Otros

- Conductímetro
- Medidor de Ph
- Kit API Freshwater (para análisis de nitrato, nitrito, amonio)

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.2 MÉTODOS:

3.2.1 Muestreo:

Universo

El terreno a disposición tiene un área de 82 m^2, en el cual está establecido el sistema acuapónico, donde se estableció las variedades de lechuga.

Tamaño de muestra

Se estableció tres variedades y dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico, cada una de ellas tiene 3.7 m^2, 72 plantas pertenecientes a cada técnica haciendo un total de 288 plantas de lechuga instaladas.

Parcela:

Técnica Raíz flotante.

- Largo: 2.85 m.
- Ancho:1.30 m.

Técnica NFT

- Largo:2.85 m.
- Ancho: 1.30 m.

Subparcela: 3 variedades

Por sistema: 3 variedades

Por variedad: 96 unidades

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Procedimiento de muestreo

Se inició con la medición del terreno y la delimitación de este, se realizaron los cálculos con ayuda del Manual de la FAO "Producción de alimentos en acuaponía a pequeña escala cultivo integral de peces y plantas" (2022). La recolección de datos inicio en el momento que ingresaron los peces al sistema, ya que ellos influyen en la concentración de los parámetros del agua. Las mediciones se realizaron en el Geotanque y en la salida de los biofiltros, los parámetros que se monitorearon son: OD, pH y T.

3.2.2 Recopilación de la información.

a) En el campo

Para la instalación se ha previsto la instalación de todo el sistema acuapónico ya anteriormente mencionado con cada uno de sus componentes, es este trabajo de investigación se trabajó con dos sistemas hidropónicos, NFT y camas de raíz flotante. Será trasladado al sistema definitivo de establecimiento, es decir al sistema NFT y raíz flotante, cuando estas posean 3 a 4 hojas verdaderas, sin considerar el primer par de hojas embrionarias llamadas cotiledones. Se instalaron tres variedades de lechuga, variedad Caipira, variedad Lollo rosso, variedad Dancing, las evaluaciones de los parámetros se realizaron quincenalmente, para tener un mejor control.

b) En la biblioteca

La información bibliográfica obtenida para realizar el proyecto presente de la investigación es a través de páginas web, bibliotecas virtuales, tesis y trabajos de investigación, formatos de documento portátil (PDF), entre otros.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.3 COMPONENTES DE ESTUDIO

3.3.1 Variables dependientes

- Variedad Caipira
- Variedad Lollo rosso
- Variedad Dancing

3.3.2 Variables independientes

- Sistema NFT (Nutrient Film Technique).
- Sistema Raíz flotante.

3.4 EVALUACIÓN ESTADÍSTICA.

3.4.1 Diseño Experimental.

Para su realización se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA) con el arreglo en parcela divididas: a nivel de la parcela son dos, sistema raíz flotante y sistema NFT (Nutrient Film Technique), mientras que a nivel de subparcela son 3 variedades Caipira, Lollo rosso y Dancing con cuatro repeticiones.

3.4.2 Unidades experimentales.

Se obtuvieron el total de 24 unidades experimentales con la distribución de forma aleatoria con el análisis de la varianza (ANVA) a nivel de significancia del 5%. Para la significancia de los tratamientos se aplicaron la prueba de comprobación de medidas de Duncan.

Tabla 5: Descripción de los tratamientos.

	SISTEMAS	VARIEDADES
T1	Raíz Flotante	*Lactuca sativa* var. Caipira
T2	Raíz Flotante	*Lactuca sativa* var. Llollo rosso
T3	Raíz Flotante	*Lactuca sativa v*ar. Dancing
T4	NFT (Nutrient Film Technique)	*Lactuca sativa* var. Caipira
T5	NFT (Nutrient Film Technique)	*Lactuca sativa* var.Lollo rosso
T6	NFT (Nutrient Film Technique)	*Lactuca sativa* var.Dancing

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.5 CROQUIS EXPERIMENTAL

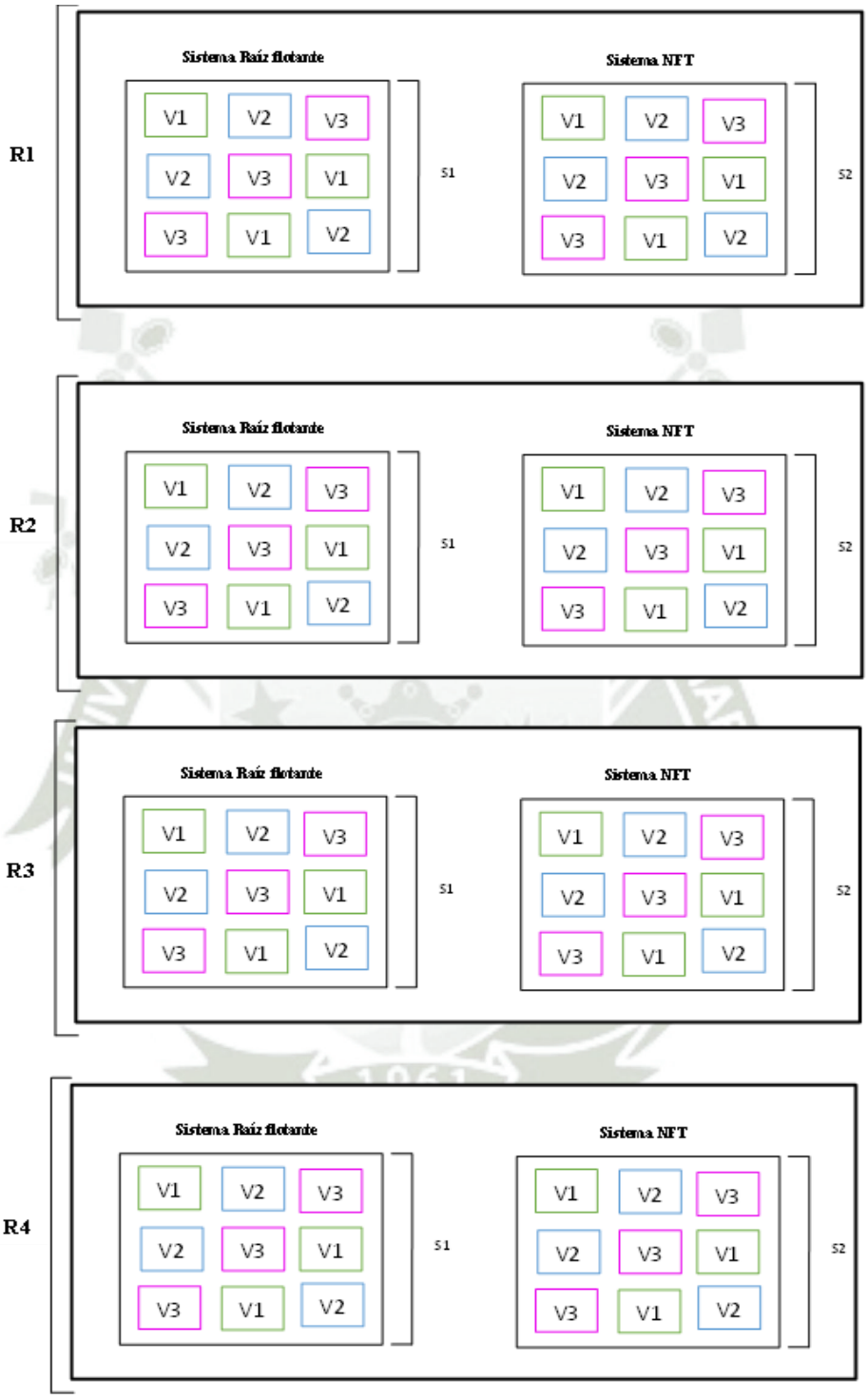


Figura9: Distribución de tratamientos.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

3.6 METODOLOGÍA:

3.6.1 Metodología de la instalación.

a) Diseño y construcción del sistema acuapónico

Se realizó el acondicionamiento del módulo experimental que cuenta con un área de 82m², en el contorno se colocaron rejillas por seguridad. Por otra parte, el módulo acuapónico tubo una cubierta malla rashell de color verde, de tal manera que se pueda evitar la fuerte radiación solar directa y permita la entrada de forma parcial de la luz. donde también se pueda tener un ambiente libre plagas y aves que sean perjudiciales para el cultivo.



Fotografía 1: Diseño y construcción del sistema acuapónico.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

b) Geo-tanque

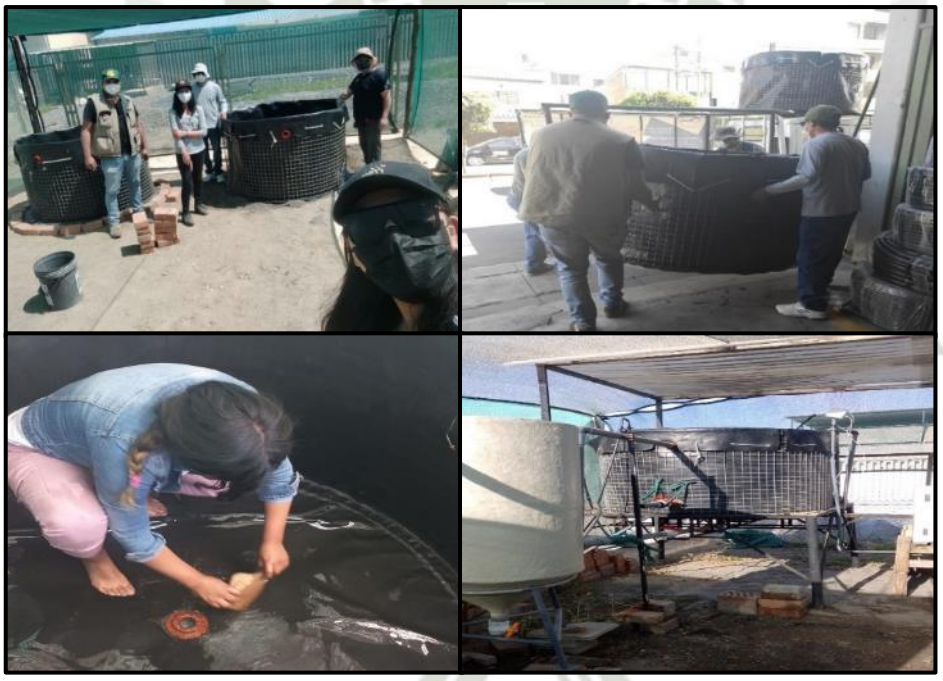
Geomembrana el cual es fabricada de polietileno de alta densidad (HDPE), antioxidantes y estabilizadores que evitan la acción de los rayos UV sobre ella. Es fabricada mediante el proceso de extrusión por soplado, cumpliendo con los valores estipulados en la norma GM13 del Geosynthetic Institute (GSI) en esta se desarrolla el proceso de acuicultura el cual tiene un volumen de agua de:

$V = \text{p} \times R^2 \times h$

$V = \text{p} \times (0.825)^2 \times 0.8$

$V = 1.71059 m^3$

Para lo cual tenemos 1.71059 metros cúbicos de agua.



Fotografía 2: Instalación del geotanque.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

c) Sedimentador

Un sedimentador es una tecnología que está diseñada para eliminar sólidos suspendidos por sedimentación. También se le llama decantador, tanque de asentamiento o tanque de sedimentación. La baja velocidad del flujo en un sedimentador permite que las partículas sedimentables se hundan, mientras los componentes que pesan menos que el agua flotan hacia la superficie (Tilley E. 2014).

V_{se} = 376.991 L

Caudal de diseño: Q=14.889 L/min



Fotografía 3: Sedimentador de flujo radial.

Fuente: Elaboración propia

d) Biofiltro

Tras pasar por el sedimentador, el agua desemboca en el biofiltro, que tiene una gran superficie que le permite albergar una comunidad de bacterias que convierten el amoníaco en nitrito (Nitrosomas) y otras que hacen lo contrario (Nitrobacter), lo que facilita la disponibilidad de este último para las plantas, ya que tanto el amoníaco como el nitrito son extremadamente tóxicos para ellas en grandes cantidades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En este tenemos como parámetro fundamental de diseño el tiempo de retención hidráulica (TRH) para lo cual tenemos:

R_{bio}=28 cm H_{bio} = 68 cm

$$TRH := \frac{3.V_{bio}}{\frac{Q}{3}} = 1.687 \text{ hr}$$

$V_{bio} = \pi . R_{bio}^2 . H_{bio} = 0.167\ m^3$

Se utilizó un filtro biológico tradicional conformado por piedras de canto rodado de diferentes tamaños, se colocarán 3 capas: la primera con una altura de 0.1m con piedra de entre 50-100mm, la segunda capa con una altura de 0.4m llevara piedras de entre 30-50mm y por último la tercera capa de 0.2m de altura que llevara piedras entre 10-20mm.

Se instaló en los biofiltros cala *(Zantedeschia aethiopica)* para mejorar la calidad de agua, es decir nos ayudó a controlar la alta carga amoniacal.



Fotografía 4: Biofiltro.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

e) Sumidero

Al tener un sistema en gravedad por naturaleza nace el sumidero una zona de almacenamiento de agua residual del sistema. Luego del tratamiento volverá cíclicamente al tanque mediante la bomba que realiza la función de devolver el agua que cae en el cultivo de los peces.



Fotografía 5: Sumidero.
Fuente: Elaboración propia

f) Sistema eléctrico

Para que el sistema recircule de forma constante se hizo una programación de las bombas con ecosistema basado en procesadores admega a través de microcontroladores de bajo costo y electrónica de potencia para control y elevación de tensión.

La programación para la recirculación del sistema acuapónico fue de 3 horas encendidos y 30 minutos apagados. Después de que el sistema recircule correctamente se ingresaron a los peces y lechugas al sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 6: Sistema eléctrico.
Fuente: Elaboración propia

g) Componente hidropónico:

Se hace uso de dos sistemas hidropónicos camas de Raíz Flotante y NFT (Nutrient Film Technique). Para el cultivo de lechugas (*Lactuca sativa* L.); se procedió a desarrollar el cultivo utilizando las metodologías de raíz flotante y NFT (Nutrient Film Technique), en los cuales se utiliza vasos de plástico que no posee base para la colocación del plantin de lechuga con la raíz desnuda con esponja se deja expuesta en la parte inferior. Se coloca 72 plántulas de lechuga en la técnica NFT (Nutrient Film Technique) y 72 plántulas de lechuga sobre la técnica raíz flotante.



Fotografía 7: Sistema Raíz Flotante y NFT.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

- **Sistema Raíz Flotante:**

Se inicio con la nivelación del suelo ya que esta debe de tener una pendiente cero. Posteriormente se instaló una estructura de madera, luego se utilizó 1 plancha de triplay para la base estructural de las camas de tal manera que sea uniforme, también se colocó una base de material plástico de color negro para que resista el peso del agua, Tecnopor, y los plantines, por otra parte, se aseguró las ranuras con grapas y clavos pequeños.

La estructura de madera se reforzó con caballetes en cada cama para que resista el peso total. La estructura del Sistema raíz flotante se tiene las medidas siguientes: 2.85m de largo y 1.30m de ancho.

Se colocó una plancha de Tecnopor dividida en 3 partes iguales con las mismas medidas, perforando 72 orificios para instalación de plantines.



Fotografía 8: Instalación del sistema raíz flotante.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Sistema NFT (Nutrient Film Technique):**

Para la instalación del sistema NFT se utilizaron tubos de PVC de 3" de diámetro y 3 m de longitud con un grifo en cada extremo.

Los tubos también incluyen una perforación conectada a una manguera en el extremo opuesto del grifo que dirige el agua de retorno al tanque de almacenamiento.

Los tubos están montados sobre estructuras de madera de 60 cm de altura con una pendiente mínima que permite que el agua drene hacia el sumidero antes de volver al geo tanque.

Cada tubo tiene perforación de 4cm de diámetro en la parte superior, a una distancia de 15 cm de la otra, en donde se coloca los plantines en los vasos por donde saldrán sus raíces en las tuberías.



Fotografía 9: Instalación del sistema NFT.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

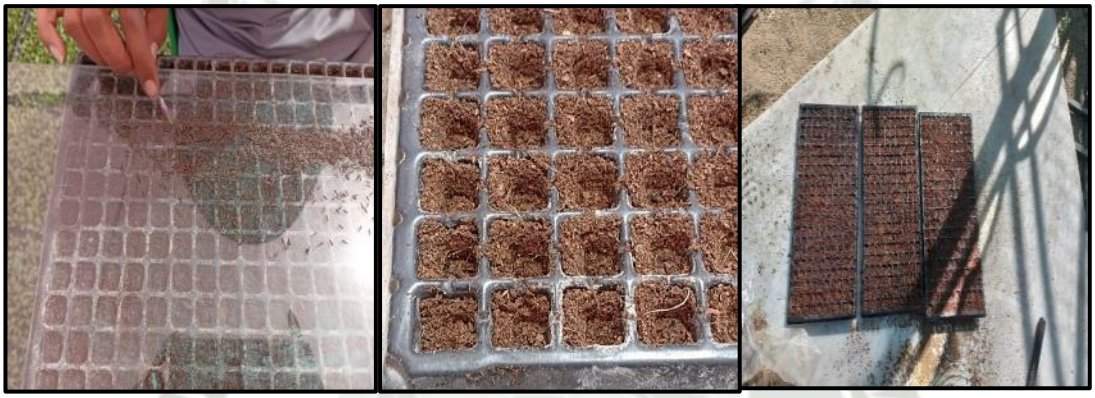
REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Siembra de Almácigos:**

Para la siembra se realiza en las bandejas de germinación de 200 celdas, como es el sustrato se utilizó fibra de coco 50% y turba 50%, para obtener un mejor desarrollo de raíces, la siembra se realizó de las 3 variedades Caipira, Lollo rosso y Dancing; el día 06 de noviembre del 2022.

En las siembras se abrieron pequeños orificios en el sustrato de cada celda con la ayuda de una pinza, en cada celda de la bandeja se depositó una semilla de las lechugas (*Lactuca sativa* L.) de cada una de las variedades, el riego fue interdiario.



Fotografía 10: Siembra de almácigos.

Fuente: Elaboración propia

- **Cultivares de semillas utilizados:**



Fotografía 11: Plántulas para el trasplante.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 12: Plantines de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) de las 3 variedades.

Fuente: Elaboración propia

- **Trasplante al Sistema Raíz flotante y al Sistema NFT (Nutrient Film Technique)**

Una vez que se desarrollaron los plantines durante 31 días en la almaciguera, el trasplante se realizó cuando los plantines contaban con 2 o 3 hojas verdaderas.

se procedió al trasplante en la fecha 07 de diciembre.

Previo a eso se lavó las esponjas, luego se hicieron aperturas en medio de las esponjas hasta la mitad. Se sacó cuidadosamente de cada celda las plántulas y posteriormente se lavaron cuidadosamente las raíces con agua limpia sin dañarlas, para luego ser colocados en las esponjas y vasos, para instalarlos en los diferentes sistemas Raíz flotante y NFT (Nutrient Film Technique).

Al termino el proceso de trasplante se procede en verificar que toda raíz tiene el contacto con el agua (efluentes de truchas.)

La oxigenación del sistema es constante, en la mañana y por la tarde lo que se instala en el sistema eléctrico (automático), con sensores de nivel, bombas sumergibles en el geotanque, bomba para el retorno de agua lo cual genera oxigenación para todo el sistema.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 13: Preparación y lavado de raíces de plantines para el trasplante.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 14: Trasplante de almácigos al Sistema Raíz Flotante.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 15: Plantines instalados en el Sistema NFT.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 16: Rotulación de plantines en evaluación.

Fuente: Elaboración propia

- **Cosecha**

La cosecha se realizó el 21 de enero del 2023 en un periodo de 45 días posterior al trasplante definitivo en donde las plantas alcanzan el correcto desarrollo en el aspecto de crecimiento y madurez, de tal manera como se hicieron en las evaluaciones.



Fotografía 17: Cosecha.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 18: Embolso de Lechugas.
Fuente: Elaboración propia

- **Rutinas diarias, semanales y quincenales en el sistema acuapónico**

Las principales etapas son:

- ❖ Alimentar a los peces
- ❖ Remoción de los peces muertos
- ❖ Control sobre el nivel del agua
- ❖ Control de las fugar en cada tubería
- ❖ Control en la entrada y salud del agua, para poder verificar el normal flujo del agua y que no presentan obstrucción alguna

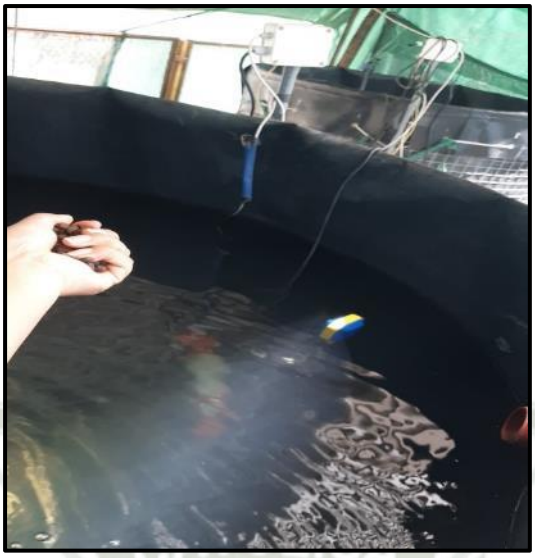
Las rutinas semanales:

- ❖ Limpieza de los geotanque, sedimentador.
- ❖ Labor en el módulo con la limpieza de cada ambiente, de tiro de las malezas.
- ❖ Recambio de agua 20%.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 19: Alimentación de truchas.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 20: Limpieza en sedimentador.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA



Fotografía 21: Retiro de acumulación de sedimentos.
Fuente: Elaboración propia

3.6.2 Calidad de agua

Se realizaron los monitoreos de los parámetros físico-químicos durante el periodo de cultivo de 45 días se presenta en el anexo 15, observándose promedio Ph 7.8; temperatura en geotanque de agua 20.5°C mañana y 23.2°C tarde.

