



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**“APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN VARIEDADES DE LECHUGA
EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO EL SISTEMA NFT.”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero
Agrónomo

Autor:

Cevallos Mendoza Mario Ramiro

Tutor:

Ing. MSc. Pincay Ronquillo Wellington Jean

**LA MANÁ-ECUADOR
FEBRERO-2020**

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo Mario Ramiro Cevallos Mendoza con C.C. 0928281831 declaro ser autor del presente proyecto de investigación: APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN VARIEDADES DE LECHUGA EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO EL SISTEMA NFT, siendo el Ing. MSc. Wellington Jean Pincay Ronquillo tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica De Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

La Maná, Febrero 2020



Mario Ramiro Cevallos Mendoza
C.I: 0928281831

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO INVESTIGACIÓN

En calidad de tutor del proyecto de investigación con el título:

“APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN VARIEDADES DE LECHUGA EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO EL SISTEMA NFT” de CEVALLOS MENDOZA MARIO RAMIRO, de la carrera de INGENIERÍA AGRONÓMICA consideró que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

La Maná, 28 de Febrero 2020


Ing. MSc. Wellington Jean Pincay Ronquillo
C.I: 1206384586
TUTOR

AVAL DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS

Luego de haber revisado prolijamente la Tesis de Grado con el tema “APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN VARIEDADES DE LECHUGA EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO EL SISTEMA NFT”, de autoría del tesista Cevallos Mendoza Mario Ramiro, de la especialidad de Ingeniería Agronómica, los miembros del tribunal, una vez realizada las correcciones en la tesis por parte del mencionado alumno y haber revisado la misma. CERTIFICAMOS: que el presente trabajo de investigación está de acuerdo a las normas establecidas en el REGLAMENTO INTERNO DE GRADUACIÓN DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, vigente.

Latacunga, 28 de Febrero 2020

Atentamente



Ing. Kleber Augusto Espinosa Cunuhay
C.I: 0502612740
LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Tatiana Carolina Gavilánez Buñay
C.I: 1600398190
LECTOR 2 (OPOSITOR)



Ing. Darwin Artemio Zambrano Burgos
C.I: 1308430709
LECTOR 3 (SECRETARIO)

AGRADECIMIENTO

Primeramente a Dios por permitirme llegar a cumplir esta meta, a mis padres que siempre han estado conmigo, a mi esposa y mi hijo que han sido mi motivación y un pilar de soporte en mi vida, a mis docentes que siempre me han ofrecido el conocimiento que ellos han adquirido y a mis amigos que han hecho que mi vida sea más sencilla e interesante.

Mario

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TEMA: “APLICACIÓN DE SOLUCIONES NUTRITIVAS EN VARIEDADES DE LECHUGA EN CULTIVO HIDROPÓNICO BAJO EL SISTEMA NFT”

Autor: Mario Ramiro Cevallos Mendoza

RESUMEN

El proyecto se llevó a cabo en el barrio “El Paraíso”, parroquia La Maná, Cantón La Maná, provincia de Cotopaxi ubicado a una altura de 255 msnm, latitud 00°56′51.46” S y Longitud 79°13′40.61” O. La investigación se basó en la “Aplicación de soluciones nutritivas en variedades de lechuga en cultivo hidropónico bajo el sistema NFT” el cual constó de dos tanques de 60 litros con dos bombas de agua de 2 hp las mismas que realizaban independientemente el riego en los tubos de PVC. Esta investigación tuvo como objetivos la evaluación de algunos indicadores de crecimiento de las tres variedades de lechuga, así como la determinación de las soluciones nutritivas aplicadas en donde se midió la mejor respuesta en las variedades y la valoración de los indicadores de producción de las mismas en condiciones hidropónicas. Los factores de estudio fueron las tres variedades de lechuga con la aplicación de las dos soluciones nutritivas, se lo realizó con el método NFT (Nutrient Film Technique), como resultado de los factores se obtuvo seis tratamientos cada uno con tres repeticiones. Se aplicó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA). Los resultados de las interacciones entre las variedades y soluciones a los 60 días para: el número de hojas la variedad Starfighter reaccionó mejor con la solución LM una media de 30, 67 hojas por planta, mientras que la variedad Patagonia con la solución LM obtuvieron un promedio de 13.56 hojas ; se pudo determinar en la longitud de hoja que la solución LM obtuvo mejores promedios con la variedad Starfighter obteniendo 19,75 centímetros, no obstante Patagonia con la solución LM obtuvieron una media de 12.53 centímetros; en tanto al ancho de hojas los resultados favorables los obtuvo Starfighter con la solución LM con 14.07 centímetros, por el contrario la variedad Patagonia con la aplicación de la solución T fue bajo con tan solo 6.06 centímetros; con respecto a la longitud de raíz se obtuvo un promedio de 20.45 centímetros aplicando la solución LM a la variedad Starfighter; en cambio Patagonia con la solución T obtuvieron un promedio de 13.68 centímetros. En lo que concierne al rendimiento en la variable peso de hojas la variedad Starfighter reaccionó de igual manera con las dos soluciones; con respecto al peso de planta el mejor promedio lo obtuvo la variedad Starfighter y la solución LM obteniendo 24090 kg/ha.

Palabras claves: Cultivo hidropónico, NFT, solución nutritiva, variedades, producción.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

“APPLICATION OF NUTRITIVE SOLUTIONS IN VARIETIES OF LETTUCE IN
HYDROPONIC CULTIVATION UNDER THE NFT SYSTEM”

Author: Mario Ramiro Cevallos Mendoza

ABSTRACT

The project was carried out in the “El Paraíso” neighborhood, La Maná parish, La Maná canton, Cotopaxi province located at a height of 255 meters above sea level, latitude $00^{\circ} 56'51.46''$ S and longitude $79^{\circ} 13'40.61''$ W. This research was based on the "application of nutrient solutions in varieties of lettuce in hydroponic cultivation under the NFT system" which consisted of two 60-liter tanks with two 2-hp water pumps that independently carried out irrigation in PVC pipes. This research had as objectives the evaluation of some indicators of growth of the three varieties of lettuce, as well as the determination of the nutritious solutions applied, where the best response in the varieties was measured and the evaluation of the indicators of production of the same in hydroponic conditions. The factors studied were the three varieties of lettuce with the application of the two nutritive solutions, it was done with the NFT method (Nutrient Film Technique), as a result of the factors, six treatments were obtained each with three repetitions. A completely randomized block design (DBCA) was applied. The results of the interactions between the varieties and solutions at 60 days for: the number of leaves the Starfighter variety reacted better with the LM solution an average of 30, 67 leaves per plant, while the Patagonia variety with the LM solution obtained an average of 13.56 sheets; it was determined in the leaf length that the LM solution obtained better averages with the Starfighter variety obtaining 19.75 centimeters, however Patagonia with the LM solution obtained an average of 12.53 centimeters; as for the width of the leaves, the favorable results were obtained by Starfighter with the LM solution with 14.07 centimeters, on the contrary the Patagonia variety with the application of the T solution was low with only 6.06 centimeters; with respect to the root length an average of 20.45 centimeters was obtained by applying the LM solution to the Starfighter variety; On the other hand, Patagonia with the solution T obtained an average of 13.68 centimeters. Regarding the performance in the variable leaf weight, the Starfighter variety reacted in the same way with the two solutions; Regarding to the weight of the plant, the best average was obtained by the Starfighter variety and the LM solution, obtaining 24090 kg / ha.

Keywords: Hydroponic cultivation, NFT, nutritive solution, varieties, production.

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el estudiante Cevallos Mendoza Mario Ramiro, Egresado de la Carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales, cuyo título versa “Aplicación de Soluciones Nutritivas en Variedades de Lechuga en Cultivo Hidropónico bajo el Sistema NFT”, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que consideren conveniente.

La Maná, Febrero 2020

Atentamente



MSc. Sebastián Fernando Ramón Amores
C.I: 050301668-5
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|--|------|
| DECLARACIÓN DE AUTORÍA | ii |
| AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO INVESTIGACIÓN | iii |
| AVAL DEL TRIBUNAL DE DEFENSA DE TESIS | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| RESUMEN | vi |
| ABSTRACT | vii |
| AVAL DE TRADUCCIÓN..... | viii |
| ÍNDICE DE CONTENIDOS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS | xii |
| 1. INFORMACIÓN GENERAL | 1 |
| 2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO | 2 |
| 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO | 3 |
| 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO | 4 |
| 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 4 |
| 5.1. El problema | 4 |
| 5.2. Formulación del problema..... | 5 |
| 6. OBJETIVOS | 5 |
| 6.1. General..... | 5 |
| 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS | 6 |
| 8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA | 7 |
| 8.1. Antecedentes de la investigación..... | 7 |
| 8.2. Hidroponía | 8 |
| 8.2.1. Ventajas del cultivo hidropónico | 8 |
| 8.2.2. Técnicas hidropónicas | 8 |
| 8.3. Sistema NFT (Nutrient Film Technique)..... | 9 |
| 8.3.1. Componentes y materiales del sistema "NFT" | 10 |
| 8.2.2. Ventajas del NFT | 10 |
| 8.3.3. Desventajas del NFT | 11 |
| 8.4. Factores a considerar en la producción de cultivos | 11 |
| 8.4.1. Localización del sistema "NFT" | 11 |
| 8.4.2. Temperatura..... | 11 |
| 8.4.3. pH | 11 |
| 8.4.4. Flujo de la solución nutritiva | 11 |
| 8.4.5. Conductividad eléctrica | 12 |
| 8.4.6. Longitud del canal | 12 |
| 8.4.7. Anchura del canal: | 12 |
| 8.4.8. Pendiente del canal | 12 |
| 8.5. Lechuga | 12 |
| 8.5.1. Descripción botánica | 13 |
| 8.5.2. Requerimientos edafoclimáticos | 13 |
| 8.5.3. Variedades de lechuga | 14 |
| 8.5.4. Plagas y enfermedades | 15 |
| 8.6. Soluciones nutritivas (SN)..... | 18 |
| 8.6.1. Elementos indispensables en las soluciones | 18 |
| 8.6.2. Procedimiento de elaboración | 19 |
| 8.6.3. Aereación..... | 20 |
| 8.6.4. Calidad del agua en la solución nutritiva..... | 20 |

| | | |
|---------|--|----|
| 8.6.5. | PH en la solución nutritiva | 21 |
| 8.6.6. | Conductividad eléctrica | 21 |
| 9. | PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS | 22 |
| 9.1. | Hipótesis nula | 22 |
| 9.2. | Hipótesis alternativa | 22 |
| 10. | METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL | 22 |
| 10.1. | Modalidad básica de investigación..... | 22 |
| 10.1.1. | De Campo | 22 |
| 10.1.2. | Bibliográfica Documental..... | 22 |
| 10.2. | Tipo de investigación..... | 22 |
| 10.2.1. | Cuantitativa..... | 22 |
| 10.2.2. | Experimental..... | 23 |
| 10.3. | Factores de estudio | 23 |
| 10.4. | Tratamientos | 24 |
| 10.5. | Unidad experimental..... | 24 |
| 10.6. | Diseño experimental | 25 |
| 10.7. | Procedimiento de análisis de la información recolectada..... | 25 |
| 10.8. | Variables de la evaluación en campo | 25 |
| 10.8.1. | Número de hojas | 25 |
| 10.8.2. | Longitud de las hojas | 25 |
| 10.8.3. | Ancho de la hoja | 25 |
| 10.8.4. | Longitud radicular | 26 |
| 10.8.5. | Peso de la planta | 26 |
| 10.8.6. | Peso de la hoja | 26 |
| 10.8.7. | Rendimiento | 26 |
| 10.9. | Manejo del ensayo | 26 |
| 10.9.1. | Diseño del ensayo | 26 |
| 10.9.2. | Distribución de plantas | 27 |
| 10.9.3. | Riego y fertilización | 27 |
| 10.9.4. | Automatización del sistema hidropónico | 27 |
| 10.9.5. | Control fitosanitario..... | 27 |
| 11. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS | 27 |
| 11.1. | Efectos simples de las variedades, soluciones e interacciones..... | 27 |
| 11.1.1. | Número de hojas | 27 |
| 11.1.2. | Longitud de hojas | 29 |
| 11.1.3. | Ancho de hojas | 31 |
| 11.1.4. | Longitud de raíz..... | 33 |
| 11.1.5. | Peso de hojas | 35 |
| 11.1.6. | Peso de planta | 36 |
| 11.1.7. | Rendimiento por hectárea | 38 |
| 12. | IMPACTOS | 39 |
| 12.1. | Impactos ambientales | 39 |
| 12.1. | Impactos sociales..... | 39 |
| 12.1. | Impactos Económicos..... | 39 |
| 13. | PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO | 40 |
| 14. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 41 |
| 14.1. | Conclusiones..... | 41 |
| 14.2. | Recomendaciones | 41 |
| 15. | BIBLIOGRAFÍA | 42 |
| 16. | ANEXOS | 45 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|---|----|
| Tabla 1. | Formulación de actividades | 6 |
| Tabla 2. | Clasificación botánica de la lechuga | 13 |
| Tabla 3. | Elementos minerales esenciales para las plantas..... | 19 |
| Tabla 4. | Salas fertilizantes utilizadas en hidroponía | 19 |
| Tabla 5. | Solución nutritiva de FAO..... | 19 |
| Tabla 6. | Composición química de la solución “T” | 23 |
| Tabla 7. | Composición química de la solución “LM” | 24 |
| Tabla 8. | Tratamientos en estudio..... | 24 |
| Tabla 9. | Unidad experimental | 24 |
| Tabla 10. | Esquema del Análisis de Varianza | 25 |
| Tabla 11. | Número de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante..... | 28 |
| Tabla 12. | Número de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante..... | 28 |
| Tabla 13. | Longitud de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante | 30 |
| Tabla 14. | Longitud de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante | 30 |
| Tabla 15. | Ancho de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante | 32 |
| Tabla 16. | Ancho de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante | 32 |
| Tabla 17. | Longitud de raíz a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante | 34 |
| Tabla 18. | Longitud de raíz a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante | 34 |
| Tabla 19. | Peso de hojas en la cosecha | 36 |
| Tabla 20. | Peso de hoja..... | 36 |
| Tabla 21. | Peso de planta en la cosecha..... | 37 |
| Tabla 22. | Peso de planta en la cosecha..... | 37 |
| Tabla 23. | Rendimiento por hectárea de las variedades | 38 |
| Tabla 24. | Rendimiento por hectárea de las soluciones..... | 38 |
| Tabla 25. | Presupuesto global del proyecto | 40 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | | |
|-------------|---|----|
| Gráfico 1. | Sistema NFT | 10 |
| Gráfico 2. | Interacción variable - solución en el número de hojas a los 15 días | 28 |
| Gráfico 3. | Interacción variable - solución en el número de hojas a los 30 días | 29 |
| Gráfico 4. | Interacción variable - solución en el número de hojas a los 60 días | 29 |
| Gráfico 5. | Interacción variable - solución en la longitud de hojas a los 15 días | 30 |
| Gráfico 6. | Interacción variable - solución en la longitud de hojas a los 30 días | 31 |
| Gráfico 7. | Interacción variable - solución en la longitud de hojas a los 60 días | 31 |
| Gráfico 8. | Interacción variable - solución en el ancho de hojas a los 15 días | 32 |
| Gráfico 9. | Interacción variable - solución en el ancho de hojas a los 30 días | 33 |
| Gráfico 10. | Interacción variable - solución en el ancho de hojas a los 60 días | 33 |
| Gráfico 11. | Interacción variable - solución en el largo de raíz a los 15 días | 34 |
| Gráfico 12. | Interacción variable - solución en el largo de raíz a los 30 días | 35 |
| Gráfico 13. | Interacción variable - solución en el largo de raíz a los 60 días | 35 |
| Gráfico 14. | Interacción variable - solución peso de hojas en la cosecha | 36 |
| Gráfico 15. | Interacción variable - solución peso de planta en la cosecha | 37 |
| Gráfico 16. | Interacción variable - solución en rendimiento por hectárea | 39 |

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Aplicación de soluciones nutritivas en variedades de lechuga en cultivo hidropónico bajo el sistema NFT”.

