



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE RECURSOS NATURALES

ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE
ACELGA (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT, EN HIDROPONÍA A RAÍZ
FLOTANTE EN INVERNADERO**

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PARA TITULACIÓN DE GRADO

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO

HÉCTOR IVÁN VILLACRÉS CHÁVEZ

RIOBAMBA – ECUADOR

2019

CERTIFICACIÓN**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO****FACULTAD DE RECURSOS NATURALES****ESCUELA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

Riobamba 20 de febrero del 2019

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN

El suscrito TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN, certifica: Que el Sr. Héctor Iván Villacrés Chávez, en virtud que el estudiante ha concluido con su trabajo de titulación denominado “EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE ACELGA (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT, EN HIDROPONÍA A RAÍZ FLOTANTE EN INVERNADERO”, y ha sido responsablemente revisado y aprobado, quedando autorizada su presentación y defensa.

.....
ING. JOSE FRANKLIN ARCOS TORRES
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

.....
ING. VÍCTOR ALBERTO LINDAO CORDOVA
ASESOR DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo Héctor Iván Villacrés Chávez, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados obtenidos en el mismo, son auténticos y originales. Los textos y los documentos que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba de 20 febrero del 2019

.....
Héctor Iván Villacrés Chávez
060394364-8

DEDICATORIA

A mi virgen Dolorosa, por haberme acompañado, cuidado, escuchado y sabido poner a las personas adecuadas en cada momento valioso de mi vida. Contigo se pasó como un sueño mi niñez.

A mi mami Blanca por haberme brindado el apoyo incondicional en todo momento de mi carrera estudiantil, por darme el amor más sincero que solo una madre puede dar, por demostrarme que por más grandes que sean tus sueños, los puedes lograr si estás dispuesto a luchar. Blanquita lo conseguimos.

A mi papi Ivan mi tocayo, quien siempre miré como un ejemplo y modelo de dedicación que en la vida siempre he de seguir. Gracias por haberme inculcado a no rendirme jamás y demostrarme lo bello de mi carrera, gracias por tanto amor, ahora se viene aquella imagen a mi mente, yo encima de aquella mula, que te diré. Somos colegas papi.

A mi ñaña Lisbeth quien forma un pilar muy importante en mi vida ya que en los malos momentos siempre estuvimos juntos, la vida nunca estuvo colmada de felicidad, pero el tenernos fue suficiente para los dos. Esta relación nunca desaparecerá, sigamos así hasta viejitos.

A todos aquellos amigos que hicieron que la vida politécnica sea una experiencia que jamás en la vida voy a olvidar, gracias por tantos momentos de apoyo y dicha junto a ustedes, gracias amigos por formar parte de mi vida.

Héctor Iván Villacrés Chávez

AGRADECIMIENTO

A Dios padre mío, quien siempre me supo ayudar y siempre lo hará

A mis padres Blanca Chávez y Iván Villacrés quienes fueron fuente de inspiración para poder culminar con este gran sueño, gracias por formar parte de mi vida, no me puedo sentir más orgulloso de tener unos padres como ustedes.

A mi hermana Lisbeth Villacrés quien me supo ayudar de una manera u otra, gracias por el apoyo mi flaca.

A la Escuela Superior politécnica de Chimborazo, haciendo énfasis en la Facultad de Recursos Naturales y a la escuela de Agronomía, que me acogieron e inculcaron todos los conocimientos y valores que hoy poseo, para poder ser un profesional competente

Al Ing. Franklin Arcos, quien, como director, supo guiarme de la manera más acertada y desinteresada en la elaboración y culminación de este trabajo de investigación. Al Ing. Víctor Lindao, quien, me ayudo siendo el asesor de mi trabajo de investigación, me brindo su amistad, consejos y recomendaciones que las llevare en toda mi vida profesional. Gracias a tan valioso equipo de ambos, fue posible la realización y culminación de este trabajo.

Héctor Iván Villacrés Chávez

ÍNDICE DE CONTENIDOS

| | |
|---|------|
| Certificación | ii |
| Declaración de Autenticidad | iii |
| Dedicatoria | iv |
| Agradecimiento | v |
| Índice de Contenidos | vi |
| Lista de Cuadros | viii |
| Listas de Gráficos | x |
| Lista de Anexos | xi |
| | |
| I. EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE ACELGA (<i>Beta vulgaris</i> L.) var FORDHOOK GIANT, EN HIDROPONÍA A RAÍZ FLOTANTE EN INVERNADERO. | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN | 1 |
| A. PROBLEMA | 1 |
| B. JUSTIFICACIÓN | 2 |
| III. OBJETIVOS | 3 |
| A. GENERAL | 3 |
| B. ESPECÍFICOS | 3 |
| IV. HIPÓTESIS | 4 |
| A. HIPÓTESIS NULA | 4 |
| B. HIPÓTESIS ALTERNATIVA | 4 |
| C. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES | 4 |
| V. REVISIÓN DE LITERATURA | 5 |
| A. HIDROPONÍA | 5 |
| B. ACELGA (<i>Beta vulgaris</i> L.) | 14 |
| VI. MATERIALES Y MÉTODOS | 21 |
| A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR | 21 |
| B. EQUIPOS Y MATERIALES | 22 |
| C. MÉTODOS | 22 |

| | |
|---|----|
| D. MANEJO DEL ENSAYO | 24 |
| E. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL | 27 |
| F. DISEÑO EXPERIMENTAL | 28 |
| VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES | 29 |
| A. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO | 29 |
| B. ÍNDICE ABSOLUTO DE CRECIMIENTO (IAC) | 30 |
| C. ÍNDICE DE ASIMILACIÓN NETA (IAN) | 34 |
| D. RAZÓN DEL PESO RADICAL (RPR) | 38 |
| E. RAZÓN DEL PESO FOLIAR (RPF) | 43 |
| F. ÍNDICE DE COSECHA (K) | 47 |
| G. RENDIMIENTO POR HECTÁREA | 49 |
| H. ANÁLISIS BENEFICIO COSTO | 50 |
| VIII. CONCLUSIONES | 52 |
| IX. RECOMENDACIONES | 53 |
| X. RESUMEN | 54 |
| XI. SUMMARY | 55 |
| XII. BIBLIOGRAFÍA | 56 |
| XIII. ANEXOS | 59 |

LISTA DE CUADROS

| N° | DENOMINACIÓN | PÁG |
|-----|--|-----|
| 1. | Composición nutritiva de la acelga en 100g de producto | 15 |
| 2. | Parámetros fisiológicos | 18 |
| 3. | Parámetros morfológicos | 18 |
| 4. | Requerimientos climáticos de la acelga | 19 |
| 5. | Cantidad de nutrientes para las soluciones nutritivas | 25 |
| 6. | Fertilizantes para la solución nutritiva | 25 |
| 7. | Cantidad de fertilizantes para las soluciones nutritivas | 26 |
| 8. | Tratamientos en estudio. | 28 |
| 9. | Análisis de varianza (ADEVA) | 28 |
| 10. | Análisis de varianza para el IAC a los 30 días ddt | 30 |
| 11. | Prueba de Tukey al 5% para el IAC | 30 |
| 12. | Análisis de varianza para el IAC a los 60 días ddt | 31 |
| 13. | Prueba de Tukey al 5% para el IAC | 32 |
| 14. | Análisis de varianza para el IAC a los 90 días ddt | 33 |
| 15. | Prueba de Tukey al 5% para el IAC | 33 |
| 16. | Análisis de varianza para el IAN a los 30 días ddt | 35 |
| 17. | Análisis de varianza para el IAN a los 60 días ddt | 36 |
| 18. | Prueba de Tukey al 5% para el IAN | 36 |
| 19. | Análisis de varianza para el IAN a los 90 días ddt | 37 |
| 20. | Prueba de Tukey al 5% para el IAN | 37 |
| 21. | Análisis de varianza para el RPR a los 30 días ddt | 39 |
| 22. | Prueba de Tukey al 5% para el RPR | 39 |
| 23. | Análisis de varianza para el RPR a los 60 días ddt | 40 |
| 24. | Prueba de Tukey al 5% para el RPR | 40 |

| | | |
|-----|---|----|
| 25. | Análisis de varianza para el RPR a los 90 días ddt | 42 |
| 26. | Prueba de Tukey al 5% para el RPR | 42 |
| 27. | Análisis de varianza para el RPF a los 30 días ddt | 43 |
| 28. | Prueba de Tukey al 5% para el RPF | 43 |
| 29. | Análisis de varianza para el RPF a los 60 días ddt | 45 |
| 30. | Prueba de Tukey al 5% para el RPF | 45 |
| 31. | Análisis de varianza para el RPF a los 90 días ddt | 46 |
| 32. | Prueba de Tukey al 5% para el RPF | 46 |
| 33. | Análisis de varianza para el K a los 90 días ddt | 48 |
| 34. | Análisis de varianza para el índice de cosecha a los 90 ddt | 49 |
| 35. | Prueba de Tukey al 5% para el índice de cosecha | 49 |
| 36. | Análisis económico según la relación beneficio costo | 51 |

LISTA DE GRÁFICOS

| N° | DENOMINACIÓN | PÁG |
|-----|--|-----|
| 1. | pH promedio durante el prendimiento del cultivo | 29 |
| 2. | Conductividad eléctrica promedio durante el prendimiento del cultivo | 29 |
| 3. | Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 30 ddt | 31 |
| 4. | Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 60 ddt | 32 |
| 5. | Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 90 ddt | 34 |
| 6. | Índice de asimilación neta (IAN) a los 30 ddt | 35 |
| 7. | Índice de asimilación neta (IAN) a los 60 ddt | 36 |
| 8. | Índice de asimilación neta (IAN) a los 90 ddt | 38 |
| 9. | Razón del peso radical (RPR) a los 30 ddt | 39 |
| 10. | Razón del peso radical (RPR) a los 60 ddt | 41 |
| 11. | Razón del peso radical (RPR) a los 90 ddt | 42 |
| 12. | Razón del peso foliar (RPF) a los 30 ddt | 44 |
| 13. | Razón del peso foliar (RPF) a los 60 ddt | 45 |
| 14. | Razón del peso foliar (RPF) a los 90 ddt | 47 |
| 15. | Índice de cosecha (K) a los 90 ddt | 48 |
| 16. | Rendimiento por hectárea (kg / ha) a los 90 ddt | 50 |
| 17. | Relación beneficio / costo | 51 |

LISTA DE ANEXOS

| N° | DENOMINACIÓN | PÁG |
|-----|---|-----|
| 1. | Distribución de los tratamientos en el campo | 59 |
| 2. | Análisis de agua | 60 |
| 3. | Medias de datos tomados a los 30 días después del trasplante | 61 |
| 4. | Medias de datos tomados a los 60 días después del trasplante | 61 |
| 5. | Medias de datos tomados a los 90 días después del trasplante | 62 |
| 6. | Medias del índice de cosecha(K) y el rendimiento (kg/ha) | 62 |
| 7. | Presupuesto de la investigación por investigación hectárea, amortizado para 4 años, T1 (DA) | 63 |
| 8. | Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 4 años, T2 (DM) | 64 |
| 9. | Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 4 años, T3 (DB) | 66 |
| 10. | División de las camas, para sus debidos tratamientos. | 67 |
| 11. | Cementación de las camas | 68 |
| 12. | Cubierta con pintura impermeable | 68 |
| 13. | Instalación del sistema electrónico y las bombas de caudal | 68 |
| 14. | Instalación del sistema de aireación | 69 |
| 15. | Corte y pega de las planchas de espuma flex | 69 |
| 16. | Perforación de la espuma flex | 69 |
| 17. | Perforado de los vasos plásticos | 70 |
| 18. | Instalación del sostén para las plantas en el sistema hidropónico | 70 |
| 19. | Trasplante de las plántulas de acelga | 70 |
| 20. | Regulación del pH del medio de cultivo | 71 |
| 21. | Aplicación de los fertilizantes | 71 |
| 22. | Medición periódica del pH y conductividad eléctrica | 71 |
| 23. | Crecimiento de las plantas a los 30, 60 y 90 días después del trasplante | 72 |
| 24. | Peso fresco de la raíz y el follaje | 72 |

25. Peso seco de la raíz y follaje

72

I. EVALUACIÓN DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DE ACELGA (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT, EN HIDROPONÍA A RAÍZ FLOTANTE EN INVERNADERO

II. INTRODUCCIÓN

El uso de agua en la agricultura está aumentando en los últimos años, ya sea por el incremento de la población mundial o el aumento de la calidad de vida de muchos países en plena emergencia. Es por eso que la agricultura tiene efectos negativos en el ambiente. Por la contaminación del agua por nitratos, fosfatos y plaguicidas, o por la generación de gases de efecto invernadero, metano y óxidos, hechos que tienen por efecto la degradación y salinización de los suelos del planeta.

Según Galarraga (2000), “El área regable neta del Ecuador es de aproximadamente 3’136.000 Has. Del total del área regable, apenas 560.000 Has están bajo riego, lo que representa el 30% de la superficie cultivada del país.” Por lo que en pleno siglo XXI el uso de nuevas técnicas de producción agrícola, han sido fundamentales para entender de mejor manera, el cómo obtener producciones con una mayor calidad en superficies cada vez más limitadas, obligando así a profundizar más en estudios, como es el caso de la hidroponía.

Uno de los primeros cultivos extensos hidropónicos fueron en la segunda guerra mundial, cuando soldados estadounidenses se encontraban en el Pacífico, en donde la obtención y el transporte de hortalizas era muy difícil y arriesgado, por lo que el método hidropónico fue implementado a gran escala. El Ministerio Británico de Agricultura también se interesó por la hidroponía y la utilizó en su campaña "Grow-More-Food" (Cultivar Más Comida), entre 1939 y 1945, en plena II Guerra Mundial. El Ministerio, en 1945 estableció una plantación hidropónica en la base militar del desierto de Habbaniya en Irak, y en la isla de Bahrein en el Golfo Pérsico. (Beltrano & Gimenez, 2015)

Actualmente, la producción de acelga hidropónica en el país no es significativa, ya que no se ha tomado en cuenta todo el potencial económico que representa este cultivo y las grandes cualidades que posee para su explotación. Por lo cual, este estudio ayudará a encaminar más trabajos para la implementación de este cultivo.

A. PROBLEMA

El aumento de la población mundial, el calentamiento global, la contaminación del agua y la desertificación de los suelos, son efectos que estamos viviendo hoy en día, por lo cual, la búsqueda de nuevas técnicas de producción agrícolas, son importantes para poder obtener mayor cantidad de alimentos, sin descuidar la calidad de estos, es por eso, que, el uso de técnicas alternativas es una gran solución a esta problemática. La hidroponía viene a ser una técnica importante para combatir los problemas de la actualidad, ya que un correcto estudio de esta, nos dará la solución. Al no existir estudios en base a la producción hidropónica de acelga (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT,

en el país, fundamentado en el uso y aportación de los nutrientes mediante una solución nutritiva con la presencia de N, P y K, para asegurar un adecuado crecimiento y mejorar la productividad del cultivo.

B. JUSTIFICACIÓN

La hidroponía es una técnica que nos ayuda a tener mayores producciones en periodos sumamente cortos, en comparación al método tradicional, además de esto, favorece un gran ahorro de agua de riego, fertilizantes y plaguicidas, por lo que se considera una técnica muy eficiente en la producción agrícola.

El desarrollo actual de la técnica de los cultivos hidropónicos, está basada en la utilización de mínimo espacio y consumo de agua, máxima producción y calidad. Lo que se busca es que los rendimientos de los cultivos hidropónicos puedan duplicar el de los cultivos en suelo. (Beltrano & Gimenez, 2015)

En un sistema hidropónico las plantas deben poseer condiciones ambientales controladas, con el fin de ayudar a la planta en un crecimiento acelerado y sano, así mismo la calidad del agua es importante, ya que es el medio, en donde la planta desarrolara todo su periodo vegetativo.