- **Control del pH:**

Se efectuó el monitoreo en campo utilizando un equipo multiparámetro HI 9829, con una sonda especial para la medicina media el PH, rango del 0-14. El control de pH se tomó diariamente por las mañanas.



Fotografía 22: Control de PH.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

- **Control de temperatura:**

Se efectuó la medición diariamente por las mañanas el registro de la temperatura ambiente, con la ayuda de un multiparámetro HI 9829.



Fotografía 23: Control de Temperatura.
Fuente: Elaboración propia

- **Control de Oxígeno Disuelto (OD):**

El control de Oxígeno disuelto se tomó diariamente en el geotanque con el multiparámetro HI 9829.



Fotografía 24: Control de Oxígeno Disuelto.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 25: Monitoreo de pH, en sistema hidropónico.

Fuente: Elaboración propia



Fotografía 26: Monitoreo de pH y temperatura con multiparámetro.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

3.7 EVALUACIONES

3.7.1 Evaluaciones de las características Biométricas:

a) Longitud de raíz:

Se procedió a medir desde el cuello de la planta hasta la punta de la raíz con ayuda de una regla, en las primeras evaluaciones fueron al azar y las siguientes evaluaciones fueron las mismas.

La evaluación de longitud de raíz se tomó en cada semana hasta la cosecha.



Fotografía 27: Evaluación de Longitud de raíz a los 15 días.
Fuente: Elaboración propia



Fotografía 28: Evaluación de Longitud de raíz a los 45 días.
Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 29: Sistema de raíz flotante.

Fuente: Elaboración propia

b) Número de hojas:

Para evaluar esta variable (hojas/planta) se contaron el número de hojas a partir de la primera semana después del trasplante esto se realizó en conteo manual, esta evaluación se realizó posteriormente semanalmente desde el trasplante hasta la cosecha.



Fotografía 30: Conteo manual de hojas.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA



Fotografía 31: Evaluación final de número de hojas.

Fuente: Elaboración propia

c) Altura de planta:

Se procedió a medir la longitud de la planta desde la base de la parte inferior del cuello hasta el ápice de las hojas más largas, se utilizó una regla. Esta evaluación de realizó cada semana posteriormente hasta la cosecha, se consideraron 3 evaluaciones para el análisis de datos.



Fotografía 32: Evaluación de altura de planta con regla.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

d) Evaluación de peso fresco (PF)

En esta evaluación se consideró el peso de materia verde en fresco de la planta con las raíces, se utilizó una balanza electrónica, los valores obtenidos de cada planta se expresaron en (g/planta) esto fue realizado después de la cosecha.



Fotografía 33: Evaluación de peso fresco con una balanza electrónica.

Fuente: Elaboración propia

3.7.2 Evaluaciones en laboratorio

e) Análisis foliar:

Esta evaluación fue determinada realizada en el laboratorio a través del análisis foliar en la muestra de lechuga fresca de cada variedad en cada sistema, fue realizada al terminar la cosecha.

f) Análisis de solución nutritiva orgánica

Este análisis fue determinado en laboratorio, se llevó muestra de solución a partir de efluentes de trucha.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1 OBJETIVO 1: Evaluación las tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) con respecto a los parámetros biométricos en un sistema acuapónico.

4.1.1 Longitud de Raíces a los 15 días después del trasplante

La toma que se realizó a los 15, 30,45 días depués del trasplante en el sistema.

En el cuadro 1, se presentan sobre el análisis de la varianza (ANVA), en la longitud de la raíz de la lechuga *(Lactuca sativa* L.) de las tres variedades a los 15 días después del trasplante de forma definitiva en el sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

De acuerdo con el análisis de la varianza, se muestra diferencias importantes a nivel parcela (Sistemas NFT, Sistema Raíz Flotante), se observó diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniéndose un coeficiente de variabilidad de 10.89% y 8.87% de tal forma que se confirma su confiabilidad. También podemos observar en el cuadro 2, según la prueba de rango múltiple Duncan para el cultivo de lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* a nivel parcela teniendo como respuesta en el sistema de Raíz flotante con una media de 10.6 cm y en el sistema NFT de 9.5 cm de longitud de raíz, presentando diferencia significativa. Por otra parte, se presenta a nivel Subparcela en el cuadro 3, como respuesta que la variedad Dancing obtuvo 10.6 cm en longitud de raíz, presentando diferencia en su media con respecto a la variedad Caipira con 10 cm; asimismo a la variedad Lollo rosso con 9.5 cm no presentando diferencia estadísticamente entre estas dos últimas variedades.

En el Anexo 4, podemos observar que cada tabla que recopila los datos de la variable longitud de raíz a los 15 días después del trasplante en los diferentes sistemas y variedades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 1: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de Raíces de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos a los 15 días después del trasplante.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	7.43	7.43	6.24	5.99	*
Error (A)	6	7.14	1.19	1.51		
Variedades	2	4.52	2.26	2.87	3.89	N.S
S*V	2	0.99	0.50	0.63	3.89	N.S
Error (B)	12	9.46	0.79			
Total	23	29.54				
C.V.	**S**		10.89 %	*=Significativo		
	V		8.87 %	NS= No significativo		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 2: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 15 días después del trasplante.

Sistemas	**Longitud de Raiz (cm)**	
	Medias	
Raíz flotante	10.60	**a**
NFT	9.50	**b**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

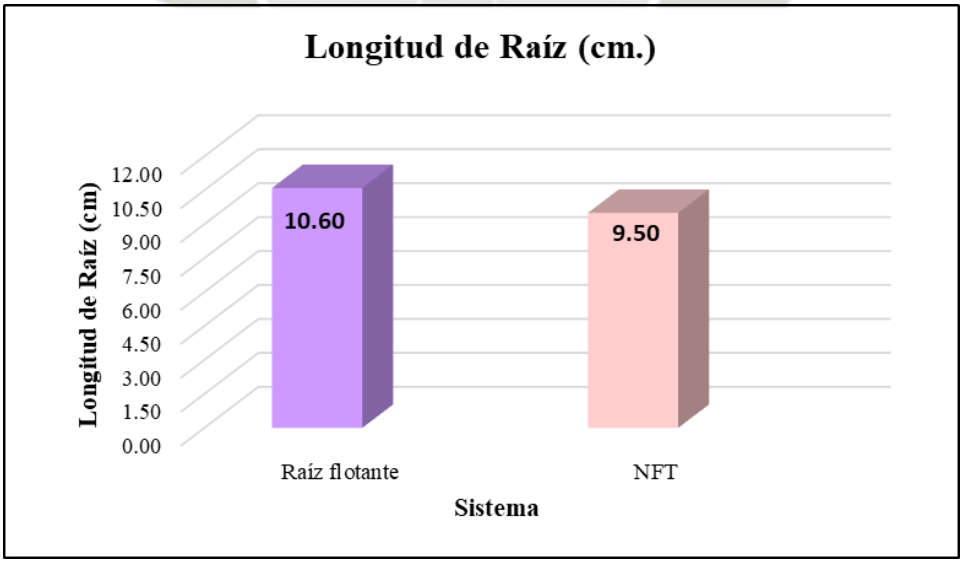


Gráfico 1: Longitud de Raíz de lechuga de raíz a nivel parcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 3: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 15 días después del trasplante.

Variedad	Longitud de Raíz	
	Medias	
Dancing	10.6	**a**
Caipira	10.0	**a**
Lollo rosso	9.5	**a**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

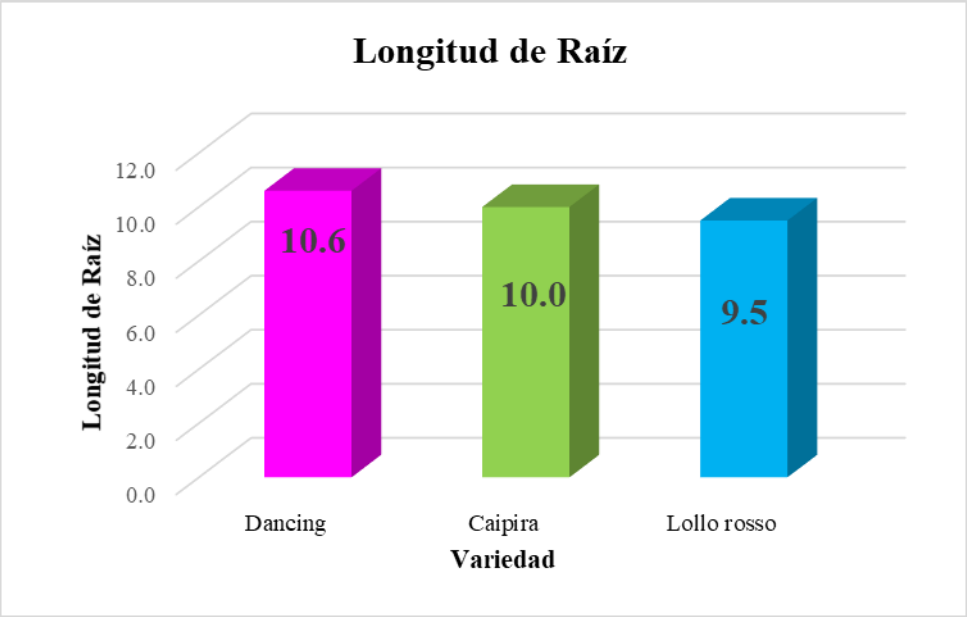


Gráfico 2: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Longitud de Raíces a los 30 días después del trasplante

De acuerdo con el Cuadro 4, se plasma el análisis de la varianza (ANVA), para la longitud de la raíz de la lechuga *(Lactuca sativa L.)* de acuerdo con las tres variedades en los 30 días posterior al trasplante definitivo en el sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

De acuerdo con el análisis de la varianza, no se muestra diferencias importantes a nivel subparcela (V1.V2 y V3), asimismo en la interacción (parcela*subparcela),

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

en cambio a nivel parcela (S. NFT, S. Raíz Flotante), si se observó la diferencia importante. Se trabaja en el nivel significancia del 5% se obtiene el coeficiente de la variable del 14.10% y el 9.38% respectivamente de tal forma que se confirma su confiabilidad. También podemos observar en el cuadro 5, de acuerdo con la prueba del rango múltiple Duncan para poder cultivas la lechuga (*Lactuca sativa L.)* a nivel de parcela teniendo como respuesta de S1(Raíz flotante) con una media de 17 cm y S2(NFT) 14 cm de longitud de raíz, presentando diferencia significativa. Por otra parte, en el Cuadro 6, se obtuvo a nivel Subparcelas V1(Caipira) con una media de 15.7 cm; V2(Lollo rosso) de 14.9 cm y V3(Dancing) de 15.8 cm dado que no existe diferencia importante de forma estadística entre las tres variedades.

En el Anexo 5, podemos observar cada tabla de recopilar en los datos de la variable Longitud de Raíz a los 30 días en los diferentes Sistemas y Variedades.

Cuadro 4: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de Raíces de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 30 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	64.55	64.55	13.63	5.99	*
Error (A)	6	28.42	4.74	2.26		
Variedades	2	3.89	1.95	0.93	3.89	N.S
S*V	2	0.45	0.23	0.11	3.89	N.S
Error (B)	12	25.16	2.10			
Total	23	122.47				
C.V.	**S**		14.10 %		*=Significativo	
	V		9.38 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 5: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 30 días después del trasplante.

Sistema	Longitud de Raíz	
	Medias	
Raíz flotante	17	**a**
NFT	14	**b**

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

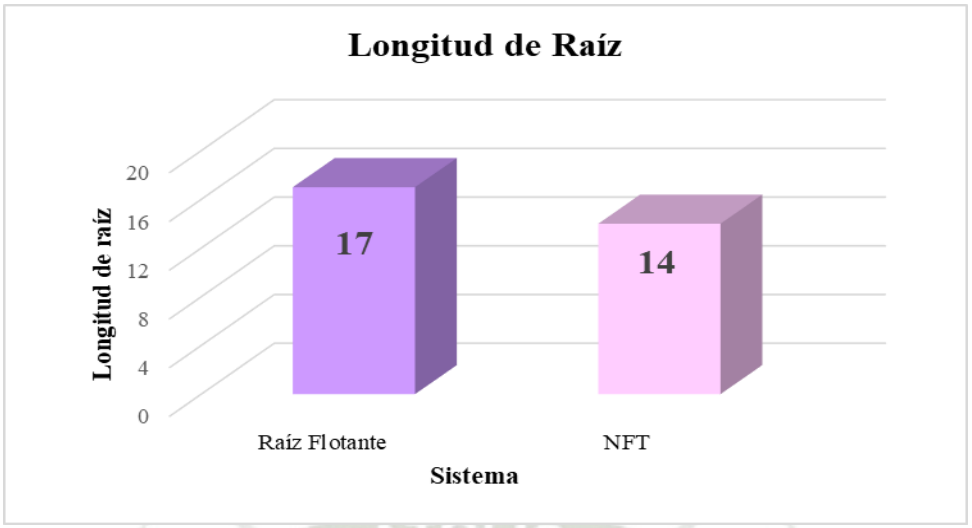


Gráfico 3: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 6: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa L.*) a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 30 días después del trasplante.

Variedad	Longitud de Raíz (cm.)	
	Medias	
Dancing	15.8	**a**
Caipira	15.7	**a**
Lollo rosso	14.9	**a**

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencia

Fuente: Elaboración propia

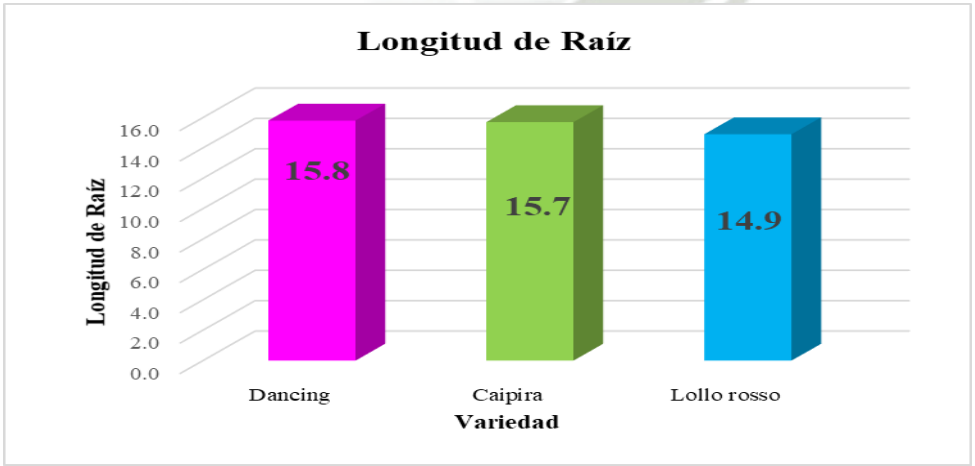


Gráfico 4: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.3 Longitud de Raíces a los 45 días después del trasplante

En el cuadro 7, se presena los analisis de la varianza (ANVA), de acuerdo ala longitud de la raiz de la lechuga*(Lactuca sativa L.)* de tres variedades en 45 dias despues del trasplante de forma difnitiva en el sistema NFT y sistema Raíz Flotante. De acuerdo con el análisis sobre la varianza en el que se muestran las diferencias importantes a nivel subparcela (V1.V2 y V3), asimismo en la interacción entre (parcela*subparcela), en cambio a nivel parcela(S. NFT, S. Raíz Flotante),si se observó la diferencia importante. Se trabaja en el nivel de significancia del 5% obteniéndose un coeficiente de variabilidad de 5.94% y 7.07% de tal forma que se confirma su confiabilidad.

Podemos observar sobre el cuadro de la prueba en el rango multiple Duncan para cultivo de lechuga *(Lactuca sativa L.*) a nivel de parcelas teniendo como respuesta de S1(Raíz flotante) con una media de 24 cm y S2(NFT) 18.9 cm de longitud de raíz, indicando que si hay diferencia significativa. Por otra parte , se presenta a nivel subparcela en el cuadro 9, se obtuvo como respuesta la variedad Lollo rosso con una media de 21.8 cm; variedad Dancing 21.5; variedad Caipira 20.9 cm de longitud de raíz, no presentando diferencia significativa estadísticamente entre las 3 variedades.

En el Anexo 6, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable Longitud de Raíz a los 45 días en los diferentes Sistemas y Variedades.

Cuadro 7: Análisis de varianza (ANVA) para la longitud de Raíces de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	158.52	158.52	101.72	5.99	*
Error (A)	6	9.35	1.56	0.71		
Variedades	2	3.58	1.79	0.81	3.89	N.S
S*V	2	1.04	0.52	0.24	3.89	N.S
Error (B)	12	26.47	2.21			
Total	23	198.96				
C.V.	**S**		5.94 %		*=Significativo	
	V		7.07 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 8: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante.

.

Sistema	Longitud de Raíz	
	Medias	
Raíz flotante	24	**a**
NFT	18.9	**b**

Nota: Letras diferentes indican diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

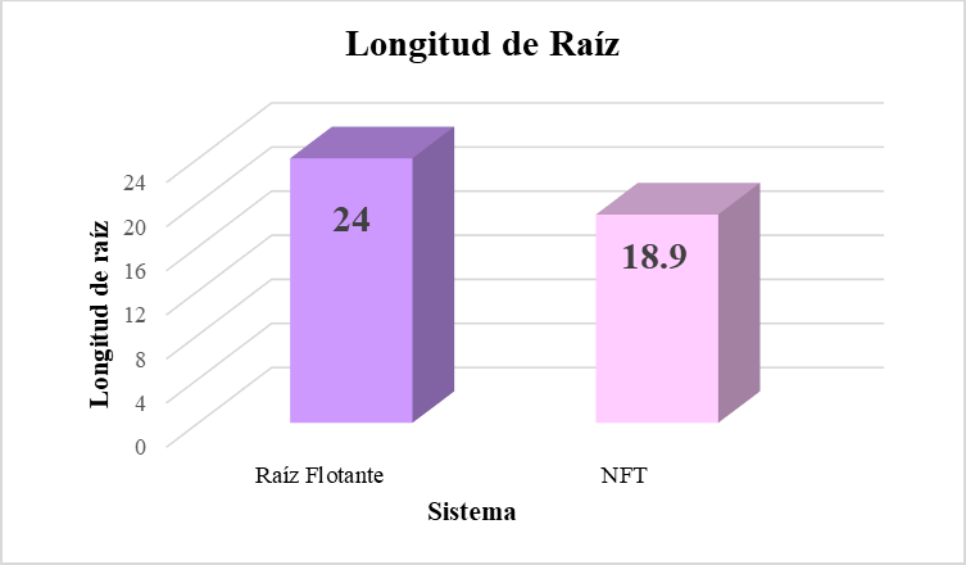


Gráfico 5: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 9: C Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para la longitud de Raíces de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante.

Variedad	Longitud de Raíz (cm.)	
	Medias	
Lollo rosso	21.8	**a**
Dancing	21.5	**a**
Caipira	20.9	**a**

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

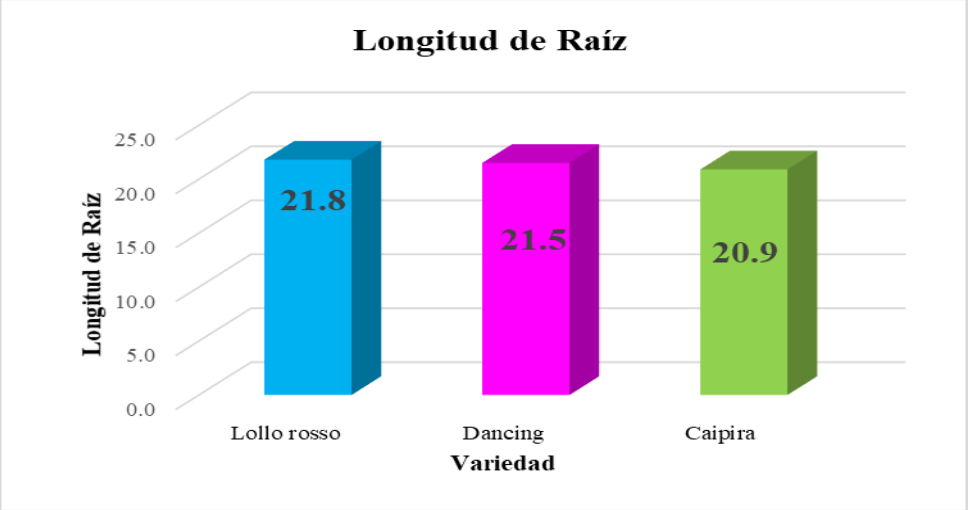


Gráfico 6: Longitud de Raíz de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Números de Hojas a los 15 días después del trasplante

La toma de datos se realizó a los 15, 30,45 días después del trasplante en el sistema. En el cuadro 10, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para la número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* de las tres variedades a los 15 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, si mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3); en cambio a nivel parcela(S. NFT, S. Raíz Flotante) y la interacción entre (parcela*subparcela) no presentan diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniéndose un coeficiente de variabilidad de 7.80% y 6.95% de tal forma que se confirma su confiabilidad

podemos observar en el cuadro 11, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* a nivel de parcela teniendo como respuesta de S1(Raíz flotante) con una media de 7 hojas/planta y S2(NFT) con una media de 7 hojas/planta, indicando que no hay diferencia significativa. Por otra parte, se presenta a nivel subparcela en el cuadro 12, como respuesta que la variedad Caipira obtuvo una media de 8 hojas/planta, presentando diferencia en su media con respecto a la variedad Dancing con 7 hojas/planta; asismismo a la variedad Lollo rosso con 7 hojas/planta no presentando diferencia estadísticamente entre estas dos últimas variedades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

En el Anexo 7, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable Número de hojas a los 15 días en los diferentes Sistemas y Variedades.