Fecha de inicio:

1 de octubre de 2019

Fecha de finalización:

1 de Febrero del 2020

Lugar de ejecución:

Calle Jaime Roldós y Velasco Ibarra, barrio El Paraíso, parroquia La Maná, cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi, zona 3.

Unidad Académica que auspicia:

Facultad De Ciencias Agropecuarias Y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera De Ingeniería Agronómica

Proyecto de investigación vinculado:

Al sector agrícola.

Equipo de Trabajo:

Director del proyecto:

Nombre:

Pincay Ronquillo Wellington Jean

Estudiante a cargo del proyecto

Nombre:

Cevallos Mendoza Mario Ramiro

Área de Conocimiento:

Agricultura, silvicultura y pesca.

Línea de investigación:

Soberanía y seguridad alimentaria

Sub líneas de investigación de la Carrera: Tecnologías para la agricultura

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La investigación se basó en la “Aplicación de dos soluciones nutritivas en tres variedades de lechuga bajo cultivo hidropónico con el sistema Nutrient Film Technique (NFT), para cual se estableció un ensayo de campo, evaluando 6 tratamientos y 3 repeticiones con un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), cuyo análisis de datos de campos se ejecutó con la ayuda del software INFOSTAT en su quinta versión, aplicando comparación de medias mediante la prueba de Tukey al 5 % de probabilidad.

El diseño hidropónico constaba de 2 tanques de 60 litros, cada uno contenía una solución nutritiva, las cuales se distribuían con ayuda de dos hidrobombas independientes de 2 HP (horse power), que mediante tuberías PVC de riego de 1” distribuían a 3 soportes en trípode que sostenían 6 tubos a cada lado conectados entre sí (18 tubos de PVC de 4” por solución, 36 tubos en total) que conformaban el sistema cerrado de recirculación de agua. La recolección de la solución se la realizaba mediante tuberías de PVC 2” que conectaba a los tubos de los trípodes a los tanques respectivos (Ver Anexo 3). Además el sistema hidropónico se automatizó con la ayuda de un Timer electrónico de 16 ciclos, el cual encendía y apagaba las hidrobombas, estableciendo 8 ciclos de circulación de las soluciones, con ciclos de circulación de solución de 1 hora, e intervalos entre ciclo y ciclo de igual tiempo.

Para el cumplimiento de los objetivos establecidos en el proyecto se evaluaron variables de crecimiento o desarrollo en diferentes etapas del cultivo tales como: número de hoja, ancho de hoja, longitud de raíz y longitud de hojas; así como también variables de producción: peso de hoja, peso de planta al momento de la cosecha y finalmente se estableció rendimiento por hectárea, para las cuales se establecieron una serie de métodos, con tiempo determinados para la recolección de datos (ver metodología).

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto tiene como propósito demostrar que es posible producir alimentos sanos en espacios reducidos sin necesidad de contaminar el ambiente tal como lo hace la agricultura convencional. Con la técnica hidropónica o cultivo sin suelo, se puede diseñar un proyecto de producción continua; que permite cuantificar el número de plantas de acuerdo al espacio disponible, la nutrición, la temperatura, el tiempo de siembra y cosecha, que puede ser a todo lo largo del año, de la misma planta o de plantas diferentes y también elaborar la programación requerida que irá de acuerdo a la fecha de entrega y a la utilidad esperada (Golberg, 2008).

Por lo consiguiente es importante realizar investigaciones en cultivos hidropónicos ya que en la actualidad un 33% del suelo mundial ha sufrido erosión por parte del sector agropecuario, industrial, inmobiliario, etc. Lo principal que le afecta a este suelo es la acidificación que se da por uso excesivo de fertilizantes agrícolas a base de amonio, por la deforestación y por las malas prácticas agrícolas de quitar o quemar los restos de la cosecha (Guzmán, 2004).

El uso de sistemas hidropónicos representa una opción para incrementar la productividad agrícola, al propiciar un ambiente poco restrictivo para el crecimiento y desarrollo de las plantas que el que ocurre a cielo abierto, sobre todo en especies hortícolas (Talón, 2008).

En este aspecto, la hidroponía ofrece una alternativa única, ya que se puede aprovechar el espacio de estos suelos no productivos con la posibilidad de duplicar e incluso triplicar el número de cosechas por año ya que existe el problema de falta de terreno para producir mejores cultivos y esta es una muy buena alternativa (Cárdenas et al, 2004).

De esta forma se crea la motivación de utilizar nuevas y alternativas tecnologías como la hidroponía que es una técnica muy antigua en la cual se utilizan soluciones inorgánicas disueltas en un recipiente con agua, con la cual se va a nutrir a futuro las plantas en desarrollo; un punto importante de esta técnica es la reutilización del agua, la optimización de espacio, siembra, manejo y cosecha de manera ergonómica del cultivo para el/los operadores, entre otros (Boukhalifa, 1999).

La Universidad Técnica de Cotopaxi conjuntamente con el departamento de Investigación y Vinculación con la Sociedad podrá llevar a cabo a futuro programas de capacitaciones en

todos los sectores rurales y urbanos ya que la hidroponía no requiere de grandes espacios, sino de investigación y conocimiento.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Entre los beneficiarios directos están la Universidad Técnica De Cotopaxi, el área de investigación y los estudiantes de la carrera de Agronomía.

Los beneficiarios indirectos son los agricultores y la sociedad en general, ya que con este estudio se establecerá la factibilidad y viabilidad de los cultivos hidropónicos.

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1. El problema

Los suelos son fundamentales para la vida en la Tierra, pero las presiones humanas sobre el recurso suelo está llegando a límites críticos. Reflejando áreas agrícolas reducidas, en parte por efecto de la expansión urbana, existiendo además pérdida de la fertilidad, desequilibrios nutricionales, erosión, entre otros (FAO, 2016).

En el caso de Ecuador la situación no es diferente a lo mencionado anteriormente, ya que de acuerdo a una publicación de un diario local el 49% de los terrenos se encuentran degradados y aproximadamente 22% presenta índices alto de erosión, entre los que se menciona: la cuenca del río Jubones, correspondiente a las provincias de El Oro, Azuay y Loja. Esto se ha convertido en una de las principales problemáticas ambientales a nivel nacional, extendiéndose a provincias como Santa Elena, Manabí, Chimborazo, Tungurahua y Cotopaxi (El Comercio, 2018).

Después de ya más de cincuenta años de la revolución verde, la agricultura ecuatoriana, presenta una buena parte de los suelos agrícolas deteriorados por el mal uso de tecnologías, a la realidad, economía, ecología y contexto socio cultural, provocando bajas sensibles en la productividad de la mayoría de cultivos, severos desbalances en los agroecosistemas y contaminación ambiental, repercutiendo en impactos nocivos para la salud (Universidad Central del Ecuador, 2008).

Esta problemática no es distinta en el cantón La Mana, donde de acuerdo con el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDOT, 2015) la principal actividad productiva del

territorio son la agropecuarias con un 53 %. Actividades que se ven afectadas a diario ya que, en cuanto al recurso suelo, únicamente 0,45 % de la superficie total de cantón no tiene ningún riesgo de erosionarse.

Esto refleja la necesidad de crear o proponer alternativas de producción que permitan aportar al desarrollo y a la soberanía alimentaria, teniendo en cuenta que no solo un suelo fértil asegura una buena producción.

5.2. Formulación del problema

¿Los cultivos hidropónicos son alternativa para optimización del uso del suelo y reducción de fertilizantes y pesticidas de origen químico que causan daño a nuestro medioambiente?

6. OBJETIVOS

6.1. General

- Evaluar la aplicación de soluciones nutritivas en variedades de lechuga en cultivo hidropónico bajo el sistema NFT.

6.2. Específicos

- Evaluar algunos indicadores de crecimiento de las variedades de lechuga en condiciones de hidropónicas.
- Determinar la mejor solución nutritiva para el cultivo de lechuga (*Lactuca sativa* L.) bajo condiciones hidropónicas en cultivo protegida.
- Valorar los indicadores de producción en las variedades de lechuga en condiciones de hidroponía.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Formulación de actividades

| OBJETIVOS ESPECÍFICOS | Actividad | Resultado de la actividad | Medios de verificación |
|---|---|--|--|
| Evaluar algunos indicadores de crecimiento de las variedades de lechuga en condiciones de hidropónicas. | Se armó las bases para el sistema hidropónico NFT. | El Sistema quedo establecido para realizar el trasplante. | Diseño del sistema NFT Se fotografió el proceso de trasplante. |
| | Se registró los datos de los indicadores de crecimiento. | Se obtuvo estadísticas de las variables número de hojas, longitud de raíz, longitud de hojas, ancho de hojas; a los 15, 30, y 60 días. | Se obtuvieron fotografías y se registró en el libro de campo. |
| Determinar la mejor solución nutritiva para el cultivo de lechuga (<i>Lactuca sativa</i> L.) bajo condiciones hidropónicas en invernadero. | Se aplicaron las dos soluciones nutritivas en cada tanque de recolección. | Se aplicaron las soluciones nutritivas (S1 : T y S2: LM) a los tanques de recolección. | Se obtuvieron fotografías de la aplicación de las soluciones nutritivas. |
| | Se realizaron los cálculos estadísticos de los datos recolectados | Se realizó un ADEVA de cada una de las variables | Se realizaron cuadros estadísticos con los resultados de los análisis de varianza |
| Valorar los indicadores de producción en las variedades de lechuga en condiciones de hidroponía. | Se registró los datos de los indicadores de producción | Se obtuvieron estadísticas de los indicadores de producción tales como: Peso de hoja y peso de planta al momento de la cosecha | Se realizaron cuadros estadísticos con los resultados de los análisis de varianza |
| | Se realizaron comparaciones estadísticas entre los tratamientos | Se determinó que tratamiento obtuvo mejores resultados | Se observó la adaptación de cada una de las variedades de lechuga con bajo las condiciones climáticas del sector |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1. Antecedentes de la investigación

Para la elaboración del ensayo se observó que existen trabajos investigativos como artículos, tesis y proyectos los cuales se relacionaron con la temática actual que sirvieron como referencia y base para el adecuado desarrollo del proyecto.

Ramoa, M. (2011) en su estudio titulado “Evaluación de distintas variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en diferentes fechas de plantación en el norte de Santa Fe, Argentina” determinó que la variedad Starfighter presentó mejor comportamiento agronómico, en función a las prácticas y condiciones climáticas invernales propias del sector, obteniendo como resultados más relevante un peso promedio de 616,44 gramos por planta sobre el resto de variedades evaluadas.

Por otra parte Quishpe, L. (2015) en su investigación denominada “Evaluación de seis variedades de lechuga, (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el Centro Experimental de Cota Cota, La Paz , Bolivia” demostró que la variedad Marrón no tiene el mejor comportamiento agronómico respecto a las diferentes variedades empleadas en su estudio, en el cual Maravilla obtuvo el mejor desarrollo. Marrón obtuvo un número de hojas un promedio de 17.53 en total, en la variable peso de planta de la variedad Marrón obtuvo un promedio de 186.50, con respecto al rendimiento se calculó un total de 46600 kg por hectárea.

Ballen, J. (2014), en su trabajo “Relación del seguimiento de una planta con los conceptos de matemáticas” demostró que la variedad de Lechuga Marrón obtuvo en la variable ancho de hojas a los 60 días un promedio de 3.7 cm, en tanto que al numero de hojas el valor fue de 11, en longitud de hoja el promedio fue de 5.9 cm.

Según Truca, P. (2002), produciendo lechugas con diferentes soluciones en el cultivo hidropónico demostró que con este sistema se pueden obtener buenos resultados en cuanto al desarrollo y producción. Entre sus principales resultados se tienen lechugas con números de hojas en promedio de 15,9 en la variedad Romana y en la variedad Crespa de 16,5.

8.2. Hidroponía

FAO, (2003) Indica que la Hidroponía Popular o "Cultivo Sin Tierra", es un cultivo de plantas sin utilización de suelo, que permite obtener cultivos saludables sin importar la temporada, en un periodo más corto, con un óptimo aprovechamiento del espacio, con un consumo de agua menor y menos trabajo físico pero con dedicación y constancia, producir hortalizas frescas, sanas y abundantes, aprovechando también materiales de reciclaje, que de no ser utilizados causarían contaminación.

8.2.1. Ventajas del cultivo hidropónico

- Soria (2012) indica que los cultivos hidropónicos tienen gran relevancia en estos tiempos, ya que poseen muchas ventajas como:
- No depende de las estaciones de forma estricta debido a que se puede hacer bajo cultivo protegido.
- Permite la producción de semilla certificada.
- No utiliza maquinarias pesadas.
- Puede ser automatizada y autónoma.
- Cultivos libres de bacterias, parásitos, hongos y agentes contaminantes.
- Evita la contaminación de los recursos naturales.
- Reducción de costos de producción.
- Recuperación de la inversión inicial en un corto plazo.
- Permite el uso de insecticidas orgánicos y está libre de agentes tóxicos por lo general.