El uso y aportación de fertilizantes hidrosolubles, para la conformación de soluciones nutritivas es muy importante, ya que de estos dependerán plenamente la producción y la vitalidad de la planta, por lo cual el cálculo y la aplicación racionalizada de estas es base fundamental para el crecimiento y producción del cultivo hidropónico. Ya que según Barros (2001), “es necesario destacar que no existe una única fórmula para nutrir los cultivos hidropónicos, la mejor fórmula es la que cada uno ensaye y le resulte aceptable.”

Por lo mencionado anteriormente, se considera plenamente necesario el estudio de la formulacion de nuevas soluciones nutritivas para los diferentes cultivos que se puedan producir mediante hidroponia bajo invernadero.

III. OBJETIVOS

A. GENERAL

Evaluar tres soluciones nutritivas en la producción de acelga (*Beta vulgaris* l.) var FORDHOOK GIANT, en hidroponía a raíz flotante en invernadero.

B. ESPECÍFICOS

1. Evaluar el efecto de N, P, K en los parámetros fisiológicos y morfológicos del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT. mediante soluciones nutritivas en el sistema hidropónico a raíz flotante en invernadero
2. Analizar económicamente la relación beneficio costo de los tratamientos.

IV. HIPÓTESIS

A. HIPÓTESIS NULA

Ninguna de las soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía a raíz flotante en invernadero influyen en el rendimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*. l) var. FORDHOOK GIANT.

B. HIPÓTESIS ALTERNATIVA

Al menos una de las soluciones nutritivas utilizadas en hidroponía a raíz flotante en invernadero influye en el rendimiento del cultivo de acelga (*Beta vulgaris*. L) var. FORDHOOK GIANT.

C. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

1. Variable Dependiente

Producción

2. Variable Independiente

Concentración de N, P, K en soluciones nutritivas

V. REVISIÓN DE LITERATURA

A. **HIDROPONÍA**

La palabra hidroponía deriva del griego HIDRO (agua) y PONOS (labor o trabajo) lo cual significa literalmente trabajo en agua. La hidroponía es una herramienta que permite el cultivo de plantas sin suelo, en estructuras simples o complejas para producir plantas principalmente de tipo herbáceo aprovechando sitios o áreas como azoteas, suelos infértiles, terrenos escabrosos, invernaderos climatizados o no, etc. Un cultivo hidropónico es un sistema aislado del suelo, utilizado para cultivar plantas cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídrico nutricionales, a través del agua y solución nutritiva. (Beltrano, 2015).

Es una técnica alternativa y relativamente nueva en nuestro medio para producir cultivos saludables. Esta técnica permite cosechas en períodos más cortos que la siembra tradicional (precocidad), mejor sabor y calidad del producto, mayor homogeneidad y producción. También favorece un ahorro considerable en el uso del agua de riego en la época seca y es una técnica económica, eficiente y racional en cuanto a la aplicación de los nutrientes minerales (sales minerales o fertilizantes). Por otra parte, disminuyen los problemas relacionados con enfermedades de la raíz, lo que reduce drásticamente la aplicación de plaguicidas, y en su lugar se pueden utilizar sustancias orgánicas repelentes que le permiten al productor obtener cosechas de muy buena calidad y libres de residuos tóxicos; de esta forma la familia consumirá alimentos más frescos y sanos. Es importante resaltar en ese sentido la protección que también se le da al medio ambiente con el uso de esta técnica. (Guzmán, 2004).

1. Especies recomendadas en hidroponía

La planta es el componente más importante de los sistemas hidropónicos, ya que de la correcta funcionalidad de los demás componentes dependerá la calidad de planta que se tenga y, por tanto, los rendimientos. (Oasis Easy Plant, 2017)

Segun Oasis Easy Plant (2017), las plantas que comúnmente se cultivan en hidroponía son especies de alto valor comercial, las cuales se aprovechan por sus usos alimenticios u ornamentales, dentro de ellas podemos mencionar:

Hortalizas de hoja: Lechuga, acelga, espinaca, col, apio, arúgula, berros.

- a. Hortalizas de flor: Brócoli, coliflor, alcachofa, etc. Hortalizas de fruto: Tomate, pimiento morrón, pepino, chile manzano, melón, sandía, calabacín, berenjena y fresa, etc.
- b. Especies aromáticas: Albahaca, menta, cilantro, perejil.
- c. Ornamentales: Rosas, anturios, nochebuenas, orquídeas, crisantemos, lilis, gerberas, etc.

El conocimiento de las necesidades y las exigencias de los cultivos teniendo en cuenta su uso por el hombre, hace que esta herramienta se transforme en un elemento con un cierto grado de complejidad,

para su manejo con eficiencia. La relación entre la fenología de los cultivos y su nutrición es compleja, hay muchas cosas por mejorar, la nutrición vegetal es y debe ser cada vez más precisa. (Beltrano, 2015).

2. Tipos de sistemas hidropónicos

Según Guzmán (2004), “Se puede decir que son básicamente dos los sistemas en que se han practicado la hidroponía o el cultivo sin tierra: con sustrato y sin sustrato.”

a. Con sustrato

Se utiliza sustrato sólido, este sirve como soporte de las raíces y se puede colocar en:

- 1) Camas o bancales
- 2) Cultivos verticales en columnas o mangas colgantes
- 3) Maceteros o bolsas plásticas
- 4) Canales o canaletas.

b. Sin sustrato

Otro método, es el cual no se implementa ningún sustrato sólido más que el medio líquido, es el llamado propiamente hidropónico y se ubican los siguientes:

- 1) Raíz flotante, donde propiamente las raíces de la planta permanecen en constante contacto con el agua que contiene la solución nutritiva, que es oxigenada con frecuencia.
- 2) NFT, donde la solución nutritiva es regada a la raíz durante cierto tiempo y frecuencia
- 3) Aeroponía, donde la solución nutritiva es aspergeada a las raíces de la planta en cierto tiempo y frecuencia

3. Sistema a raíz flotante

El sistema flotante consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotando la plancha de espuma que soporta las plantas. En este sistema es necesario realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella. Además, se requiere de la aireación del sistema por medio de agite de la solución diariamente. (Gilsanz, 2017)

Ésta técnica consiste básicamente en trasplantar nuestras plantas sobre largas superficies de unicel que se mantienen a flote sobre contenedores con solución nutritiva que es oxigenada de manera frecuente. Este sistema permite obtener producciones automatizadas, y si se cuenta con las herramientas adecuadas requerirá de cuidados mínimos (como el control de plagas) y el tiempo de cosecha de la mayoría de los cultivos se ve acelerado. (Soria, 2012)

En este sistema no se utiliza sustrato sólido, se utilizan láminas de “estereofón” a las que se les perforan agujeros en donde se asientan las plantas, y luego se ponen a flotar sobre la solución

nutritiva, la cual debe ser aireada periódicamente para brindarle oxígeno a las raíces. En este caso al contenedor no debe perforarse agujero de desagüe. (Guzmán, 2004).

a. Ventajas

Según Xaxeni (2017), las ventajas de un sistema a raíz flotante, son las siguientes:

- 1) El ahorro del agua
- 2) Un manejo sencillo
- 3) Ahorro en uso de sustratos
- 4) Mayor producción en menos espacio
- 5) Menor pérdida de fertilizantes, pues solo se usa la cantidad necesaria
- 6) Hay mayores ganancias con menores inversiones
- 7) Una producción 100% libre de tóxicos

b. Desventajas

Según Gilsanz (2017), las desventajas de este sistema consisten en:

- 1) Necesidad de formulación frecuente de la solución nutritiva
- 2) La necesidad de airear el medio
- 3) Prever la contaminación de la espuma por algas
- 4) Prever la entrada de luz hacia este medio.
- 5) Consumo alto de agua.

4. Condiciones físicas del sistema a raíz flotante

a. Oscuridad para la solución nutritiva

Es importante para evitar el crecimiento de algas verdes y otras plantas acuáticas diminutas que pueden competir por el oxígeno y los nutrientes. La descomposición posterior de las algas puede llegar a ser tóxica para las raíces, interfiriendo con sus funciones y desarrollo. (Oasis Easy Plant, 2017)

b. Oxigenación

El éxito que se obtenga con este sistema de cultivo hidropónico, depende en gran parte del suministro adecuado de oxígeno para las raíces de las plantas a través de la solución nutritiva. El método más común para oxigenar la solución, consiste en dejar un espacio de aire entre la superficie de la misma y la parte inferior del lecho que soporta a las raíces, de tal manera que, las raíces superiores estén

rodeadas por aire húmedo mientras que las inferiores están sumergidas en la solución. Otra forma de airear la solución consiste en hacerla caer al aire libre desde una altura suficiente para que pueda oxigenarse debidamente (efecto de cascada), sin embargo, la circulación de la solución debe ser lenta para no dañar a las raíces. También, es usual agregar oxígeno en la solución haciendo pasar burbujas de aire a través de ella mediante una bomba de aire conectada a un tubo con perforaciones. (Oasis Easy Plant, 2017)

c. Circulación de la solución nutritiva

Es una práctica comúnmente recomendada, ya que favorece una mejor distribución de los iones nutritivos y una mejor aireación. Es de suponerse que, el movimiento de la solución a través de las raíces ayuda a estabilizar su medio ambiente. Desde luego que el movimiento debe ser lo suficientemente lento como para no dañar a las raíces. (Oasis Easy Plant, 2017)

d. Calentamiento

Algunos autores sugieren que para climas templados y fríos es conveniente calentar, aumentando entre 5 y 10 °C más de la temperatura nocturna la solución nutritiva. Esto con el objetivo de acelerar el crecimiento y desarrollo de las plantas. El cambio brusco de temperatura del día a la noche, típico de los climas templados, puede ser un problema serio para el cultivo en agua ya que no hay ningún sustrato que amortigüe su efecto sobre las raíces. (Oasis Easy Plant, 2017).

e. Soporte para las plantas

Aquí se puede implementar un vaso o una canastilla para poder ser el sostén del sistema.

5. Condiciones químicas del sistema a raíz flotante

a. Calidad del agua

El agua deberá estar exenta de contaminantes microbianos que de alguna manera puedan ser un perjuicio para la salud humana, ya que no debemos olvidar que producimos hortalizas que van a ser consumidas en fresco. 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 realizar el análisis del agua antes de comenzar con estos sistemas. (Gilsanz, 2017)

b. Alcalinidad o acidez de la solución nutritiva (pH)

Un parámetro a controlar en los sistemas hidropónicos es el pH de la solución nutritiva, es decir el grado de acidez o alcalinidad de la solución. El nivel de pH influye directamente sobre la absorción de los nutrientes por parte de la planta. Entre los valores de pH 5.5 - 7.0, se encuentra la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta, por lo que es fundamental mantener el rango de pH. En caso de encontrarnos con valores de pH superiores a 7.0 es posible corregir la solución nutritiva mediante la acidificación, usando ácidos nítricos, fosfórico y/o sus mezclas. (Gilsanz, 2017)

c. Conductividad eléctrica (CE)

La conductividad eléctrica es un indicador indirecto de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva; nos puede dar un indicio si el agua a utilizar es la adecuada y sobre la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. Al comienzo el agua de nuestra fuente deberá contar con el nivel más bajo posible de conductividad eléctrica; son adecuados valores de 0.7 - 1.2 mS/cm. Luego del agregado de sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y el estado de crecimiento. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo. (Gilsanz, 2017)

d. Sanidad

Se deberán desinfectar con hipoclorito u otros desinfectantes las bandejas de poliuretano a ser reutilizadas, los trozos de esponjas que actúan de sujetadores de las plantas en algunos sistemas hidropónicos deberán ser descartados sin posibilidad de uso por segunda vez. Los medios sólidos deben descartarse luego de su uso y en lo posible ser estériles o esterilizados al ser usados por primera vez. En caso de constatarse contaminación se deberá descartar todo el cultivo e higienizar todo el sistema antes de comenzar nuevamente. (Gilsanz, 2017)

6. Condiciones climáticas

a. Luz

La energía solar es el factor ambiental más influyente sobre el crecimiento de las plantas, pues de ella depende la mayoría de los procesos biológicos, incluyendo la fotosíntesis, que es el proceso de conversión de la materia inorgánica en orgánica, constituyendo la base de todas las cadenas alimenticias de la tierra. Al transformarse de energía luminosa en energía calorífica, la luz, interviene en todos los procesos bioquímicos de los vegetales. Así la luz actúa sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas verdes, como fuente energética para la asimilación fotosintética de CO₂. Actúa como

fuente primaria de calor y estímulo para la regulación del desarrollo de todos los tejidos vegetales. Cada especie requiere de una cantidad específica de radiación luminosa para desarrollar la fotosíntesis y expresar su potencial productivo. Si falta luz, las plantas tienden a alargarse y crecen con tallos y ramas débiles. Por el contrario, si una planta tiene más iluminación de la requerida, crecerá lentamente, presentará tallos duros, hojas arrocetadas y sus -ores serán de colores pálidos. (Oasis Easy Plant, 2017)

b. Temperatura

La temperatura afecta directamente las funciones de la fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción de agua y nutrientes, transpiración, actividades enzimáticas, etc. Las reacciones biológicas de importancia no pueden desarrollarse si la temperatura está por debajo de 0 °C, o por encima de 50 °C. El límite inferior corresponde al punto de congelación del agua y el superior a la desnaturalización de las proteínas. La temperatura óptima varía según las especies, pero casi siempre está comprendida entre 10° - 25 °C. Las plantas pueden tolerar temperaturas más bajas durante períodos cortos de tiempo, pero debe evitarse acercarse a este valor letal. (Oasis Easy Plant, 2017)

c. Humedad relativa

Es la relación entre la cantidad de vapor de agua que contiene el aire y la que tendría si estuviera completamente saturada. Se expresa en porcentaje. La humedad ambiental afecta el metabolismo de la planta, ya que, si la humedad es demasiado alta, por ejemplo, el intercambio gaseoso queda limitado y se reduce la transpiración y por consiguiente la absorción de nutrientes, y si es demasiado baja se cierran las estomas de la planta y se reduce la tasa de fotosíntesis. Una humedad relativa alta también tiene influencia sobre la presencia de enfermedades principalmente fungosas. (Oasis Easy Plant, 2017)

7. Componentes de un sistema a raíz flotante

Según Soria (2012), Para el sistema de raíz flotante se necesita el siguiente material básico:

a. Contenedor artesanal o prefabricado

Un bastidor de madera de 16-20 cm de altura y un 1.10 m de ancho por el largo que se desee implementar, en el caso de utilizar recipientes de madera, para otros casos se pueden implementar piscinas con profundidades plenamente dependientes del tamaño de su raíz, un largo y ancho dependiente del tamaño del sistema que se quiera implementar.

b. Planchas de poliuretano

Las planchas de poliuretano deben poseer un grosor mayor a 2 cm, dependiente plenamente del tejido vegetal que se implementara en su superficie, además de esto estas poseerán un hoyado que dependa de la densidad de siembra que posea los cultivos.

c. Bomba aireadora

La implementación de todas las bombas aireadoras dependerá plenamente del tamaño de las pozas o los contenedores en donde se desarrolle el sistema hidropónico, por ejemplo: Para una poza de 33 m de largo por 1,20 m de ancho, se utilizará una bomba, con su sistema interior para una buena aireación de la cama.

d. Manguera para bomba aireadora

La implementación de la manguera dependerá de la longitud de las camas en las cuales se implementarán el sistema a raíz flotante. Por ejemplo: si las camas tienen una longitud de 33 m de largo, las mangueras deberán poseer la misma distancia ya que esta se encargará de repartir el oxígeno de manera uniforme a cada sitio de la cama.

e. Timer o temporizador

La implementación de un temporizador en el sistema hidropónico es de gran importancia, ya que de este dependerá la circulación continua controlada que cada cama deberá poseer. Por ejemplo: el tiempo estimado de aireación para un sistema hidropónico a raíz flotante es de 20 minutos cada hora, por lo cual el uso de un temporizador automático es esencial para poder garantizar que el tiempo de aireación se cumpla, teniendo como resultado el mejor desarrollo de las plantas.

f. Canastillas

El uso de canastillas como sostén de las plántulas y posteriores plantas ya desarrolladas en el sistema de raíz flotante, es necesario, plenamente se pueden utilizar otros medios, por ejemplo. El uso de vasos hoyados en cada cavidad de la plancha de poliuretano, son una fuente más económica que cumplirá el mismo fin.

g. Esponja

Este material es necesario para la sujeción de las plántulas a las canastillas en donde van a ser trasplantadas, por ejemplo. Sera necesario el uso de esponja ancha para que pueda brindar una importante sujeción a las diferentes plántulas.