Cuadro 10: Análisis de varianza (ANVA) para Número de hojas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 15 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	1.05	1.05	3.68	5.99	N.S
Error (A)	6	1.71	0.29	1.24		
Variedades	2	7.02	3.51	15.26	3.89	*
S*V	2	0.03	0.02	0.07	3.89	N.S
Error (B)	12	2.76	0.23			
Total	23	12.57				
C.V.	**S**		7.80 %	*=Significativo		
	V		6.95 %	NS= No significativo		

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 11: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 15 días después del trasplante.

Sistema	Número de hojas	
	Medias	
Raíz Flotante	7	**a**
NFT	7	**a**

Nota: letras iguales indican que no hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

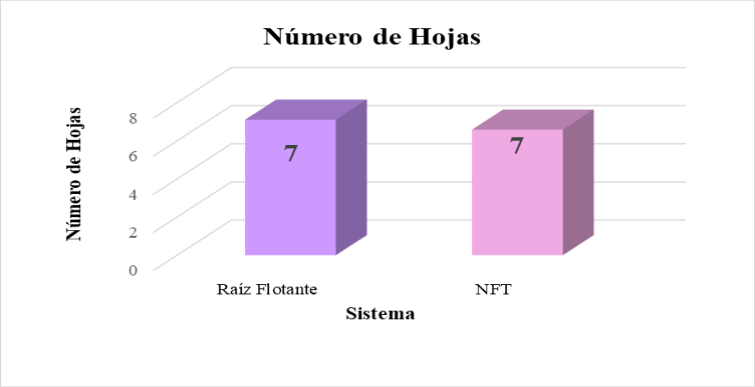


Gráfico 7: Número de Hojas de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 12: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 15 días después del trasplante.

Variedad	Número de hojas	
	Media	
Caipira	8	**a**
Dancing	7	**b**
Lollo rosso	7	**b**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

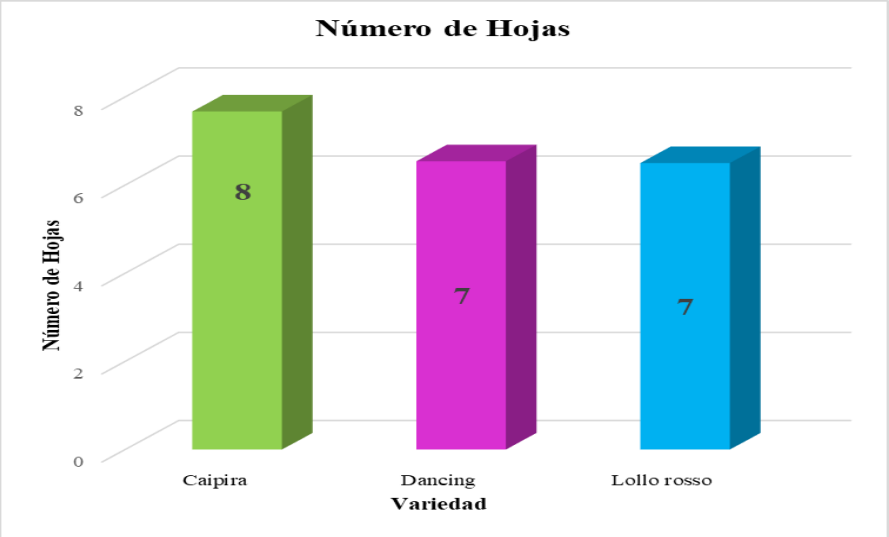


Gráfico 8: Número de Hojas de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Número de Hojas a los 30 días después del trasplante

En el cuadro 13, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para el número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* de las tres variedades a los 30 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, si mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3); en cambio a nivel parcela(S. NFT, S. Raíz Flotante) y la interacción entre (parcela*subparcela) no presentan diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniéndose un coeficiente de variabilidad de 3.77% y 8.25% de tal forma que se confirma su confiabilidad.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Podemos observar en el Cuadro 14, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga *(Lactuca sativa* L.) a nivel de parcela teniendo como respuesta de la S1(Raíz flotante) con una media de 10 hojas/planta y S2(NFT) con una media de 10 hojas/planta, indicando que no hay diferencia significativa. Por otra se presenta a nivel subparcela en el cuadro 15, como respuesta que la variedad Caipira obtuvo una media de 11 hojas/planta obteniendo mejores resultados en comparación de la variedad Dancing 10 hojas/planta y la variedad Lollo rosso de 8 hojas/planta de tal manera que si hay diferencias significativas entre las tres variedades.

En el Anexo 8, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable Número de hojas a los 30 días en los diferentes sistemas y variedades.

Cuadro 13: Análisis de varianza (ANVA) para el Número de Hojas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 30 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	0.07	0.07	0.52	5.99	N.S
Error (A)	6	0.81	0.14	0.20		
Variedades	2	34.05	17.03	25.28	3.89	*
S*V	2	1.94	0.97	1.44	3.89	N.S
Error (B)	12	8.08	0.67			
Total	23	44.95				
C.V.	**S**		3.77 %		*=Significativo	
	V		8.25 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 14: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 30 días después del trasplante.

Sistema	Número de hojas	
	Medias	
Raíz flotante	10	**a**
NFT	10	**a**

Nota: letras iguales indican que no hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

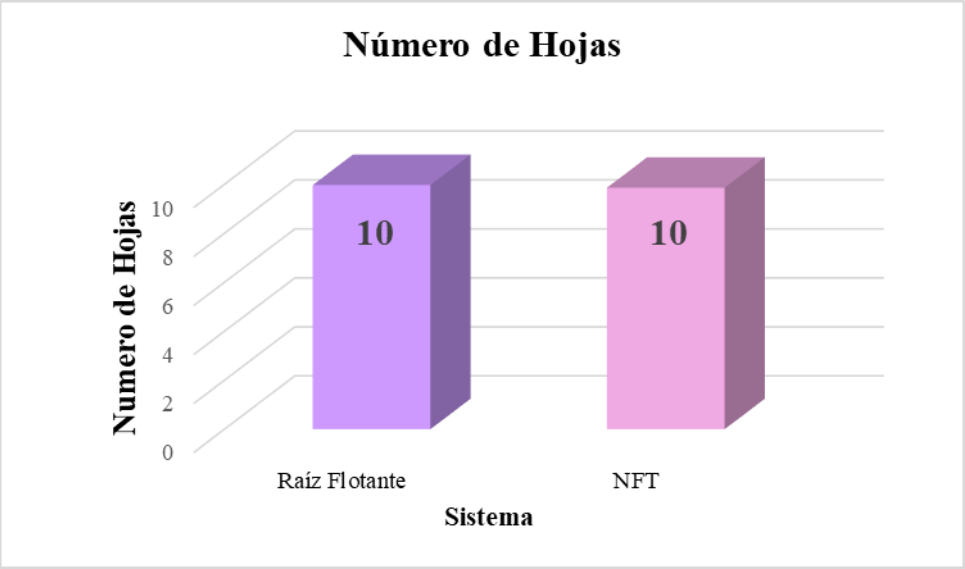


Gráfico 9: Número de Hojas de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 15: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 30 días después del trasplante.

Variedad	**Número de hojas**	
	Medias	
Caipira	11	**a**
Dancing	10	**b**
Lollo rosso	8	**c**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

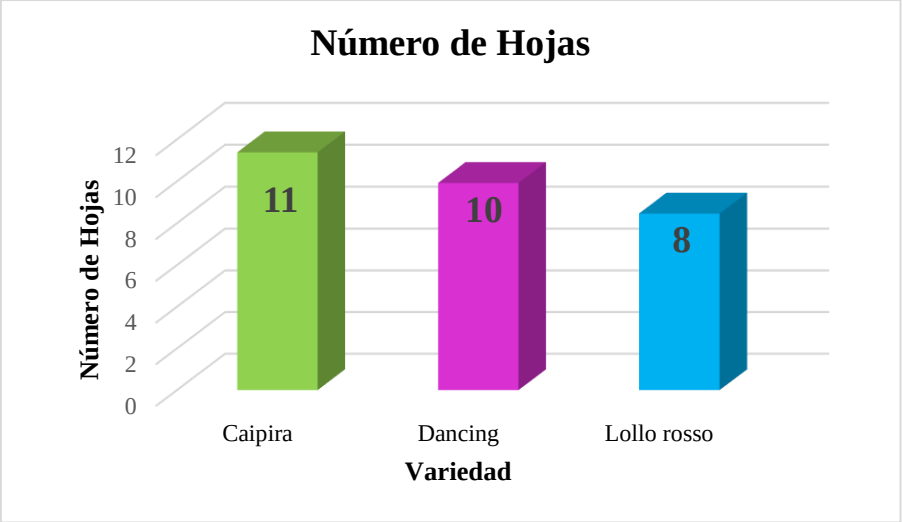


Gráfico 10: Número de Hojas de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Número de Hojas a los 45 días después del trasplante

En el cuadro 16, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para el número de hojas de lechuga *(Lactuca sativa L.)* de las tres variedades a los 45 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, si mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3) y la interacción entre (parcela*subparcela); en cambio a nivel parcela(S. NFT, S. Raíz Flotante)) no presenta diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5% y con un coeficiente de variabilidad de 4.41% y 5.22% de tal forma que se confirma su confiabilidad.

Podemos observar en el cuadro 17, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.*)* a nivel de parcelas teniendo como respuesta de la S1(Raíz flotante) con una media de 19 hojas/planta y S2(NFT) de 19 hojas/planta indicando que no hay diferencia significativa. Por otra parte en el cuadro 18, a nivel Subparcelas tenemos como respuesta de la V1(Caipira) con una media de 25 hojas/planta; V3(Dancing) de 18 hojas/planta y V2(Lollo rosso) de 14 hojas/planta indicando que si hay diferencia significativa entre las tres variedades. En el Anexo 9, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable Longitud de Raíz a los 45 días en los diferentes Sistemas y Variedades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 16: Análisis de varianza (ANVA) para Número de hojas de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	0.09	0.09	0.13	5.99	N.S
Error (A)	6	4.19	0.70	0.71		
Variedades	2	564.53	282.27	288.76	3.89	*
S*V	2	16.35	8.18	8.36	3.89	*
Error (B)	12	11.73	0.98			
Total	23	596.89				
C.V.	**S**		4.41 %		*=Significativo	
	V		5.22 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 17: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante.

Sistema	Número de hojas	
	Medias	
Raíz flotante	19	**a**
NFT	19	**a**

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

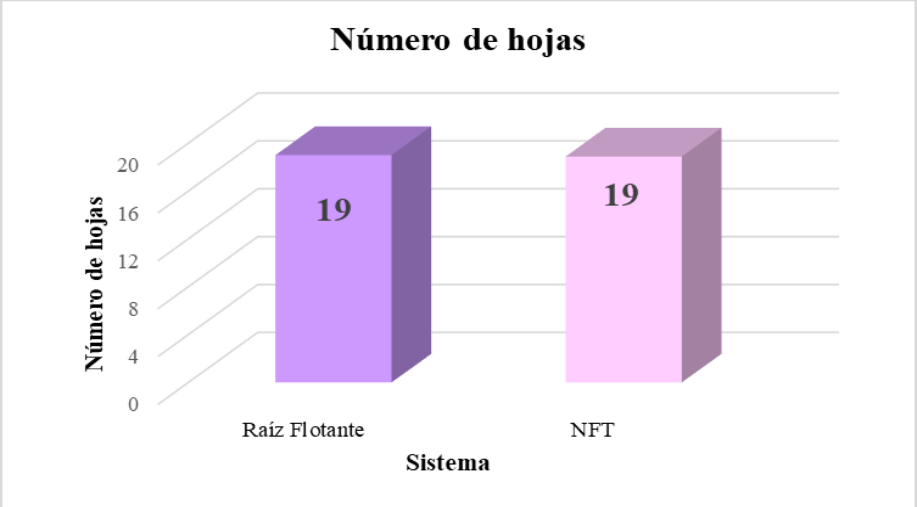


Gráfico 11: Número de Hojas de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 18: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para el número de hojas de lechuga (Lactuca sativa L.) a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante.

Variedad	Número de hojas	
	Medias	
Caipira	25	**a**
Dancing	18	**b**
Lollo rosso	14	**c**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 19: Análisis de Varianza (ANVA) para los Efectos simples en Número de Hojas de Lechuga a los 45 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
S en V1	1	6.13	6.13	7.85	10.19	NS
S en V2	1	0.00	0.00	0.00	10.19	NS
S en V3	1	10.13	10.13	12.98	10.19	*
V en S1	2	254.17	127.08	162.93	3.68	*
V en S2	2	375.50	187.75	240.71	3.68	*

Fuente: Elaboración propia

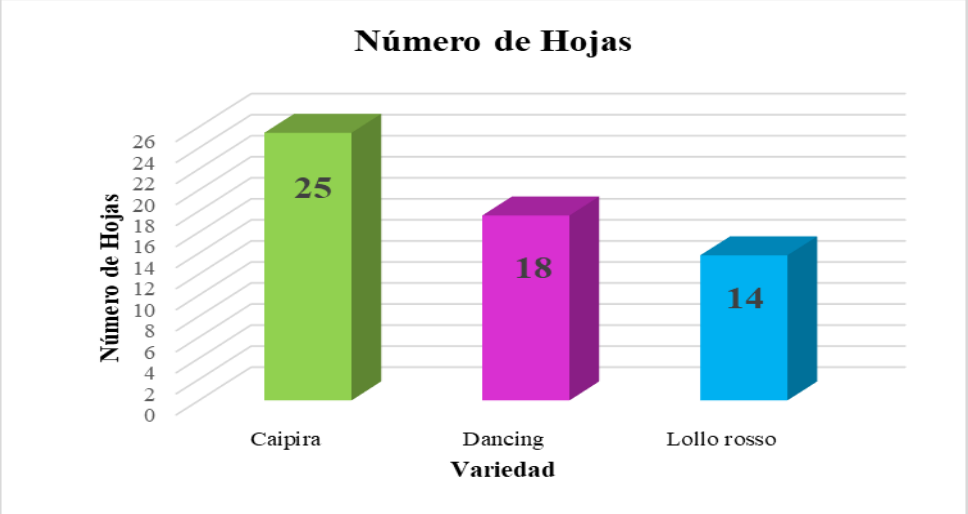


Gráfico 12: Número de Hojas de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.7 Altura de Planta a los 15 días después del trasplante

La toma de datos se realizó a los 15, 30,45 días después del trasplante en el sistema. En el cuadro 20, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* de las tres variedades a los 15 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, no mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3), asimismo la interacción (parcela*subparcela); sin embargo a nivel parcela (S. NFT, S. Raíz Flotante) si presenta diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniendose un coeficiente de variabilidad de 5.77% y 13.73% de tal forma que se confirma su confiabilidad. Podemos observar en el cuadro 21, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel de parcelas teniendo como respuesta de la S1(Raíz flotante) con una media de 8.5 cm de altura de planta y S2(NFT) de 9.2 cm,indicando que si hay difernecia significativa. Por otra parte, en cuanto a nivel subparcelas en el cuadro 22, observamos la altura de planta en respuesta de la V1(Caipira) con una media de 8.7 cm; V2(Lollo rosso) de 8.6 cm y V3(Dancing) de 9.2 cm indicando que no hay significancia estadísticamente entre las tres variedades.

En el Anexo 10, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable altura de planta a los 15 días en los diferentes sistemas y variedades.

Cuadro 20: Análisis de varianza (ANVA) para la Altura de Planta de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 15 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	3.23	3.23	12.27	5.99	*
Error (A)	6	1.58	0.26	0.18		
Variedades	2	1.98	0.99	0.67	3.89	N.S
S*V	2	1.47	0.74	0.50	3.89	N.S
Error (B)	12	17.63	1.47			
Total	23	25.89				
C.V.	**S**		5.77 %		*=Significativo	
	V		13.73 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 21: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 15 días después del trasplante.

Sistema	**Altura de planta**	
	Medias	
NFT	9.2	**a**
Raíz flotante	8.5	**b**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

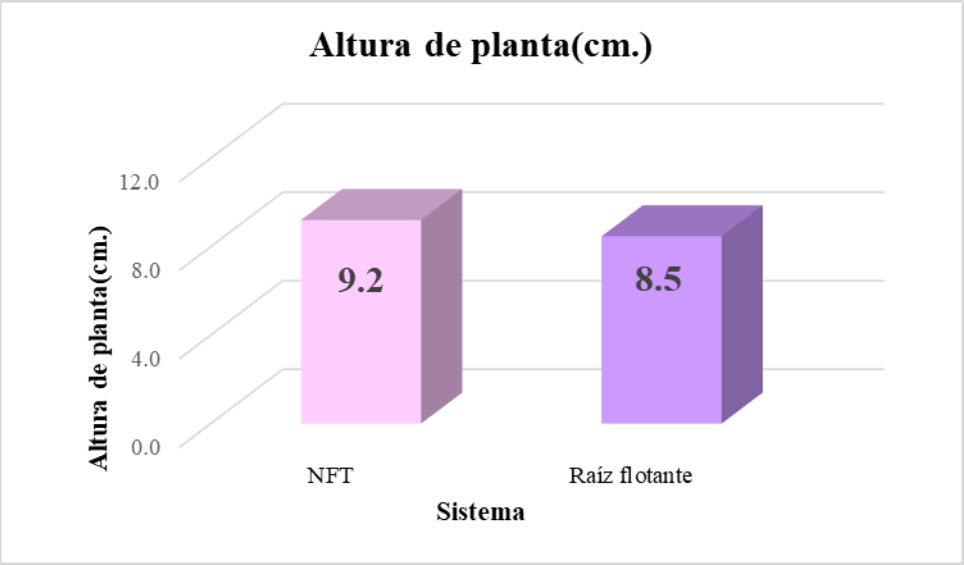


Gráfico 13: Altura de planta de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 22: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 15 días después del trasplante.

Variedad	**Altura de planta**	
	Medias	
Dancing	9.2	**a**
Caipira	8.7	**a**
Lollo rosso	8.6	**a**

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

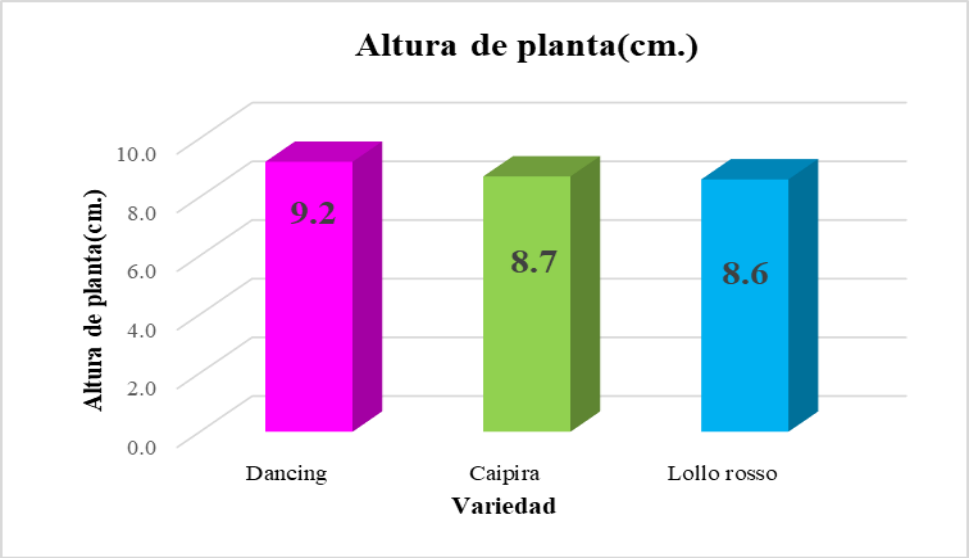


Gráfico 14: Altura de planta de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

4.1.8 Altura de Planta a los 30 días después del trasplante

En el cuadro 23, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* de las tres variedades a los 30 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, si mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3); parcela (S. NFT, S. Raíz Flotante), en cambio en la interacción entre (parcela*subparcela) no hubo diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniendose un coeficiente de variabilidad de 2.53% y 6.71% de tal forma que se confirma su confiabilidad

Podemos observar en el cuadro 24, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel de parcela, en cuanto a la altura de planta tenemos como respuesta de S1(Raíz flotante) con una media de 12.8 cm. y S2(NFT) 14.5 cm, indicando que si hay diferencia significativa. Por otra parte, en el cuadro 25, se obtuvo a nivel subparcelas respecto altura de planta como respuesta de la V1(Caipira) con una media de 12.33 indicando significancia con respecto a las variedades de V2(Lollo rosso) de 14.15 y V3(Dancing) de 14.46 más no hay significancia entre estas dos últimas variedades.