8.2.2. Técnicas hidropónicas

Briones (2007) menciona que existen varias técnicas hidropónicas utilizadas en la producción de cultivos como son:

Cultivo en Sustrato: se puede cultivar cualquier tipo de hortalizas y se utiliza algunos sustratos inertes como: vermiculita, arena, perlita, roca fosfórica, aserrín, tezontle, grava, peat etc., que le proporcionan al cultivo las condiciones necesarias de O₂ y humedad para su óptimo desarrollo.

Raíz flotante: las plantas cuyas raíces se encuentran flotando sobre el agua que contiene la solución, se sostiene con espuma Flex o con láminas de "duroport", se acelera el tiempo de

desarrollo y optimizar el espacio de la instalación, así mismo es importante tener precaución en el pH y la conductividad de la solución nutritiva.

Sistema NGS (New Growing System): Es una tecnología Europea que se basa en la oxigenación de las raíces de manera continua, y recirculación de la solución nutritiva. Se puede cultivar hierbas aromáticas, perejil, lechugas, tomate, acelgas, geranios, plantas ornamentales, entre otras.

Sistema NFT (Nutrient Film Technique): En este sistema las plantas se desarrollan sobre una lámina de agua que contiene la solución nutritiva la cual está en continuo movimiento. Para la recirculación del agua se utiliza una hidrobomba que permite distribuir adecuadamente el flujo del agua a lo largo de tubos de PVC, este debe ser constante sobre todo en periodos de mucho calor para evitar que las plantas o las raíces se deshidraten.

8.3. Sistema NFT (Nutrient Film Technique)

El sistema de recirculación de solución nutritiva "NFT fue desarrollado en el Glasshouse Crop Research Institute, Inglaterra, en la década de los sesenta. Este sistema consiste en la circulación constante de una lámina de solución nutritiva que tiene contacto con las raíces del cultivo, sin pérdida o salida al exterior de la solución nutritiva, por lo que se constituye en un sistema de tipo cerrado (Carrasco & Izquierdo, 1996).

A diferencia del sistema propuesto para las huertas hidropónicas populares, las plantas se cultivan en ausencia de sustrato, por lo cual las plantas se encuentran suspendidas en canales de cultivo con o sin un contenedor de soporte. Otra característica del sistema, es la necesidad de contar con una pendiente o desnivel de la superficie de cultivo, ya que por medio de ésta, se posibilita la recirculación de la solución nutritiva.

El sistema "NFT" está siendo implementado, en sus distintas formas, especialmente en zonas áridas de América Latina. Sin embargo esta técnica es posible expandirla también a productores o empresas de otras condiciones agroecológicas. Para ello es importante un conocimiento previo de las técnicas hidropónicas de carácter popular o periurbano y contar con un nivel de inversión mayor al requerido para éstas, con la finalidad de aumentar la capacidad de producción por unidad de superficie y de tiempo de cultivo. Su éxito en condiciones locales, se basa asimismo en la utilización y apropiación de materiales existentes

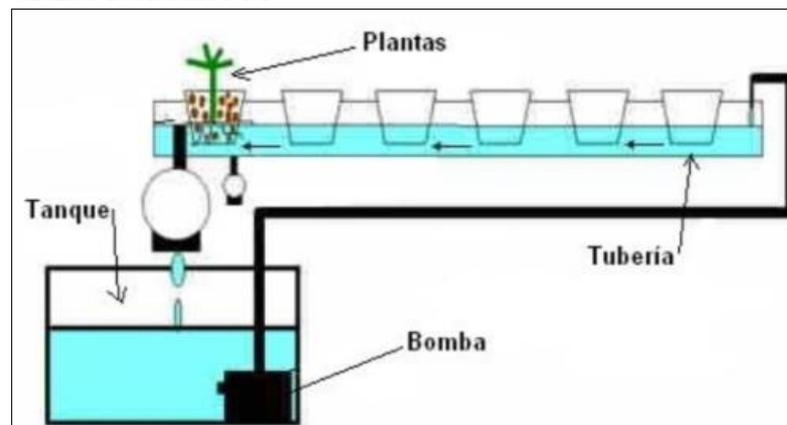
en las cercanías y contar con personal idóneo en las técnicas de preparación y manejo de soluciones nutritivas, del sistema y del cultivo de la especie elegida. (FAO, 1996)

8.3.1. Componentes y materiales del sistema "NFT"

El sistema básico "NFT" (Gráfico 1) se constituye de cinco elementos iniciales:

1. Estanque colector
2. Soluciones nutritivas
3. Canales de cultivo
4. Bomba Red de distribución
5. Tubería colectora.

Gráfico 1. Sistema NFT



Fuente: FAO, 2010.

8.2.2. Ventajas del NFT

Según FAO (1996), el sistema NFT tiene algunas ventajas como:

- El sistema "NFT" ofrece mayor eficiencia en cuanto a la utilización de los elementos minerales esenciales para el crecimiento de las plantas, de agua y oxígeno.
- Con la ausencia de sustrato se evitan las labores de desinfección de éste, así como se favorece el establecimiento de una alta densidad de plantación.
- Máximo aprovechamiento de espacio ya que se puede cultivar en varios niveles.
- El contacto entre las raíces con la solución nutritiva es directo, por lo consiguiente el crecimiento es acelerado siendo posible obtener más producción por año.

8.3.3. Desventajas del NFT

Para Mafla (2015), las desventajas del NFT son:

- Necesidad de contar con personal con nociones básicas de química para la preparación de las soluciones nutritivas.
- Los costos iniciales son elevados.

8.4. Factores a considerar en la producción de cultivos

En el 2008, Hydro environment S.A manifiesta que en el sistema NFT es necesario conocer los requerimientos del mismo los cuales se describen a continuación:

8.4.1. Localización del sistema "NFT"

El sistema de solución nutritiva recirculante puede ser establecido, ya sea, al aire libre como también bajo invernadero. Sin embargo, en base a la inversión inicial realizada y, a que generalmente su objetivo es la obtención de productos "primores" de mayor precio, se recomienda establecer este sistema bajo un sistema forzado.

8.4.2. Temperatura

Las soluciones nutritivas deben mantenerse entre 13 y 15 ° C para prevenir una absorción reducida de los nutrientes.

8.4.3. pH

El ideal se encuentra en el rango de los 5.5 hasta 6.5 para la mayoría de cultivos

8.4.4. Flujo de la solución nutritiva

El flujo aproximado es de 2 litros por minuto, para mantener la lámina de solución nutritiva recirculante en un nivel óptimo.

8.4.5. Conductividad eléctrica

Los rangos apropiados para que el cultivo no se deshidrate por exceso de sales o que puedan absorber menos nutrientes por ausencia de los mismos, se establece entre 1.5 a 3 mS/cm o 750 a 1500 ppm.

8.4.6. Longitud del canal

La longitud adecuada es hasta 20 metros, en lo que respecta a cultivos de hortalizas.

8.4.7. Anchura del canal:

La distancia entre plantas recomendada se encuentra entre 15 a 30 cm.

8.4.8. Pendiente del canal

La pendiente apropiada se encuentra entre el 1.5 y 2 %.

8.5. Lechuga

La lechuga pertenece a la familia dicotiledónea más grande del reino vegetal, la Asteraceae, conocida anteriormente como Compositae, véase la clasificación en la tabla 2.

Presenta una gran diversidad ya que posee diferentes tipos de hojas y hábitos de crecimiento. Esto ha llevado a diversos autores a distinguir variedades botánicas en la especie, existiendo varias que son importantes como cultivos hortícolas en distintas regiones del mundo.

Lactuca sativa fue descrita por el científico naturalista sueco Carlos Linneus en el año 1753, texto que fue publicado en *Species Plantarum* N° 2, página 795.

Lactuca es un nombre genérico que procede del latín lac (que significa “leche”), que se refiere al líquido lechoso, o de apariencia láctea, que es la savia que exudan los tallos de esta planta al ser cortados y, sativa es un epíteto que hace referencia a su carácter de especie cultivada (Saavedra, 2017).

Tabla 2. Clasificación botánica de la lechuga

| Clasificación botánica de la lechuga | |
|---|--------------------------|
| Reino: | Plantae |
| División: | Magnoliophyta |
| Clase: | Magnoliopsida |
| Orden: | Asterales |
| Familia: | Asteraceae |
| Subfamilia: | Cichorioideae |
| Tribu: | Lactuceae |
| Género: | <i>Lactuca</i> |
| Especie: | <i>sativa</i> |
| Nombre científico: | <i>Lactuca sativa</i> L. |

Fuente: (InfoAgro, 2010).

8.5.1. Descripción botánica

La lechuga es una planta anual autógama, que posee una raíz pivotante, relativamente gruesa en la corona que se adelgaza gradualmente en profundidad, la cual puede alcanzar más de 60 cm de profundidad. Las hojas sésiles están distribuidas en forma de espiral, en una roseta densa alrededor de un tallo corto. El desarrollo de la roseta puede continuar durante el periodo vegetativo de la planta como es en el caso de las lechugas de hoja, o formar una cabeza redondeada como en las variedades escarolas y butterhead, o una cabeza elongada como en el caso de Costinas o Romanas. Hay una considerable diversidad de colores, formas, tipos de superficies, márgenes y textura entre los diversos tipos y formas de lechuga. Los grados de color verde de las hojas pueden variar desde oscuros a claros, pero la cualidad de verde puede ser variado por tintes amarillentos. Además, la presencia de antocianinas puede estar en toda la hoja o en sectores dando tonalidades diferentes. La mayor densidad de raíces laterales está cerca de la superficie; por lo tanto, la absorción de nutrientes y agua ocurre mayormente en los niveles superiores del suelo (Saavedra, 2017)

8.5.2. Requerimientos edafoclimáticos

InfoAgro (2010), describe que los requerimientos edafológicos requeridos para llevar a cabo un cultivo de lechuga y poder obtener una excelente producción son los siguientes:

Temperatura: La temperatura óptima de germinación oscila entre 18-20°C. Durante la fase de crecimiento del cultivo se requieren temperaturas entre 14-18°C por el día y 5-8°C por la noche, pues la lechuga exige que haya diferencia de temperaturas entre el día y la noche. Durante el acogollado se requieren temperaturas en torno a los 12°C por el día y 3-5°C por la noche.

Humedad relativa: La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80%, aunque en determinados momentos agradece menos del 60%. Los problemas que presenta este cultivo en invernadero es que se incrementa la humedad ambiental, por lo que se recomienda su cultivo al aire libre, cuando las condiciones climatológicas lo permitan.

Suelo: Los suelos preferidos por la lechuga son los ligeros, arenoso-limosos, con buen drenaje, situando el pH óptimo entre 6,7 y 7,4. En los suelos húmíferos, la lechuga vegeta bien, pero si son excesivamente ácidos será necesario encalar. Este cultivo, en ningún caso admite la sequía, aunque la superficie del suelo es conveniente que esté seca para evitar en todo lo posible la aparición de podredumbres de cuello.

Conductividad eléctrica: soporta desde un rango de 1 a 2.3 Ms /cm (milisimens sobre centímetro).

8.5.3. Variedades de lechuga

Según Infoagro (2019), las lechugas también se agrupan en diferentes tipos comerciales según algunas características agronómicas, como la capacidad de formar cogollos, la consistencia de las hojas o la adaptación a una determinada estación. Dentro de los tipos más tradicionales están:

- Romana: Se encuentra englobada dentro de la variedad botánica longiflora y es una lechuga que no forma un verdadero cogollo. La hoja tiene forma oblonga y presenta un nervio central muy ancho. Dentro de este tipo se engloban a su vez otros tipos según la forma, color, abullonado, borde de la hoja y comportamiento:
- Valladolid: es un tipo adaptado a cultivo de invierno. Da piezas compactas, de 1kg de peso medio. Suelen ser de color verde oscuro, ligeramente abullonadas, de hojas brillantes y borde de la hoja liso.
- Inverna: las lechugas de este tipo son más voluminosas, de color verde claro, hojas anchas, finas y con el borde ligeramente dentado. Algo abullonadas, forman repollos menos prietos que las del tipo Valladolid.
- Parrish Island o Cos: las variedades del tipo Cos dan lechugas de color verde intenso, con hojas muy abullonadas, gruesas y crujientes.
- Romana del Prat: son lechugas de hoja más estrecha, fina, de color verde intenso. El borde de la hoja es liso. Arrepollan muy mal, aunque son muy apreciadas por su sabor y textura.

- Iceberg: Es el que ha experimentado un Mayor crecimiento en los últimos años. Estas lechugas pertenecen a la variedad botánica capitata y hay variedades comerciales con diferencias en cuanto al color, abullonamiento y borde las hojas. Al igual que ocurre con la lechuga ‘Romana’, dentro de este tipo se han formado otros:
- Empire: es un tipo adaptado a épocas calurosas. Su color es verde medio, con hojas poco abullonadas y de bordes rizados.
- Grandes Lagos: forma hojas de color verde brillante, no abullonadas y de borde muy rizado, y da cogollos de tamaño mediano. Este tipo prácticamente ha desaparecido.
- Calmar: son variedades de hoja verde brillante, algo abullonadas y con bordes rizados. También es un tipo casi desaparecido.
- Salinas: es el tipo más difundido, ya que forma mejor los cogollos y presenta un mejor sabor. Las hojas son de color verde mate, algo abullonadas y con el borde liso. El cogollo es esférico.
- Trocadero: A estas lechugas se las conoce como mantecosas, y forman parte del grupo de lechugas que acogollan (variedad capitata). Algunas variedades de este tipo son Remco, Dominó y Ventura.
- Batavia: se engloba dentro de la variedad botánica capitata. Forma cogollo y tiene la hoja crujiente, con un dentado más o menos profundo. Dos variedades de este grupo son Maravilla de verano y Dorada de Primavera.

Otros tipos que no llegan a formar cogollo son:

- Lollo Rosso: estas lechugas tienen hojas rojas de textura suave. Algunas variedades son Lotto, Valeria y Malibú.
- Hoja de Roble: son lechugas de hoja roja y textura fuerte, con el borde ondulado. Magalie es una de las variedades de este tipo.
- Lollo biondo: son lechugas de borde muy rizado, de color verde amarillento y textura suave.