8. Solución nutritiva

Así como los humanos requerimos alimentarnos para poder vivir, las plantas también lo hacen, sin embargo, cuando trabajamos con la hidroponía nosotros tenemos que darle a las plantas el conjunto de elementos nutritivos que necesitan para desarrollarse, para evitar la deficiencia de nutrientes es necesario agregar soluciones nutritivas apropiadas para cada tipo de cultivo, lo que fomentará a las plantas a crecer sanas, vigorosas y con excelentes rendimientos. (Soria, 2012)

La nutrición de las plantas en hidroponía, se brinda a través de una solución nutritiva balanceada y equilibrada que se formula a partir de un análisis de agua, la especie vegetal a cultivar, su etapa fenológica y las condiciones ambientales que se tengan. La solución nutritiva es un conjunto de sales minerales disueltas en el agua, que puede variar su proporción dependiendo de la especie y la etapa fenológica de la planta. (Oasis Easy Plant, 2017)

Un nutriente es esencial para una planta cuando cumple con los siguientes fundamentos:

- Las plantas no pueden completar su ciclo de vida sin el elemento mineral
- Las funciones del elemento mineral no pueden ser sustituidas por otro en si
- El elemento participa en el metabolismo de la planta

La solución nutritiva se debe de encontrar en un pH entre 5.5 y 6 para que la mayoría de los nutrimentos estén disponibles.

9. Modo de aplicación

Varios autores señalan que la mejor manera de aplicar los fertilizantes es en solución nutritiva por lo que en esta aplicación se disolverá los fertilizantes, para poder aplicarlos en el sistema hidropónico.

10. Factores que afectan la solución nutritiva

a. Calidad del agua

Todas las fuentes de agua naturales contienen algunas impurezas, algunas son benéficas para el crecimiento de las plantas y otras son perjudiciales; si se pretende iniciar un proyecto de hidroponía de tamaño comercial, se debe hacer un análisis químico del agua que se vaya a usar como fuente para evitar posibles problemas nutricionales.

Según Oasis Easy Plant (2017), el análisis debe contemplar cuando menos:

- 1) Sólidos totales (idealmente no debe sobrepasar los 250 ppm, si el valor es de 3000 ppm no deberá usarse).
- 2) Cloruros (si los sólidos totales exceden los 500 ppm).
- 3) Dureza (para ajustar los niveles de calcio y magnesio en la solución nutritiva).
- 4) Metales pesados (deben estar libres de sulfuros y cloros ya que en ciertas cantidades son tóxicos para las plantas).

b. Temperatura de la solución

La temperatura radicular es muy importante para la mayoría de cultivos, ya que, si no se encuentra en su temperatura ideal, la planta detendrá su crecimiento y en algunos casos, se puede manifestar deficiencias nutrimentales. De manera general, la temperatura de las raíces no debe bajar de 13°C ni estar sobre los 30°C, puede variar dependiendo del cultivo el rango, por ejemplo, la lechuga crece mejor a temperaturas radiculares más bajas de ese rango, mientras que el pepino crece mejor a temperaturas radiculares más altas. (Oasis Easy Plant, 2017)

c. Oxigenación

Según Oasis Easy Plant (2017), La zona radicular se debe tener muy buena oxigenación, ya que los pelos radiculares requieren O₂ para realizar sus procesos fisiológicos.

d. pH

El rango que debe manejarse es de 5.5 a 6, aunque algunos autores lo manejan hasta 6.5. Si el pH se encuentra por debajo o por arriba de este rango algunos elementos reaccionan y forman compuestos insolubles que posteriormente son precipitados y depositados en el fondo. Por lo que, en la preparación de las soluciones nutritivas inicialmente debe acondicionar el pH en el rango adecuado para favorecer la mejor disolución de los fertilizantes usados como fuentes. De igual manera se sugiere determinar el pH cada 4 u 8 días y corregirlo en consecuencia. (Oasis Easy Plant. 2017)

e. Conductividad eléctrica (CE)

Es una medida indirecta de cuantificar la concentración de aniones (nitratos, fosfatos sulfatos, etc.) o cationes (potasio, calcio, magnesio, etc.), en otras palabras, es una medida aproximada para saber si se está aplicando la cantidad suficiente de nutrimentos en la solución nutritiva y si nuestro cultivo los está asimilando.

Para esto, se debe medir la CE en los difusores de la solución nutritiva (entrada) y en el drenaje (salida). Una CE adecuada será por regla, cuando la diferencia entre ambas sea de una unidad, es decir, que la CE de la salida sea mayor que la de entrada. La CE ideal para cada cultivo puede variar

significativamente dependiendo de la especie cultivada y etapa fonológica del mismo, por ejemplo, para tomate en plántula la CE ideal debe estar entre 1 a 1.5 dS/m, mientras que para la etapa vegetativo-reproductivo debe ser entre 1.5 a 3.5 dS/m. (Oasis Easy Plant, 2017).

f. Control del volumen de la solución

El fenómeno de evapotranspiración ocasiona que las plantas tomen proporcionalmente mucha más agua que elementos nutritivos de la solución nutritiva, haciendo que con el paso del tiempo se vaya haciendo más concentrada, lo que hace que progresivamente se incremente el pH y la presión osmótica de la solución dificultando con esto la absorción de agua por las raíces. (Oasis Easy Plant, 2017).

B. ACELGA (*Beta vulgaris* L)

Es una planta herbácea de la familia de las quenopodiáceas, con hojas de color verde brillante y peciolo blancos y carnosos, llamados pencas. Forma raíces pequeñas y leñosas. La parte comestible de la acelga es la hoja, el peciolo y la nerviación central, engrosada y carnosa, de la hoja. (Saltwort, 2013)

1. Origen

Se tienen referencias escritas que sitúan a la acelga en las regiones costeras de Europa y del norte de África bañadas por el mar Mediterráneo y en las Islas Canarias, dotadas de un clima templado adecuado para una planta a la que le perjudicaba bastante los cambios bruscos de temperatura. Parece ser que fueron los árabes quienes, a partir de la Edad Media, comenzaron a cultivarla y descubrieron las auténticas propiedades medicinales y terapéuticas de esta planta. Resulta curioso que la acelga, una verdura tan utilizada como planta medicinal desde hace siglos por árabes, griegos (Aristóteles hace mención de la acelga en el siglo IV A.C). y romanos, se considere en la actualidad una verdura ordinaria, de pobre categoría. Las razones de este desprestigio pueden obedecer a la facilidad de su cultivo o a su abundancia en el mercado. La introducción a los Estados Unidos fue en el año de 1806. (García, 2013)

2. Descripción botánica

La acelga es una planta bianual de la familia de las quenopodiáceas, especie *Beta vulgaris* L. Siendo principalmente las hojas la parte comestible de esta planta. Si la planta no es recolectada, o se dedica a la obtención de semillas, se desarrolla ramificándose y emitiendo flores. La semilla queda atrapada en el fruto o glomérulo (2 a 4 semillas por glomérulo). La acelga presenta una diversidad limitada.

Esto se refleja en el escaso número de variedades cultivadas. Su clasificación se establece en función del color, el tamaño de sus hojas y pecíolos o pencas. La acelga es una verdura cultivada durante todo el año, aunque el cultivo de la acelga en España es secundario en importancia dentro de las hortalizas (representa un 0,67 % del total de producción). (Marbuenda & Gracia, 2017)

3. Clasificación botánica

Según Rojas (2006), la acelga presenta la siguiente clasificación sistemática:

Reino: Plantae; División: Magnoliophyta; Clase: Magnoliopsida; Subclase: Caryophyllidae; Orden: Caryophyllales; Familia: Chenopodiaceae; Género: Beta; Especie: *B. vulgaris var. cicla*(L.); Nombre común: Acelga

4. Valor nutritivo de la acelga

La acelga es un alimento de alto valor nutritivo y bajo en calorías. Es una excelente fuente de fibras que favorecen el tránsito intestinal y previenen el estreñimiento. Son muy ricas en vitaminas y minerales como, yodo, hierro, magnesio, calcio y potasio. Por su alto contenido en calcio, la acelga se tiene que incluir regularmente en la dieta de las personas mayores, embarazadas, niños en crecimiento y deportistas. Pero, por otro lado, las personas con tendencia a padecer cálculos de oxalato deben de consumirlas con moderación. En el aporte vitamínico, hace falta destacar la cantidad de luteína que tiene, ya que, actúa como protector frente al desarrollo de cataratas en la edad media. También, disminuye el infarto de miocardio y el accidente cerebrovascular. (Nutrigame, 2016)

Tabla 1. Composición nutritiva de la acelga en 100g de producto

| Compuesto | Unidad | Cantidad | Compuesto | Unidad | Cantidad |
|---------------------|--------|----------|-------------|--------|----------|
| Energía | Kcal | 41 | Yodo | ug | 35 |
| Proteínas | g | 2 | Magnesio | mg | 71 |
| Lípidos Totales | g | 0,4 | Zinc | mg | 0,02 |
| Hidratos de carbono | g | 4,5 | Sodio | mg | 147 |
| Fibra | g | 5,6 | Potasio | mg | 550 |
| Agua | g | 87,5 | Fósforo | mg | 40 |
| Calcio | mg | 113 | Selenio | mg | 0,9 |
| Hierro | mg | 3 | Tiamina | mg | 0,07 |
| Folatos | ug | 140 | Vitamina E | mg | 0,03 |
| Vitamina C | mg | 20 | Riboflamina | mg | 0,06 |
| Vitamina A | ug | 183 | E. niacina | mg | 2,1 |
| Vitamina D | ug | 0 | Vitamina B | mg | 0 |

Fuente: (Saltwort, 2013)

5. Taxonomía y morfología

a. Sistema radicular

El sistema radicular que presenta la acelga es muy profunda y fibrosa.

b. Hojas

Constituyen la parte comestible y son grandes de forma oval tirando hacia acorazonada; tiene un pecíolo o penca ancho y largo, que se prolonga en el limbo; el color varía, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro. Los pecíolos pueden ser de color de color blanco, amarillento o incluso rojizo, según la variedad. (Garcia, 2013).

c. Flores

Para que se presente la floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos. (Garcia, 2013).

d. Fruto

Las semillas son pequeñas y están envueltas de un pequeño fruto que es llamado comúnmente semilla, el cual contiene alrededor de 3 a 4 semillas.

6. Variedades

Según Condemed (2012), Las variedades de Acelga más conocidas son: Amarilla de Lyon, Verde con penca blanca. Y otras como: R. Niza, Paros, Green y Fordook Giant.

a. Amarilla de Lyon

De grandes hojas grandes, onduladas, de color verde amarillo muy claro. Su penca es de color blanco muy puro, con una anchura de hasta 10 cm. Tiene una producción abundante, es resistente a la subida a flor y por todo ello muy apreciada por su calidad y gusto (Condemed, 2012)

b. Verde con penca blanca Bressane

De hojas muy onduladas, de color verde oscuro. Sus pencas son muy blancas y muy anchas (hasta 15 cm.). La planta es muy vigorosa, por lo que el marco de plantación debe ser amplio. También es una variedad muy apreciada. (Condemed, 2012)

c. Verde de cortar

Tiene como característica a destacar su penca verde y estrecha, muy importante para su trabajo y distribución en la industria.

d. Fordhook Giant

Es una variedad de acelga que se introdujo en la década de 1920 y que se caracteriza sobre todo por su vigoroso crecimiento y su robustez. La acelga de hoja ancha con tallos blancos y de hoja gruesa no es propensa a echar tallo y madura en unos 50 días, pero también puede ser cosechada después de sólo la mitad del tiempo, entonces se utiliza como una hortaliza de hojas tiernas. (Plamundo, 2010).

Esta variedad se caracteriza por poseer hojas de color verde oscuro y muy arrugada, con unas venas amplias de color blanco. Resistente al frío. Es muy apetecida en el mercado por su sabor y rendimiento. Se produce en suelos fértiles y profundos, se recomienda colocar 3 o 4 semillas por golpe de 1 a 1.5 cm de profundidad. A una distancia entre surcos de 66 ó 77 cm a hilera, la distancia entre plantas 25 cm. (Agrosad, 2018).

7. Índice del análisis del crecimiento vegetal

Con el fin de cuantificar el efecto de diferentes cantidades y calidades de los factores externos sobre el crecimiento, se ha derivado una serie de fórmulas o ecuaciones matemáticas, conocidas como índices de crecimiento. Estas fórmulas pretenden explicar, cuantificar y evaluar los efectos de la luz, el agua, el CO₂, O₂, temperatura y los nutrimentos sobre el rendimiento de los cultivos en términos fisiológicos y morfológicos. (Arcos, 2013)

Para realizar el análisis de crecimiento y aplicar las fórmulas se requieren de 3 datos básicos en función a la unidad de superficie:

- a. Una medida de material vegetal presente (peso seco, producción, biomasa) que se refiere a la producción biológica o agronómica.
- b. Una medida de la magnitud del sistema asimilatorio de ese material vegetal, por ej. El área foliar capaz de fotosintetizar.
- c. Épocas de muestreo claramente establecidas (muestreos en edades críticas o estados claves de desarrollo del cultivo).

Estos datos básicos pueden incluir la planta entera, sus órganos o partes de ésta, o poblaciones de plantas, para este caso, se debe el peso seco y el área foliar se deben referir a alguna unidad de superficie, de modo que se pueda establecer una relación con la cobertura que efectúan. (Arcos, 2013)

Los índices o parámetros empleados en el análisis del crecimiento de una planta pueden ser clasificados en dos tipos:

a. Parámetros fisiológicos

Los que sirven para describir el proceso de crecimiento en términos fisiológicos.

Tabla 2. Parámetros fisiológicos

| Parámetro fisiológico | Descripción (unidades) |
|--|-------------------------------|
| Índice absoluto de crecimiento | (peso/tiempo) |
| $IAC = \frac{dP(\text{Peso de la planta})}{dt(\text{Número de días transcurridos})}$ | |
| Índice de asimilación neta | (peso/área/ tiempo) |
| $IAN = \frac{dP(\text{Peso de la planta})}{dt(\text{Número de días transcurridos})} \cdot \frac{1}{A(\text{Área de apertura de la hoja})}$ | |

Fuente: (Arcos, 2013)

b. Parámetros morfológicos

Los que describen un estado de la distribución de la biomasa en el organismo de la planta en un momento dado.