En el Anexo 11, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable altura de planta a los 30 días en los diferentes sistemas y variedades.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 23: Análisis de varianza (ANVA) para la Altura de Planta de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 30 días

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	16.40	16.40	140.57	5.99	*
Error (A)	6	0.70	0.12	0.14		
Variedades	2	21.09	10.55	12.53	3.89	*
S*V	2	0.31	0.16	0.18	3.89	N.S
Error (B)	12	10.10	0.84			
Total	23	48.60				
C.V.	**S**		2.53 %		*=Significativo	
	V		6.71 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 24: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 30 días después del trasplante.

Sistema	Altura de planta	
	Medias	
NFT	14.5	**a**
Raíz flotante	12.8	**b**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

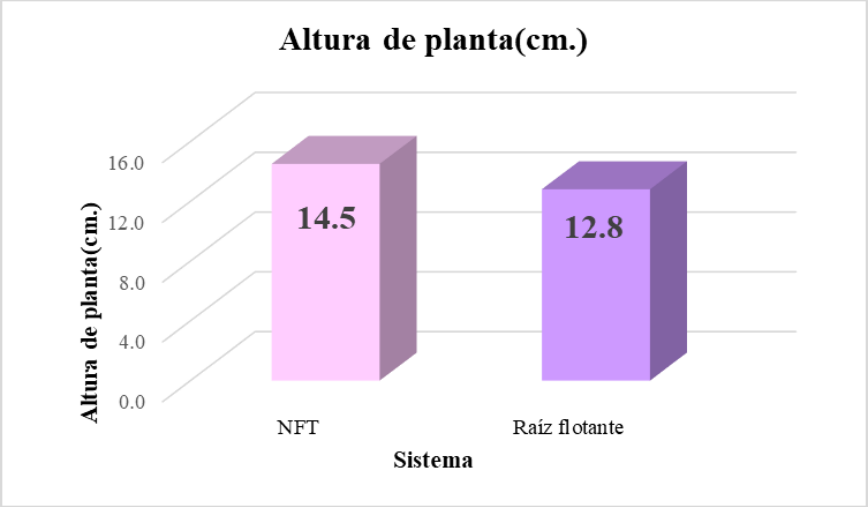


Gráfico 15: Altura de planta de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 25: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 30 días después del trasplante.

Variedad	Altura de planta	
	Medias	
Dancing	14.5	**a**
Lollo rosso	14.2	**a**
Caipira	12.3	**b**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

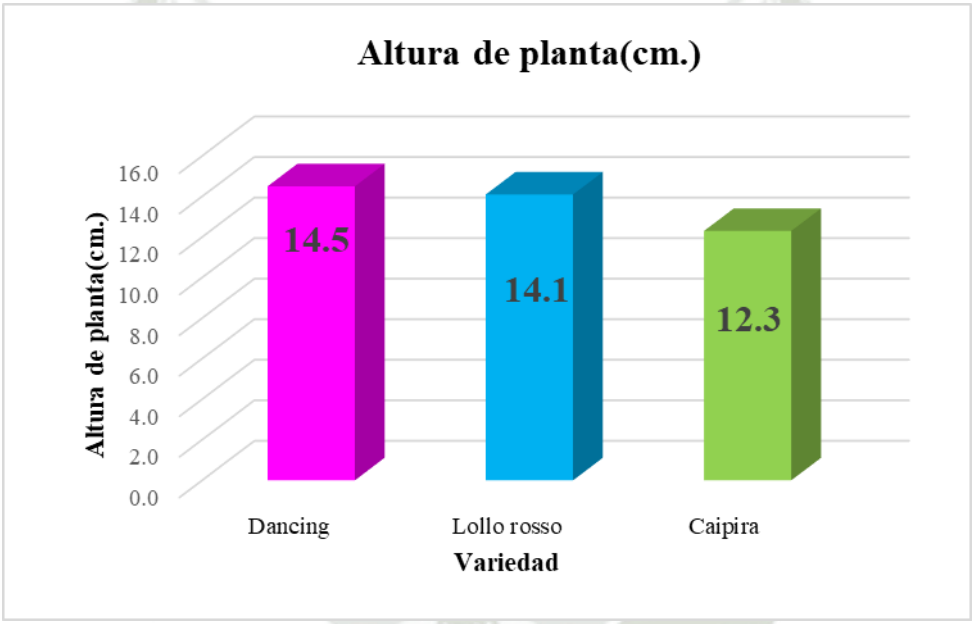


Gráfico 16: Altura de planta de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.1.9 Altura de Planta a los 45 días después del trasplante

En el cuadro 26, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para la altura de planta de Lechuga *(Lactuca sativa L.)* de las tres variedades a los 45 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, si mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3); mas no, en parcela(S. NFT, S. Raíz Flotante), asimismo en la interacción entre (parcela*subparcela). Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniendose un coeficiente de variabilidad de 6.86% y 5.29% de tal forma que se confirma su confiabilidad.

Podemos observar en el cuadro 27, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* a nivel de parcela con respecto a altura de planta tenemos como respuesta de S1(Raíz flotante) con una media de 21.4 cm. y S2(NFT) 21.3cm., indicando que no hay diferencia significativa. Por otra parte, en cuanto a nivel subparcelas en el cuadro 28, tenemos como respuesta de la V1(Caipira) con una media de 19.6 cm indicando que si hay diferencia significativa con respecto a V2(Lollo rosso) de 22.3 cm y V3(Dancing) de 22.2 cm más no hay significancia entre las dos últimas variedades.

En el Anexo 12, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable altura de planta los 45 días en los diferentes sistemas y variedades.

Cuadro 26: Análisis de varianza (ANVA) para la Altura de Planta de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	0.04	0.04	0.02	5.99	N.S
Error (A)	6	12.91	2.15	1.68		
Variedades	2	37.30	18.65	14.55	3.89	*
S*V	2	2.69	1.35	1.05	3.89	N.S.
Error (B)	12	15.38	1.28			
Total	23	68.32				
C.V.	**S**		6.86 %	*=Significativo		
	V		5.29 %	NS= No significativo		

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 27: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Altura de planta de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante

Sistema	**Altura de planta**	
	Medias	
Raíz flotante	21.4	**a**
NFT	21.3	**a**

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencia significativa

Fuente: Elaboración propia

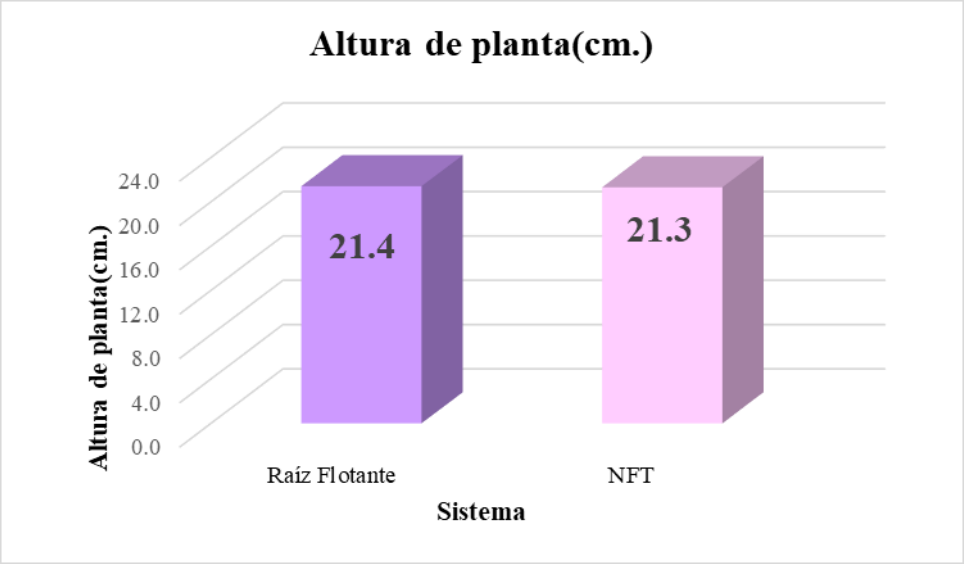


Gráfico 17: Altura de planta de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 28: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para altura de planta de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante.

Variedad	**Altura de planta**	
	Medias	
Dancing	22.3	**a**
Lollo rosso	22.2	**a**
Caipira	19.6	**b**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

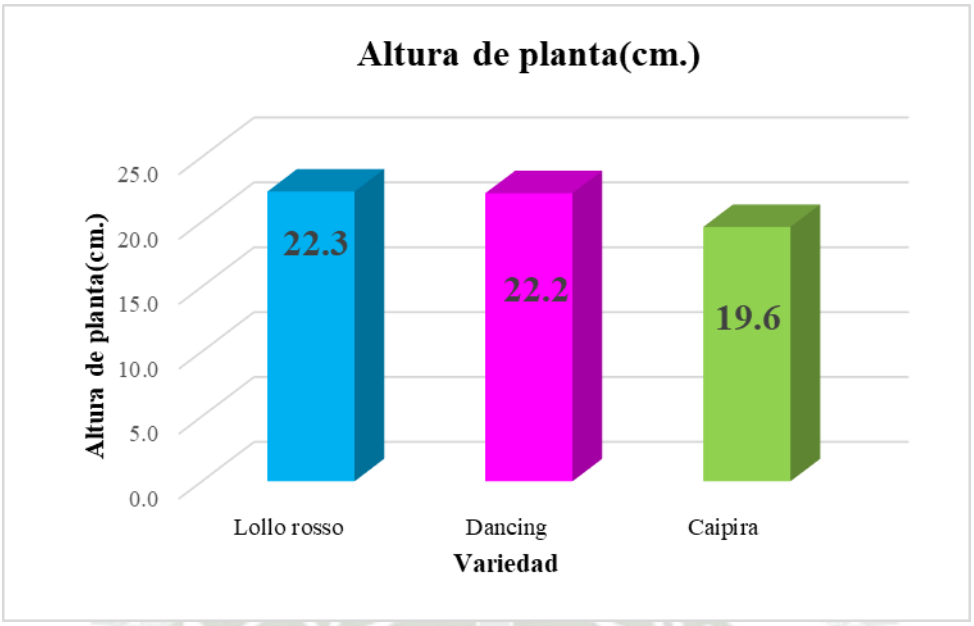


Gráfico 18: Altura de planta de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

4.1.10 Peso Fresco Total (g/planta) a los 45 días después del trasplante

En el cuadro 29, se presenta el análisis de varianza (ANVA), para el peso fresco de lechuga *(Lactuca sativa L.)* de las tres variedades a los 45 días después del trasplante definitivo al sistema NFT y sistema Raíz Flotante.

Según el análisis de varianza, si mostraron diferencias significativas a nivel subparcela (V1.V2 y V3); sin embrago a nivel parcela (S. NFT, S. Raíz Flotante) y en la interacción (parcela*subparcela), no presentaron diferencia significativa. Se trabajó a un nivel de significancia de 5%, obteniendose un coeficiente de variabilidad de 14.65% y 9.89% de tal forma que se confirma su confiabilidad.

Podemos observar en el cuadro 30, según la prueba de rango múltiple Duncan para cultivo de lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* a nivel de parcela teniendo como respuesta de S1(Raíz flotante) con una media de 159.1 gr/planta y S2(NFT) 173.2 g/planta indicando que no hay diferencia significativa. Por otra parte, se presenta a nivel subparcela en el cuadro 31, obteniendo como respuesta de la V1(Caipira) con una media de 233.44 g/planta; V2(Lollo rosso) de 99.86 g/planta y V3(Dancing) de 165.11 g/planta indicando que si hay diferencia significativa estadísticamente entre

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

las tres variedades respectivamente.

En el Anexo 13, podemos observar las tablas de recopilación de datos de la variable longitud de raíz en los diferentes sistemas y variedades.

Cuadro 29: Análisis de varianza (ANVA) para Peso Fresco Total de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico a los 45 días.

F.V.	GL	SC	CM	Fcal.	Ftab.	S.
Sistema	1	1202.75	1202.75	2.03	5.99	N.S
Error (A)	6	3553.92	592.32	2.19		
Variedades	2	71381.73	35690.87	132.17	3.89	*
S*V	2	347.24	173.62	0.64	3.89	N.S
Error (B)	12	3240.47	270.04			
Total	23	79726.11				
C.V.	**S**		14.65 %		*=Significativo	
	V		9.89 %		NS= No significativo	

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 30: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para Peso fresco total de lechuga (*Lactuca sativa* L.) a nivel parcela de las tres variedades a los 45 días después del trasplante.

Sistemas	Peso Fresco (g)	
	Medias	
NFT	173.20	**a**
Raíz flotante	159.10	**a**

Nota: Letras iguales indican que no hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

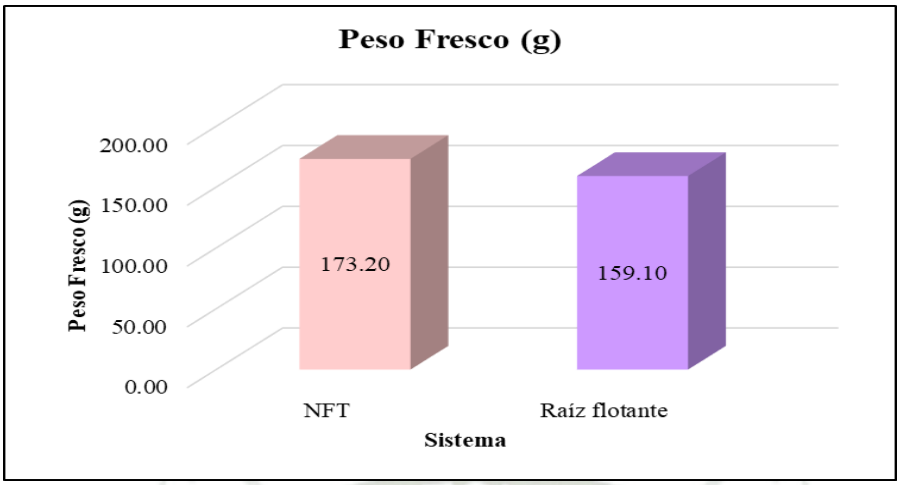


Gráfico 19: Peso Fresco Total de Lechuga a nivel Parcela.

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 31: Análisis de los efectos principales con la prueba de Rango Múltiple de Duncan para peso fresco total de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel subparcela de las variedades (Caipira, Dancing, Lollo rosso) a los 45 días después del trasplante.

Variedad	**Peso Fresco (g)**	
	Medias	
Caipira	233.44	**a**
Dancing	165.11	**b**
Lollo rosso	99.86	**c**

Nota: Letras diferentes indican que si hay diferencia significativa.

Fuente: Elaboración propia

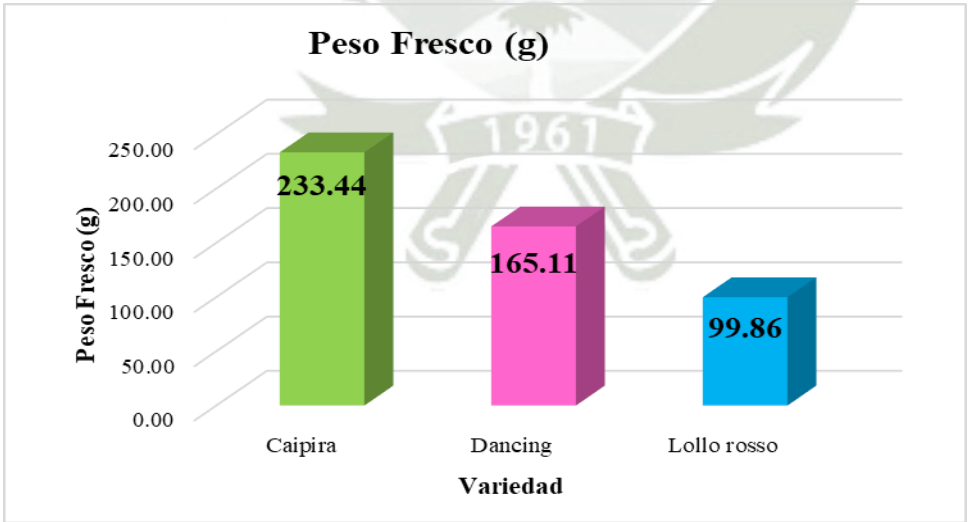


Gráfico 20: Peso Fresco de Lechuga a nivel Subparcela.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.2 OBJETIVO 2: Evaluar las variedades de lechuga *(Lactuca sativa L.)* según la eficiencia de absorción de los macronutrientes bajo dos sistemas hidropónicos con efluentes de truchas.

4.2.1 Concentración de nutrientes en las plantas lechugas (*Lactuca sativa* L.)

El cuadro 32, presenta el porcentaje de nutrientes en base al análisis foliar realizado en laboratorio, dónde se indica el contenido de los principales nutrientes que ofrece las hojas de lechuga en el sistema NFT.

Cuadro 32: Comparación del contenido de nutrientes de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema NFT.

Contenido de nutrientes sistema NFT (%)			
Nutrientes	**Caipira**	**Lollo rosso**	**Dancing**
N	2.18	1.68	1.76
P	1.86	1.09	1.08
K	8.09	3.66	4.16
Ca	2.13	2.13	2.13
Mg	1.94	1.94	1.94

Fuente: Elaboración propia

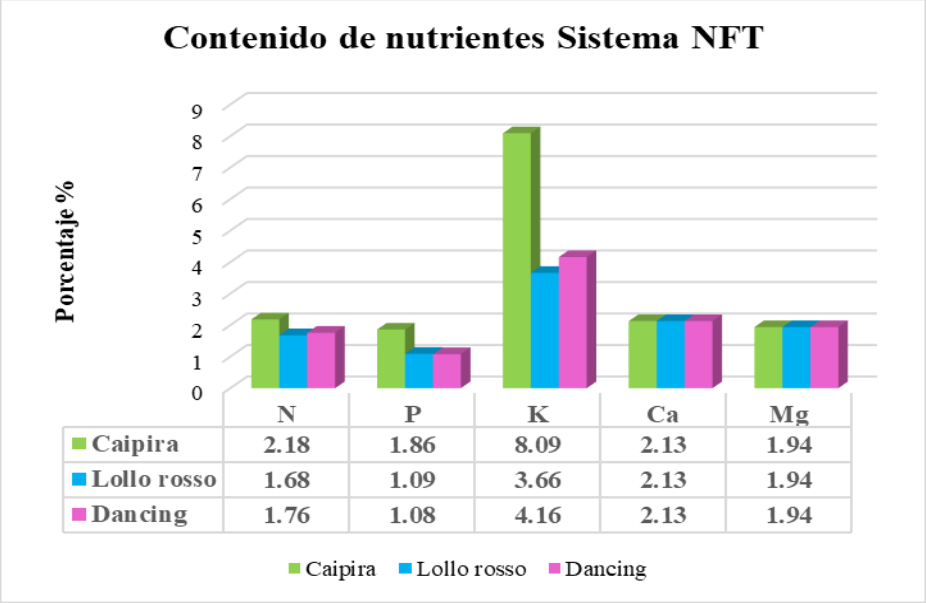


Gráfico 21: Contenido de nutrientes a nivel de parcela en Sistema NFT.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cuadro 33, presenta el porcentaje de nutrientes en base al análisis foliar realizado en laboratorio, dónde se indica el contenido de los principales nutrientes que ofrece las hojas de lechuga en el sistema Raíz Flotante.

Cuadro 33: Comparación del contenido de nutrientes de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en sistema Raíz flotante.