8.5.4. Plagas y enfermedades

Las enfermedades fisiológicas como la quema de bordes de las hojas más nuevas (tip burn) es un problema importante en algunos cultivos comerciales de lechuga. La presencia de ésta enfermedad es explicada por las siguientes causas: deficiencia de agua, crecimiento rápido de ciertas variedades provocando una translocación menos eficiente del calcio, temperatura y

humedad relativa elevada, bajas temperaturas al comienzo del cultivo y elevadas al final, gran oscilación de temperatura diurna y nocturna y desbalance de calcio.

En el caso de las enfermedades, los riesgos de daños, económicamente significativos son mayores y exigen tener un control más estricto desde el mismo momento de la planificación de los cultivos y la dinámica en el manejo del riego y la nutrición. Las variables ambientales como la temperatura máxima y mínima durante el día y la noche en interacción con las variaciones de humedad ambiental son responsables en gran medida de la aparición de las enfermedades cuando las fuentes de inóculo están presente (Vallejo & Estrada, 2004).

Medidas culturales relacionadas con la construcción de las camas, composición de los sustratos, construcción de cubiertas y acolchados así como un riguroso manejo del agua son factores fundamentales en la sanidad del cultivo y en el éxito productivo en términos de rendimiento y calidad de las cosechas. (Jaramillo y Lobo, 1994).

Enfermedades

Maroto (1983), cita las plagas y enfermedades que más comúnmente atacan al cultivo de lechuga y estas son:

- Antracnosis (*Marssonina panattoniana*). Los daños se inician con lesiones de tamaño de punta de alfiler, éstas aumentan de tamaño hasta formar manchas angulosas-circulares, de color rojo oscuro, que llegan a tener un diámetro de hasta 4 cm. Control: desinfección del suelo y de la semilla.
- Botritis o moho gris (*Botrytis cinerea*). Los síntomas comienzan en las hojas más viejas con unas manchas de aspecto húmedo que se tornan amarillas y seguidamente se cubren de moho gris que genera enorme cantidad de esporas. Si la humedad relativa aumenta las plantas quedan cubiertas por un micelio blanco; pero si el ambiente está seco se produce una putrefacción de color pardo o negro.
- Mildiu veloso (*Bremia lactucae*). En el haz de las hojas aparecen unas manchas de un centímetro de diámetro y en el envés aparece un micelio veloso; las manchas llegan a unirse unas con otras y se tornan de color pardo. Los ataques más importantes de esta plaga se suelen dar en otoño y primavera, que es cuando suelen presentarse periodos de humedad prolongada, además las conidias del hongo son transportadas por el viento dando lugar a nuevas infecciones.

- Esclerotinia (*Sclerotinia sclerotiorum*). Se trata de una enfermedad de suelo, por tanto las tierras nuevas están exentas de este parásito o con infecciones muy leves. La infección se empieza a desarrollar sobre los tejidos cercanos al suelo, pues la zona del cuello de la planta es donde se inician y permanecen los ataques. Sobre la planta produce un marchitamiento lento en las hojas, iniciándose en las más viejas y continúa hasta que toda la planta queda afectada. En el tallo aparece un micelio algodonoso que se extiende hacia arriba en el tallo principal.
- Septoriosis (*Septoria lactucae*). Esta enfermedad produce manchas en las hojas inferiores. Virus del Mosaico de la Lechuga (LMV) Es una de las principales virosis que afectan al cultivo de la lechuga y causa importantes daños. Se transmite por semilla y por pulgones. Los síntomas pueden empezar incluso en semillero, presentando moteados y mosaicos verdosos que se van acentuando al crecer las plantas, dando lugar a una clorosis generalizada, en algunas variedades pueden presentar clorosis foliares. No tiene cura.
- Virus del Bronceado del Tomate (TSWV). Las infecciones causadas por este virus están caracterizadas por manchas foliares, inicialmente cloróticas y posteriormente, necróticas e irregulares, a veces tan extensas que afectan a casi toda la planta que, en general, queda enana y se marchita en poco tiempo. Se transmite por el trips *Frankliniella occidentalis* al picar las hojas.

Plagas

Algunas de las plagas más comunes del cultivo de lechuga son:

- Trips (*Thrips tabaci*). El adulto de *Frankliniella occidentalis* mide 1,5 mm de longitud, es alargado. Es una plaga dañina, más que por el efecto directo de sus picaduras, por transmitir a la planta el virus del Bronceado del Tomate (TSWV). La presencia de este virus en las plantas empieza por provocar grandes necrosis foliares y mueren.
- Minadores (*Liriomyza trifolii* y *Liriomyza huidobrensis*). Forman galerías en las hojas y si el ataque de la plaga es muy fuerte la planta queda debilitada. Dar un tratamiento cuando se vean las primeras galerías.
- Mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*). Produce un debilitamiento general de la planta picando y absorbiendo los jugos fotosintéticos.

- Pulgones (*Myzus persicae*, *Narsonovia ribisnigri* y otros). Es una plaga sistemática en el cultivo de la lechuga. El ataque de los pulgones ocurre generalmente cuando el cultivo está próximo a la recolección. Aunque si la planta es joven y el ataque es grande, puede arrasar el cultivo. También trasmite virus.
- Gusano de alambre (*Agriotes lineatus*). Estos gusanos viven en el suelo y producen daños graves al comer raíces. Además, son puerta de entrada de enfermedades producidas por hongos del suelo. Conviene tratar al suelo antes de sembrar.
- Gusano gris (*Agrotis segetum*). Esta oruga produce daños seccionando por el cuello a las plantas más jóvenes y quedan tronchadas. Escarba al pie de las plantas para descubrirlos.
- Mosca del cuello (*Phorbia platura*). Son las larvas de dípteros que atacan a la lechuga depreciando su valor comercial. Se combatirá este problema con los EM (microorganismos efectivos).
- Caracoles y babosas. Se alimentan de las hojas estropeando la cosecha.

8.6. Soluciones nutritivas (SN)

Los elementos minerales nutritivos esenciales son aportados exclusivamente en la solución nutritiva, a través de las sales fertilizantes que se disuelven en agua. Por esta razón, la formulación y control de la solución junto a una adecuada elección de las fuentes de las sales minerales solubles, se constituyen en una de las bases para el éxito del cultivo hidropónico. En el sistema "NFT" este aspecto es de suma importancia (FAO, 1996).

La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. En los cultivos hidropónicos, las necesidades nutricionales que tienen las plantas son satisfechas con los nutrientes que se suministran en la SN. La cantidad de nutrimentos que requieren las plantas depende de la especie, la variedad, la etapa fenológica y las condiciones ambientales (Lara, 1999).

8.6.1. Elementos indispensables en las soluciones

La eficiencia de utilización de los nutrientes por las plantas depende del sistema hidropónico elegido. En el caso de esta técnica, la utilización es continua, pues al existir una circulación permanente de la solución nutritiva, la oferta de nutrientes en las raíces es constante.

Tabla 3. Elementos minerales esenciales para las plantas

| Elemento mineral | Peso atómico |
|-------------------------|---------------------|
| MACRONUTRIENTES | |
| Nitrógeno | 14 |
| Fósforo | 31 |
| Potasio | 39 |
| Calcio | 40 |
| Magnesio | 24 |
| Azufre | 32 |
| MICRONUTRIENTES | |
| Hierro | 56 |
| Manganeso | 55 |
| Zinc | 65,5 |
| Boro | 11 |
| Cobre | 64 |
| Molibdeno | 96 |
| Cloro | 35,5 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Tabla 4. Sales fertilizantes utilizadas en hidroponía

| Nombre químico | Solubilidad (gr /litro) |
|-----------------------|--------------------------------|
| Nitrato de calcio | 1220 |
| Nitrato de potasio | 130 |
| Nitrato de magnesio | 279 |
| Fosfato Mono potásico | 230 |
| Sulfato de magnesio | 710 |
| Sulfato de potasio | 111 |
| Sulfato de manganeso | 980 |
| Ácido bórico | 60 |
| Sulfato de cobre | 310 |
| Sulfato de zinc | 960 |
| Molibdato de amonio | 430 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Tabla 5. Solución nutritiva de FAO

| Solución A | | Solución B | |
|--------------------|----------|----------------------|----------------|
| Fosfato de Amonio | 492 g | Sulfato de Magnesio | 492 g |
| Nitrato de Calcio | 2.100 kg | Sulfato de Cobre | 0.48 g (1/2 g) |
| Nitrato de Potasio | 1.100 k | Sulfato de Manganeso | 2.5 g |
| | | Sulfato de Zinc | 1.2 g |
| | | Ácido Bórico | 6.2 g |
| | | Molibdato de Amonio | 0.02 g |
| | | Nitrato de Magnesio | 920 cc |
| | | Quelato Hierro | 8.5 g |

Fuente: (FAO 1990).

8.6.2. Procedimiento de elaboración

Según Gilsanz (2007), el procedimiento para elaborar SN es el siguiente:

- 1) Se vierten el contenido de la solución A en un recipiente con 6 litros de agua y se completa a 10 litros.
- 2) El contenido de la solución B se vierten en un recipiente con 2 litros de agua y luego se completa a 4 litros.
- 3) Según la capacidad del contenedor se aplica 5 cc por litro de la solución A y 2 cc por litro de la solución B

8.6.3. Aereación

El oxígeno es un factor importante dentro de la solución nutritiva ya que es estrictamente necesaria para el desarrollo normal de la planta y de las raíces. Por lo que generalmente se requieren valores mínimos de 8-9 mg O₂/lt de SN. Esto puede ser logrados y/o aumentados a través de distintos mecanismos como la inclusión de agitadores, recirculación de la solución nutritiva, agregado de oxígeno puro al sistema. Tanto la temperatura de la solución como el tamaño del contenedor tienen directa influencia en los tenores de O₂ de la solución nutritiva. A mayor temperatura, los valores de O₂/lt de solución expresados en mg disminuyen. El valor óptimo de temperatura debería encontrarse en un entorno de 10-15 °C. En contenedores pequeños la difusión del oxígeno se ve disminuida, por lo que al disminuir el tamaño del contenedor, mayor atención deberemos prestar a la oxigenación (Gilsanz, 2007).

8.6.4. Calidad del agua en la solución nutritiva

En los sistemas convencionales, la calidad del suelo es determinante del éxito, en los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial tanto desde el punto de vista microbiológico como en su calidad química. El agua deberá estar exenta de contaminantes microbianos que de alguna manera puedan ser perjudiciales para la salud humana. Respecto a la calidad química, deberán usarse aguas con bajos contenidos de sales. Los contenidos elevados de calcio o magnesio (mayores a 30 ppm en cada caso), obligarán a realizar correcciones en la formulación de la solución nutritiva. Por su parte, elementos como sodio o cloro en forma excesiva podrán ser tóxicos para la planta. En todos los casos se recomienda la realización de análisis del agua antes de comenzar con estos sistemas, además de análisis cíclicos, en especial cuando la fuente es subterránea (Gilsanz, 2007).

8.6.5. PH en la solución nutritiva

El rango de pH en el cual los nutrientes se encuentran disponibles ocurre entre 5,5 y 7. Para medir el pH se utiliza un medidor portátil el cual debe estar calibrado durante todo el período de uso, de acuerdo a las instrucciones comerciales. Las correcciones de pH generalmente se realizan para acidificar la solución al rango óptimo anteriormente señalado. Esto se explica en el hecho de que a medida que se repone el volumen consumido, se agrega agua hasta obtener el volumen inicial aumentándose el pH. Para disminuir el pH a un valor mínimo de 5,5, se agrega una solución ácida, la cual se compone de una mezcla de ácido nítrico (HNO_3) y ácido ortofosfórico (H_3PO_4) en una proporción de 3 : 1, preparada al 5%. Es decir, al preparar 10 litros de solución con la mezcla indicada, se agrega a 9.500 cc de agua contenidos en un contenedor, 380 cc de ácido nítrico (HNO_3) y 120 cc de ácido ortofosfórico (H_3PO_4) (FAO, 2003).

8.6.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un parámetro que mide el total de sales disueltas en el agua y evalúa la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica, se expresa en mili Siemens sobre centímetro, esto permite conocer si la solución excede o carece de la cantidad de nutrientes para cultivos hortícolas. En el sistema NFT es necesario medir la conductividad eléctrica de la solución nutritiva con regularidad y compensar la falta de nutrientes o el exceso según sea el caso, el rango de conductividad eléctrica adecuado para el crecimiento de las plantas se encuentra entre: 1,5-2,5 mS/cm (Leon, 2006).

La conductividad eléctrica (C.E.), se basa en el concepto de la proporcionalidad de la conductividad eléctrica de una solución en relación a la concentración de sales disueltas, junto con utilizar una solución nutritiva que contiene una baja concentración de elementos no esenciales. Por esta razón, uno de los éxitos del sistema "NFT" se encuentra en la elección de una adecuada formulación de la solución nutritiva. La unidad de la C.E. es el milisiemens (mS/cm) - anteriormente conocido como milimhos (mmho), pero en hidroponía para fines prácticos, se trabaja con el Factor de conductividad (Fc), que se define como factor de conductividad $(\text{Fc}) = \text{C.E. (mS/cm)} \times 10$, es decir, un $\text{Fc}=20$ equivale a 2 mS/cm. El rango de conductividad eléctrica usualmente requerido para un debido crecimiento del cultivo, está entre un Fc de 15 a 30 (FAO, 2003).

9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

9.1. Hipótesis nula

H0: Ninguna de las variedades evaluadas responde favorablemente a las soluciones nutritivas aplicadas.

9.2. Hipótesis alternativa

Ha: Al menos una de las variedades evaluadas responde favorablemente a las soluciones nutritivas aplicadas.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

10.1. Modalidad básica de investigación

10.1.1. De Campo

La investigación es de campo, ya que la recolección de datos se realiza directamente en el cultivo protegido.

10.1.2. Bibliográfica Documental

Para respaldar la investigación se utilizó revisión bibliográfica y artículos científicos online de investigaciones ya concluidas anteriormente, la cual sirvió para la escritura de la literatura de la fundamentación teórica y comparación con los resultados obtenidos.

10.2. Tipo de investigación

10.2.1. Cuantitativa

La investigación es cuantitativa ya que se basó en el estudio de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición de las variables establecidas por medio de la recolección de los datos para su posterior análisis estadístico.