Tabla 3. Parámetros morfológicos

| Parámetros morfológicos | Unidades |
|--|-----------------|
| Razón de peso foliar | (peso/peso) |
| $RPF = \frac{\text{Peso seco del follaje}}{\text{Peso de la planta}}$ | |
| Razón de peso comercial o índice de cosecha | (peso/ peso) |
| $K = \frac{\text{Peso parte comercial}}{\text{Peso planta total}}$ | |
| Razón de peso radical | (peso/peso) |
| $RPR = \frac{\text{Peso seco de raíces}}{\text{Peso seco de la planta total}}$ | |

Fuente: (Arcos, 2013)

8. Requerimientos del clima

a. Clima

La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias; le perjudica bastante los cambios bruscos de temperatura. Las variaciones bruscas de temperatura, cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie el segundo periodo de desarrollo, subiéndose a flor la planta. La planta se hiela cuando las temperaturas por debajo de -6°C . Sufre fuertes daños por heladas sucesivas, aun cuando no sean tan profundas, y detiene su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5°C por encima de cero. En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27° a 33°C , con un medio óptimo entre 15° y 25°C . Las temperaturas de germinación están entre 5°C de mínima y 30° a 35°C de máxima, con un óptimo entre 18° y 22°C . La humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero. No requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura. Fotoperiodo: Florece en días de 12 horas de luz en adelante. (García, 2013)

En condiciones manejables como el invernadero, hay que favorecer el enraizamiento, evitando las temperaturas extremas, intentando conseguir temperaturas suaves. La humedad relativa oscilará alrededor del 85 %. Se evitará la desecación del taco. Para ello, se darán riegos cortos, especialmente durante las horas centrales del día y al atardecer. (Intia, 2013).

Tabla 4. Requerimientos climáticos de la acelga

| Exigencias climáticas | | | |
|------------------------------|-----------|------------|---------|
| | Mínimas | Óptimas | Máximas |
| Desarrollo vegetativo | 5 – 8 °C | 18 – 25 °C | 33 °C |
| Humedad relativa | 60 – 80 % | | |

Fuente: (García, 2013)

9. Cosecha

Según García (2013), La recolección de la acelga puede hacerse de dos formas, bien recolectando la planta entera cuando tenga un tamaño comercial de entre 0,75 y 1 kg de peso, o bien recolectando manualmente las hojas a medida que estas van teniendo un tamaño óptimo.

La longitud de las hojas es un indicador visual del momento de la cosecha (25 cm), siendo el tiempo otro parámetro, 60 - 70 días el primer corte y después cada 12 a 15 días. Es recomendable cortar las hojas con cuchillos o navajas bien afilados, evitando dañar el cogollo o punto de crecimiento, ya que

podría provocarse la muerte de la planta. De esta forma se puede obtener una producción media de 15 k/m². Una vez recolectadas las hojas, se colocan en manojos de un kg que a su vez se empacan en conjuntos de 10 kg. En cada manajo se alterna la mitad del fajo de hojas y otra mitad del pecíolo. La conservación se realiza a 0 °C y 90 % de humedad relativa durante 10 - 12 días. (García, 2013).

a. Producción en Ecuador

En el Ecuador el cultivo de acelga es limitado ya que no es un cultivo sumamente explotado por los agricultores del país, sin embargo, los sitios más representativos en la producción de acelga, en nuestro país son: Chimborazo, Tungurahua, Pichincha, Cañar, Loja, Bolívar, Carchi, Guayas, Los Ríos. Las Zonas aptas para el cultivo: Bosques húmedos, montano bajo, bosque húmedo o montano (Bustos, 1996).

10. Rendimientos de la acelga

Según Agrosad (2018), los rendimientos obtenidos del cultivo de la hortaliza en ambientes temperados son de 22 tn/ha.

Por su parte, Vigliola (1985), indica que el promedio obtenido en ambientes temperados alcanza de 15 a 20 tn/ha.

Benitez (2007), menciona que el rendimiento de la acelga de penca blanca es de 17.427,5 kg/ha en un ambiente despejado.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR

1. Localización

La presente investigación se realizó en el invernadero del departamento de horticultura de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales.

2. Ubicación geografía

Lugar: ESPOCH

Altitud: 2.821 m.s.n.m.

X: 166072.0629191473 UTM

Y: 110682.83775019788 UTM

Zona: 44

Hemisferio: Sur

3. Características climáticas dentro del invernadero

Temperatura promedio: 28°C

Humedad relativa promedio 25 %

4. Clasificación ecológica

Según Holdridge, L. (1982), la zona de vida corresponde a estepa espinosa montano bajo (ee - MB).

5. Características del agua

a. Características físicas

Color: Transparente

Sabor: Insípida

b. Características químicas

Las características químicas del agua se adjuntaron en el anexo 2

B. EQUIPOS Y MATERIALES

1. Material biológico de la investigación

1300 plántulas de acelga (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT.

2. Materiales

Planchas de espuma flex; vaso de precipitación; vasos plásticos; baldes; esponjas: fundas de papel cartón: flexómetro; mangueras; guantes; azadón; 3 tanques de 200 L de capacidad; silicona; probeta; estiletes; marcador permanente; rastrillo; rótulos de identificación; palillos de identificación.

3. Equipos

3 bombas de caudal; sistema de aireación; temporizador o timer; bomba de mochila; cámara fotográfica; balanza; pH- metro portátil; conductímetro; estufa

4. Fertilizantes

Ácido nítrico; fosfato mono amónico y nitrato de potasio

5. Materiales de oficina

Libreta; lápiz; borrador; regla; calculadora; computadora; impresora.

C. MÉTODOS

1. Metodología

Se evaluaron los siguientes parámetros:

a. Determinación del prendimiento de la acelga

Se determinó el prendimiento de la acelga en el sistema hidropónico, haciendo una relación del número de plantas trasplantadas y comparándolas con el número de plantas muertas entre los 15 y 20 días después del trasplante, esta variable se medirá en porcentaje (%).

b. Determinación del Índice absoluto de crecimiento (IAC)

Se evaluó el IAC a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, el cual expresa el incremento en peso por unidad de tiempo ($\text{Peso(g)}/\text{Tiempo(días)}$)

c. Determinación del Índice de asimilación neta (IAN)

Se determinó el IAN (Índice de asimilación neta) a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, el cual expresa el incremento de peso por unidad de área fotosintética por unidad de tiempo ($\text{Peso(g)}/\text{Área(m}^2\text{)}/\text{Tiempo(día)}$)

d. Determinación de la razón del peso radical (RPR)

Se determinó el RPR (Razón de peso radical) a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, el cual expresa el peso de las raíces en comparación con el peso de la planta en seco ($\text{peso raíz}/\text{peso planta}$)

e. Determinación de la razón del peso foliar (RPF)

Se determinó el RPF (Razón de peso foliar) a los 30, 60 y 90 días después del trasplante, el cual expresa el peso de las raíces en comparación con el peso de las hojas en seco ($\text{peso hojas}/\text{peso planta}$)

f. Determinación del índice de cosecha (K)

Se determinó el K (índice de cosecha) a los 90 días después del trasplante, el cual expresará el peso de la parte comercial de la planta en comparación con el peso total de la misma ($\text{peso parte comercial}/\text{peso total}$), se expresará el mismo en porcentaje (%)

g. Determinación del rendimiento por hectárea (kg/ha)

Se determinó el rendimiento por hectárea del sistema hidropónico.

h. Determinación relación beneficio costo

Se determinó la relación beneficio costo mediante registros de costos de producción del sistema hidropónico.

i. Evaluación periódica del pH del medio acuoso

Se realizó la evaluación periódica del pH del medio acuoso incluida la solución nutritiva, se realizó cada día con el uso del pH metro portátil.

D. MANEJO DEL ENSAYO

1. Instalación del sistema hidropónico a raíz flotante

- a. Se limpió las pozas en donde se implementó el sistema hidropónico a raíz flotante
- b. Se separaron cada una de las pozas en 3 bloques diferentes (Anexo 10)
- c. Se puso una capa de cemento en las 3 pozas (Anexo 11)
- d. Las pozas fueron regadas, para su propia compactación
- e. Se aplicó una cubierta con pintura impermeable (Anexo 12)
- f. Se instaló el sistema eléctrico para el funcionamiento de las bombas de caudal (Anexo 13)
- g. Se instalaron las 3 bombas de caudal (Anexo 13)
- h. Se instalaron, las mangueras correspondientes al sistema de aireación para cada una de las 3 bombas del sistema hidropónico (Anexo 14)
- i. Se realizó el corte y pega de las planchas de espuma flex para el sistema hidropónico (Anexo 15)
- j. Se perforo las planchas de espuma flex a una distancia de 30cm en tres bolillos (Anexo 16)
- k. Se instaló las planchas de espuma flex en el sistema hidropónico

2. Instalación del temporizador electrónico para el hidropónico a raíz flotante

- a. Se instaló un temporizador electrónico digital para poder controlar el encendido de las 3 bombas de caudal que actuaban como aireadoras del sistema a raíz flotante, las cuales trabajaban durante las 24 horas del día y se encendían durante 20 minutos cada hora.

3. Análisis de agua

- a. Se recolectaron, muestras para el análisis, en un volumen de 2 litros de agua, que fue implementada en la investigación
- b. Se enviaron las muestras a la estación Santa Catalina INIAP, para su posterior análisis.
- c. Se realizó la interpretación de los análisis de agua recibidos.

4. Trasplante de la acelga en el sistema hidropónico

- a. Se realizó el hoyado de los vasos plásticos, con un diámetro de 5cm. (Anexo 17)
- b. Se cortaron pequeños trozos la esponja, que ayudaron como sostén de la plántula en el sistema hidropónico (Anexo 18)
- c. El trasplante de la acelga se realizó a los 30 días después de la siembra por lo cual, la planta contaba con el tamaño suficiente para poder presentar un crecimiento prolongado. (Anexo 19)

5. Preparación de las soluciones nutritivas

- a. Se preparó la solución nutritiva en base a las recomendaciones realizadas por La Molina, analizando la Cuadro 1, se pudo realizar el cálculo de fertilización.

Cuadro 1. Cantidad de nutrientes para las soluciones nutritivas

| ELEMENTO | DOSIS | ppm | DOSIS |
|----------|-------|-------|-------|
| | ALTA | DOSIS | BAJA |
| | 125% | MEDIA | 75% |
| | | 100% | |
| N | 250 | 200 | 150 |
| P | 262,5 | 210 | 157,5 |
| K | 43,75 | 35 | 26,25 |

- b. Se calculó la cantidad de fertilizantes a incorporar para la solución nutritiva, basados en el posterior análisis de agua realizado.

$$C = \frac{F * DF * n * 100}{a} \quad F = \frac{C * a}{DF * n * 100}$$

Donde;

C = Cantidad de fertilizante en g

F = concentración del nutriente en el agua de irrigación.

n = volumen de la solución madre.

a = % de pureza del nutriente en el fertilizante.

DF= factor de dilución.

- c. Se seleccionaron 3 tipos de fertilizantes, basados en la utilidad de los mismos en el sistema hidropónico, como se muestra en la Cuadro 2.

Cuadro 2. Fertilizantes para la solución nutritiva

| FUENTE | FORMULA | UNIDAD | COMPOSICIÓN QUÍMICA |
|----------------------|--|--------|---------------------------------------|
| Ácido Nítrico | HNO ₃ | % | 68 (22N) |
| Fosfato mono amónico | NH ₄ H ₂ PO ₄ | % | N 11-P ₂ O ₅ 62 |
| Nitrato de potasio | NO ₃ K | % | N 13- K ₂ O 44 |

- d. Ya calculadas las cantidades de fertilizantes de los diferentes tratamientos a implementar en la investigación, estos se detallan en la Cuadro 3.

Cuadro 3. Cantidad de fertilizantes para las soluciones nutritivas

| % | Formula | Solución "A" | Solución "B" | Solución "C" |
|-----------------------------|--|--------------|--------------|--------------|
| | | Cantidad | Cantidad | Cantidad |
| Ácido Nítrico | HNO ₃ | 1,82 L | 1,45 L | 1,09 L |
| Fosfato Mono amónico | NH ₄ H ₂ PO ₄ | 0,60 kg | 0,48 kg | 0,36 kg |
| Nitrato de Potasio | NO ₃ K | 2,64 kg | 2,11 kg | 1,57 kg |

6. Aplicación de los fertilizantes

- Se aplicó los fertilizantes de acuerdo a cada etapa de crecimiento de acuerdo a los tratamientos.
- Antes de aplicar las soluciones nutritivas, se procedió a regular el pH del agua, con ácido nítrico, hasta obtener un pH de 6,5 – 7 para que los nutrientes sean absorbidos con mayor facilidad. (Anexo 20)
- Se disolvió las diferentes cantidades de nutrientes en un balde antes de ser incorporados directamente a las pozas. (Anexo 21)
- El 25 % de la solución nutritiva total de cada una de las diferentes concentraciones de la solución nutritiva, fue aplicado a los 15 días después del trasplante.
- Se aplicó el 35 % de la solución nutritiva total de cada una de las diferentes concentraciones de soluciones nutritivas a los 35 días después del trasplante.
- Se incorporó el 40 % de la solución nutritiva total de cada una de las diferentes concentraciones de soluciones nutritivas a los 65 días después del trasplante.

7. Medición del pH y CE en el medio de cultivo

- Para poder garantizar el crecimiento normal del cultivo, se procedió a realizar un control periódico del pH y CE con el uso de un pH metro portátil. (Anexo 22)

8. Control fitosanitario

- El control fitosanitario se realizó en los primeros 15 días después del trasplante.

9. Cosecha

La cosecha se realizó a los 90 días después de trasplante

E. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

1. Especificaciones del ensayo experimental

| | |
|------------------------------------|---|
| Número de tratamientos: | 3 |
| Número de repeticiones: | 3 |
| Número de unidades experimentales: | 9 |

2. Pozas

| | |
|----------------------------------|-------------|
| Forma: | Rectangular |
| Longitud: | 33 m |
| Ancho: | 1,80 m |
| Profundidad: | 0,30 m |
| Número de camas por tratamiento: | 1 |
| Volumen de agua: | 3741,78 l |

3. Distancia de trasplante

| | |
|--|-----------------------|
| Distancia entre hileras: | 0,30 m |
| Distancia entre pozas: | 0,30 m |
| Número de plantas por parcela: | 136 |
| Número de plantas evaluadas por parcela: | 30 |
| Área neta del ensayo: | 49,23 m ² |
| Área total del ensayo: | 198,00 m ² |

4. Tratamiento

| | |
|---|----------------------|
| Ancho de la parcela: | 1,18 m |
| Longitud de la parcela: | 10,57 m |
| Área de cada parcela: | 12,47 m ² |
| Distancia entre parcela: | 0,20 m |
| Número de plantas por hilera: | 34 |
| Número de plantas por parcela: | 136 |
| Número de hileras por parcela neta: | 2 |
| Número de plantas por hileras por parcela neta: | 15 |
| Número de plantas por parcela neta: | 30 |
| Número de plantas a evaluar: | 10 |

Cuadro 4. Tratamientos en estudio.

| Tratamientos | Dosis | ppm | % |
|---------------------|--------------|---------------------------|----------|
| T1 | Alta | 250 N – 262,5 P – 43,75 K | 125 |
| T2 | Media | 200 N – 210 P – 35 K | 100 |
| T3 | Baja | 150 N – 157,5 P – 26,25 K | 75 |

F. DISEÑO EXPERIMENTAL

1. Características del diseño

Se realizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA), con tres tratamientos y tres repeticiones.