Contenido de nutrientes Sistema Raíz Flotante			
Nutrientes	**Caipira**	**Lollo rosso**	**Dancing**
N	2.3	1.95	1.9
P	1.54	1.25	0.97
K	5.83	4.66	5.49
Ca	2.13	2.4	1.87
Mg	1.94	1.94	1.62

Fuente: Elaboración propia

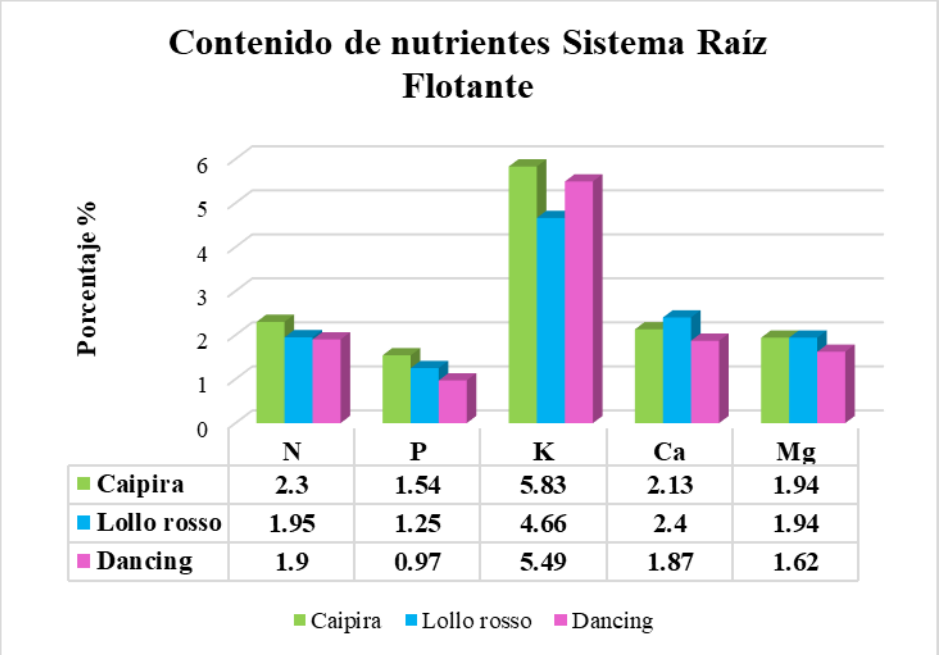


Gráfico 22: Contenido de nutrientes a nivel de parcela en Sistema Raíz Flotante.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cuadro 34, presenta el porcentaje de contenido de nitrógeno en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en base al análisis foliar realizado en laboratorio de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos utilizando efluentes de trucha como una solución nutritiva orgánica.

Cuadro 34: Comparación del contenido de Nitrógeno (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar.

Nitrogeno %		
Variedad	**Raiz flotante**	**NFT**
Caipira	2.3	2.18
Dancing	1.9	1.76
Lollo rosso	1.85	1.68

Fuente: Elaboración propia

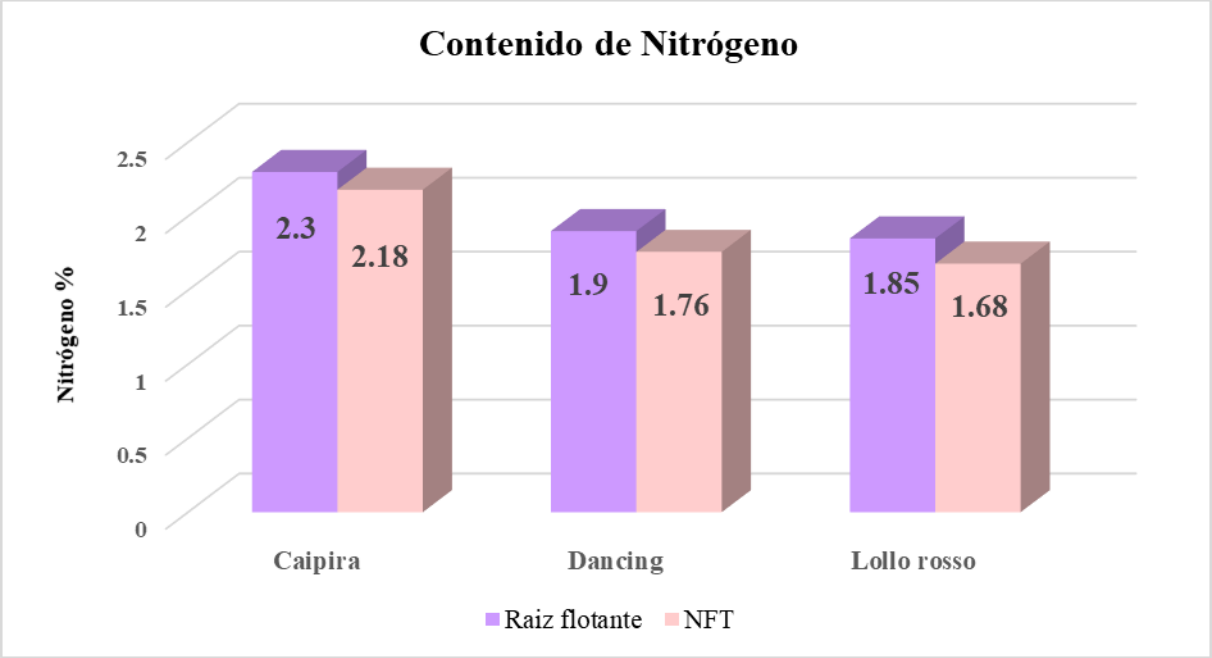


Gráfico 23: Contenido de Nitrógeno (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cuadro 35, presenta el porcentaje de contenido de fósforo en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en base al análisis foliar realizado en laboratorio de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos utilizando efluentes de trucha como una solución nutritiva orgánica.

Cuadro 35: Comparación del contenido de Fosforo (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar.

Fósforo %		
Variedad	**Raiz flotante**	**NFT**
Caipira	1.54	1.86
Dancing	0.97	1.08
Lollo rosso	1.25	1.09

Fuente: Elaboración propia

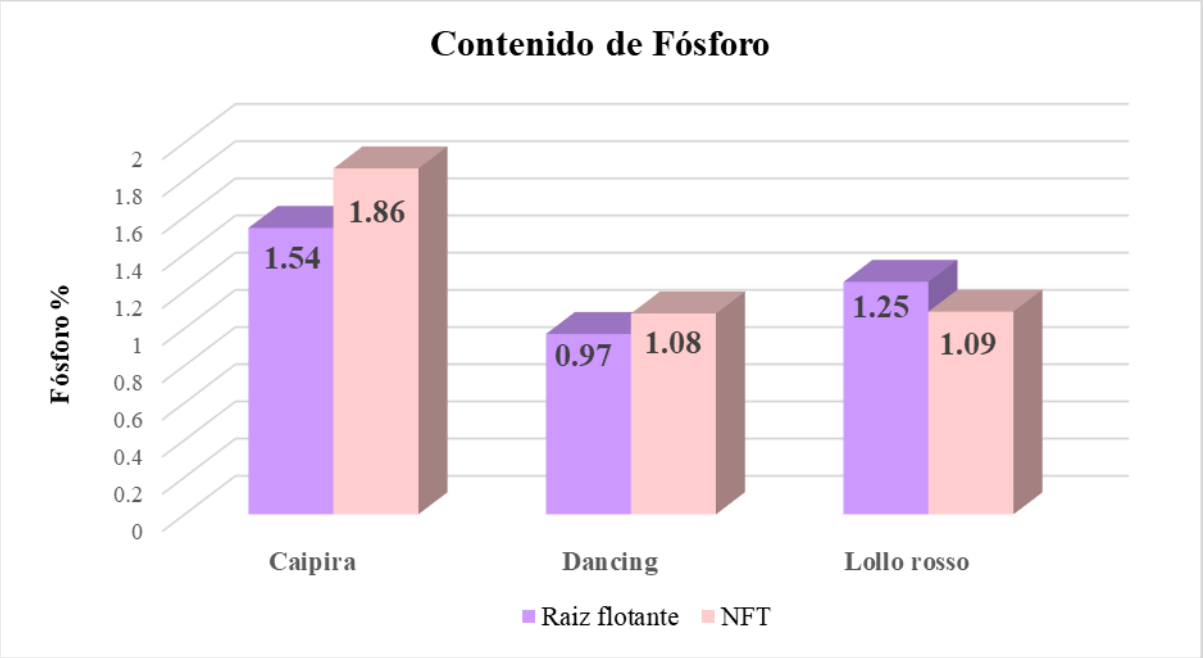


Gráfico 24: Contenido de Fósforo (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cuadro 36, presenta el porcentaje de contenido de potasio en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en base al análisis foliar realizado en laboratorio de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos utilizando efluentes de trucha.

Cuadro 36: Comparación del contenido de Potasio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar.

Potasio %		
Variedad	**Raiz flotante**	**NFT**
Caipira	5.83	8.09
Dancing	5.49	4.16
Lollo rosso	4.66	3.66

Fuente: Elaboración propia

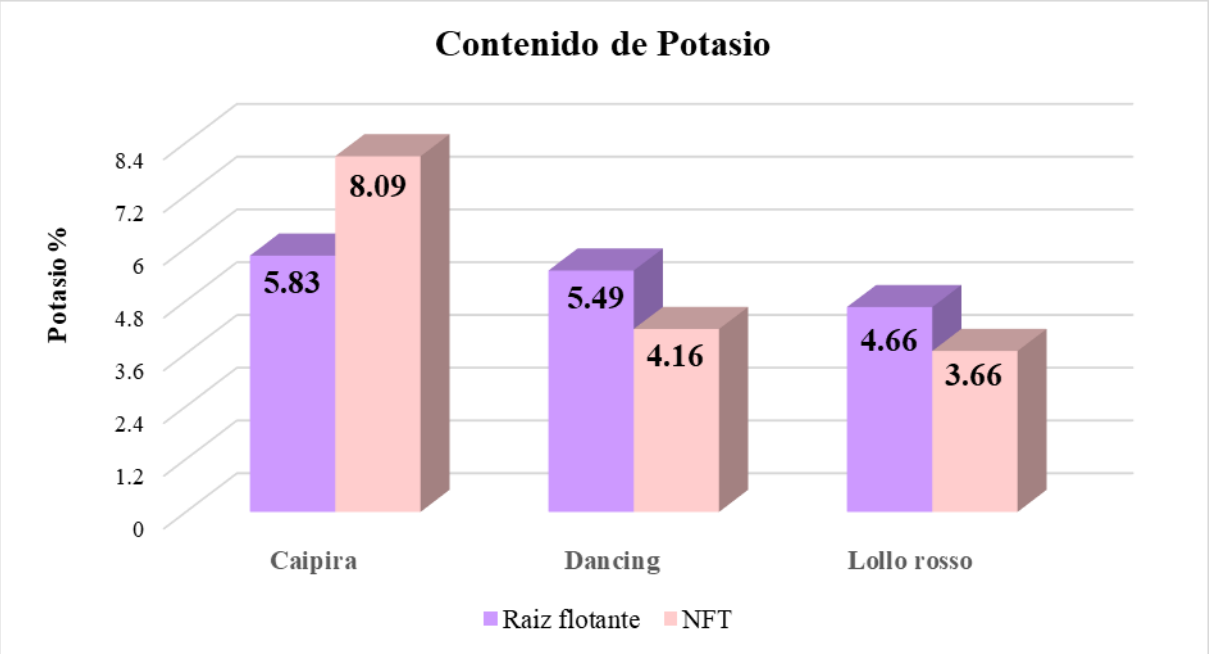


Gráfico 25: Contenido de Potasio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cuadro 37, presenta el porcentaje de contenido de calcio en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en base al análisis foliar realizado en laboratorio de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos utilizando efluentes de trucha.

Cuadro 37: Comparación del contenido de Calcio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar.

Calcio %		
Variedad	**Raiz flotante**	**NFT**
Caipira	2.13	2.13
Dancing	1.87	2.13
Lollo rosso	2.4	2.13

Fuente: Elaboración propia

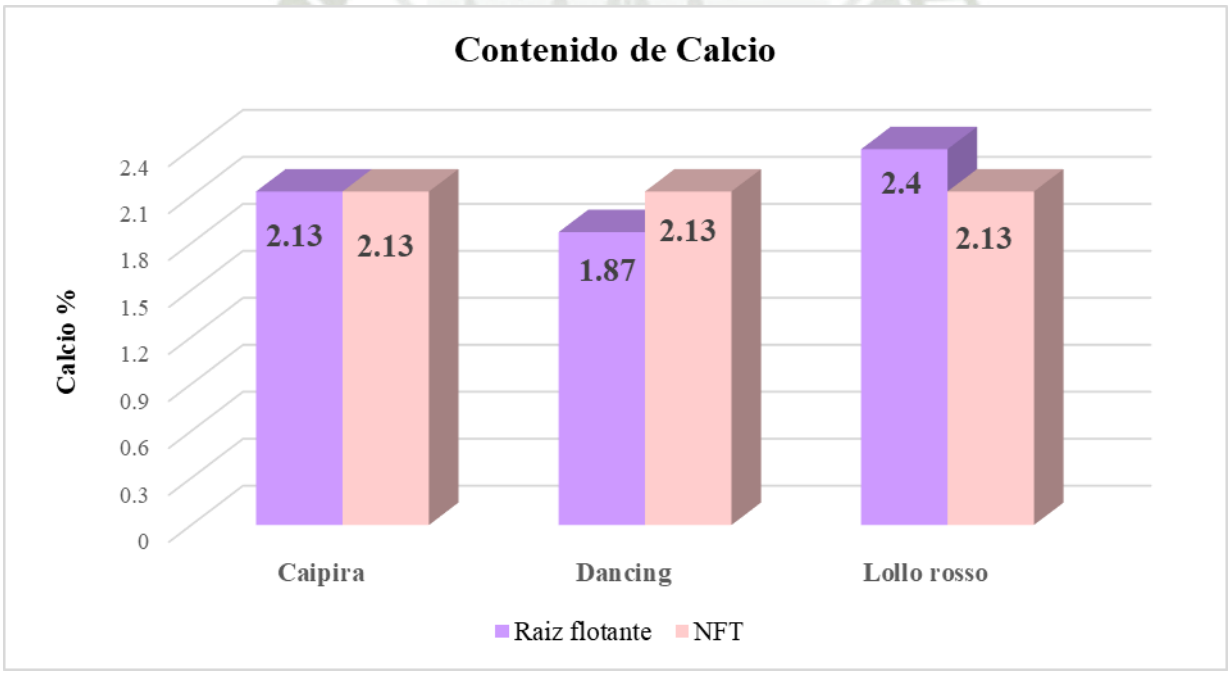


Gráfico 26: **C**ontenido de Calcio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

El cuadro 38, presenta el porcentaje de contenido de magnesio en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en base al análisis foliar realizado en laboratorio de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos utilizando efluentes de trucha.

Cuadro 38: Comparación del contenido de Magnesio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar.

Magnesio %		
Variedad	**Raiz flotante**	**NFT**
Caipira	1.94	1.94
Dancing	1.62	1.94
Lollo rosso	1.94	1.94

Fuente: Elaboración propia

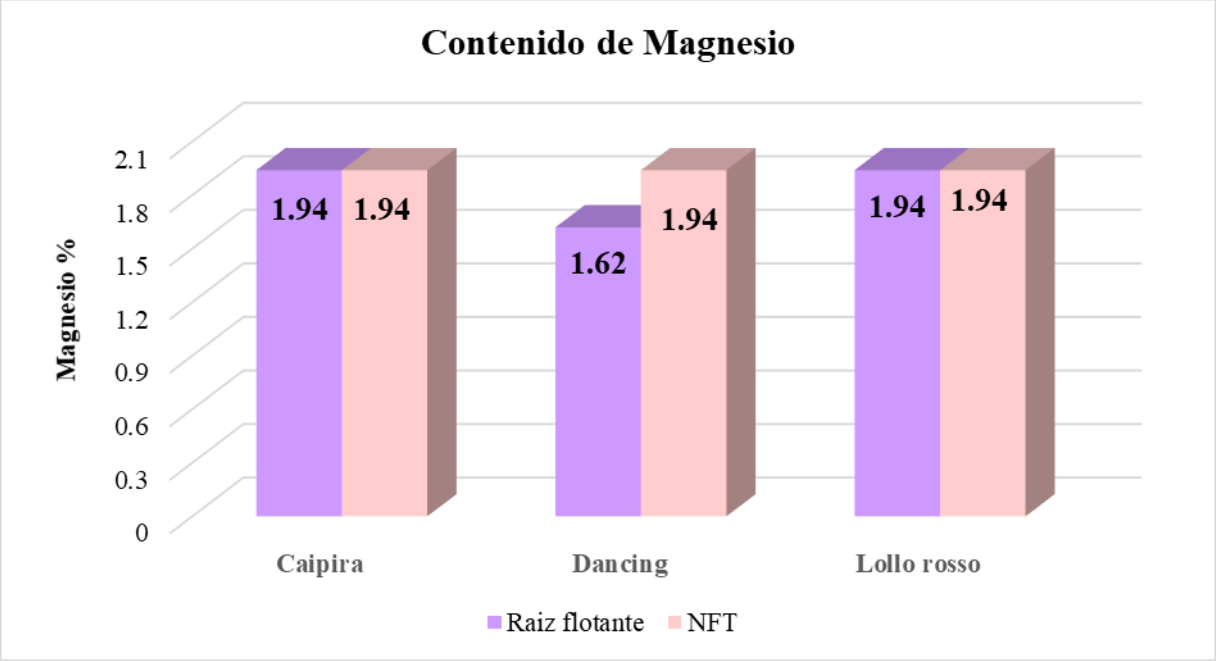


Gráfico 27: Contenido de Magnesio (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos.

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 39, presenta el porcentaje de contenido de Proteína en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) en base al análisis foliar realizado en laboratorio de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos utilizando efluentes de trucha.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 39: Comparación del contenido de Proteína (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar.

Proteina %		
Variedad	**Raiz flotante**	**NFT**
Caipira	14.38	13.63
Dancing	11.88	11
Lollo rosso	11.56	10.5

Fuente: Elaboración propia

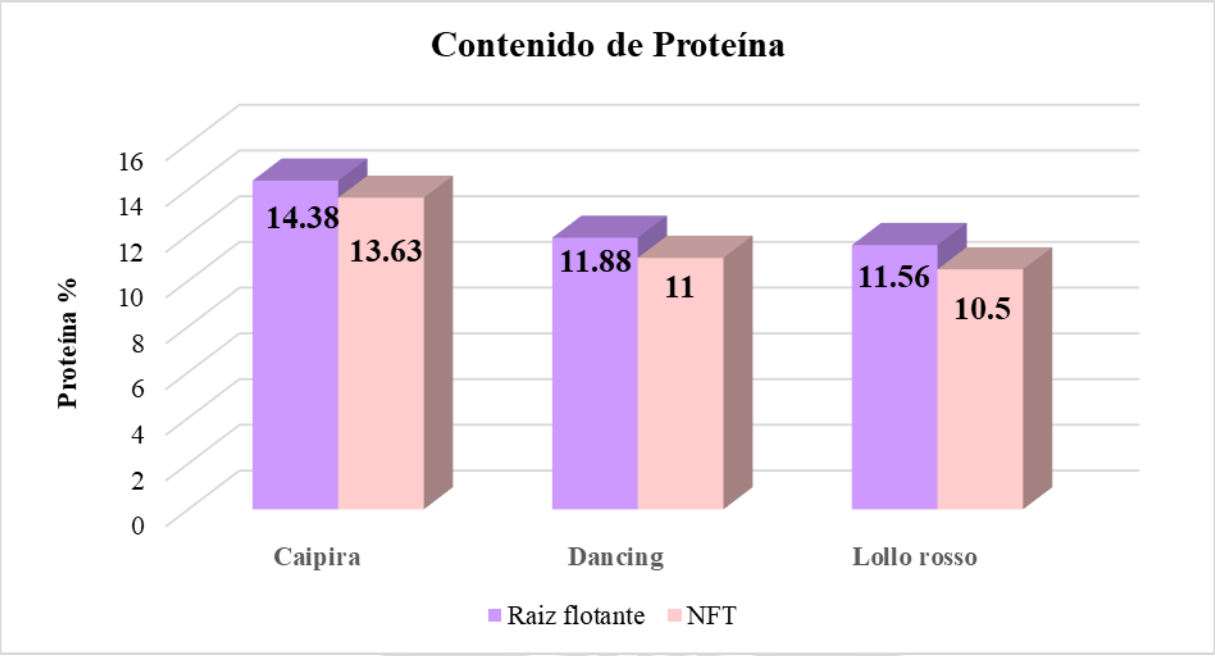


Gráfico 28: Contenido de Proteína (%) en Lechuga (*Lactuca sativa* L.) obtenidos del análisis foliar de las tres variedades bajo dos sistemas hidropónicos.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

4.3 OBJETIVO 3: Comparación de los sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en un sistema acuapónico

El cuadro 40, presenta la comparación de los sistemas hidropónicos con respecto a la longitud de raíz evaluadas a los 15,30 y 45 D.D.T. respectivamente.

Cuadro 40: Comparación de los sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en Longitud de raíz(cm).