10.2.2. Experimental

Se basó en la manipulación de variables en condiciones controladas de riego y fertilización, valorando el efecto de los mismos en las plantas evaluadas, mediante la obtención de datos con muestras aleatorias representativas de la realidad.

10.3. Factores de estudio

Los factores de estudio de la presente investigación son tres variedades de lechuga y dos soluciones nutritivas, cuyos detalles se muestran a continuación:

Factor A: Variedades de lechuga

S: Starfighter

M: Marrón

P: Patagonia

Factor B: Soluciones Nutritivas

T: Solución 1

Tabla 6. Composición química de la solución "T"

| Elemento | PPM |
|------------------|------------|
| Nitrógeno | 149,98 |
| Fosforo | 35 |
| Potasio | 209,96 |
| Calcio | 149,98 |
| Hierro quelatado | 1 |
| Magnesio | 45 |
| Azufre | 7 |
| Manganeso | 0,5 |
| Boro | 0,5 |
| Cobre | 0,1 |
| Zinc | 0,15 |
| Molibdeno | 0,05 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

LM: Solución 2

Tabla 7. Composición química de la solución “LM”

| Elemento | PPM |
|------------------|------------|
| Nitrógeno | 89,99 |
| Fosforo | 40,50 |
| Potasio | 89,99 |
| Calcio | 93,99 |
| Hierro quelatado | 2,50 |
| Magnesio | 29,40 |
| Azufre | 8,00 |
| Manganeso | 1,60 |
| Boro | 0,90 |
| Cobre | 0,06 |
| Zinc | 0,30 |
| Molibdeno | 0,06 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

10.4. Tratamientos

Los tratamientos son el resultado de la combinación de los factores en estudio antes mencionados, se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 8. Tratamientos en estudio

| Tratamientos | Codificación | Descripción |
|---------------------|---------------------|--------------------|
| 1 | S T | Starfighter + T |
| 2 | S LM | Starfighter + L M |
| 3 | M T | Marrón + T |
| 4 | M LM | Marrón + L M |
| 5 | P T | Patagonia + T |
| 6 | P LM | Patagonia + L M |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

10.5. Unidad experimental

En la siguiente tabla se explica la unidad experimental:

Tabla 9. Unidad experimental

| Detalle | Cantidad |
|--|-----------------|
| Número de total de plantas | 396 |
| Número de tubos de PVC utilizados en total | 36 |
| Número de tubos por tratamiento | 2 |
| Número de Trípodes | 3 |
| Número de tubos por trípode | 12 |
| Distancia entre plantas (cm) | 25 |
| Número de plantas por tratamiento | 22 |
| Número de plantas por parcela neta | 10 |
| Área total del ensayo (m ²) | 32 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

10.6. Diseño experimental

La investigación se realizó con un diseño experimental de bloques completamente al azar (DBCA), el cual constó de 6 tratamientos y 3 repeticiones (Tabla 10).

Tabla 10. Esquema del Análisis de Varianza

| Fuente de variación | Grados de libertad | |
|----------------------------|---------------------------|----|
| Repeticiones | $(r - 1)$ | 2 |
| Tratamientos | $(t - 1)$ | 5 |
| Factor a | $(a - 1)$ | 2 |
| Factor b | $(b - 1)$ | 1 |
| Factor a x b | $(a - 1)*(b - 1)$ | 2 |
| Error | $(t - 1)*(r-1)$ | 10 |
| Total | $(t \cdot r)-1$ | 17 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

10.7. Procedimiento de análisis de la información recolectada

Se realizó la interpretación de los datos recolectados durante la investigación utilizando el análisis de varianza (ADEVA), con la prueba de significación de Tukey al 5%, utilizando el programa Infostat versión 2015.

10.8. Variables de la evaluación en campo

10.8.1. Número de hojas

Se realizó el conteo del número de hojas de 10 plantas tomadas al azar de los tratamientos, a los 15, 30 y 60 días después del trasplante.

10.8.2. Longitud de las hojas

Se registró la longitud de las hojas de 10 plantas tomadas al azar de los tratamientos, a los 15, 30 y 60 días después del trasplante, desde el tallo hasta el ápice de la hoja, con la ayuda de una regla graduada.

10.8.3. Ancho de la hoja

Se midió este parámetro en 10 plantas tomadas al azar de los tratamientos, a los 15, 30 y 60 días posteriores al trasplante.

10.8.4. Longitud radicular

Con una regla graduada se midió esta variable en 10 plantas tomadas al azar de los respectivos tratamientos, a los 15, 30 y 60 días respectivamente, desde el cuello hasta el ápice radicular.

10.8.5. Peso de la planta

Se eligieron 10 plantas de los respectivos tratamientos, con la ayuda de una balanza digital de precisión se registró el peso de la planta en gramos. Este proceso se realizó al momento de la cosecha.

10.8.6. Peso de la hoja

Con la ayuda de una balanza digital de precisión se registró el peso en gramos de las hojas y se eligieron 10 plantas de cada uno de los tratamientos. Este proceso se realizó al momento de la cosecha.

10.8.7. Rendimiento

El rendimiento se obtuvo con la suma del peso total de las lechugas cosechadas de cada tratamiento, esto se expresó en kilogramos por hectárea.

10.9. Manejo del ensayo

10.9.1. Diseño del ensayo

El diseño constó con tres bases en forma de trípode los cuales daban soporte a 12 tubos (6 tubos a cada lado) de PVC de 4" de diámetros y 3 metros de longitud. Cada lado del trípode era independiente del otro, sus 6 tubos con separación de 0,25 metros se conectaban entre sí por medio de ángulos de PVC de 90 ° y 4" de diámetro, permitiendo la circulación de la solución nutritiva, para ello se empleó una pendiente del 1 % (Ver anexo 4).

En la parte superior de cada trípode se encontraba la red de riego de mangueras plásticas de 0,5" de diámetro, la cual conducía el solvente líquido desde dos depósitos de 60 litros de capacidad (uno para cada solución) a cada una de las redes de tuberías de los diferentes tratamientos y sus repeticiones según correspondían.

La recolección del solvente líquido se realizaba por medio de una segunda red de tuberías PVC de 2" de diámetro, las cuales regresaban a cada uno de los depósitos (ver anexo 5).

10.9.2. Distribución de plantas

A cada tubo se le realizó 11 orificios separados a 25 centímetros de distancia entre sí, donde se colocaron las plantas sujetas con suspensores acanalados permitiendo el desarrollo radicular (ver anexos 6 y 7).

10.9.3. Riego y fertilización

El riego se realizó de forma automatizada con 8 frecuencias de riego diarias, en intervalos de 1 hora con una relación entre el tiempo de riego e intervalo del mismo de 1:1, es decir por cada hora de riego se tenía una hora de receso. La fertilización se la efectuó mediante diluciones líquidas cuya dosis fue de 1000 cc de las soluciones empleadas (T y LM) por cada 100 litros de agua.

10.9.4. Automatización del sistema hidropónico

La automatización se la realizó con un Timer de 110 voltios de 8 ciclos de función, conectado a la red doméstica eléctrica, el cual emitía señales a las bombas de riego para cada inicio y fin de las frecuencias de riego en los ciclos establecidos.

10.9.5. Control fitosanitario

Se realizó 3 controles preventivos a los 20, 30 días después del trasplante con sulfato de cobre penta hidratado en dosis de 4 cc por 100 litros de agua y a los 40 días con agua oxigenada de 20 volúmenes en dosis de 100 cc más 4 cc de sulfato de cobre penta hidratado en 100 litros de agua.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1. Efectos simples de las variedades, soluciones e interacciones

11.1.1. Número de hojas

De acuerdo con el análisis estadístico se estableció diferencia entre las variedades de lechugas evaluadas, siendo Starfighter la que obtuvo mejor resultado en cuanto a las variables número

de hoja a los 15, 30 y 60 días, con promedios de 6,72; 12,45 y 28,58 hojas respectivamente, seguido Marrón que obtuvo a los 60 días un promedio de 20.31 hojas por planta, siendo Patagonia la de resultados menores. Esto discrepa de lo obtenido por Quispe, L (2015) ya que en su estudio determinó que la mejor variedad para hidroponía es Marrón con una media de 17.53 hojas a la cosecha.

Tabla 11. Número de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Variedades | Numero de Hojas | | |
|-------------|-----------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | 60 días |
| Starfighter | 6,72 a | 12,45 a | 28,58 a |
| Marrón | 5,89 b | 10,28 b | 20,31 b |
| Patagonia | 5,00 c | 9,20 b | 14,86 c |
| CV(%) | 6,16 | 8,18 | 9,99 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Respecto a solución nutritiva empleada, se pudo determinar que no existe diferencia estadística significativa en su análisis estadístico, siendo la de mejores promedios la solución LM con 5,94 hojas a los 15 días, 10,94 hojas a los 30 días con la solución T y 21, 67 hojas a los 60 días con la solución LM, tal como se evidencia en la tabla siguiente:

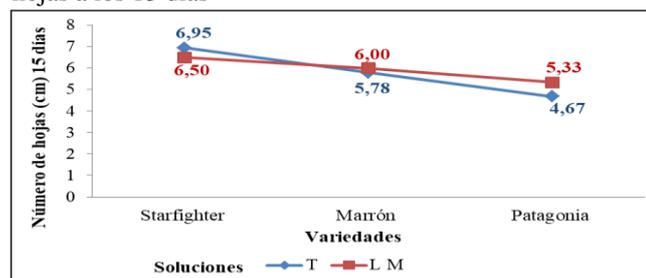
Tabla 12. Número de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Soluciones | Numero de Hojas | | |
|------------|-----------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | 60 días |
| T | 5,80 a | 10,94 a | 20,83 a |
| LM | 5,94 a | 10,33 a | 21,67 a |
| CV(%) | 14,75 | 16,48 | 31,52 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

En la interacción de las variedades evaluadas con relación a la solución nutritiva empleada se pudo establecer con la evaluación de número de hojas que la variedad Starfighter responde mejor a la solución T, sin embargo, esta misma solución no responde de igual forma con la variedad Patagonia, la cual tiene el menos rendimiento en hojas a los 15 días, mostrando una mejor respuesta a la fertilización con la solución L M (Gráfico 2).

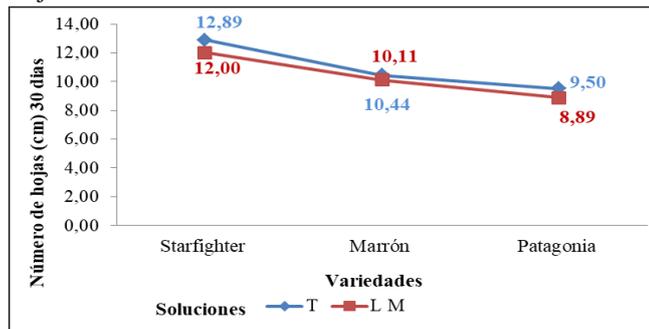
Gráfico 2. Interacción variable - solución en el número de hojas a los 15 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

A los 30 de evaluación se mantuvo la respuesta de variedad Starfighter con solución T como el mejor resultado con un promedio de 12,89 hojas por planta, manteniéndose la variedad Patagonia como el menor promedio de hoja, pero en este caso obteniendo una mejor respuesta a utilización de la solución T, tal como se evidencia en el Gráfico 3.

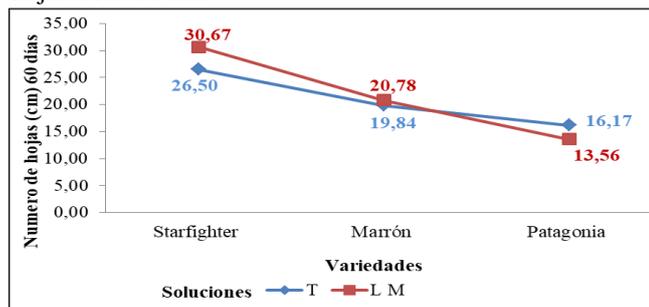
Gráfico 3. Interacción variable - solución en el número de hojas a los 30 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Sin embargo, en la última evaluación de número de hojas a los 60, la variedad Starfighter se mantuvo como el mejor promedio obteniendo 30,67 hojas con mejor respuesta a mediano plazo a la solución LM a diferencia de las valoraciones anteriores. La variedad Patagonia se mantuvo como el menor promedio, teniendo una mejor respuesta a la fertilización con la solución T (Gráfico 4).

Gráfico 4. Interacción variable - solución en el número de hojas a los 60 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

11.1.2. Longitud de hojas

El análisis estadístico de las medias de la longitud de la hoja de lechuga a los 15 días determino que existe diferencia estadística entre variedades evaluadas, mientras que a los 30 días no existe diferencia significativa entre Starfighter y Marrón, pero si entre estas y Patagonia, posterior a los 60 días tampoco existe diferente significativa entre Marrón y Patagonia, pero sí entre estas dos y Starfighter, esta última además fue la variedad que obtuvo

los mejores promedios en los tres periodos de evaluación mencionados con 10,27; 16,82 y 19,17 centímetros de longitud de sus hojas (Tabla 13). Estos resultados contrasta con la investigación de Ballen, J. (2002), quien determinó que la variedad Marrón no tiene un buen desarrollo de hojas obteniendo como resultados medio 5.9 cm en dicha variedad.

Tabla 13. Longitud de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Variedades | Longitud de Hojas (cm) | | | | | |
|-------------|------------------------|---|---------|---|---------|---|
| | 15 días | | 30 días | | 60 días | |
| Starfighter | 10,27 | a | 16,82 | a | 19,17 | a |
| Marrón | 9,25 | b | 16,77 | a | 15,00 | b |
| Patagonia | 5,42 | c | 12,78 | b | 13,69 | b |
| CV(%) | 3,98 | | 7,64 | | 11,45 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Con el análisis estadístico, en lo que se refiere a las soluciones utilizadas no existe diferencia significativa en la variable longitud de hoja medida a los 15 Y 30 días, siendo la solución T aquellas que obtuvo los mejores promedios con 8,46 y 15,49; mientras que a los 60 días la solución LM obtuvo 16,03 centímetros, tal como se muestra en la (tabla 14).