2. Esquema de análisis de varianza

Cuadro 5. Análisis de varianza (ADEVA)

| Fuente de Variación | Fórmula | gl |
|----------------------------|----------------|-----------|
| Repetición | R-1 | 2 |
| Tratamiento | T-1 | 2 |
| Error | (R-1)(T-1) | 4 |
| Total | (R*T)-1 | 8 |

3. Análisis funcional

- Se utilizó la prueba de TUKEY al 5% cuando existió diferencias significativas entre los tratamientos
- Se realizó el análisis económico mediante la relación Beneficio/Costo
- Se determinó en coeficiente de variación expresado en porcentaje

VII. RESULTADOS Y DISCUSIONES

A. PORCENTAJE DE PRENDIMIENTO

El porcentaje de prendimiento en todos los tratamientos a los 10 y 15 días después del trasplante (ddt), fue del 99%, esto se debió al correcto manejo del pH y C.E que se encontró entre 6,4 y 6,7 y la CE 1,5 a 1,7 mS/cm en la solución del sistema, lo que garantizó un alto porcentaje de prendimiento, coincidiendo con Hydro environment. (2017), quién manifiesta que un adecuado pH en la solución mejora la disponibilidad de nutrientes, y que para el caso del cultivo de acelga debe estar entre 6.0-7.5, de igual manera es necesario que al mezclar la solución nutritiva con el agua se encuentre su conductividad entre 1.5 mS/cm y 3 mS/cm. (Gráfico 1) y (Gráfico 2)

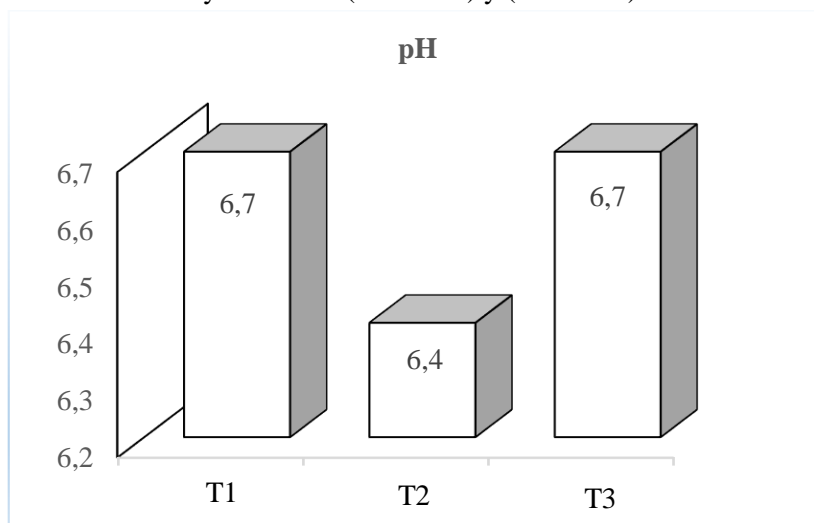


Gráfico 1. pH promedio durante el prendimiento del cultivo

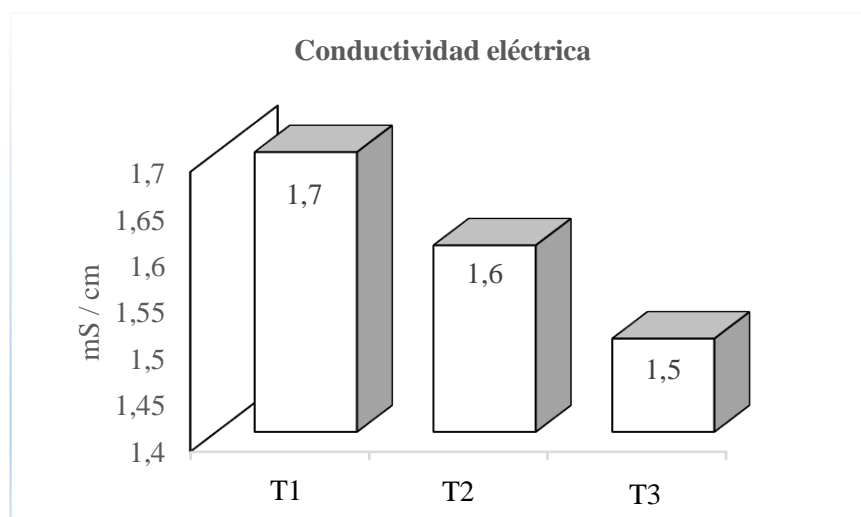


Gráfico 2. Conductividad eléctrica promedio durante el prendimiento del cultivo

B. ÍNDICE ABSOLUTO DE CRECIMIENTO (IAC)

1. Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 30 días después del trasplante (ddt)

En el análisis de varianza para el índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 30 días después del trasplante (ddt), se encontraron diferencias altamente significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 13,13 (Cuadro 6).

Cuadro. 6 Análisis de varianza para el IAC a los 30 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|-------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 0,01 | 2 | 0,003 | 0,8 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 0,43 | 2 | 0,22 | 52,24 | 6,94 | 18 | ** |
| Error | 0,02 | 4 | 0,004 | | | | |
| Total | 0,46 | 8 | | | | | |
| CV | 13,13 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 7, Gráfico 3) para el índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 30 días después del trasplante (ddt), se observa dos rangos, en el rango A se ubica el T1 (DA) con una media de 0,8 g/d y en el rango B que se encuentran los tratamientos T2 (DM) y T3(DB) con medias de 0,37 y 0,31 g/d respectivamente.

Cuadro. 7 Prueba de Tukey al 5% para el IAC

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (g/d) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T1 | DA | 0,8 | A |
| T3 | DB | 0,37 | B |
| T2 | DM | 0,31 | B |

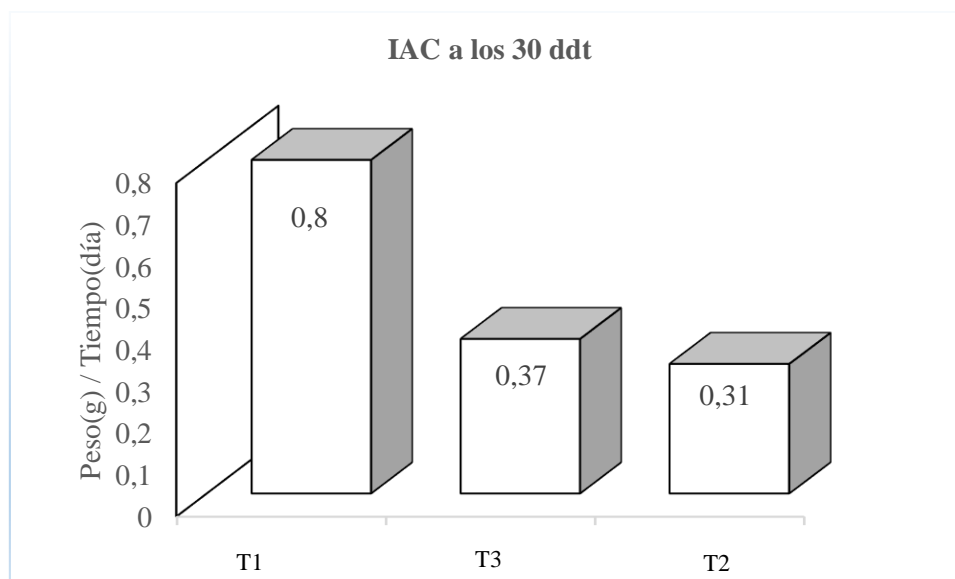


Gráfico 3. Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 30 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), supera en un 116,21% al T3 (DB) (150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm), lo que demuestra que el contenido mayor de nitrógeno en la solución nutritiva, promueve el crecimiento vegetativo de la planta, lo cual coincide con lo mencionado por EIRS (2018), “La importancia del nitrógeno radica en crear masa vegetal. Siendo más específicos este elemento estimula el crecimiento al favorecer la división celular”

Con la aplicación de 250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm (T1) (DA) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el IAC hace referencia al peso fresco dividido para el número de días a los 30 ddt, se alcanzó un peso por planta de 24 g, que supera en 25 % a los resultados obtenidos por: Barrientos H, Castillo & Garcia (2015), quienes obtuvieron un peso de la planta a los 30 ddt de 18 g.

2. Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 60 días después del trasplante (ddt)

En el análisis de varianza para el índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 60 días después del trasplante (ddt), se encontraron diferencias altamente significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 10,33 (Cuadro 8).

Cuadro 8. Análisis de varianza para el IAC a los 60 días ddt

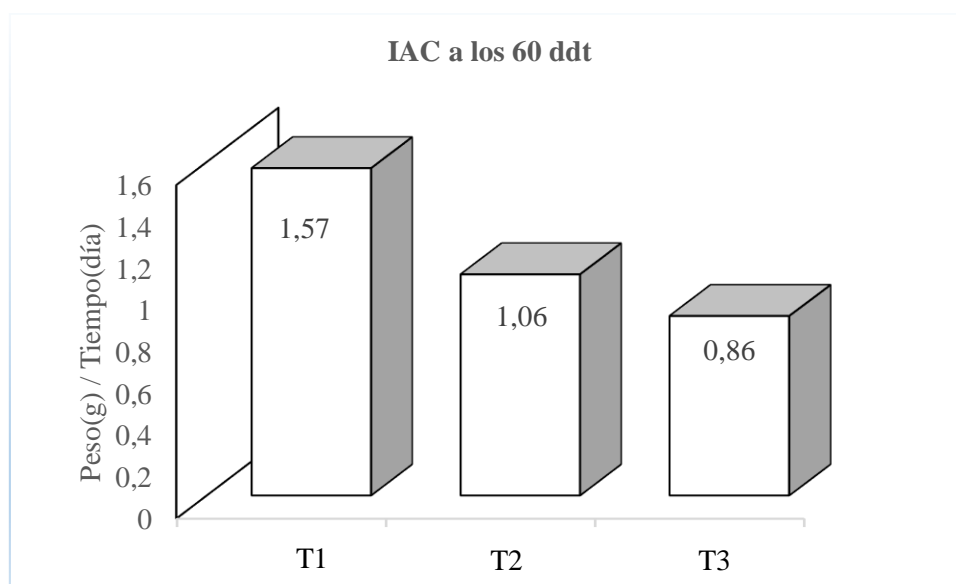
| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|-------|----|------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 0,1 | 2 | 0,05 | 3,54 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 0,79 | 2 | 0,4 | 27,51 | 6,94 | 18 | ** |
| Error | 0,06 | 4 | 0,01 | | | | |
| Total | 0,95 | 8 | | | | | |
| CV | 10,33 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 9. Prueba de Tukey al 5% para el IAC

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (g/d) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T1 | DA | 1,57 | A |
| T2 | DM | 1,06 | B |
| T3 | DB | 0,86 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 9, Gráfico 4) para el índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 60 días después del trasplante (ddt), se observa dos rangos, en el rango A se ubica el T1 (DA) con una media de 1,57 g/d y en el rango B que se encuentran los tratamientos T2 (DM) y T3(DB) con medias de 1,06 y 0,86 g/d respectivamente.

**Gráfico 4.** Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 60 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), supera en un 48,11 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la mayor concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, promueve el crecimiento vegetativo de una planta, coincidiendo con lo mencionado por FAO (2016), “El nitrógeno es fundamental para el crecimiento vegetativo, da el color verde intenso a las plantas, activa el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas y mejora la calidad de las hortalizas”

Con la aplicación de 250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm (T1) (DA) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el IAC hace referencia al peso fresco dividido para el número de días a los 60 ddt, se alcanzó un peso por planta, de 94,2 g, que supera en 9,22 % a los resultados obtenidos por: Quintero & Marcillo (2015), quienes obtuvieron un peso de la planta a los 60 ddt de 85,51g, bajo invernadero.

3. Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 90 días después del trasplante (ddt)

En el análisis de varianza para el índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 90 días después del trasplante (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 9,43 (Cuadro 10).

Cuadro 10. Análisis de varianza para el IAC a los 90 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|------|----|------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 0,26 | 2 | 0,13 | 2,66 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 1,63 | 2 | 0,81 | 16,45 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 0,2 | 4 | 0,05 | | | | |
| Total | 2,09 | 8 | | | | | |
| CV | 9,43 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 11. Prueba de Tukey al 5% para el IAC

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (g/d) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T2 | DM | 2,86 | A |
| T1 | DA | 2,39 | A B |
| T3 | DB | 1,82 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 11, Gráfico 5) para el índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 90 días después del trasplante (ddt), se observa tres rangos: el rango A se ubica el T2 (DM) con una media de 2,86 g/d, el rango AB que se encuentra en el tratamiento T1 (DA) con una media de 2,39 y el rango B con una media de 1,82 g/d.

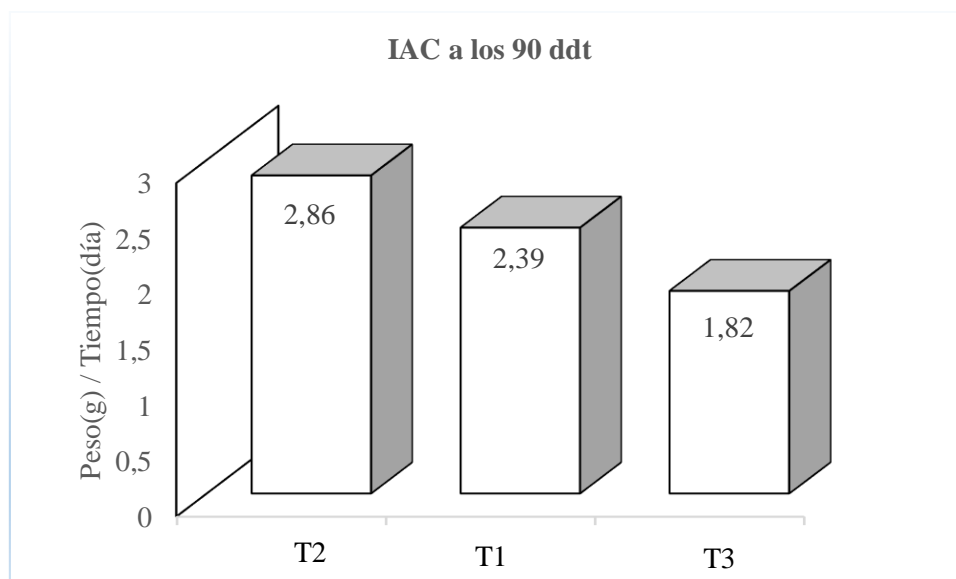


Gráfico 5. Índice absoluto de crecimiento (IAC) a los 90 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), supera en un 19,66 % al T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), demostrando así, que el exceso de nitrógeno en la solución nutritiva en T1, promovió un crecimiento acelerado y menor resistencia del cultivo, lo cual es corroborado por EIRS (2018), “ El exceso de nitrógeno presentarán un crecimiento exagerado. Esto a su vez hará que las plantas sean más susceptibles a plagas y enfermedades.”

Con la aplicación de 200 N – 210 P – 35 K ppm (T2) (DM) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el IAC hace referencia al peso fresco dividido para el número de días a los 90 ddt, alcanzó un peso por planta de 257,4 g, que supera en 32,97 % a los resultados obtenidos por: Quintero & Marcillo (2015), quienes obtuvieron un peso de la planta a los 90 ddt de 172,51 g, bajo invernadero.