	Raíz flotante	NFT
15 D.D.T.	10.60	9.5
30 D.D.T.	17.08	13.8
45 D.D.T.	23.97	18.83

Fuente: Elaboración propia

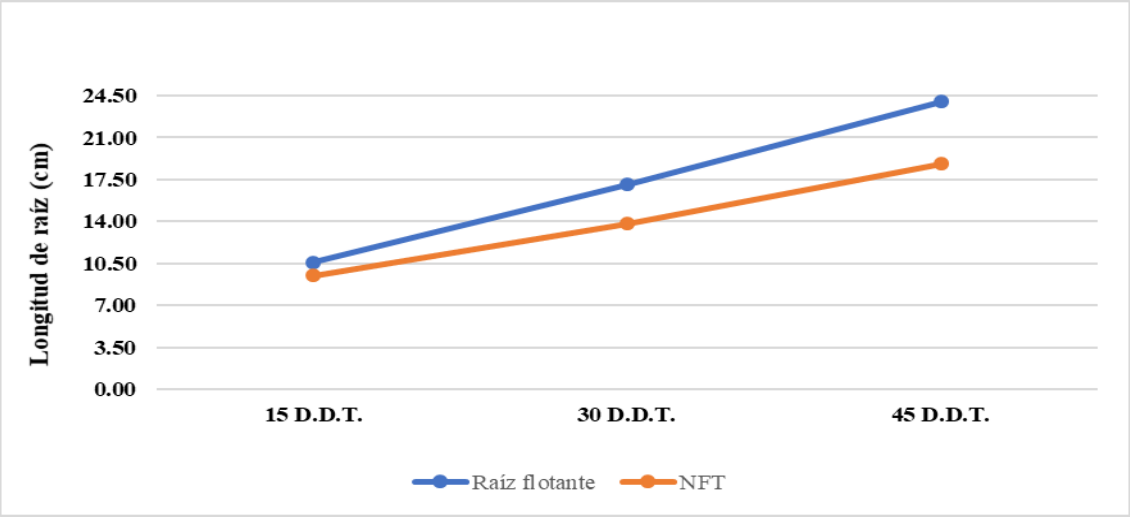


Gráfico 29: Longitud de raíz en los sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico.

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 41, presenta la comparación de los sistemas hidropónicos con respecto al Número de hojas evaluadas a los 15,30 y 45 D.D.T. respectivamente

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Cuadro 41: Comparación de sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en Número de hojas.

	Raíz flotante	NFT
15 D.D.T.	7.11	6.69
30 D.D.T.	9.97	9.86
45 D.D.T.	19	18.88

Fuente: Elaboración propia

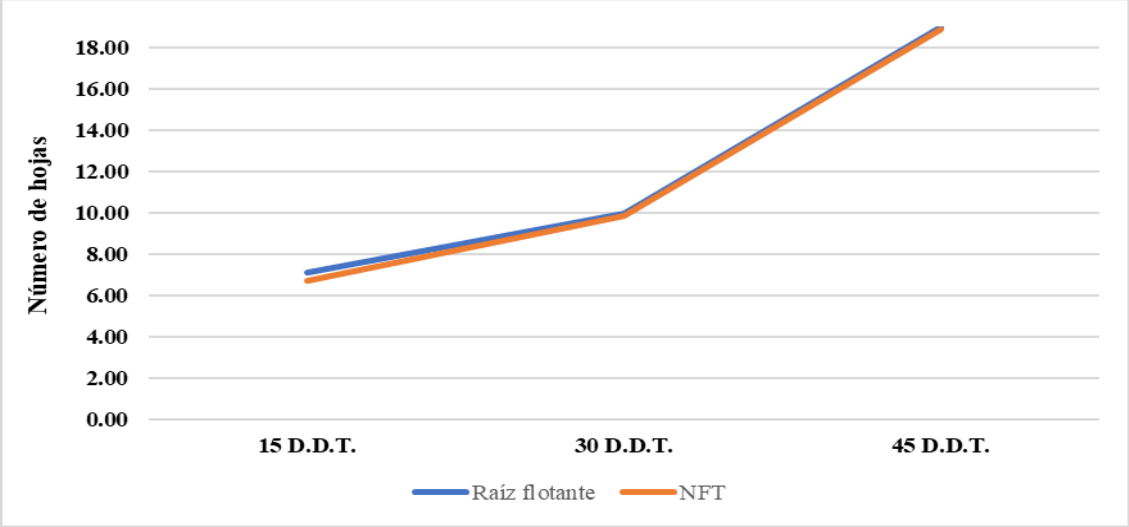


Gráfico 30: Número de hojas en sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico.

Fuente: Elaboración propia

El cuadro 42, presenta la comparación de sistemas hidropónicos con respecto a Altura de planta evaluadas a los 15,30 y 45 D.D.T. respectivamente

Cuadro 42: Comparación de sistemas hidropónicos raíz flotante y NFT en Altura de planta.

	Raíz flotante	NFT
15 D.D.T.	9.19	8.46
30 D.D.T.	12.82	14.47
45 D.D.T.	21.39	21.31

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

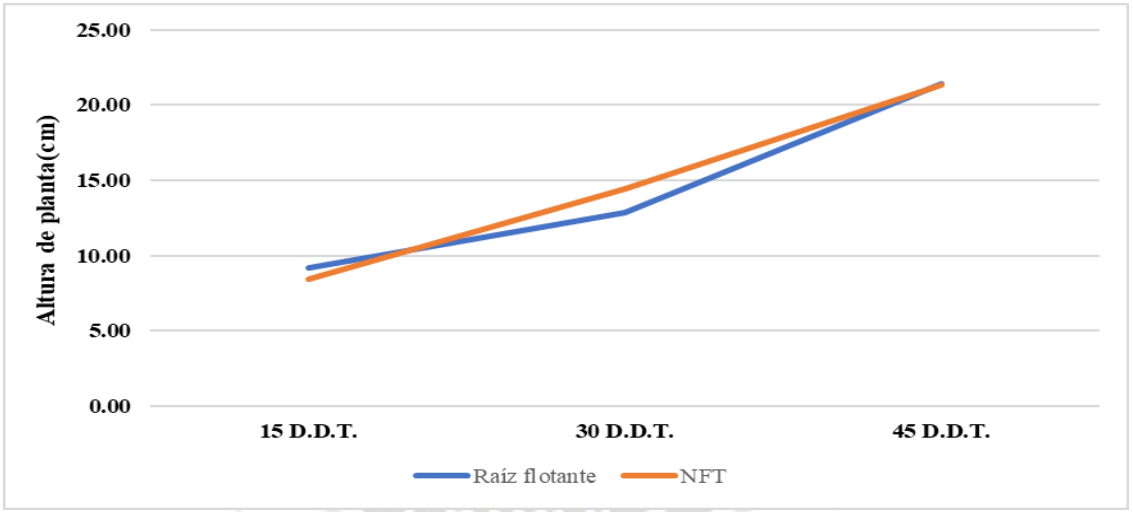


Gráfico 31: Altura de planta en las sistemas hidropónicos en un sistema acuapónico.

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPITULO V

5. DISCUSIÓN

5.1 PARÁMETROS BIOMÉTRICOS

5.1.1 Longitud de Raíz (cm)

De acuerdo con los resultados obtenidos en longitud de raíz según el cuadro 9, indica que no hay variación significativa entre variedades con respecto a este parámetro. Siendo así que la v. Caipira tiene una media de 20.9 cm, v. Lollo rosso de 21.8 cm, y v. Dancing de 21.5 cm, las longitudes presentadas registra valores similares, como los de (Paye,2022) el cual obtuvo 23 cm longitud de raíz, en un sistema acuapónico con efluentes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss);* asimismo se obtuvieron valores superior a los resultados de (Culcos & Tucto,2018) 20.35 cm; (Moreno & Zafra, 2014); (Lira, 2020) de 16.4 cm; similares a (Vizcarra, 2023) de 14.5-15.5 cm, los cuales fueron resultados en un sistema acuapónico con efluentes de Tilapia (*Oreochromis niloticus*).

5.1.2 Número de Hojas

De acuerdo con el cuadro 18, se puede apreciar que existe diferencia significativa con respecto al número de hojas/planta, siendo así la variedad Caipira quien resaltó con 25 hojas/planta, sobre las siguientes variedades, siendo Dancing 18 hojas/planta y Lollo rosso de 14 hojas/planta. (Medina, 2014) manifiesta en su trabajo de investigación que la diferencia lograda en sus resultados es precisamente debido a la genética de las variedades con el cual se fundamenta los resultados obtenidos. Estos resultados se relacionan con lo obtenido en la investigación de (Paye, 2022) de 14 hojas/planta; (Martínez, 2020) de 17.98 hojas/planta; (Vizcarra, 2023) de 16 hojas/planta. Según Carranza et al. (2021) supera los resultados, tanto de la investigación como de las demás investigaciones mencionadas, obteniendo 31 hojas/planta, en un sistema acuapónico.

Así también se tiene la variedad Lollo rosso con 14 hojas/planta quien superó al resultado de (Colque , 2018) siendo de 11 hojas/planta en un sistema acuapónico

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

con efluentes de Carpa plateada (*Cyprinus carpio).*

(Cajo, 2016) trabajó con 3 variedades de lechuga bajo un sistema hidropónico, obteniendo un número de hojas promedio alto de 11.7 en la variedad Lollo rosso a los 80 días; (Zambrano, 2016) con un resultado de 11.82 hojas/planta.

Caipira con 25 hojas/planta superior a 24.88 hojas/planta en la var. Bohemia (Valle, 2020).

En el análisis de efecto simple con respecto a la interacción (variedad*sistema) se interpreta que si los sistemas hidropónicos varian con respecto a las variedades si existe significancia estadísticamente.

5.1.3 Altura de Planta(cm)

De acuerdo con el cuadro 28, muestra que las variedades Lollo rosso y Dancing presentan mayor altura de planta (no presentan significancia entre ellas), pero con respecto a variedad Caipira si existe significancia. Siendo Lollo rosso 22.3 cm, Dancing 22.3 cm y Caipira 19.6 cm. Por otra parte, la variedad Lollo rosso es la que sobresale con respecto altura de planta, alcanzando a 22.3 cm, sin embargo, Cajo (2016) llegó a tener un promedio de altura en lechuga de 10.2 cm en la variedad Lollo rosso a los 80 días después del trasplante, bajo condiciones hidropónicas. Con respecto a la variedad Dancing que es 22.3 cm, siendo similar al resultado de (Rodriguez, 2021) quien obtuvo de 22.14 cm con la variedad Crocantela, pero es superior al resultado obtenido por (Gavidia, 2017) con 18.26 cm con la variedad Bohemia; pero inferior a lo observado por (Loy, 2021) quien obtuvo 24.86 cm en un sistema acuapónico.

Según (Calle, 2022) en su trabajo de investigación obtuvo una altura de planta de 24.3 cm en la variedad Walman Green bajo un sistema hidropónico a raíz flotante siendo superior a los resultados obtenidos en esta investigación.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

5.1.4 Peso Fresco Total (g/planta)

De acuerdo con el cuadro 31, muestra que la variedad Caipira obtuvo mejores resultados con respecto a peso fresco total, siendo de 233.44 g/planta significativamente superior a las otras dos variedades, Dancing obtuvo 165.11 g/planta. y Lollo rosso con 99.86 g/planta. Estos resultados son superiores a los observados por (Reinoso, 2019) y (Gonzáles & Zepeda, 2013) quienes obtuvieron un peso fresco de 73.45 g/planta y 76.25 g/planta respectivamente en la variedad Lollo rosso.

Según (Ascencio et al. 2019) en su investigación el tratamiento con 50 tilapias/m3 generó el mayor peso de biomasa vegetal en la lechuga, la cual fue de 151.8 g/planta bajo un modelo acuapónico.

Se debe tener en cuenta que el crecimiento de las plantas y la acumulación de materia están relacionados con la absorción de nutrientes. Dado que este proceso solo ocurre cuando la planta crece en tamaño y tarda más días en llegar al momento de la cosecha lo cual es características propias de cada variedad.

El ciclo de vida de la lechuga fue de 45ddt, corroborando con (Montesdeoca, 2009) menciona que el ciclo está entre 45 a 60 días.

Más allá de los beneficios derivados de esta integración, la acuaponía ha demostrado que su producción de plantas y peces es comparable con la hidroponía y los sistemas de recirculación de acuicultura.

5.2 APORTE DE NUTRIENTES DE LOS EFLUENTES DE TRUCHA COMO SOLUCIÓN NUTRITIVA.

5.2.1 Contenido de aporte de nutrientes en el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.)

La dinámica de acumulación de macro y micronutrientes del tejido vegetal en las hojas de lechuga se muestra en el análisis foliar realizado luego de la cosecha, resultando que la variedad Caipira sobresale en comparación de las otras dos variedades siendo así en el sistema Raíz flotante, elementos de mayor absorción fueron potasio, nitrógeno, y fósforo 5.8%, 2.3%, 1,54% respectivamente. El

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

contenido de fósforo es superior al encontrado por (Delgado, 2020) en la variedad de Bohemia cultivada bajo el sistema Raíz flotante en un sistema acuapónico. Los resultados obtenidos con respecto a Calcio 2,4%, Magnesio 1,9 % lo cual se ratifica por (Bertsch, 1998) encontrándose dentro de los rangos reportados de 2.0 - 3.0% Ca y con respecto Mg fue superior dentro del rango de 0.5 - 0.8% Mg; 0.31 - 0.48% Ca y 0.21 - 0.31% Mg hallados por (Garzón, 2006)

Las tasas de absorción de nitrógeno están influenciadas por varios factores, como la concentración de nutrientes, la intensidad de la luz, la humedad, la temperatura y la concentración de carbono en el medio ambiente (Taiz & Zeiger, 2007).

La variedad Caipira fue la que obtuvo mayor porcentaje de proteína, con respecto a lo obtenido en Raíz flotante de 14.38 % y NFT fue de 13.63%.

5.3 COMPARACIÓN DE SISTEMAS HIDROPÓNICOS RAÍZ FLOTANTE Y NFT

5.3.1 Comparación de los sistemas Raíz flotante y NFT en un sistema acuapónico

Según la comparación múltiple de medias con la prueba de Duncan para la longitud de Raíz de lechuga *(Lactuca sativa L.)* a nivel Parcela de las tres variedades a los 45 días del trasplante se determinó que el sistema de cultivo Raíz flotante mostro mayor predominio a los 45 ddt. en longitud de raíz con 24 cm frente al sistema NFT (Nutrient Film Technique) siendo de 18.9 cm, cabe resaltar que se colocaron bombas de oxigenación en las camas de raíz flotante proporcionando mayor oxigenación lo cual permitió mejor redistribución de los elementos nutritivos, asimismo las raíces se encuentran sumergidas por completo lo cual hizo que tenga mejor desarrollo en cuanto a longitud de raíz, utilizando el efluente de trucha en un sistema acuapónico, corroborando con (Meza, 2018) que el sistema Raíz flotante obtuvo mejores resultados con 30.55 cm, frente al sistema NFT 18.87 cm en un sistema acuapónico y según (Rodriguez, 2018) quien, en su investigación, se muestra que el sistema de raíz flotante (RF) muestra mayor rendimiento de materia fresca, en comparación del sistema de NFT.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

En cuanto la altura de planta se obtuvo en el sistema NFT 21.3 cm siendo superior a lo reportado por (Moreno & Zafra,2015) quien tuvo como resultado 16.6 cm en el sistema NFT en un sistema acuapónico, asimismo según (Flores & Madrid , 2013) la variedad Maximus quien obtuvo 20 cm de altura de planta en acuaponía con efluentes de Tilapia (*Oreochromis niloticus).*

Con respecto a número de hojas bajo dos sistemas hidropónicos (camas de raíz flotantes y NFT) utilizadas se determinó que no hay significancia a los 15, 30, 45 D.D.T, según la comparación múltiple de medias con la prueba de Duncan en lechuga *(Lactuca sativa* L.*)* a nivel parcela.

Sin embargo, en la interacción (variedad*sistema); analizando los resultados con los efectos simples en número de hojas a los 45 días, se interpreta que cuando varía los sistemas hidropónicos con respecto a las variedades Caipira, Lollo rosso no hay significancia, pero si hay efecto en la variedad Dancing.

La variedad Caipira con 25 hojas/planta bajo el sistema raíz flotante siendo la media 19 hojas/planta, valores similares obtuvo (Martinez, 2020) 17.98 hojas/planta en un sistema NFT.

En cuanto a peso fresco a nivel sistema NFT resultó 173.2 g/planta y sistema raíz flotante 159.1 g/planta siendo superior a los resultados presentados por (Moreno & Zafra,2014) en una producción de lechuga usando el sistema de solución nutritiva recirculante (NFT), el peso fresco es 118.20 g/planta a una tasa de crecimiento promedio de 1.05 g/d y 2.26 kg/m2 por cosecha, luego de 90 días en un sistema acuapónico con tilapia roja.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

1. Se concluye que según la investigación realizada para el primer objetivo que es evaluar las tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) con respecto a los parámetros biométricos en un sistema acuapónico donde encontramos que, si existe diferencia significativa en número hojas, peso fresco y altura de planta. Siendo la variedad Caipira quien obtuvo 25 hojas/planta, 233.44 g/planta y 19.6 cm. Por otra parte, con respecto a la altura de planta las variedades que obtuvieron mejores resultados fueron Lollo rosso y Dancing con 22.2 cm, 22.3 cm respectivamente a su vez para la longitud de raíces las tres variedades se asemejan en su promedio siendo 21.8 cm, 21.5cm, 20.9 cm no presentando significancia entre variedades con respecto a este parámetro.
2. Se concluye con respecto a la evaluación de las variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) según la eficiencia de absorción de los macronutrientes bajo dos sistemas hidropónicos con efluentes de truchas, se determina que la variedad Caipira fue la que obtuvo mejores resultados, proteína 14.38%, 2.3%N , 1.54%P, 5.83%K, 2.13%Ca y 1.94%Mg, siendo estos resultados bajo el sistema de Raíz flotante, a sí mismo se tiene como resultado, proteína 13.63, 2.18%N, 1.86%P, 8.08%K, 2.13%Ca y 1.94%Mg en el sistema NFT, de esta manera podemos corroborar que la variedad Caipira frente a las demás variedades asimiló de mejor manera los nutrientes.
3. Se determinó con respecto a la comparación de sistemas Raíz flotante y NFT en un sistema acuapónico, siendo así que el sistema de Raíz flotante muestra significancia estadísticamente frente al sistema NFT (Nutrient Film Technique) en las evaluaciones realizadas a los 15, 30, 45 D.D.T. con respecto a la longitud de raíz

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

CAPÍTULO VII

7. RECOMENDACIONES

1. Este trabajo puede fomentar el desarrollo de nuevos estudios utilizando nuevos cultivares y variedades y promueva la innovación de tecnologías amigables con el medio ambiente.
2. Se recomienda realizar análisis foliar considerando los macronutrientes y micronutrientes ya que es importante para determinar deficiencia o exceso de nutrientes en el cultivo.
3. Es importante realizar un constante monitoreo con respecto a la conductividad eléctrica, pH en un sistema acuapónico.
4. Introducir a los agricultores en proyectos tecnológicos para que las generaciones futuras creen una agricultura innovadora y puedan mejorar en su productividad, rendimiento aprovechando la tecnología y recursos amigables de manera sostenible.
5. Utilizar los resultados de este estudio en otras partes del país con características climáticas similares, adaptar y mejorar un sistema acuapónico que pueda servir como fuente autoconsumo, sustento o escala comercial.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

REFERENCIAS

Aldaya, M., Niemeyer, I., & Zarate, E. (2011). Agua y Globalización:Retos y oportunidades para una mejor gestión de los recursos hídricos. *Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros*.

Alpízar Antillón, L. (2004). *Hidroponía cultivo sin tierra.* Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

Arévalo, G. (2006). Producción de lechuga hidropónica. (Zamorano.edu, Entrevistador) Honduras. Recuperado el 20 de Diciembre de 2022, de http://www.zamorano.edu/zamonoticias1/Versiones/septiembre05/entrevista.htm

Arias, S. (2009). *Manual de producció de lechuga.*

Ascencio Quintanilla, S., Del Valle Campos, G., & Velazquez Alfaro, G. (2019). *Evaluación de un modelo de Acuaponía en la producción de biomasa de tilapia (Oreochromis niloticus) y lechuga (Lactuca sativa) en El Salvador.[Tesis de pregrado, Universidad de El Salvador]*. Repositorio Universidad. Obtenido de https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19029/

Beltrano, J., & Giménez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía.* Editorial de la Universidad de la Plata(EDULP). doi:DOI: 10.35537/10915/46752

Bertsch, F. (1998). La fertilidad de los suelos y su manejo. En F. bertsch, *La fertilidad de los suelos y su manejo* (pág. 157). San José, CR, Asociación.

Cacarín Pinán, M. V. (2013). *Prospección de especies vegetales con principios biocidas para el control de babosas (Deroceras sp.) en el cultivo de lechuga (Lactuca sativa, L.). Santa Cruz, Galápagos. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Central del Ecuador.* Repositorio institucional, Quito-Ecuador. Obtenido de http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1107

Cajo Curay, A. (2016). *Producción hidropónica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L), bajo el sistema nft, con tres soluciones nutritivas.[Tesis de pregrado, Universidad Técnica De Ambato]*.

Cajo Curay, A., & Curay Quispe, S. (2016). *Producción hidroponica de tres variedades de lechuga (Lactuca sativa L), bajo el sistema NFT, con tres soluciones nutritivas.[Tesis de Pregrado, Universidad Técnica de Ambato]*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Calle Cruz, Y. (2022). *Evaluación de la producción de tres cultivares de lactuca sativa l, bajo sistema hidropónico a raíz flotante, distrito veintiséis de octubre-piura, año 2022. [Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional de Piura.