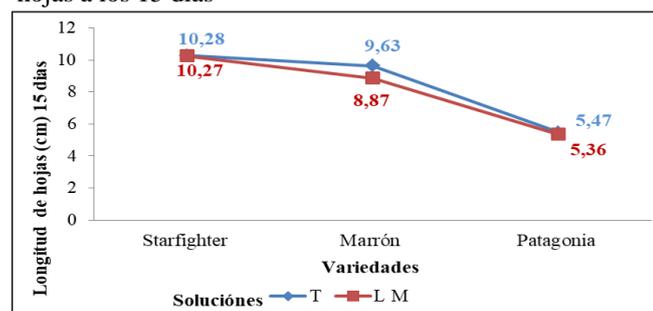
Tabla 14. Longitud de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Soluciones | Longitud de Hojas | | | | | |
|------------|-------------------|---|---------|---|---------|---|
| | 15 días | | 30 días | | 60 días | |
| T | 8,46 | a | 15,49 | a | 15,87 | a |
| LM | 8,17 | a | 15,42 | a | 16,03 | a |
| CV(%) | 28,71 | | 15,73 | | 19,95 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Al analizar la interacción entre las variedades y las soluciones, se pudo establecer que en la evaluación de la longitud de hojas a los 15 días posteriores al trasplante, Starfighter responde de forma similar a la nutrición de las soluciones T y L M, esto también se evidencias con la variedad Patagonia que no tiene una diferencia significativa respecto a la nutrición con ambas soluciones, según se muestra en el (Gráfico 5).

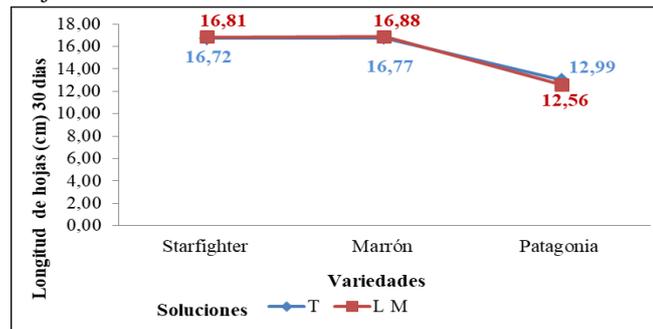
Gráfico 5. Interacción variable - solución en la longitud de hojas a los 15 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

En la valoración a los 30 días, se pudo evidenciar que las variedades utilizadas responden de forma similares a la nutrición con soluciones empleadas, existiendo poca diferencia en la comparación de las medias de la longitud de sus hojas, lo cual se puede observar en el gráfico siguiente.

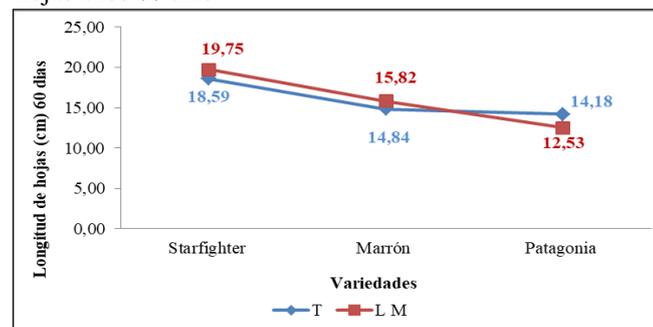
Gráfico 6. Interacción variable - solución en la longitud de hojas a los 30 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Sin embargo, a los 60 días de acuerdo con los resultados de la interacción de las variedades y las soluciones empleadas se pudo determinar que Starfighter responde mejor a la solución LM, pero Patagonia cuyos promedios son bajos respecto de las otras dos variedades responde mejor a la solución T (Gráfico 7).

Gráfico 7. Interacción variable - solución en la longitud de hojas a los 60 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

11.1.3. Ancho de hojas

Los resultados del análisis estadístico para la variable ancho de hojas a los 15 días estableció que entre las variedades no hubo diferencias significativa. Mientras que a los 30 días no hubo diferencias entre las variedades Starfighter y Marrón, por lo contrario la variedad Patagonia presenta diferencia significativa respecto a las anteriores. A los 60 días hubo diferencias estadísticas entre las variedades. La variedad que mejores resultados obtuvo a los 15, 30 y 60 días fue Starfighter, seguido de Marrón, mientras que la variedad Patagonia obtuvo

recurrentemente los resultados más bajos (Tabla 15). Esto discrepa de Ballen, J. (2014) quien determinó que Marrón tiene un promedio de 3.7 cm de ancho de sus hojas, pero concuerda con lo establecido por Ramoa, M (2011), quien establece que una de las variedades de mejor desarrollo es Starfighter.

Tabla 15. Ancho de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Variedades | Ancho de Hojas (cm) | | |
|-------------|---------------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | 60 días |
| Starfighter | 5,04 a | 6,89 a | 13,48 a |
| Marrón | 4,12 a | 6,82 a | 8,46 b |
| Patagonia | 3,3 a | 4,24 b | 6,24 c |
| CV(%) | 3,79 | 18,58 | 15,07 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Tal como se muestra en los resultados se observó que a los 15, 30 y 60 días no hubo diferencias estadísticas entre las soluciones, no obstante la solución que obtuvo los resultados superiores a los 15, 30 y 60 días fue L M con 4.21, 6.44 y 9.57 cm de ancho de sus hojas respectivamente (Tabla 16).

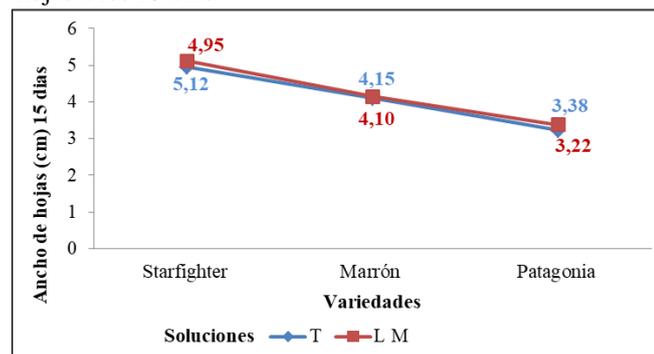
Tabla 16. Ancho de hojas a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Soluciones | Ancho de Hojas | | |
|------------|----------------|-------|---------|
| | 15 días | 30 di | 60 días |
| T | 4,09 a | 5, a | 9,22 a |
| LM | 4,21 a | 6, a | 9,57 a |
| CV(%) | 19,64 | 28, | 39,29 |

Elaborado por: Cevallos M (2020).

Como resultado de la interacción variable con solución a los 15 días se puede observar que todas las variedades reaccionaron de manera similar con la solución T y la solución L M. siendo la variedad Starfighter la variedad con mayores promedios, y la variedad Patagonia la de menores promedios (Gráfico 8).

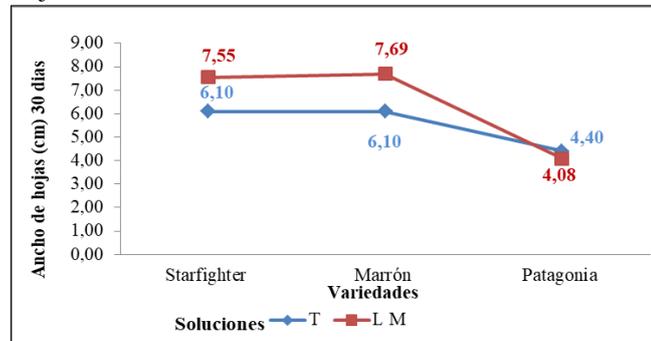
Gráfico 8. Interacción variable - solución en el ancho de hojas a los 15 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

En el gráfico 9 se puede observar que en cuanto a la variable ancho de la hoja a los 30 días, la variedad Patagonia obtuvo los resultados bajos, manteniendo valores similares en respuesta a las soluciones empleadas. Starfighter y Marrón tienen una mejor respuesta a solución LM.

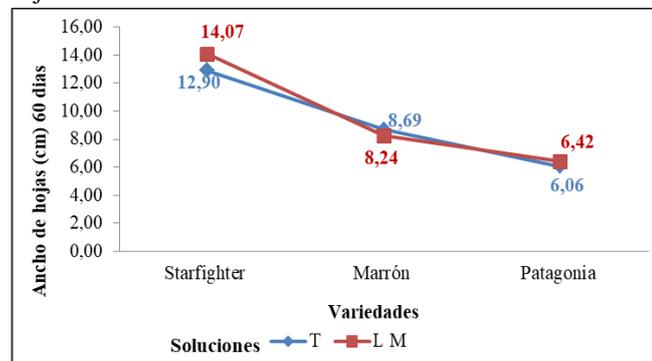
Gráfico 9. Interacción variable - solución en el ancho de hojas a los 30 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Como consiguiente a los 60 días de acuerdo con los resultados de la interacción de las variedades y las soluciones se pudo determinar que Starfighter de mejores resultados, responde mejor a la solución LM, con respecto a Marrón y Patagonia tienen respuestas similares (Gráfico 10).

Gráfico 10. Interacción variable - solución en el ancho de hojas a los 60 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

11.1.4. Longitud de raíz

De acuerdo con el análisis estadístico se estableció diferencia estadísticas entre las variedades evaluadas, respecto a la variable longitud de raíz a los 15, 30 y 60 días, siendo Starfighter la que obtuvo mejor resultado con promedios de 9.58; 16.19 y 19.95 cm respectivamente (Tabla 17).

Tabla 17. Longitud de raíz a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Variedades | Longitud de Raíz (cm) | | |
|-------------|-----------------------|---------|----------|
| | 15 días | 30 días | 60 días |
| Starfighter | 9,58 a | 16,19 a | 19,95 a |
| Marrón | 9,05 a | 14,76 a | 17,39 ab |
| Patagonia | 7,89 b | 13,31 b | 13,82 b |
| CV(%) | 4,67 | 13,6 | 17,52 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

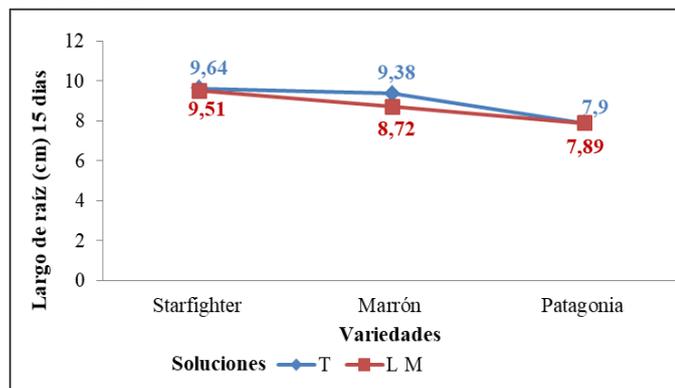
Con el análisis estadístico, en lo que a las soluciones respecta, no existe diferencia significativa en la variable longitud de raíz a los 15, 30 y 60 días. La solución T obtuvo mejores resultados en los primeros 15 días con un valor de 8,98 cm, mientras que la solución LM obtuvo mejores promedios a los 30 y 60 días con 15,14 y 17,53 cm de longitud respectivamente (Tabla 18). Ratificando lo establecido por Truca, P (2002) quien demostró que se pueden obtener excelentes resultados en cultivos hidropónicos con diferentes soluciones nutritivas.

Tabla 18. Longitud de raíz a los 15, 30 y 60 días luego del trasplante

| Soluciones | Longitud de Raíz | | |
|------------|------------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | 60 días |
| T | 8,98 a | 14,37 a | 16,57 a |
| LM | 8,70 a | 15,14 a | 17,53 a |
| CV(%) | 9,92 | 15,63 | 23,55 |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

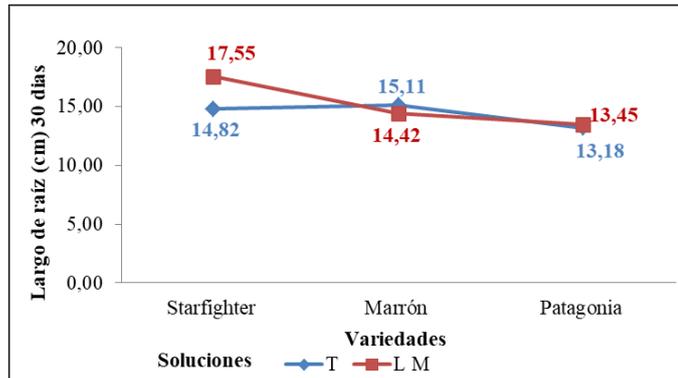
En la variable largo de raíz a los 15 días, la interacción de las variedades evaluadas con relación a la solución nutritiva empleada se pudo establecer que la variedad Starfighter responde favorablemente a las dos soluciones, en tanto que la variedad Marrón de menores resultados responde mejor a la solución T (Gráfico 11).

Gráfico 11. Interacción variable - solución en el largo de raíz a los 15 días

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

En tanto al resultado de la interacción variable con solución en el largo de raíz a los 30 días se puede observar que las variedades Marrón y Patagonia reaccionaron de manera similar con la solución T y la solución L M; mientras que la variedad Starfighter con 17.55 cm reaccionó mejor a la solución L M (Gráfico 12).

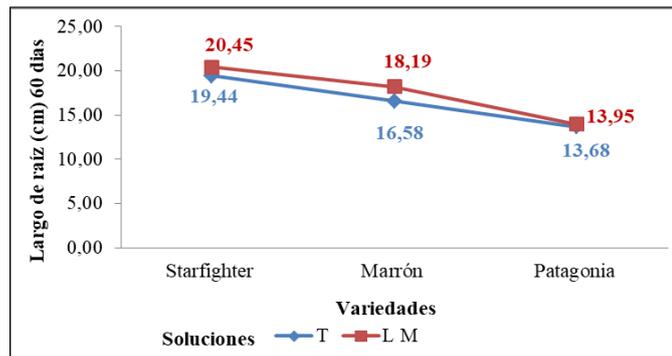
Gráfico 12. Interacción variable - solución en el largo de raíz a los 30 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

A los 60 días de acuerdo con los resultados de la interacción de las variedades y las soluciones en el largo de raíz se pudo determinar que la variedad Starfighter con 20.45 y la variedad Marrón con 18.19 respondieron mejor a la solución L M, en tanto a la variedad Patagonia tiene respuesta similar a las dos soluciones (Gráfico 13).

Gráfico 13. Interacción variable - solución en el largo de raíz a los 60 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

11.1.5. Peso de hojas

El análisis estadístico de las medias de la variable peso la hoja de lechuga realizado al momento de la cosecha determinó que existe diferencia estadística entre variedades evaluadas, el mayor valor lo obtuvo la variedad Starfighter con un promedio de 6.67 gr, y el menor resultado lo obtuvo la variedad Patagona con un valor de 4.69 gr (Tabla 19).