C. **ÍNDICE DE ASIMILACIÓN NETA (IAN)**

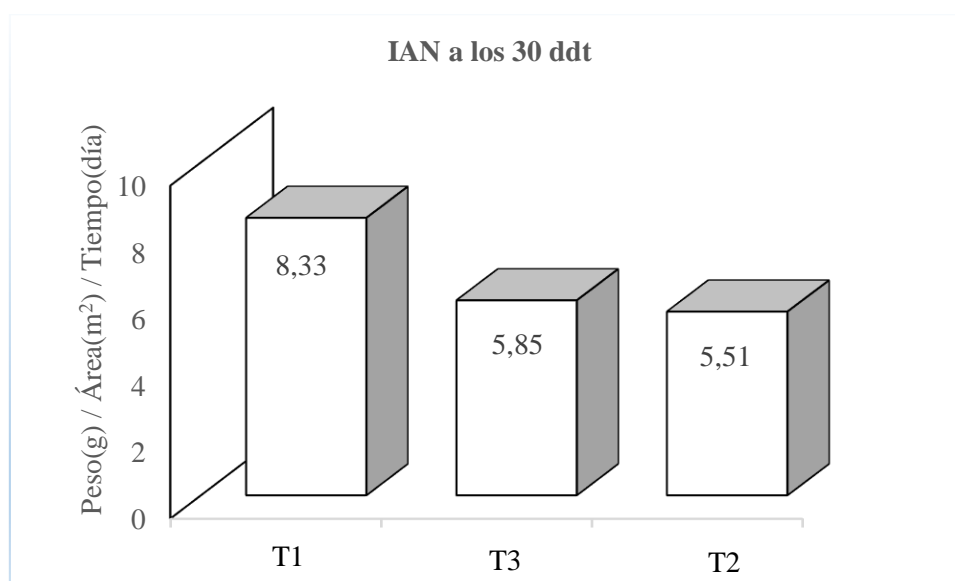
1. **Índice de asimilación neta (IAN) a los 30 días después del trasplante (ddt)**

En el análisis de varianza para el índice de asimilación neta (IAN) a los 30 días después del trasplante (ddt), no se encontraron diferencias significativas en tratamientos y repeticiones, con un coeficiente de variación de 24,44 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Análisis de varianza para el IAN a los 30 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|-------|----|------|------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 2,65 | 2 | 1,33 | 0,52 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 14,18 | 2 | 7,09 | 2,75 | 6,94 | 18 | ns |
| Error | 10,3 | 4 | 2,58 | | | | |
| Total | 27,14 | 8 | | | | | |
| CV | 24,44 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

**Gráfico 6.** Índice de asimilación neta (IAN) a los 30 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), supera en un 42,39 % al T3 (DB) (150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm), lo que demuestra que la mayor concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, promueve el crecimiento del follaje de una planta, coincidiendo con lo mencionado por FAO (2016), “El nitrógeno es fundamental para el crecimiento vegetativo, activa el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas y mejora la calidad de las hortalizas”

Con la aplicación de 250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm (T1) (DA) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el IAN hace referencia al peso fresco dividido para la distancia de apertura de la hoja y dividido para número de días transcurridos, a los 30 ddt alcanzó un valor por planta de 8,33 g/m²/d, que supera en 3,96 % a los resultados obtenidos por: Barrientos, Castillo & Garcia (2015), en su trabajo de investigación, en donde mencionan que el TAN (tasa de asimilación neta) a los 30 ddt poseen un 8 g/m²/d.

2. Índice de asimilación neta (IAN) a los 60 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para el índice de asimilación neta (IAN) a los 60 (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 11,01 (Cuadro 13)

Cuadro 13. Análisis de varianza para el IAN a los 60 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|-------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 0,15 | 2 | 0,08 | 0,07 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 25,96 | 2 | 12,98 | 11,31 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 4,59 | 4 | 1,15 | | | | |
| Total | 30,71 | 8 | | | | | |
| CV | 11,01 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 14. Prueba de Tukey al 5% para el IAN

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (g/m ² /d) | RANGO |
|-------------|--------|-----------------------------|-------|
| T1 | DA | 12,09 | A |
| T2 | DM | 8,95 | B |
| T3 | DB | 8,16 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 14, Gráfico 7) índice de asimilación neta (IAN) a los 60 (ddt), se observa dos rangos, en el rango A se ubica el T1 (DA) con una media de 12,09 g/m²/d y en el rango B que se encuentran los tratamientos T2 (DM) y T3(DB) con medias de 8,95 y 8,16 g/m²/d respectivamente.

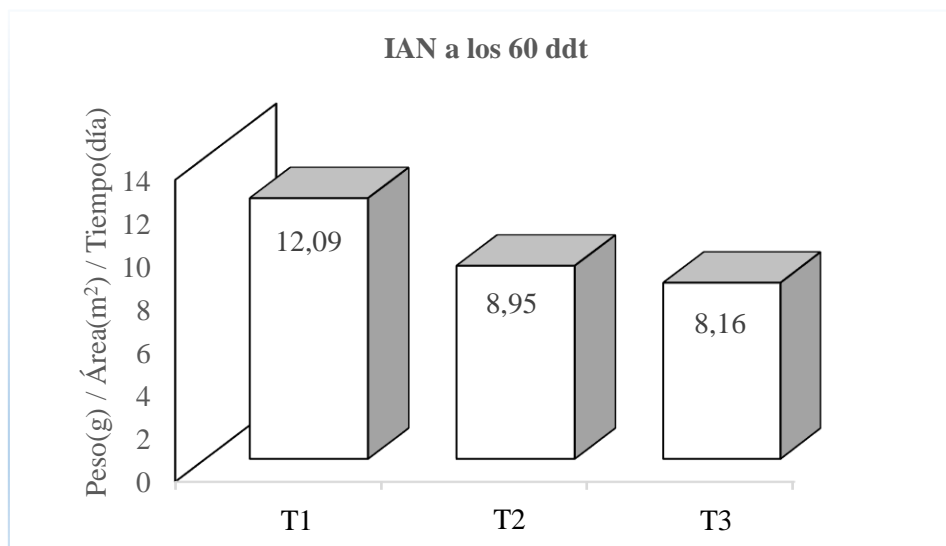


Gráfico 7. Índice de asimilación neta (IAN) a los 60 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), supera en un 35,08 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la mayor concentración de nitrógeno en la solución nutritiva, promueve el crecimiento del vegetativo de una planta, coincidiendo con lo mencionado por: Cibergarden (2012), “El nitrógeno fomenta el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas y mejora la calidad de las hortalizas”

Con la aplicación de 250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm (T1) (DA) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el IAN hace referencia al peso fresco dividido para la distancia de apertura de la hoja y dividido para número de días transcurridos, a los 60 ddt alcanzó un valor por planta de 12,09 g/m²/d, que supera en 42,10% a los resultados obtenidos por: Barrientos, Castillo & Garcia (2015), en su trabajo de investigación, en donde mencionan que el TAN (tasa de asimilación neta) a los 60 ddt poseen un 7 g/m²/d.

3. Índice de asimilación neta (IAN) a los 90 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para el índice de asimilación neta (IAN) a los 90 (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,62 (Cuadro 15).

Cuadro 15. Análisis de varianza para el IAN a los 90 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|-------------|-------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 1,55 | 2 | 0,77 | 0,92 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 26,63 | 2 | 13,31 | 15,92 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 3,35 | 4 | 0,84 | | | | |
| Total | 31,52 | 8 | | | | | |
| CV | 8,62 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 16. Prueba de Tukey al 5% para el IAN

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (g/m ² /d) | RANGO |
|-------------|--------|-----------------------------|-------|
| T2 | DM | 12,96 | A |
| T1 | DA | 9,97 | B |
| T3 | DB | 8,9 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 16, Gráfico 8) para el índice de asimilación neta (IAN) a los 90 (ddt), se observa dos rangos, en el rango A se ubica el T2 (DM) con una media de 12,96 g/m²/d y

en el rango B que se encuentran los tratamientos T1 (DA) y T3(DB) con medias de 9,97 y 8,9 g/m²/d respectivamente.

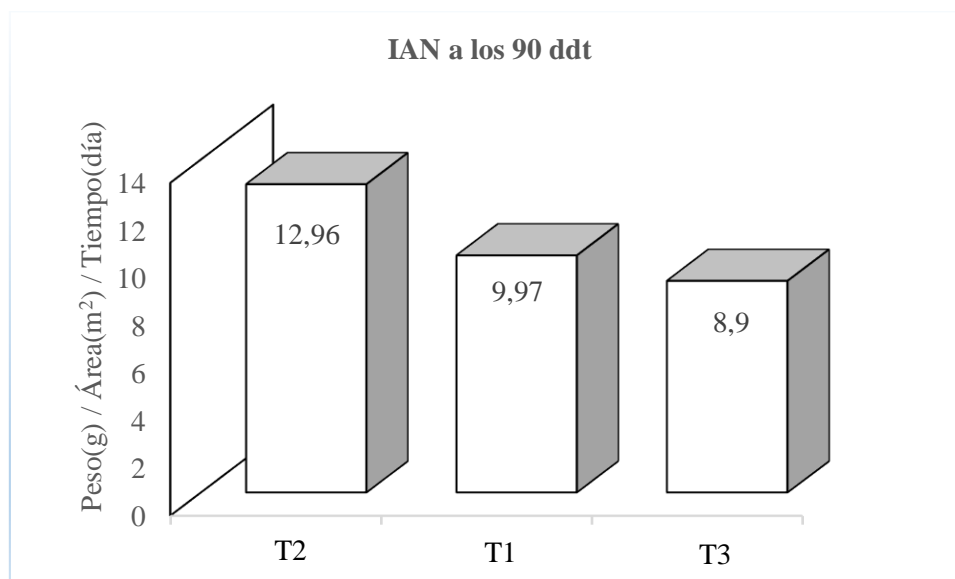


Gráfico 8. Índice de asimilación neta (IAN) a los 90 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), supera en un 29,98 % al T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), demostrando así, que el exceso de nitrógeno en la solución nutritiva en T1, promovió un crecimiento acelerado y menor resistencia del cultivo, lo cual es corroborado por FAO (2016), “Un exceso de nitrógeno se traduce en menor resistencia frente a las plagas y enfermedades, vuelco de las plantas”

Barrientos, Castillo & Garcia (2015), en su trabajo de investigación mencionan que el TAN (tasa de asimilación neta) a los 90 ddt posee un 5 g/m²/d, valor que es superado, por todos los tratamientos, en un 61,41 % por el T2 (DM) con 12,96 g/m²/d, el T1 (DA) con 9,97 g/m²/d supera en un 49,84 %, el T3 (DB) con 8,9 g/m²/d supera en un 43,82 %. Lo cual se puede explicar por el tipo de sistema de producción que se implementó en esta investigación, contrario a la producción convencional implementada por la investigación citada.

D. RAZÓN DEL PESO RADICAL (RPR)

1. Razón del peso radical (RPR) a los 30 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para la razón del peso radical (RPR) a los 30 (ddt), se encontraron diferencias altamente significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 9,22 (Cuadro 17).

Cuadro 17. Análisis de varianza para el RPR a los 30 días ddt

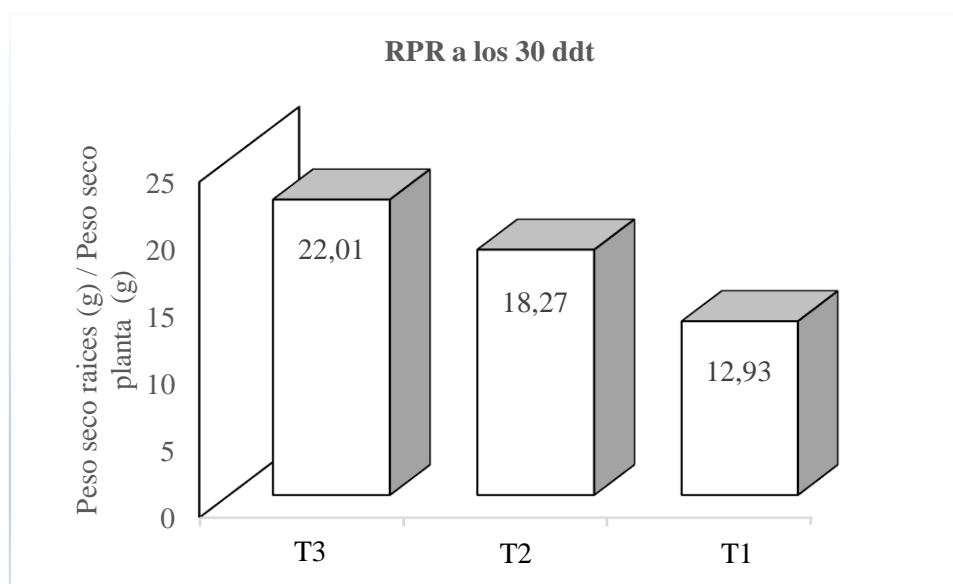
| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|--------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 2,43 | 2 | 1,22 | 0,46 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 124,85 | 2 | 62,43 | 23,35 | 6,94 | 18 | ** |
| Error | 10,69 | 2 | 2,67 | | | | |
| Total | 137,98 | 4 | | | | | |
| CV | 9,22 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 18. Prueba de Tukey al 5% para el RPR

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (%) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T3 | DB | 22,01 | A |
| T2 | DM | 18,27 | A |
| T1 | DA | 12,93 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 18, Gráfico 9) para para la razón del peso radical (RPR) a los 30 (ddt), se observa dos rangos, el A que se ubica el T3 (DB) y T2 (DM), con medias de 22,01 % y 18,27 % respectivamente, así mismo el B con el T1 (DA) con una media de 12,93 %.

**Gráfico 9.** Razón del peso radical (RPR) a los 30 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T3 (DB) (150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm), supera en un 20,47 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la menor concentración de nitrógeno, en comparación con la mayor del fósforo, en una solución nutritiva, provoca un menor crecimiento del follaje en comparación con sistema radicular de la planta. Ya que según Cibergarden (2012), “ El fósforo estimula la rápida formación y crecimiento de las raíces facilita el rápido y vigoroso comienzo a las plantas”

Con la aplicación de 150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm (T3) (DB) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el RPR hace referencia al peso seco de la raíz dividido para el peso seco de la planta total, a los 30 ddt se alcanzó un valor por planta de 22,01 %, que supera en 10,94 % a los resultados obtenidos por: Salaverry (2014), quien determinó que el mejor porcentaje de la raíz de acelga , en comparación con el peso total de la misma, a los 30 ddt, fue de 19,6 %.

2. Razón del peso radical (RPR) a los 60 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para la razón del peso radical (RPR) a los 60 (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,3 (Cuadro 19).

Cuadro 19. Análisis de varianza para el RPR a los 60 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|--------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 18,58 | 2 | 9,29 | 1,77 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 157,3 | 2 | 78,65 | 14,98 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 21 | 4 | 5,25 | | | | |
| Total | 196,88 | 8 | | | | | |
| CV | 8,3 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 20. Prueba de Tukey al 5% para el RPR

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (%) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T3 | DB | 32,24 | A |
| T2 | DM | 28,65 | A B |
| T1 | DA | 22,11 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 20, Gráfico 10) la razón del peso radical (RPR) a los 60 (ddt), se observa que existen tres rangos: el A que se ubica en el T3 (DB) con una media de 32,24%, el segundo rango AB que está en el T2 (DM) con una media 28,65 %, y el tercer rango B que se presenta en el T1 (DA) con una media de 22,11 %.