Caló, P., & Cenadac. (2011). Introducción a la acuaponía. *Centro Nacional de Desarrollo acuícola*, 15. Obtenido de http://chilorg.chil.me/download-doc/86262

Candarle, P. (2016). Técnicas de acuaponía. *Centro Nacional de desarrollo acuícola-CENADAC, Dirección de acuicultura, 1*(8), 47.

Carranza Goigochea, J., Oliva Bacalla, S., Oliva Valle, J., Rimachi Pinedo, S., & Díaz Bernal, J. (2021). Determinación de la simbiosis de tres densidades de cultivo de truchas arcoíris (Oncorhynchus mykiss) y cuatro variedades de lechugas (Lactuca sativa), instalados en sistema acuapónico con tecnología de recirculación de agua, distrito Corosha, Amazonas. *Revista de investigación Agropuducción Sustentable .Asociación de productores agropecuarios San Isidro, Perú.*, 7.

Carrasco Silva, G., & Sandoval Briones, C. (2016). *Manual práctico del cultivo de la lechuga*. Madrid, España: Mundiprensa.

Carrion Chininin, O., & Cordova Lopez, C. (2020). *Sistema acuapónico a partir de efluentes de Oreochromis niloticus (Tilapia) para cultivo de Lactuca Sativa (Lechuga) en la región Lambayeque.(Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo).*

Castillo Rivas,C.(2001). *Agronotips.* Obtenido de Agronotips: https://studylib.es/doc/7203439/la-hidropon%C3%ADa-como-alternativa-de-producci%C3%B3n-vegetal.

Colque Maquera, V. (2018). *Evaluación del cultivo de lechuga (lactuca sativa l.) bajo tres densidades de siembra en un sistema acuapónico en el centro experimental de cota cota – la paz.[Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]*.

Culcos Figueroa, G., & Tucto Llaguento, C. (2018). *Producción de Oreochromis niloticus var. Chitralada "Tilapia gris" y Lactuca sativa "Lechuga" en un sistema acuapónico con diferentes densidades de peces.[Tesis pregrado, Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo]*. Obtenido de https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/3357

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Defilipis, C., Pariani, S., Jimenez, A., & Bouzo, C. (Junio de 2006). Respuesta al riego de lechuga (Lactuca sativa L.) cultivada en invernadero. *Agricultural Science*, 8.

Delgado Gavilano, N. (2020). *Aprovechamiento de efluentes provenientes de los sistemas de recirculación acuícola del cultivo de Tilapia (Oreochromis sp.) en Acuaponía.[tesis de Magister, Universidad Nacional Agraria La Molina]*.

Diver, S. (2019). Aquaponics-Integration of Hydroponics with Aquaculture. *Agriculture Specialist*.

Endut, A., Jusoh, A., Ali, N., Wan Nik, W., & Hassan, A. (2010). A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource technology, 101*(5), 1511-1517. Obtenido de https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852409012462

Espinal, C., & Matulić, D. (2019). *Recirculating aquaculture technologies.* Aquaponics food production systems. doi:https://doi.org/10.1007/978-3-030-15943-6_3

Espinosa Moya, E. (2015). *Producción de tres especies de herbáceas utilizadas como filtros biológicos en sistemas acuapónicos para la producción intensiva de Tilapia (Orechromis niloticus Var. Stirling.[Tesis Magister, Universidad dee Guanajuato]*.

FAO. (2014). *Producción de alimentos a pequeña escala.*

FAO. (2018). El estado mundial de la pesca y la acuicultura. Obtenido de https://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture/2018/es/

FAO. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación.* Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación: https://www.fao.org/documents/card/en/c/I4021ES

Flores Ochoa, L., & Madrid Rivera, J. (2013). *Comparación de la producción de lechuga de los cultivares Maximus, Locarno, Versai y Kristine en acuaponía con tilapia en Zamorano.[Tesis de pregrado, Zamorano]*. Honduras.

Garden, M. B. (2015). *Tropicos*. Obtenido de https://www.tropicos.org/home

Garzón, S. (2006). *Evaluación del rendimiento de tres variedades de lechuga bajo el sistema NFT (Nutrient Film Technique) de hidroponía con dos soluciones de nutrientes.[tesis de Licenciatura, Escuela Agrícola Panamericana]*. Honduras.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Gavidia Falcon, L. (2017). *Efecto de la solución nutritiva la molina en elrendimiento de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) con el sistema nft (nutrient film technique) en condiciones de hidroponía de nuevas Floresculquish - Huamalíes 2016.[Tesis de pregrado]*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán Huánuco.

Giaconi M., V., & Escaff G., M. (1995). *Cultivo de hortalizas* (11a. ed. rev. act. ed.). (S. d. Universitaria, Ed.)

Goites, E. (2008). *Manual de cultivos para la huerta orgánica familiar.* edición literaria a cargo de Janine Schonwald. - 1a ed. - Buenos Aires : Inst. Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-manual_de_cultivos_para_la_huerta_organica_familiar_-.pdf

Gonzáles Pérez, L., & Zepeda López, A. (2013). *Rendimiento de cinco variedades de lechuga (Lactuca sativa L). tipo gourmet ciclo primavera-verano.[tesis de pregrado, Universidad Autónoma De San Luis Potosí]*.

Gorosito, A., Zanazzi, A., Cecchi, F., Prario, M., Pérsico, M., Asiain, A., Mallo, J. (2017). Producción innovadora y sustentable en un sistema acuapónico en la provincia de Buenos Aires. *CIC Digital IV Congreso Internacional Científico y Tecnológico-CONCYT 2017*, 13. doi:https://digital.cic.gba.gob.ar/handle/11746/6759

Granval, N., & Graviola, J. (1991). *Producción de semillas hortícolas.* Ediciones INTA.

Halsouet, P., & Miñambres, M. S. (2005). *La Lechuga: manual para su cultivo en agricultura ecológico.* Monográficos Ekonekazaritza.

Hernández Zambrano, L. (2017). *Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia Roja (Oreochromis Mossambicus) y Lechuga Crespa (Lactuca Sativa).[Tesis de maestria]*. Universidad Nacional de Colombia.

Hollyer, J., Tamaru, C., Riggs, A., Klinger-Bowen, R., Howerton, R., Okimoto, D., Benny, R. (2009). On Farm Food: Acuaponics. *Food safety and technology*, 8.

Huterwal, G., & Friedenthal, E. (2009). *Hidroponía cultivo de plantas sin tierra.* AbeBooks Seller Since. Obtenido de : https://www.abebooks.com/HIDROPON%C3%8DA-CULTIVO-PLANTAS-TIERRA-HUTERWAL-G.O/1650601883/bd

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Iglesias, N. (2006). Producción de hortalizas bajo cubierta:Estructuras y manejo de cultivo para la Patagonia Norte. En N. Iglesias, *Producción de hortalizas bajo cubierta.* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. doi:https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_produccion-de-hortalizas-bajo-cubierta_2006.pdf

Jaramillo, J., Aguilar, P. A., Tamayo Molano, P. J., Argüello, O., & Guzmán, M. (2016). *Modelo tecnológico para el cultivo de lechuga en el oriente antioqueño.* Colombia, Medellin: Corpoica.

Lastra, O., Tapia, M., Razeto, B., & Rojas, M. (2009). Respuesta de la lechuga hidropónica a distintos tratamientos de nitrógeno: crecimiento y contenido de nitrógeno en las hojas. *Idesia(Arica), 27*(1), 83-89. doi:10.4067/S0718-34292009000100010

Lebeda, A., & Mieslerová, B. (2011). Taxonomy, distribution and biology of lettuce powdery mildew (Golovinomyces cichoracearum sensu stricto). *Plant Pathology*, 400-415. doi:https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2010.02399.x

Lira Peñaloza, C. (2020). *Estado de Cryphiops caementarius como recurso local y la acuaponía como actividad productiva ecológica.[Tesis de pregrado, Universidad de Tarapacá]*.

Loy Bravo, E. (2021). *Productividad de lechuga (lactuca sativa l.) en asociación con la tilapia bajo un sistema de acuaponía en el cantón guayaquil, provincia guayas[Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]*. Guayaquil.

Luna Riquelme, M. (2012). *Influencia de los factores pre cosecha y postcosecha en la calidad de Lechuga IV gama.[Tesis Doctoral, Universidad Murcia.]*.

Mafla Tapia, E. (2015). Respuesta de tres variedades de lechuga (*Lactuca sativa L.*) Con tres niveles de fertilización en producción hidropónica en la zona de Ibarra, Provincia de Imbabura 2015[Tesis de Pregrado]. Repositorio institucional Universidad Técnica Babahoyo, Ecuador.

Martinez Burgos, J. E. (2020). *Sistema acuapónico para la producción de lechuga (Lactuca sativa) y Tilapia (Oreochromis nicotilus), Santa Ana - 2020.[Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabi.]*. Ecuador.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Massa, D., Incrocci, L., Maggini, R., Carmassi, G., Campiotti, C., & Pardossi, A. (2010). Strategies to decrease water drainage and nitrate emission from soilless cultures of greenhouse tomato. *Science Direct, 97*(7), 971-980. doi:https://doi.org/10.1016/j.agwat.2010.01.029

Medina Gonzales , E. (2014). *Medina Gonzáles, EA. 2014. Efecto de la aplicación foliar de tres concentraciones de Biol sobre el rendimiento de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa L.). White Boston y Waldmans Green, bajo sistema hidropónico NFT en Arequipa, 2013.* [Tesis de pregrado. Universidad Católica de Santa María], Arequipa, Perú.

Meza Arroyo, M.(2018).*Comportamiento de tres técnicas de cultivo hidropónico(Lactuca sativa L.) en un sistema acuapónico-Echarati-La Convención-Cusco.[tesis pregrado.Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.*

Montesdeoca Pacheco, N. (2009). *Caracterización física, química y funcional de la lechuga rizada (lactuca sativa variedad crispa), para la creación de una norma técnica ecuatoriana, por parte del Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, 2008.[Tesis de pregrado]*. Universidad Tecnológica Equinoccial.

Moreno Simon, E., & Zafra Trelles, A. (2014). Sistema acuapónico del crecimiento de lechuga, Lactuca sativa, con efluentes de cultivo de tilapia. *Rebiol.Revista científica de la Facualtad de Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo*, 13.

Morgan, L. (1998). *Nutrient temperature, Oxygen and Pythium in Hydroponics.* Obtenido de http://www.hydromall.com/grower/pythium_in_hydroponics.html

Moroto i Borrego, J., Miguel Gómez, A., & Baixauli Soria, C. (2000). La Lechuga y la Escarola. *Fundación Caja Rural Valencia*, 242.

Muñoz Gutiérrez, M. (2012). Sistema de recirculación acuapónicos. *Dialnet*(76), 123-129. Obtenido de https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4364577

Ngo Thuy, T., Konnerup , D., & Brix, H. (2017). Effects of recirculation rates on water quality and Oreochromis niloticus growth in aquaponic systems. *Aquacultural Engineering, 78*, 95-104. doi:10.1016/j.aquaeng.2017.05.002

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Nichols, M., & Savidov, N. (2012). *Aquaponics: a nutrient and water efficient production system*. Obtenido de International Society for Horticultural Science The world's leading independent organization of horticultural scientists: https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.947.14

Pantanella, E., Cardarelli, M., Colla, G., Rea, E., & Marcucci, A. (2012). Aquaponics vs. hydroponics: production and quality of lettuce crop. *Acta Horticulturae.* doi:10.17660/ACTAHORTIC.2012.927.109

Parker, R. (2002). *aquacultur Sciencie.* Delmar Thomson Learning .

Paye Sonco, M. S. (2022). *Eficiencia de un sistema acuapónico de trucha arco iris(Oncorhynchus mikiss) para el cultivo de lechuga(Lactuca sativa) en Ollaraya, región Puno[Tesis pregrado,Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Facultad de ciencias agropecuarias]*. Tacna.

Pérez Echeverría, L. (2007). *Hidroponía en casa.* Costa Rica: Centro Nacional de jardineria corazón verde.

Pianto Fernadez, J., & Ñaupa Curo, K. (2020). *Evaluación agronómica del cultivo de lechuga (Lactuca Sativa L.) con tres tipos de abonos orgánicos (Biol, Humus de Lombriz y Bocashi).[Tesis de pregrado, Universidad de Educación Enrique Guzman y Valle.]*.

Rakocy , J., Masser, M., & Losordo, T. (2006). Recirculating aquaculture tank production systems: aquaponics-integrating fish and plant culture. *464*.

Rakocy, J., Bailey, D., Shultz, K., & Cole , W. (1997). Evaluation of a Commercial-Scale Aquaponic Unit for the Production of Tilapia and Lettuce. *Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture*, Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/268421336_Evaluation_of_a_Commercial-Scale_Aquaponic_Unit_for_the_Production_of_Tilapia_and_Lettuce

Ramírez , D., Sabogal, D., Jiménez, P., & Hurtado, G. (2008). La acuaponía. una alteernativa orientada al desarrollo sostenible. *Dialnet, 4*(1), 32-51. doi:https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3050675

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Reinoso Rodriguez, K. (2019). *Desarrollo morfofisiológico y productivo de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa) con diferentes distancias de plantación en las condiciones del centro de investigación, posgrado y conservación amazónica (cipca), provincia de napo.[Tesis de pregrado]*. Universidad Estatal Amazónica.

Rodriguez Apaza, A. (2021). *Evaluación del efecto de sodio en la producción de dos variedades de lechuga (Lactuca sativa L.) bajo sistema hidropónico (NFT) en la ciudad de el Alto.[Tesis de pregrado, Universidad Mayor de San Andrés]*.

Rodriguez Churata, D. (2018).*Comparación de dos técnicas hidropónicas, flujo laminar de nutrientes y raíz flotante para la producción de lechuga (Lactuca sativa L.) en el centro experimental de Cota Cota.[Tesis de pregrado, Universidad Mayor De San Andrés]*. La Paz, Bolivia.

Roosta, H., & Hamidpour, M. (2011). Effects of foliar application of some macro- and micro-nutrients on tomato plants in aquaponic and hydroponic systems. *Scientia Horticulturae*.

Saavedra del R., G. (2017). *Manual de producción de Lechuga [en línea]*. Santiago, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias.no. 374. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.14001/6703

Sanchez, & Escalante. (2013). *Producción de cultivos en invernadero, bajo condiciones controladas.* La Paz, Bolivia.

Shnel, N., Barak , Y., Ezer, T., Dafni, Z., & Van Rijn, J. (2002). Design and performance of a zero-discharge tilapia recirculating system. *Aquacultural Engineering, 26*(3), 191-203. doi:10.1016/S0144-8609(02)00013-4

Smith, R., Cahn, M., Daugovish, O., Koike, S., Natwick, E., Smith, H., Takele, E. y. (2011). *Leaf Lettuce Production in California.*

Soria Campos, J. (2012). *6to Curso de hidroponía básica para principiantes: Hidroponía y acuaristica del caribe.* doi:https://studylib.es/doc/8513477/6%C2%B0-curso-de-hidropon%C3%ADa-basica-para-principiantes.

Stefanelli, D., Winkler, S., & Jones, R. (2011). Reduced Nitrogen Availability During Growth Improves Quality in Lettuce Leaves by Minimizing Nitrate Content, and Increasing Antioxidant Capacity and Leaf Mineral content. *Agricultural Sciences, 2*(4), 477-486. doi:10.4236/as.2011.24061

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Sularz, O., Smolén, S., Koronowicz, A., Kowalska, I., & Leszczynska, T. (2020). Chemical Composition of Lettuce (Lactuca sativa L.) Biofortified with Iodine by KIO3, 5-Iodo-, and 3.5-Diiodosalicylic Acid in a Hydroponic Cultivation. *Agronomy, 10*(7), 1022-1029. doi:https://doi.org/10.3390/agronomy10071022

Taiz, L., & Zeiger, E. (2007). *Fisiología vegetal.* Universitat Jaume I. California, Los Angeles: Sinauer Associates Inc.

Tamaro, D. (1968). *Manual de hortícultura.* Gustavo Gili.

Tilley, E., Luthi, C., Zurbrügg, C., Ulrich, L., & Reymond, P. (2014). *Compendium of Sanitation Systems and Technologies.*

Tonet, A., Braga Ribeiro, A., Mara Bagatin, A., Suzuki, F., Mourão, C., & Cristina, C. (2011). *Análise microbiológica da água e da alface (Lactuca sativa L.) cultivada em sistema aquapônico, hidropônico e em solo.*

Ugaz , R., Siura, S., Delgado de la flor, F., Casas, A., & Toledo, J. (2000). *Hortalizas datos básicos.* Programa de Hortalizas, Universidad nacional Agraria La molina, Lima.

Valadez, López.(1998). *Producción de hortalizas* doi:https://books.google.com.pe/books/about/Producci%C3%B3n_de_hortalizas.html?id=ZnQAOwAACAAJ&redir_esc=y

Valle Robles, F., & Valle Robles, L. (2020). *Efecto del sistema hidropónico recirculante con solución nutritiva en el rendimiento de seis variedades de lechugas (Lactuca sativa l) en la localidad de Yanacocha – Yanahuanca – Pasco.[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]*.

Villalobos Reyes, S., & Gonzalez Perez, E. (2016). Determination of relative fish plant in tomato (Licopersicum sculentum L.) production in aquaponic system. *Scielo: Revista Mexicana de ciencias agrícolas, 7*(5), 983-992. doi:https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342016000500983&lng=en

Vizcarra Viteri, G. (2023). *"Uso del efluente de cultivo de tilapia gris (Oreochromis niloticus) en un módulo de cultivo hidropónico de lechuga (Lactuca sativa).[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Wahyuningsih, S., Effendi, H., & Wardiatno, Y. (January de 2015). Nitrogen removal of aquaculture wastewater in aquaponic recirculation system. *Agricultural Science, 8*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/280632454_Nitrogen_removal_of_aquaculture_wastewater_in_aquaponic_recirculation_system

Wang, J.-K. (1993). *Techniques for Modern Aquaculture*. Washington: American Society of Agricultural Engineers.

Wongkiew, S., Park, M.-R., Chandran, K., & Khanal, S. (2018). Aquaponic systems for sustainable resource recovery: linking nitrogen transformations to microbial communities. *Environmental Science&Tecnology , 52*(21), 12728-12739. doi:https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04177

Yescas Coronado, P., Segura Castruita, M., Orozco Vidal, J., Enríquez Sánchez, M., & Sánchez Sandoval, J. (2011). Use of Different Substrates and Irrigation Frequencies to Reduce Leachate in Tomato Production. *29*, 441-448.

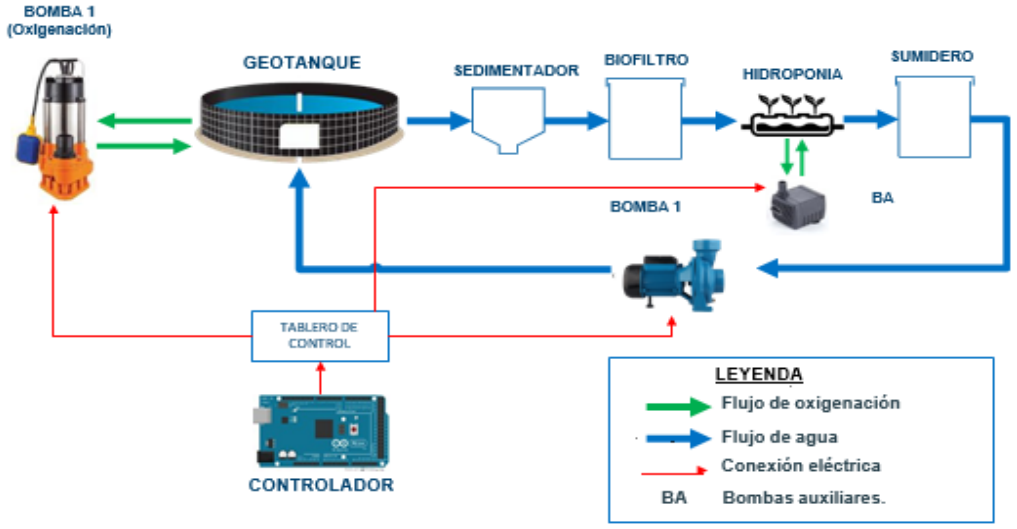
Zambrano Mendoza, O. (2016). *Validación de cinco genotipos de lechuga Lactusa sativa L. cultivados en dos sistemas de producción hidropónica.[Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]*.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

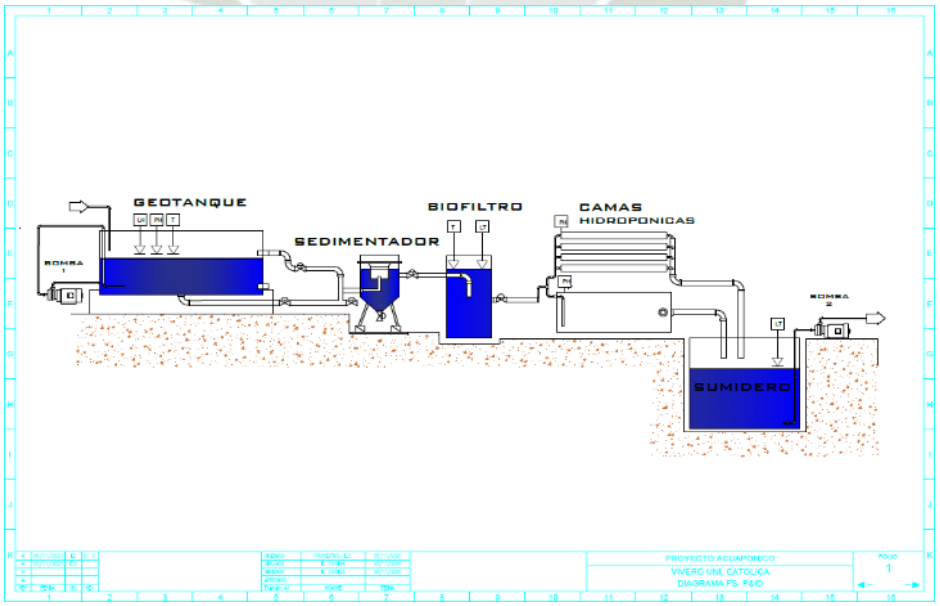
ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de bloques sistema acuapónico automatizado con monitoreo.