Resultados que concuerdan con lo expresado por Ramoa, M (2011), quien determinó en su estudio que Starfighter es una variedad con buen comportamiento agronómico.

Tabla 19. Peso de hojas en la cosecha

| Variedades | Peso Hoja gr (cosecha) | |
|-------------|------------------------|---|
| Starfighter | 6,67 | a |
| Marrón | 5,31 | b |
| Patagonia | 4,69 | c |
| CV(%) | 6,03 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Con el análisis estadístico, en lo que se refiere a las soluciones utilizadas no existe diferencia significativa en la variable peso de hoja medida al momento de la cosecha, siendo la solución LM aquella que obtuvo los mejores promedios con 5.68 gr. y 5.43 gr. por sobre la solución T, tal como se muestra en la (Tabla 20).

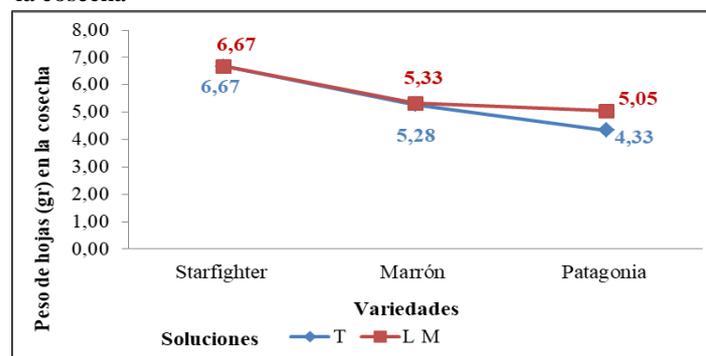
Tabla 20. Peso de hoja

| Soluciones | P. Hojas gr (cosecha) | |
|------------|-----------------------|---|
| T | 5,43 | a |
| LM | 5,68 | a |
| CV(%) | 17,61 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

En la valoración al momento de la cosecha, se pudo evidenciar que las variedades Starfighter y Marrón de forma similar a la nutrición con las soluciones empleadas, sin embargo la variedad Patagonia la solución LM con 5.05 gr. obtuvo mejor respuesta que la solución T con 4.33 gr. lo cual se puede evidenciar en el siguiente (Gráfico 14).

Gráfico 14. Interacción variable - solución peso de hojas en la cosecha



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

11.1.6. Peso de planta

De acuerdo con el análisis estadístico se estableció diferencia entre las variedades de lechugas evaluadas, siendo Starfighter la que obtuvo mejor resultado en cuanto a las variables peso

planta al momento de la cosecha, con promedio de 190.39 gr. y con menor resultado la variedad Patagonia con 69.5 gr, tal como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 21. Peso de planta en la cosecha

| Variedades | Peso Planta gr (cosecha) | |
|-------------------|---------------------------------|---|
| Starfighter | 190,39 | a |
| Marrón | 107,03 | b |
| Patagonia | 69,5 | c |
| CV(%) | 10,47 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Con el análisis estadístico, en lo que se refiere a las soluciones utilizadas no existe diferencia significativa en la variable peso de planta medida al momento de la cosecha, siendo la solución T aquella que obtuvo los mejores promedios con 128.11 gr, mientras que la solución LM obtuvo 116.50 gr (Tabla 22). Resultados que se ratifican con lo establecido por Ramoa, M (2011), quien establece con su investigación que Starfighter es una variedad que proporciona resultados relevantes obteniendo promedios 616,44 gramos por planta.

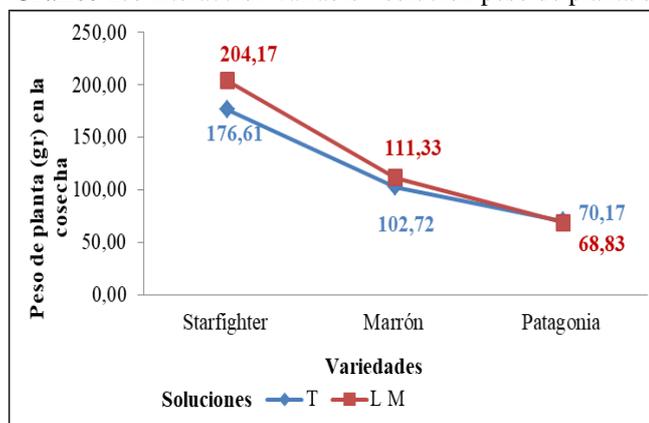
Tabla 22. Peso de planta en la cosecha

| Soluciones | Peso Pta gr (cosecha) | |
|-------------------|------------------------------|---|
| T | 116,50 | a |
| LM | 128,11 | a |
| CV(%) | 47,61 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

En la valoración al momento de la cosecha, se evidenció que las variedades utilizadas respondieron de forma similar con las soluciones empleadas, existiendo poca diferencia en la comparación de las medias del peso de planta, sin embargo la variedad Starfighter obtuvo mejor resultado en cuanto a las variables peso planta con la solución LM con un promedio de 204.17 gr y con la solución T 176.61 gr (Gráfico 15).

Gráfico 15. Interacción variable - solución peso de planta en la cosecha



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

11.1.7. Rendimiento por hectárea

En la siguiente tabla se puede determinar que la variedad Starfighter obtuvo el mejor resultado en tanto a la variable el rendimiento por hectárea con un promedio de 22330,00 kg/ha, como consiguiente la variedad Marrón obtuvo resultados intermedios con un valor de 12444.02 kg/ha, finalmente la variedad con el menor resultado fue Patagonia con un valor de 8117.35 kg/ha (Tabla 23). Dichos resultados hacen referencia a los establecidos por autores como Romoa, M (2011), quien considera que Starfighter es una variedad de rendimientos relevantes, y con Truca, P (2002), quien manifiesta que produciendo lechugas con diferentes soluciones en el cultivo hidropónico demostró que con este sistema se pueden obtener buenos resultados en cuanto al desarrollo y producción.

Tabla 23. Rendimiento por hectárea de las variedades

| Variedades | Rendimiento kg/ha (cosecha) | |
|-------------------|------------------------------------|---|
| Starfighter | 22330,00 | a |
| Marrón | 12444,02 | b |
| Patagonia | 8117,35 | c |
| CV(%) | 10,7 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Los resultados de los análisis de las soluciones utilizadas revelan que no existe diferencia significativa en la variable Rendimiento por hectárea, siendo la solución LM aquella que obtuvo los mejores promedios con 14998,82 kg, mientras que la solución T obtuvo 13595,43 kg (Tabla 24).

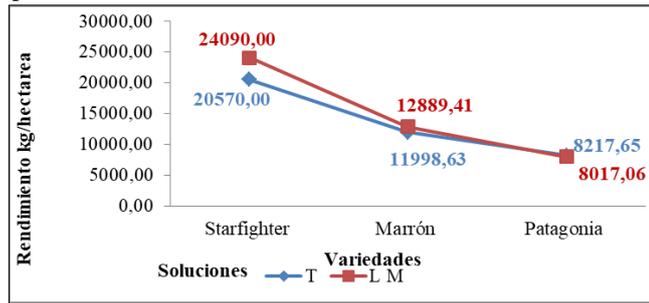
Tabla 24. Rendimiento por hectárea de las soluciones

| Soluciones | Rendimiento kg/ha (cosecha) | |
|-------------------|------------------------------------|---|
| T | 13595,43 | a |
| LM | 14998,82 | a |
| CV(%) | 47,97 | |

Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Notablemente el resultado de la interacción variedad con solución en la variable rendimiento por hectárea se puede observar que las variedades Marrón y Patagonia reaccionaron de manera similar con la solución T y la solución L M; mientras que la variedad Starfighter reaccionó mejor a la solución L M. con un valor de 24090 kg/ha mientras que con la solución T se obtuvo un valor de 20570 kg/ha (Gráfico 16).

Gráfico 16. Interacción variable - solución en rendimiento por hectárea



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

12. IMPACTOS

12.1. Impactos ambientales

Desde el punto de vista ambiental los cultivos hidropónicos nos brindan la posibilidad de aprovechar espacio para la producción de algunas hortalizas en un periodo de tiempo menor, sin utilización del suelo. Evita el uso de agroquímicos altamente contaminantes, los cuales se aplican en cultivos realizados convencionalmente en el suelo, evitando la erosión del mismo. No se necesita un labrado del suelo por lo consiguiente no se utiliza maquinaria agrícola y disminuiría el consumo de combustibles fósiles y la producción de CO₂.

12.1. Impactos sociales

Más allá de los beneficios para el medio ambiente que ofrece la hidroponía, tiene un impacto social sustentable y sostenible. Produce alimentos saludables y frescos para el consumo humano. Entre los objetivos fundamentales de la hidroponía es lograr reducir la contaminación que existe en el mundo, poder satisfacer la demanda de alimentos actual y generar ofertas de empleo sin explotación laboral ni sobre esfuerzo humano.

12.1. Impactos Económicos

La hidroponía abre las puertas a una sinergia entre el entorno y la sociedad la cual conlleva a un al progreso económico, puesto que al crear una empresa de producción de alimentos hidropónicas se producen ofertas laborales, ayudando así al desarrollo económico de las clases sociales de mejor recurso.

13. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Tabla 25. Presupuesto global del proyecto

| Recursos | Cantidad | Unidad | Valor Unitario \$ | Valor Total \$ |
|---|----------|----------------|-------------------|----------------|
| 1.- MATERIALES DEL SISTEMA NFT | | | | |
| Tubos 3" PVC 3m | 36 | Unidad | 3,12 | 112,32 |
| Codos 2" | 144 | Unidad | 0,33 | 47,52 |
| Acople de 3" a 2" | 144 | Unidad | 0,42 | 60,48 |
| Pernos | 288 | Unidad | 0,04 | 11,52 |
| Tuercas y rodelas | 288 | Unidad | 0,03 | 8,64 |
| Gancho aluminio 3" | 108 | Unidad | 0,35 | 37,80 |
| Tablón de madera | 33 | Unidad | 3,30 | 108,9 |
| 2.- SISTEMA DE BOMBEO AUTOMATIZADO | | | | |
| Bomba de agua Petrull | 2 | Unidad | 31,75 | 63,50 |
| Mangueras 1/2" | 35 | Metros | 0,35 | 12,25 |
| Tubo PVC 1/2" | 15 | Metros | 1,25 | 18,75 |
| Codos 1/2" | 6 | Unidad | 0,53 | 3,18 |
| "T" de 1/2" | 6 | Unidad | 0,42 | 2,52 |
| Acople de 1/2 a manguera | 18 | Unidad | 1,00 | 18,00 |
| Llave de paso | 2 | Unidad | 5,00 | 10,00 |
| Tanque 50 l | 2 | Unidad | 14,2 | 28,40 |
| Cable eléctrico gemelo # 16 | 45 | Metros | 0,45 | 20,25 |
| Timer (temporizador) | 1 | Unidad | 85,00 | 85,00 |
| Tomacorriente 110v | 1 | Unidad | 1,00 | 1,00 |
| Enchufe 110 v | 1 | Unidad | 1,00 | 1,00 |
| 3.- SEMILLERO | | | | |
| Bandeja de germinación | 2 | Unidad | 1,32 | 2,64 |
| Semillas | 3 | Unidad | 1,50 | 4,50 |
| Turba | 3 | Kg | 3,00 | 9,00 |
| Recipientes plásticos | 200 | Unidad | 0,015 | 3,00 |
| Espanja | 3 | m ² | 3,00 | 9,00 |
| 4.-INSUMOS AGRÍCOLAS | | | | |
| Solución nutritiva 1 concentrada | 1 | Galón | 18,00 | 18,00 |
| Solución nutritiva 2 | 1 | Galón | 12,00 | 12,00 |
| Sulfato de cobre | 800 | Mililitros | 8,00 | 8,00 |
| 5.- INSTRUMENTOS DE EVALUACIÓN | | | | |
| Medidor de PH | 1 | Unidad | 18,00 | 18,00 |
| Calibrador | 1 | Unidad | 5,00 | 5,00 |
| Cinta Métrica | 1 | Unidad | 1,00 | 1,00 |
| 6.- MANO DE OBRA | 59 | Horas | 2,41 | 142,19 |
| | | | Subtotal | 883,36 |
| Elaborado por: Cevallos M. (2020). | | | IVA 12% | 106,00 |
| | | | Total | 989,36 |

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1. Conclusiones

Con los resultados obtenidos en la presente investigación se pudo concluir lo siguiente:

- La variedad que obtuvo los mejores resultados fue Starfighter ya que presentó las mejores respuestas en la evaluación de las variables de desarrollo y de producción establecidas en el ensayo.
- En cuantos a las variables de desarrollo, la variedad Starfighter obtuvo reiteradamente los mejores resultados en tanto a: Número de hojas a los 60 días con un promedio de 28.58 cm, referente al ancho de hojas a los 60 días fue 13.48 cm; con respecto a la longitud de hojas a los 60 días obtuvo 19.17 cm; así mismo en cuanto al desarrollo radicular se expresaron medias de 19.95; con referencia al peso de hoja se obtuvo un promedio de 6.67 gr.
- En lo que respecta a las variables de producción Starfighter obtuvo los mejores rendimientos con 22330 kg/Ha.
- En cuanto a las soluciones nutritivas aplicadas no se estableció una significancia estadística, sin embargo los mejores resultados de las variables en estudio a los 60 días los obtuvo la solución LM.