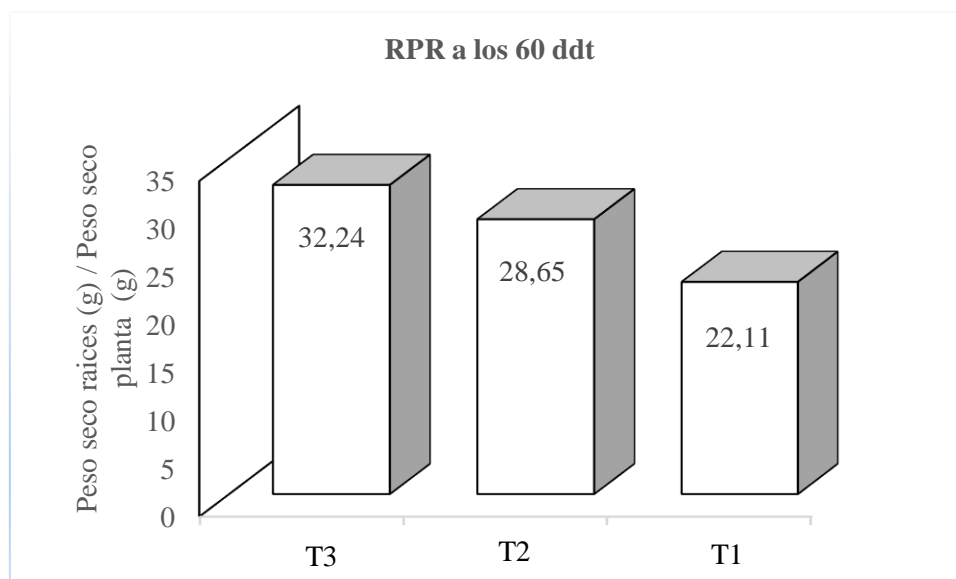


Gráfico 10. Razón del peso radical (RPR) a los 60 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T3 (DB) (150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm), supera en un 12,53 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la menor concentración de nitrógeno, en comparación con la mayor del fósforo, en una solución nutritiva, provoca un menor crecimiento del follaje en comparación con sistema radicular de la planta. Echo corroborado por FAO (2016), “ El fósforo facilita la formación rápida y crecimiento de las raíces”

Con la aplicación de 150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm (T3) (DB) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el RPR hace referencia al peso seco de la raíz dividido para el peso seco de la planta total, a los 60 ddt se alcanzo un valor por planta de 32,24 %, que supera en 24,47 % a los resultados obtenidos por: Salaverry (2014), Quien determinó que el mejor porcentaje de la raíz de acelga , en comparación con el peso total de la misma, a los 60 ddt, fue de 24,35 %. Resultado que se debe al mayor crecimiento de la raíz, en comparación con el follaje de la planta.

3. Razón del peso radical (RPR) a los 90 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para la razón del peso radical (RPR) a los 90 (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,38 (Cuadro 21).

Cuadro 21. Análisis de varianza para el RPR a los 90 días ddt

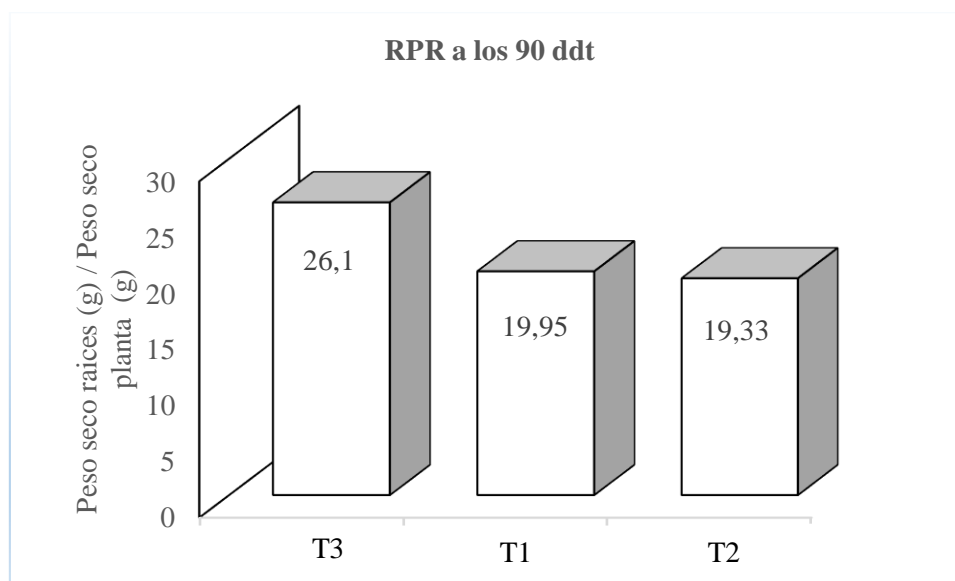
| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|--------|----|------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 7,28 | 2 | 3,64 | 1,09 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 83,99 | 2 | 42 | 12,58 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 13,36 | 4 | 3,34 | | | | |
| Total | 104,63 | 8 | | | | | |
| CV | 8,38 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 22. Prueba de Tukey al 5% para el RPR

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (%) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T3 | DB | 26,1 | A |
| T1 | DA | 19,95 | B |
| T2 | DM | 19,33 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 22, Gráfico 11) la razón del peso radical (RPR) a los 90 (ddt), se observa que existen dos rangos: el A que se ubica en el T3 (DB) con una media de 26,1% y el rango B que se encuentran los tratamientos T1 (DA) y T2(DM) con medias de 19,95 % y 19,33 % respectivamente.

**Gráfico 11.** Razón del peso radical (RPR) a los 90 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T3 (DB) (150 N – 157,5 P – 26,25 K ppm), supera en un 30,82 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la menor concentración de nitrógeno, en comparación con la mayor del fósforo, en una solución nutritiva, provoca un menor crecimiento del follaje en comparación con sistema radicular de la planta. Echo corroborado por FAO (2016), “El fósforo facilita la formación rápida y crecimiento de las raíces” y por Cibergarden (2012), “El nitrógeno fomenta el rápido crecimiento, aumenta la producción de hojas”

En su trabajo de investigación Ramírez (2006), determinó que el mejor porcentaje de la raíz de acelga, tomando en cuenta que el RPR hace referencia al peso seco de la raíz dividido para el peso seco de la planta total, a los 90 ddt, fue de 32,27 %, valor que no es superado por ninguno de los tratamientos, debido a que los mismos, presentaron un mayor crecimiento en su follaje, en comparación a su raíz.

E. RAZÓN DEL PESO FOLIAR (RPF)

1. Razón del peso foliar (RPF) a los 30 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para la razón del peso foliar (RPF) a los 30 (ddt), se encontraron diferencias altamente significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 1,99 (Cuadro 23).

Cuadro 23. Análisis de varianza para el RPF a los 30 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|--------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 2,43 | 2 | 1,22 | 0,46 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 124,85 | 2 | 62,43 | 23,35 | 6,94 | 18 | ** |
| Error | 10,69 | 4 | 2,67 | | | | |
| Total | 137,98 | 8 | | | | | |
| CV | 1,99 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 24. Prueba de Tukey al 5% para el RPF

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (%) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T1 | DA | 87,07 | A |
| T2 | DM | 81,73 | B |
| T3 | DB | 77,99 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 24, Gráfico 12) para la razón del peso foliar (RPF) a los 30 (ddt), se observa que existen dos rangos: el A que se ubica en el T1 (DA) con una media de 87,07 % y el rango B que se encuentran los tratamientos T2 (DM) y T3 (DB) con medias de 81,73 % y 77,99 % respectivamente.

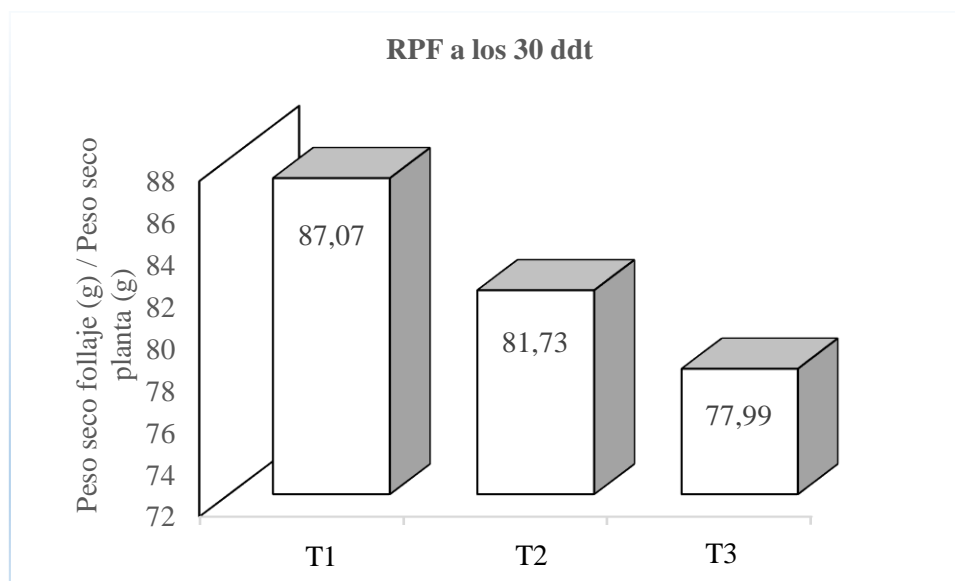


Gráfico 12. Razón del peso foliar (RPF) a los 30 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), supera en un 6,53 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la mayor concentración de nitrógeno, en comparación con la del fósforo y potasio, en una solución nutritiva, provoca un incremento mayor en el follaje en relación al de la planta total. Echo corroborado por Rodriguez & Florez (2004), “Las funciones más importantes del nitrógeno es la de tener una acción directa sobre el incremento de la masa seca porque favorece el crecimiento del follaje, contribuye en la formación de frutos y granos”

Con la aplicación de 250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm (T1) (DA) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el RPF hace referencia al peso seco de la planta total dividido para el peso seco de la raíz, a los 30 ddt se alcanzó un valor por planta de 87,07 %, que supera en 26,49 % a los resultados obtenidos por: Salaverry, (2014), Quien determinó que el mejor porcentaje, de la planta total en comparación con el peso de su raíz, a los 30 ddt, fue de 64 %.

2. Razón del peso foliar (RPF) a los 60 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para la razón del peso foliar (RPF) a los 60 (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,16 (Cuadro 25).

Cuadro 25. Análisis de varianza para el RPF a los 60 días ddt

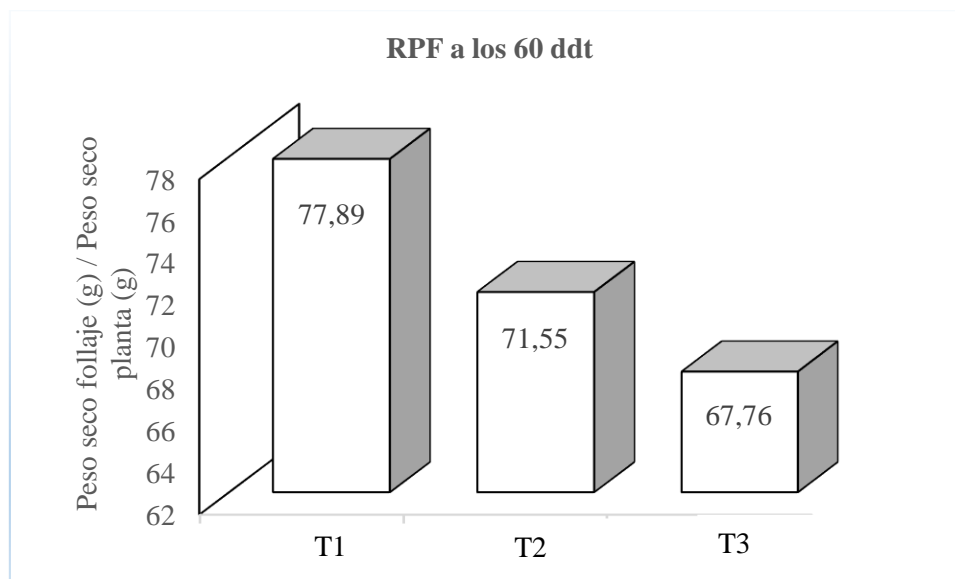
| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|--------|----|-------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 18,58 | 2 | 9,29 | 1,77 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 157,3 | 2 | 78,65 | 14,98 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 21 | 4 | 5,25 | | | | |
| Total | 196,88 | 8 | | | | | |
| CV | 3,16 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 26. Prueba de Tukey al 5% para el RPF

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (%) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T1 | DA | 77,89 | A |
| T2 | DM | 71,55 | B |
| T3 | DB | 67,76 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 26, Gráfico 13) para la razón del peso foliar (RPF) a los 60 (ddt), se observa que existen dos rangos: el A que se ubica en el T1 (DA) con una media de 77,89 % y el rango B que se encuentran los tratamientos T2 (DM) y T3 (DB) con medias de 71,55 % y 67,76 % respectivamente.

**Gráfico 13.** Razón del peso foliar (RPF) a los 60 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), supera en un 8,86 % al T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm), lo que demuestra que la mayor concentración de nitrógeno, en comparación con la del fósforo y potasio, en una solución nutritiva, provoca un incremento mayor en el follaje en relación al de la planta total. Echo corroborado por EIRS (2018), “La función del nitrógeno radica en crear masa vegetal. Siendo más específicos este elemento estimula el crecimiento al favorecer la división celular”.

Con la aplicación de 250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm (T1) (DA) en solución nutritiva, tomando en cuenta que el RPF hace referencia al peso seco de la planta total dividido para el peso seco de la raíz, a los 60 ddt alcanzó un valor por planta de 77,89 %, que supera en 9,48 % a los resultados obtenidos por: Salaverry (2014), quien determinó que el mejor porcentaje, de la planta total en comparación con el peso de su raíz, a los 60 ddt, fue de 70,5 %.

3. Razón del peso foliar (RPF) a los 90 días después del trasplante (ddt)

El análisis de varianza para la razón del peso foliar (RPF) a los 90 (ddt), se encontraron diferencias significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 3,16 (Cuadro 27)

Cuadro 27. Análisis de varianza para el RPF a los 90 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|-------------|--------|----|------|-------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 7,28 | 2 | 3,64 | 1,09 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 83,99 | 2 | 42 | 12,58 | 6,94 | 18 | * |
| Error | 13,36 | 4 | 3,34 | | | | |
| Total | 104,63 | 8 | | | | | |
| CV | 2,34 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 28. Prueba de Tukey al 5% para el RPF

| TRATAMIENTO | CODIGO | MEDIA (%) | RANGO |
|-------------|--------|-------------|-------|
| T2 | DM | 80,67 | A |
| T1 | DA | 80,05 | A |
| T3 | DB | 73,9 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 28, Gráfico 14) para la razón del peso foliar (RPF) a los 90 (ddt), se observa que existen dos rangos: el A que se ubica en el T1 (DA) y T2 (DM) con medias de 80,67 % y 80,05 % respectivamente, y el rango B en el que se encuentra el T3 (DB) con una media de 73,9 %.

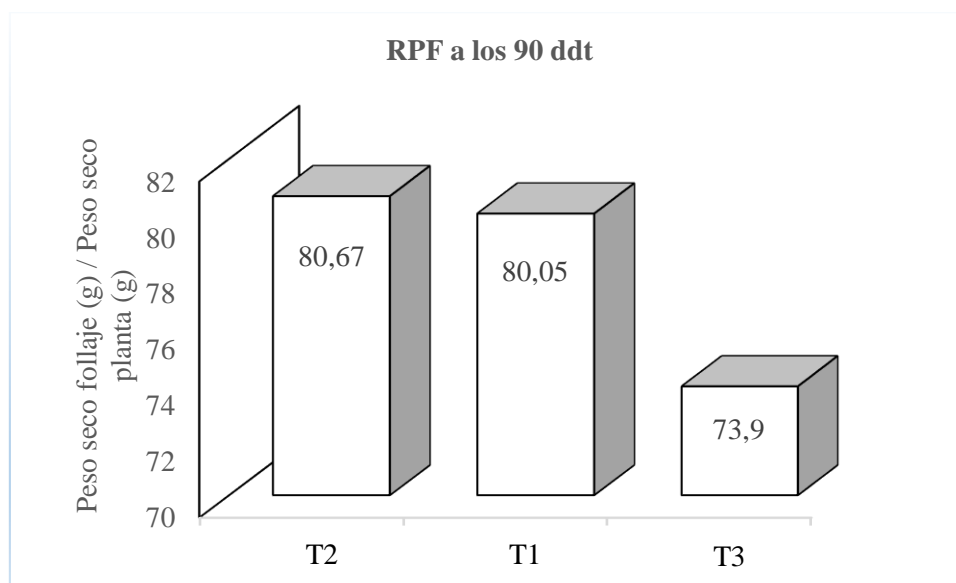


Gráfico 14. Razón del peso foliar (RPF) a los 90 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm) supera en un 0,77 % al T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), lo que demuestra que la mayor concentración de nitrógeno, en comparación con la del fósforo y potasio, en una solución nutritiva, provoca un incremento mayor en el follaje en relación al de la planta total. Echo corroborado por Rodríguez & Florez (2004), “La función más importantes del nitrógeno es obtener una acción directa sobre el incremento de la masa seca porque favorece el crecimiento del follaje”

En su trabajo de investigación Ramírez (2006), encontró un RPF de 67,29 %, valor que plenamente es superado por los 3 tratamientos de la investigación realizada, el T2 (DM) con 80,67 % RPF, de igual manera en el T1 (DA) con 80,05 % RPF y el T3 (DB) 73,9 % RPF. Lo cual se debe plenamente al sistema de producción, en el cual se obtuvieron estos valores.