Fuente: Elaboración en Visio

Anexo 2: Diagrama de flujo (*Flow sheet*) del sistema acuapónico inicial



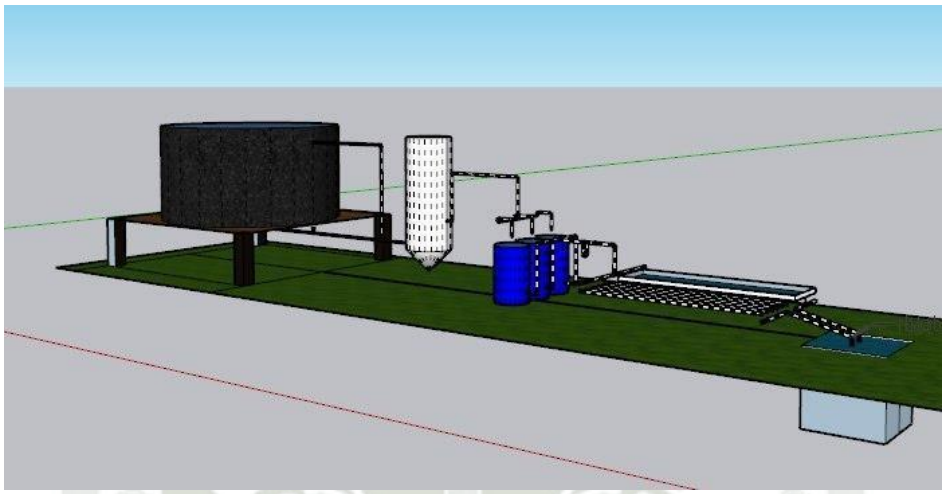
Fuente: Elaboración propia en AutoCAD

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE
TESIS UCSM

UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE SANTA MARÍA

Anexo 3: Diseño final de sistema.



Fuente: Elaboración propia en SketchUp Pro

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 4: Recopilación de datos de Longitud de Raíz a los 15 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
11.0	7.5	9.5
V2	V3	V1
9.5	10.5	12.0
V3	V1	V2
10.0	11.0	9.0

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2:NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
11.0	14.0	11.0
V2	V3	V1
7.0	8.5	9.5
V3	V1	V2
10.0	10.0	8.0

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
10.0	8.0	10.0
V2	V3	V1
9.0	12.0	9.5
V3	V1	V2
11.0	9.5	13.0

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
9.5	9.0	12.0
V2	V3	V1
9.0	12.0	9.5
V3	V1	V2
10.0	12.0	9.0

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12.0	11.0	12.0
V2	V3	V1
12.0	10.5	11.0
V3	V1	V2
12.0	9.0	13.0

REPETICIÓN N° 3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
11.0	10.0	8.0
V2	V3	V1
8.0	9.5	8.0
V3	V1	V2
10.0	7.0	8.0

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
9.0	10.0	13.0
V2	V3	V1
10.0	11.0	10.0
V3	V1	V2
11.0	10.0	12.0

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
9.0	7.0	8.0
V2	V3	V1
8.0	12.0	10.0
V3	V1	V2
10.0	9.0	7.0

Fuente: Elaboración propia

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 5: Recopilación de datos de Longitud de Raíz a los 30 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
18.0	15.0	18.0
V2	V3	V1
17.0	15.0	16.0
V3	V1	V2
17.0	17.0	16.0

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
19.0	16.0	17.0
V2	V3	V1
13.0	12.0	14.0
V3	V1	V2
17.0	16.0	15.0

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
17.0	16.0	15.0
V2	V3	V1
18.0	17.0	16.0
V3	V1	V2
18.0	16.0	17.0

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
17.0	15.0	17.0
V2	V3	V1
15.0	13.0	17.0
V3	V1	V2
12.0	17.0	15.0

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
15.0	15.0	18.0
V2	V3	V1
17.0	16.0	18.0
V3	V1	V2
21.0	20.0	19.0

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
16.0	11.0	19.0
V2	V3	V1
11.0	14.0	12.0
V3	V1	V2
13.0	12.0	12.0

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
19.0	16.0	17.0
V2	V3	V1
16.0	20.0	18.0
V3	V1	V2
17.0	16.0	18.0

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
11.0	10.0	13.0
V2	V3	V1
10.0	12.0	10.0
V3	V1	V2
10.0	10.0	14.0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 6: Recopilación de datos de Longitud de Raíz a los 45 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
21.00	24.00	23.00
V2	V3	V1
26.00	24.00	19.00
V3	V1	V2
24.00	26.00	17.00

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
18.00	19.00	19.00
V2	V3	V1
21.00	16.00	15.00
V3	V1	V2
19.00	19.00	20.00

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
24.00	27.00	23.00
V2	V3	V1
26.00	25.00	22.00
V3	V1	V2
25.00	24.00	23.00

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
18.00	18.00	16.00
V2	V3	V1
16.00	16.00	17.00
V3	V1	V2
16.00	19.00	18.00

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
24.00	22.00	23.00
V2	V3	V1
26.00	24.00	26.00
V3	V1	V2
24.00	21.00	28.00

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
19.00	20.00	20.00
V2	V3	V1
18.00	21.00	18.00
V3	V1	V2
18.00	20.00	19.00

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
21.00	30.00	30.00
V2	V3	V1
21.00	24.00	30.00
V3	V1	V2
23.00	20.00	23.00

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
24.00	20.00	18.00
V2	V3	V1
18.00	23.00	16.00
V3	V1	V2
23.00	24.00	23.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 7: Recopilación de datos Número de Hojas a los 15 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
10	7	7
V2	V3	V1
7	6	8
V3	V1	V2
7	7	7

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	8	7
V2	V3	V1
6	6	7
V3	V1	V2
6	7	7

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	7	7
V2	V3	V1
7	7	7
V3	V1	V2
6	8	2

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	8	7
V2	V3	V1
6	7	7
V3	V1	V2
7	8	5

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
7	9	7
V2	V3	V1
6	7	9
V3	V1	V2
6	8	7

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
6	6	6
V2	V3	V1
6	6	7
V3	V1	V2
6	8	6

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
7	7	7
V2	V3	V1
7	7	7
V3	V1	V2
7	9	7

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
7	5	6
V2	V3	V1
7	6	8
V3	V1	V2
6	8	6

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 8: Recopilación de datos Número de Hojas a los 30 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
13	9	11
V2	V3	V1
9	9	11
V3	V1	V2
9	10	9

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
11	10	11
V2	V3	V1
8	10	11
V3	V1	V2
11	10	8

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
13	9	9
V2	V3	V1
10	10	9
V3	V1	V2
10	11	9

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
9	9	10
V2	V3	V1
7	12	11
V3	V1	V2
8	11	9

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	9	10
V2	V3	V1
8	9	9
V3	V1	V2
11	12	8

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	8	9
V2	V3	V1
6	9	12
V3	V1	V2
10	11	7

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	9	9
V2	V3	V1
10	11	12
V3	V1	V2
9	11	8

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
15	8	11
V2	V3	V1
8	11	13
V3	V1	V2
9	12	8

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 9: Recopilación de datos Número de Hojas a los 45 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
23	13	21
V2	V3	V1
15	19	24
V3	V1	V2
17	23	14

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
23	13	14
V2	V3	V1
11	17	28
V3	V1	V2
14	25	14

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
23	14	18
V2	V3	V1
14	18	24
V3	V1	V2
18	22	15

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
27	15	20
V2	V3	V1
15	14	28
V3	V1	V2
18	26	13

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
26	14	20
V2	V3	V1
15	18	25
V3	V1	V2
18	25	13

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
25	14	17
V2	V3	V1
15	17	25
V3	V1	V2
17	27	14

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
26	13	18
V2	V3	V1
13	20	25
V3	V1	V2
19	25	13

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
27	15	18
V2	V3	V1
14	16	28
V3	V1	V2
16	26	12

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 10: Recopilación de datos de Altura de Planta a los 15 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	7	8
V2	V3	V1
7.5	7.5	8
V3	V1	V2
9	7.5	7

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
7.5	9	8
V2	V3	V1
8	7.5	7
V3	V1	V2
10	9	11

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	7	8
V2	V3	V1
7	8	8
V3	V1	V2
7	8	6

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
9	9	9
V2	V3	V1
8	8	9
V3	V1	V2
9.5	10	8.5

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	10	9
V2	V3	V1
8.5	10	8
V3	V1	V2
11.5	8	9

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
8	8.5	8.5
V2	V3	V1
9.5	11.5	9.5
V3	V1	V2
8.5	9	9

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
10	8	10
V2	V3	V1
10	11.5	8.5
V3	V1	V2
11	8	9

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	8.5	9.5
V2	V3	V1
11	12	10.5
V3	V1	V2
9	9.5	10

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 11: Recopilación de datos de Altura de Planta a los 30 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
13	12	14
V2	V3	V1
14	12	12
V3	V1	V2
12	9	14

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	15	17
V2	V3	V1
15	13	15
V3	V1	V2
16	12	13

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
11	14	11
V2	V3	V1
14	12.5	11.5
V3	V1	V2
13	11.5	13

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
14.5	15	14
V2	V3	V1
16.5	16	12.5
V3	V1	V2
13	13.5	15

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	11	15
V2	V3	V1
13	16	11
V3	V1	V2
15	11	14

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
14	15	15
V2	V3	V1
15.5	16.5	13
V3	V1	V2
14	13.5	16.5

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
14	15	15
V2	V3	V1
15.5	16.5	13
V3	V1	V2
14	13.5	16.5

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
12	16	14
V2	V3	V1
15	18	14
V3	V1	V2
15	13	13

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 12: Recopilación de datos de Altura de Planta a los 45 días.

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
20.00	20.00	20.00
V2	V3	V1
24.00	20.00	20.00
V3	V1	V2
21.00	19.00	20.00

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
22.00	24.00	24.00
V2	V3	V1
24.00	22.00	20.00
V3	V1	V2
21.00	21.00	21.00

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
19.00	21.00	24.00
V2	V3	V1
23.00	21.00	18.00
V3	V1	V2
19.00	17.00	20.00

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
19.00	22.00	24.00
V2	V3	V1
20.00	22.00	20.00
V3	V1	V2
22.00	20.00	21.00

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
22.00	24.00	22.00
V2	V3	V1
26.00	26.00	20.00
V3	V1	V2
23.00	22.00	25.00

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
18.00	24.00	20.00
V2	V3	V1
24.00	24.00	21.00
V3	V1	V2
22.00	20.00	18.00

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 1: RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
18.00	24.00	22.00
V2	V3	V1
23.00	25.00	21.00
V3	V1	V2
20.00	18.00	23.00

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
19.00	23.00	24.00
V2	V3	V1
20.00	23.00	18.00
V3	V1	V2
22.00	18.00	20.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 13: Peso Fresco de Lechuga

REPETICIÓN N°1		
parcela:1 RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
204.0	86.0	150.0
V2	V3	V1
92.0	134.0	195.0
V3	V1	V2
100.0	183.0	74.0

REPETICIÓN N°1		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
249.0	92.0	198.0
V2	V3	V1
97.0	164.0	260.0
V3	V1	V2
130.0	244.0	84.0

REPETICIÓN N°2		
parcela:1 RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
189.0	86.0	158.0
V2	V3	V1
75.0	153.0	193.0
V3	V1	V2
152.0	192.0	86.0

REPETICIÓN N°2		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
258.0	107.0	190.0
V2	V3	V1
127.0	193.0	260.0
V3	V1	V2
181.0	273.0	100.0

REPETICIÓN N°3		
parcela:1 RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
258.0	123.0	163.0
V2	V3	V1
109.0	165.0	241.0
V3	V1	V2
162.0	245.0	107.0

REPETICIÓN N°3		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
227.0	117.0	170.0
V2	V3	V1
98.0	160.0	230.0
V3	V1	V2
155.0	234.0	80.0

REPETICIÓN N°4		
parcela:1 RAIZ FLOTANTE		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
245.0	107.0	162.0
V2	V3	V1
123.0	187.0	258.0
V3	V1	V2
189.0	241.0	109.0

REPETICIÓN N°4		
PARCELA 2: NFT		
SUBPARCELA		
V1	V2	V3
235.0	115.0	179.0
V2	V3	V1
80.0	180.0	233.0
V3	V1	V2
188.0	212.0	123.0

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 14: Efectos Simples en Número de Hojas a los 45 días después del trasplante

S1			S2		
V1	V2	V3	V1	V2	V3
24.0	14.0	19.0	26.0	13.0	15.0
24.0	14.0	18.0	28.0	14.0	17.0
26.0	14.0	19.0	25.0	14.0	17.0
26.0	13.0	19.0	28.0	14.0	17.0
100.0	55.0	75.0	107.0	55.0	66.0

	S1	S2	SUMA
V1	100.0	107.0	207.0
V2	55.0	55.0	110.0
V3	75.0	66.0	141.0
SUMA	230.00	228.00	458.00

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 15: pH diario en el biofiltro

FECHA	pH	FECHA	pH
01/12/2022	7.0	01/01/2023	8.0
02/12/2022	7.1	02/01/2023	7.9
03/12/2022	7.1	03/01/2023	8.0
04/12/2022	7.5	04/01/2023	7.7
05/12/2022	7.9	05/01/2023	7.9
06/12/2022	8.0	06/01/2023	7.7
07/12/2022	8.0	07/01/2023	8.0
08/12/2022	8.1	08/01/2023	7.9
09/12/2022	8.2	09/01/2023	7.4
10/12/2022	8.1	10/01/2023	8.0
11/12/2022	8.0	11/01/2023	8.0
12/12/2022	8.0	12/01/2023	7.7
13/12/2022	7.9	13/01/2023	7.9
14/12/2022	8.0	14/01/2023	7.6
15/12/2022	7.8	15/01/2023	7.7
16/12/2022	7.8	16/01/2023	7.7
17/12/2022	7.9	17/01/2023	7.6
18/12/2022	7.7	18/01/2023	7.8
19/12/2022	7.9	19/01/2023	8.0
20/12/2022	7.9	20/01/2023	8.2
21/12/2022	7.7	21/01/2023	8.1
22/12/2022	7.7		
23/12/2022	7.4		
24/12/2022	7.7		
25/12/2022	7.6		
26/12/2022	7.7		
27/12/2022	7.7		
28/12/2022	7.5		
29/12/2022	7.9		
30/12/2022	7.9		
31/12/2022	7.8		

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 16: Temperatura de agua en Geotanque de trucha

FECHA	T °C (Mañana)	T °C (Tarde)	FECHA	T °C (Mañana)	T °C (Tarde)
01/12/2022	19	23	01/01/2023	19	22
02/12/2022	18	23	02/01/2023	20	22
03/12/2022	18	22	03/01/2023	23	24
04/12/2022	18	23	04/01/2023	20	23
05/12/2022	18	22	05/01/2023	21	23
06/12/2022	18	22	06/01/2023	20	24
07/12/2022	21	23	07/01/2023	20	24
08/12/2022	21	24	08/01/2023	20	24
09/12/2022	22	23	09/01/2023	22	24
10/12/2022	22	24	10/01/2023	20	23
11/12/2022	21	23	11/01/2023	21	23
12/12/2022	22	23	12/01/2023	20	23
13/12/2022	22	23	13/01/2023	20	24
14/12/2022	22	23	14/01/2023	20	24
15/12/2022	21	24	15/01/2023	21	24
16/12/2022	21	23	16/01/2023	20	24
17/12/2022	20	23	17/01/2023	20	24
18/12/2022	20	23	18/01/2023	20	24
19/12/2022	22	26	19/01/2023	20	23
20/12/2022	22	23	20/01/2023	20	22
21/12/2022	21	24	21/01/2023	21	22
22/12/2022	21	24			
23/12/2022	21	24			
24/12/2022	21	24			
25/12/2022	21	23			
26/12/2022	21	23			
27/12/2022	22	24			
28/12/2022	22	24			
29/12/2022	22	24			
30/12/2022	21	22			
31/12/2022	20	21			

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 17: Análisis Foliar de tres variedades de Lechuga (*Lactuca sativa* L.)

AFQUIM
Laboratorio de Aguas, Suelos y Plantas

LABORATORIO DE SERVICIOS: AGUAS, SUELOS, PLANTAS Y ABONOS ORGANICOS
ANALISIS FISICO QUIMICO Y MINERALES AFQUIM S.A.C.

SOLICITANTE	**ROSMERY OLGA CHAVEZ ARQUE**
PROCEDENCIA	SACHACA-AREQUIPA
TIPO DE MUESTRA	Analisis Foliar de Lechuga
FECHA DE INGRESO	25/01/2023
TERMINO DE ANALISIS	02/02/2023
ANALISIS SOLICITADO	Macro elementos

N° Lab	N° Muestra	% N	% Proteína	ppm P	ppm K	ppm Ca	ppm Mg	ppm Na	Observ.
382	Variedad CAIPIRA (NFT)	2.18	13.63	18666.65	80999.19	21375.78	19455.81	7332.60	*Lactuca sativa 1*
383	Variedad LOLLO ROSSO (NFT)	1.68	10.50	10933.22	36666.30	21375.79	19455.80	8332.50	*Lactuca sativa 2*
384	Variedad DANCING (NFT)	1.76	11.00	10833.32	41666.25	21375.79	19455.80	8332.50	*Lactuca sativa 3*
385	Variedad CAIPIRA (Raíz Flotante)	2.30	14.38	15499.98	58332.75	21375.76	19455.80	8332.50	*Lactuca sativa 1*
386	Variedad LOLLO ROSSO (Raíz Flotante)	1.85	11.56	12599.99	46666.20	24047.76	19455.81	6999.30	*Lactuca sativa 2*
387	Variedad DANCING (Raíz Flotante)	1.90	11.88	9799.99	54999.45	18703.81	16213.17	6999.30	*Lactuca sativa 3*

Laboratorio Aguas, Suelos y Plantas AFQUIM
ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. AUDRY LAGUNA BUSTAMANTE
CIP. 210393 - AGRONOMO

Nota:

- Para convertir de Fosforo y Potasio a % dividir ppm/10000.
- Determinación de fosforo y potasio en forma Total.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

REPOSITORIO DE TESIS UCSM

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

Anexo 18: Análisis de efluentes de trucha

AFQUIM
Laboratorio de Aguas, Suelos y Plantas

LABORATORIO DE SERVICIOS: AGUAS, SUELOS, PLANTAS Y ABONOS ORGANICOS
ANALISIS FISICO QUIMICO Y MINERALES AFQUIM S.A.C.

SOLICITANTE	**ROSMERY OLGA CHAVEZ ARQUE**
PROCEDENCIA	SACHACA-AREQUIPA
TIPO DE MUESTRA	Análisis de efluentes de trucha
FECHA DE INGRESO	25/01/2023
TERMINO DE ANALISIS	02/02/2023
ANALISIS SOLICITADO	Macro elementos

N° Lab	N° Muestra	pH Extrac	C.E. Extrac.	ppm Na	% N	% M.O.	ppm P	ppm K	ppm Ca	ppm Mg
388	Biol	7.8	7.83	100.00	0.16	0.06	2899.99	150.00	8015.91	3242.63

Laboratorio Aguas ... Plantas AFQUIM
ENCARGADO DE LABORATORIO

ING. AUDAZ LAGUNA BUSTAMANTE
CIP 210393 AGRONOMO

Nota:

- Para hallar el porcentaje de Fosforo y Potasio dividir ppm/10000.
- Determinación de fosforo y potasio por digestión.

Publicación autorizada con fines académicos e investigativos
En su investigación no olvide referenciar esta tesis

COMPORTAMIENTO DE TRES VARIEDADES DE LECHUGA (Lactuca sativa L.) BAJO DOS TÉCNICAS HIDROPÓNICAS UTILIZANDO EFLUENTES DE TRUCHA (Oncorhynchus mykiss) COMO UNA SOLUCIÓN NUTRITIVA ORGÁNICA EN VIVERO UCSM

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%	18%	4%	10%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	6%
2	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.fao.org Fuente de Internet	1%
7	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	1%

8	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
9	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	1 %

Excluir citas	Apagado	Excluir coincidencias	< 1%
Excluir bibliografía	Apagado		