14.2. Recomendaciones

- Basado en el análisis de los resultados obtenidos en el presente estudio se recomienda lo siguiente:
- Emplear el sistema NFT como una alternativa para el aprovechamiento de espacios de cultivos, ya que no solo permite la optimización de espacio, sino también de recursos hídricos además del uso de pesticidas.
- Continuar con investigaciones empleando hidroponía en diferentes cultivos hortícolas de la zona.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Elein, T. y Ruiz, J. (2011). Respuesta Del Cultivo De La Lechuga (*Lactuca Sativa* L.) A La Aplicación De Diferentes Productos Bioactivos. Disponible en (http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000100003).
- Cárdenas, C. y Christopher, M. (2004). Determinación de los efectos en rendimiento de la producción de lechuga hidropónica y convencional en condiciones Honduras. Pag. 20.
- Castillo, C. (2001). La Hidroponía como alternativa de producción vegetal. Por Maracaibo - Venezuela Madrid – España. Pag. 41-62.
- Gutiérrez, J. (2011). Producción hidropónica de lechuga con y sin recirculación de solución nutritiva. Pag. 4 - 32.
- Baixauli, C. y Aguilar, O. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Pag. 11 – 20.
- Rendón, Y. Establecimiento del cultivo hidropónico de Lechuga (*Lactuca sativa* L.) variedad Great Lakes 188, mediante la utilización de diferentes tipos de sustratos sólidos en la zona de Babahoyo.
- Zambrano, A. (2014). Estudio comparativo de tres genotipos de lechuga (*Lactuca sativa* L.) cultivadas en tres sistemas de producción hidropónica. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Agrarias .
- Carrasco, G. y Izquierdo, J. (1996). La Empresa Hidroponica a Mediana Escala: La Tecnica de la Solucion Nutritiva Recirculante (NFT). Chile: Universidad de Talca.
- FAO. (1996). Manual Tecnico Hidroponia. Chile: Universidad de Talca.
- FAO. (2003). La Huerta Hidroponica Popular. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Pag. 8-20.
- Gilsanz, J. C. (2007). HIDROPONIA. Montevideo: Instituto Nacional de Investigacion Agropecuaria.
- InfoAgro. (2010). Obtenido de <https://www.infoagro.com>
- Lara, A. (1999). Manejo de la Solucion Nutritiva en la Produccion de Tomate en Hidroponia. Revista Terra. Pag. 12.
- Leon, G. (2006). Guía para los cultivos en invernaderos (2da ed.). Mexico.
- Saavedra, G. (2017). Manual de producción de lechuga. Santiago: Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).
- Soria, J. (2012). 6° Curso De Hidroponia Basica Para Principiantes. Hidroponía y acuaristica del caribe. Pag. 5-16.

- Vallejo, F. y Estrada, E. (2004). Producción de hortalizas de clima cálido . Cali: Universidad Nacional de Colombia - Sede Palmira .
- Bustamante, M.(2016) Estudio de los efectos de la luz leds sobre la producción en dos variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en un sistema hidropónico NFT vertical.
- Golberg, D. (2008). El agua. De la molécula a la biósfera. Pag. 231.
- Guzmán, G. (2004). “Hidroponía en casa: una actividad familiar”. San José, C. R. MAG. 25 pp. Disponible en http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
- Talón, M. (2008). Fundamentos de Fisiología Vegetal. Pag. 651.
- Boukhalfa, A. (1999) Cultivos sin suelo. Hidroponía. En Técnicas de producción de frutas y hortalizas en los cultivos protegidos del Sureste español.
- FAO. (2003). La Huerta Hidroponica Popular.
- Briones, E. (2007). Producción de lechuga hidropónica para la explotación al mercado Alemán. (Tesis de Ingeniería en Finanzas). ESPOL. Guayaquil.
- Mafla, 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.
- Saavedra, G (2017). Manual de producción de lechuga.
- Jaramillo, J. y Lobo, M. (1994). Manual de hortalizas de clima cálido. Pag. 341.
- Maroto, J. (1983). Horticultura herbácea especial. Madrid, España, Mundi-Prensa. Pag. 189-204.
- Suquilanda, M. (2000). El deterioro de los suelos e en el Ecuador y la producción agrícola. X Congreso Ecuatoriano de la ciencia del suelo.
- El Comercio. (2018). Obtenido de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/tendencias/degradacion-suelo-planetaeideas-ecuador-desertificacion.html>
- FAO. (2016). Estado Mundial del Recurso Suelo. Roma.
- PDOT. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón La Maná. La Maná, Cotopaxi, Ecuador .
- Universidad Central del Ecuador. (2008). XI congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. El Deterioro de los Suelos y la Producción Agrícola. Quito, Pichincha, Ecuador .
- Ramoa, M. (2011) . Evaluación de distintas variedades de lechuga (*Lactuca sativa* L.) en diferentes fechas de plantación en el norte de Santa Fe, Argentina.

- Quishpe, L. (2015). Evaluación de seis variedades de lechuga, (*Lactuca sativa* L.) cultivadas con el sistema hidropónico recirculante NFT en el Centro Experimental de Cota Cota, La Paz , Bolivia.
- Ballen, J. (2014). Relación del seguimiento de una planta con los conceptos de matemáticas.
- Truca, P. (2002). Efecto de la composición de Soluciones nutritivas en el cultivo Hidropónico de la Lechuga (*Lactuca sativa* L.var. Crespa) en Sucre.

16. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de vida del tutor

INFORMACION PERSONAL

Nombres y Apellidos: Wellington Jean Pincay Ronquillo
Cédula de Identidad: 1206384586
Lugar y fecha de nacimiento: Vinces, 4 de Noviembre de 1988
Estado Civil: Soltero
Domicilio: La Maná
Teléfonos: 0980754794
Correo electrónico: wellington.pincay4586@utc.edu.ec



TITULOS

| NIVEL | TITULO OBTENIDO | FECHA DE REGISTRO | CÓDIGO DEL REGISTRO |
|--------|---|-------------------|---------------------|
| TERCER | INGENIERO AGRÓNOMO | 2013-10-28 | 1006-13-1245059 |
| CUARTO | MÁSTER UNIVERSITARIO EN AGRO INGENIERÍA | 2016-10-25 | 724188980 |

HISTORIAL PROFESIONAL

UNIDAD ADMINISTRATIVA O ACADÉMICA EN LA QUE LABORA: FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:
 TECNOLOGÍAS Y CIENCIAS AGRÍCOLAS

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 5 DE NOVIEMBRE DE 2018

OTRAS EXPERIENCIAS LABORALES:

MINISTERIO DE AGRICULTURA (MAG)

PERIODO LABORAL DEL MAG:

14 DE NOVIEMBRE DE 2014 A 30 DE OCTUBRE DE 2018

Anexo 2. Hoja de vida del estudiante

INFORMACION PERSONAL

Nombres y Apellidos: Mario Ramiro Cevallos Mendoza
Cédula de Identidad: 0928281831
Lugar y fecha de nacimiento: Guayaquil, 10 de febrero de 1991
Estado Civil: Soltero
Tipo de Sangre: O+
Domicilio: La Maná
Teléfonos: 0992419727
Correo electrónico: mariomc7@gmail.com

**ESTUDIOS REALIZADOS**

Primer Nivel: Escuela Fiscal “Narciso Cerda Maldonado”
Segundo Nivel: Instituto Tecnológico Superior “La Maná”
Tercer Nivel: Universidad Técnica de Cotopaxi

Bachiller en Ciencias - especialización Químico Biológicas

IDIOMAS

- Español (nativo)

CURSOS DE CAPACITACIÓN

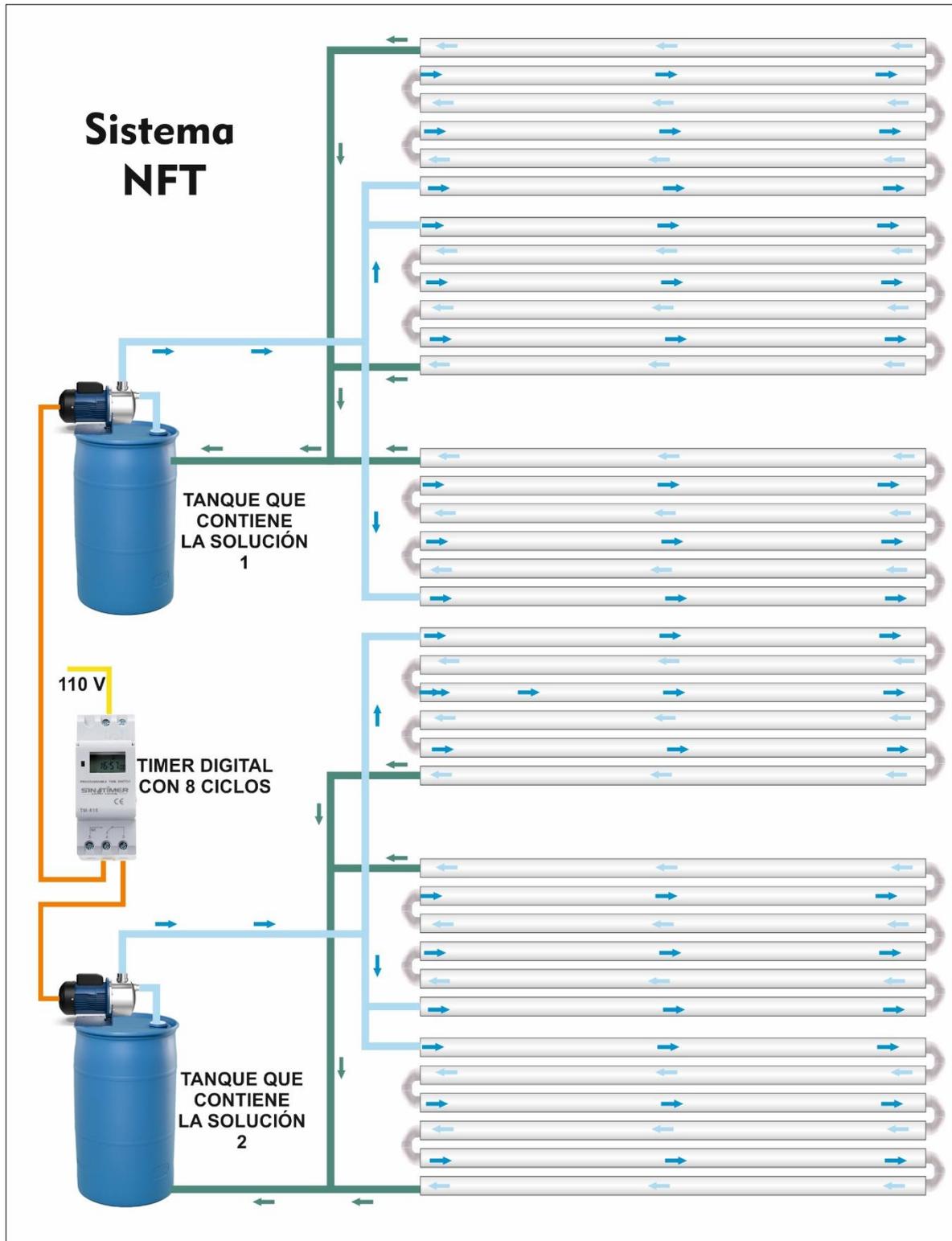
- **Seminario internacional de “Agroecología y Soberanía Alimentaria”**
- **Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi
- **Lugar y fecha:** Latacunga, 15 de Julio del 2014
- **Tiempo:** 80 horas

- **Curso – taller de “Gestión y fomento del emprendimiento”**
- **Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi
- **Lugar y fecha:** La Maná, 09 de Febrero del 2015
- **Tiempo:** 40 horas

- **Seminario internacional de “III Jornadas Agronómicas”**
- **Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi
- **Lugar y fecha:** La Maná, 22 de Junio del 2018
- **Tiempo:** 80 horas

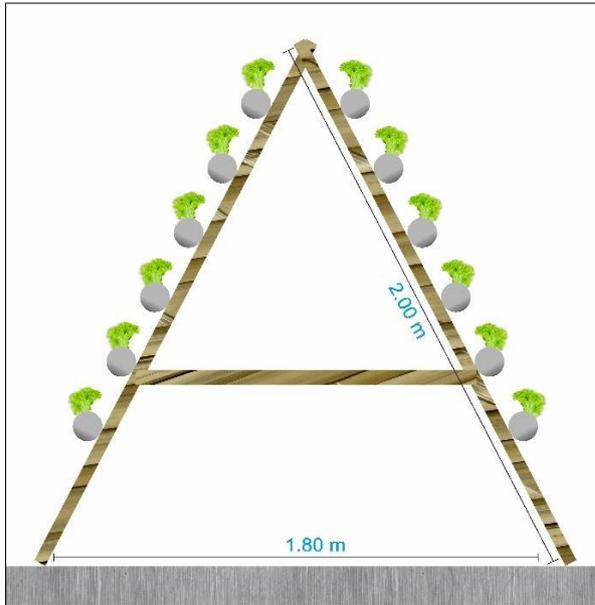
- **Seminario de “Agrobiotecnología”**
- **Dictado:** Universidad Técnica de Cotopaxi
- **Lugar y fecha:** La Maná, 20 de Diciembre del 2014
- **Tiempo:** 120 horas

Anexo 3. Diseño del sistema NFT



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 4. Vista lateral del trípode, soporte de tubos PVC



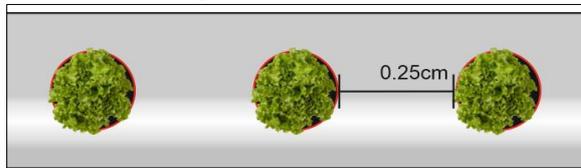
Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 5. Aplicación de soluciones nutritivas



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 6. Vista superior del tubo PVC



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 7. Recipiente plástico para soporte de la planta



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 8. Construcción de trípodes y ensamblado del sistema NFT



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 9. Plantas de lechuga a los 60 días



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 10. Cultivo hidropónico



Elaborado por: Cevallos M. (2020).

Anexo 11. Reporte de Urkund



Urkund Analysis Result

Analysed Document: tesis2 Cevallos Correcciones.docx (D64920113)
 Submitted: 3/5/2020 10:31:00 PM
 Submitted By: ricardo.luna@utc.edu.ec
 Significance: 8 %

Sources included in the report:

Proy. Inv. Llanten Santiago 10.08.2017.docx (D30068603)
 Proy. Inv. Víctor Choez 10.06.19.docx (D53699519)
 TESIS urkund.docx (D39021968)
 LECHUGA HODROPONICA ANALIS URKUND.docx (D14307452)
 Mafla,E.2014.Proyecto2.docx (D11900579)
 TESIS Miguel Espinosa 28_06_2019.docx (D54262352)
 TESIS tapia listp para imprimir - copia.doc (D23068658)
<https://docplayer.es/112010391-Universidad-central-del-ecuador-facultad-de-ciencias-agricolas-carrera-de-ingenieria-agronomica.html>
<https://docplayer.es/140983436-Universidad-nacional-de-san-antonio-abad-del-cusco.html>
<https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15507/T-2500.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/23421/1/Tesis-136%20%20Ingenier%c3%ada%20Agron%c3%b3mica%20-CD%20413.pdf>
https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_juarez_sifuentes.pdf
<https://docplayer.es/81299421-Universidad-rafael-landivar-facultad-de-ciencias-ambientales-y-agricolas-licenciatura-en-ciencias-hortícolas.html>
<https://docplayer.es/56920210-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html>

Instances where selected sources appear:

39