F. ÍNDICE DE COSECHA (K)

El análisis de varianza para índice de cosecha (K) a los 90 (ddt) demostró que no existen diferencias significativas en repeticiones ni en tratamientos (Cuadro 29). Con un coeficiente de variación de 2,18.

Cuadro 29. Análisis de varianza para el K a los 90 días ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F.C | F TAB | | SIGNIFICANCIA |
|--------------------|-------|----|-------|------|-------|-----|---------------|
| | | | | | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 3,32 | 2 | 1,66 | 0,46 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 28,44 | 2 | 14,22 | 3,94 | 6,94 | 18 | ns |
| Error | 14,44 | 4 | 3,61 | | | | |
| Total | 46,19 | 8 | | | | | |
| CV | 2,18 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

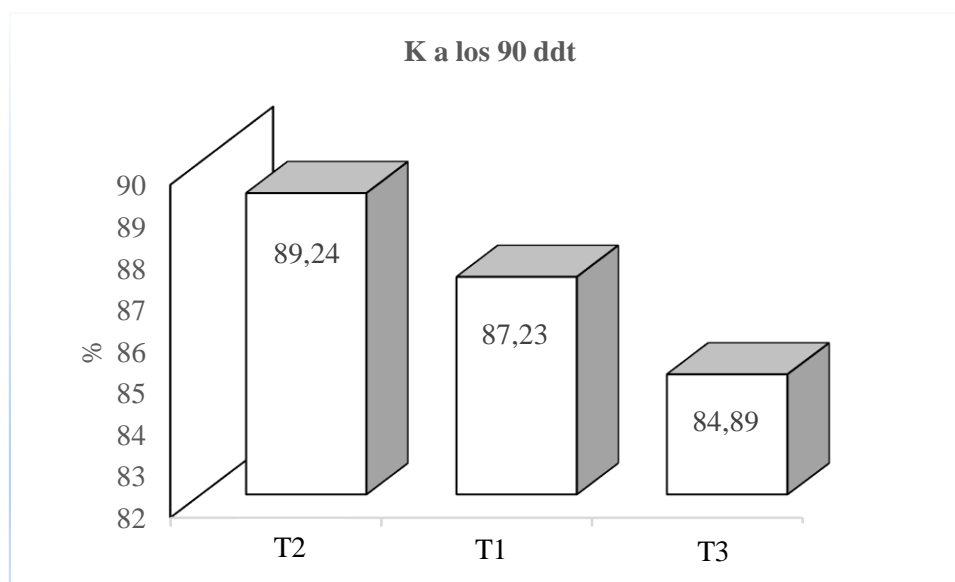


Gráfico 15. Índice de cosecha (K) a los 90 ddt

La aplicación de la solución nutritiva T2 (DM) (200 N – 210 P – 35 K ppm) supera en un 2,30 % al T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), lo que demuestra que la concentración de nitrógeno, en comparación con la del fósforo y potasio, en una solución nutritiva, fue correctamente balanceada ya que por ello el desarrollo foliar en relación al peso de la planta total, no presentó diferencia significativa en la prueba de Tukey.

En su trabajo de investigación Ramirez (2006), encontró un índice de cosecha (K) de 81,36 %, valor que es superado por los 3 tratamientos de la investigación realizada, con un 7,88 % por el T2 (DM), de igual manera con 5,87 % por el T1 (DA) y por 3,53 % el T3 (DB). Lo cual se debe al modelo de producción que posee, la investigación realizada con la comparada.

G. RENDIMIENTO POR HECTÁREA

El análisis de varianza para el rendimiento a los 90 (ddt), se encontraron diferencias altamente significativas solo para tratamientos, con un coeficiente de variación de 8,14 (Cuadro 30).

Cuadro 30. Análisis de varianza para el índice de cosecha a los 90 ddt

| F.V. | SC | gl | CM | F TAB | | | SIGNIFICANCIA |
|-------------|-------------|----|-------------|-------|------|-----|---------------|
| | | | | F.C | 0,05 | 0,1 | |
| REPETICIÓN | 22419822 | 2 | 11209911 | 4,14 | 6,94 | 18 | ns |
| TRATAMIENTO | 145588622 | 2 | 72794310,97 | 26,9 | 6,94 | 18 | ** |
| Error | 10836597,6 | 4 | 2709149,4 | | | | |
| Total | 178845041,6 | 8 | | | | | |
| CV | 8,14 | | | | | | |

ns: no significativo, * Significativo, **Altamente Significativo

Cuadro 31. Prueba de Tukey al 5% para el índice de cosecha

| CODIGO | TRATAMIENTO | MEDIA (kg/ha) | RANGO |
|--------|-------------|------------------|-------|
| DM | T2 | 25009,49 | A |
| DA | T1 | 20454,40 | A |
| DB | T3 | 15166,72 | B |

En la prueba de Tukey al 5% (Cuadro 31, Gráfico 16) para el rendimiento a los 90 (ddt), se observa dos rangos, en el rango A se ubica el T2 (DM) con una media de 25009,49 kg/ha y en el rango B que se encuentran los tratamientos T1 (DA) y T3(DB) con medias de 20454,4 kg/ha y 15166,72 kg/ha respectivamente.

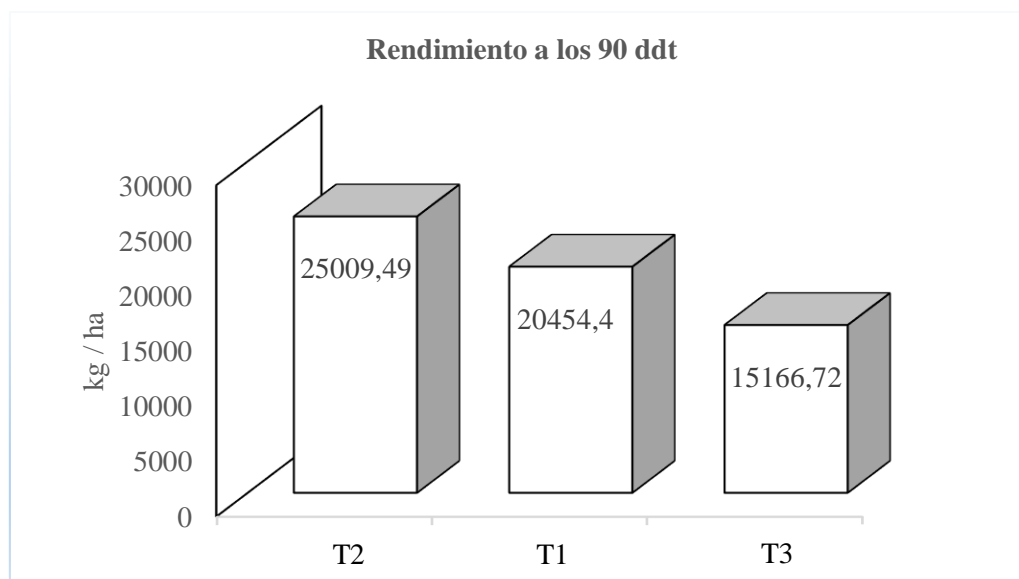


Gráfico 16. Rendimiento por hectárea (kg / ha) a los 90 ddt

La aplicación de las soluciones nutritivas (T1, T2, T3), tuvieron un rendimiento alto, por la correcta relación que existió entre el nitrógeno, fósforo y potasio de las soluciones nutritivas implementadas, ya que según Ube (2014), “los requerimientos nutritivos de la acelga son: 200 N – 210 P – 35 K ppm”, valores que coinciden con los aplicados en las soluciones nutritivas de esta investigación.

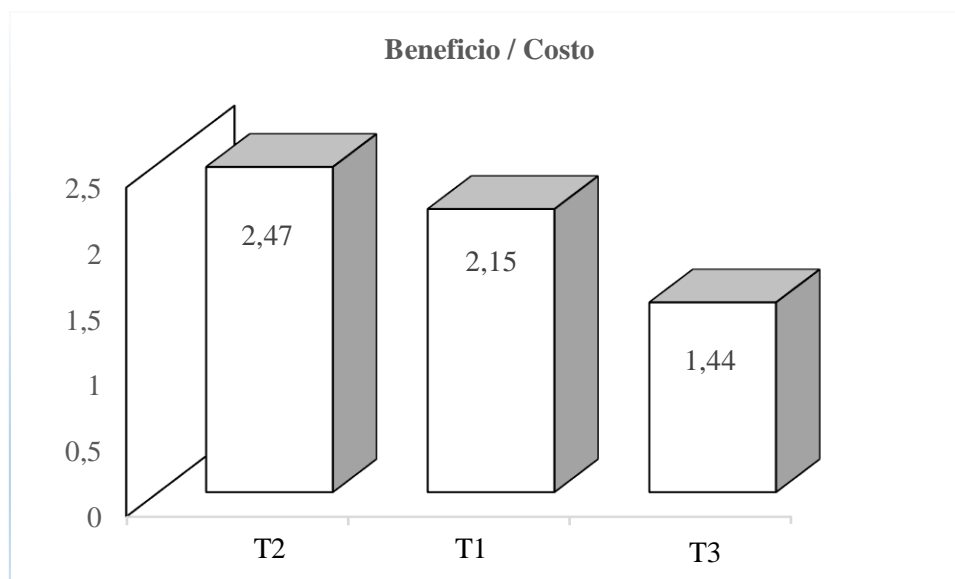
Según Agrosad (2018), los rendimientos obtenidos del cultivo de la hortaliza en ambientes atemperados son de 22 tn/ha, similar a lo señalado por, Vigliola (1985), quien indica que el promedio obtenido en ambientes atemperados es de 15 a 20 tn/ha. Valores que se pudieron superar con el T2 (DM) al obtener 25 tn/ha y de igual manera en el T1 (DA) con un rendimiento de 20,45 tn/ha, caso contrario con lo sucedido con el T3 con 15,16 tn/ha (DB), donde no se obtuvo el rendimiento esperado.

H. ANÁLISIS BENEFICIO COSTO

Como se puede observar en la Cuadro 7.27, el T2 (DM) obtuvo el mayor beneficio costo, con un valor de 2,47 dólares, lo que equivale al 146,73 % de rentabilidad, el cual presento 1,47 dólares en ganancia por cada dólar invertido, en cuanto al T1 (DA) con un valor de 2,15 dólares, equivalente al 115,22 % de rentabilidad, lo cual representa una ganancia de 1,15 dólares por cada dólar invertido, así mismo en el T3 (DB) en donde se obtuvo el menor beneficio costo, con 1,44 dólares, equivalentes al 44,77 % de rentabilidad, lo que quiere decir que por cada dólar invertido, se obtiene una ganancia de 44 centavos.

Cuadro 32. Análisis económico según la relación beneficio costo

| TRATAMIENTO | B/C | Rentabilidad (%) |
|-------------|------|------------------|
| T2 (DM) | 2,47 | 146,73 |
| T1 (DA) | 2,15 | 115,22 |
| T3 (DB) | 1,44 | 44,47 |

**Gráfico 17.** Relación beneficio / costo

Según Indiap, (2016), el ingreso por hectárea de acelga es de 10200 \$ con un costo de producción de 5203,72 \$, lo cual estima un beneficio / costo de 1,96 \$, valor que es superado en un 20,64 % por el T1 (DA) con un beneficio / costo de 2,47 \$ de igual manera en el T2 (DM) con un beneficio / costo de 2,15 \$ que supera en un 8,83 % al valor comparado.

VIII. CONCLUSIONES

- A. La mayor producción de acelga (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT fue de 25 tn/ha, se obtuvo con la aplicación de 200 N, 210 P y 35 K ppm, correspondiente al 100 % de la solución nutritiva, (T2).
- B. Con la aplicación de 200 N, 210 P y 35 K ppm (T2), se obtuvo el mejor rendimiento a los 90 ddt, con un IAC de 2,86 g/d, de igual manera para el IAN con 12,96 g/m²/d, en el RPF fue de 80,67 %, el K fue de 89,24 % y el rendimiento por hectárea fue de 25009,49 kg/ha.
- C. La dosis media de solución nutritiva que consiste en la aplicación de 200 N, 210 P y 35 K ppm (T2), generó el mayor beneficio / costo (B/C) con un valor de 2,47 dólares, equivalente al 146,73 % de rentabilidad, lo que registró una ganancia de 1,47 dólares, por cada dólar invertido.

IX. RECOMENDACIONES

- A. Para lograr el mejor rendimiento agronómico y económico se recomienda aplicar 200 ppm de nitrógeno (N), 210 ppm de fósforo (P) y 35 ppm de potasio (K), en el cultivo de la acelga bajo el sistema hidropónico a raíz flotante en invernadero.
- B. Realizar estudios sobre el agua de riego para implementar en futuras investigaciones de tipo hidropónico.
- C. Realizar estudios en lo concerniente a temperatura (T°), humedad relativa (%) y aireación, para mejorar, las condiciones del medio en el que se desarrollará el cultivo.
- D. Probar la eficiencia del T1 (DA) (250 N – 262,5 P – 43,75 K ppm), para buscar la precocidad de la planta.
- E. Realizar estudios enfocados a reducir la cantidad de agua implementada en futuras investigaciones.

13 de agosto

X. RESUMEN

La presente investigación propone: evaluar tres soluciones nutritivas en la producción de acelga (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT, en hidroponía a raíz flotante en invernadero del departamento de horticultura de la ESPOCH; se implementó un diseño de bloques completos al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones; las dosis evaluadas fueron: (DA) dosis alta (250 N, 262,5 P y 43,75 K) ppm, (DM) dosis media (200 N, 210 P y 35 K) ppm, (DB) dosis baja (150 N, 157,5 P y 26,25 K) ppm. Se evaluaron parámetros como: prendimiento de la acelga, índice absoluto de crecimiento (IAN), índice de asimilación neta (IAN), razón del peso radical (RPR), razón del peso foliar (RPF), índice de cosecha (K), rendimiento por hectárea y el análisis económico según la relación beneficio costo. En todos los tratamientos se obtuvo el 99 % de prendimiento a los 15 y 20 ddt, así mismo los mejores resultados obtenidos para la mayoría de los parámetros evaluados a los 90 ddt, fueron con la dosis media (DM) con un IAC de 2,86 g/d, IAN 12,96 g/m²/d, RPF de 80,67 %, K de 89,24 %, el rendimiento por hectárea de 25009,49 kg/ha y el mayor beneficio costo con 2,47 dólares equivalente al 146,73 %, mientras que el mayor RPR fue de la dosis baja (DB) con 26,1 %. La madurez comercial de la acelga fue de 90 ddt. Así mismo para obtener el mejor rendimiento agronómico y económico se recomienda emplear (200 N, 210 P y 35 K) ppm.

Palabras clave: CULTIVO HIDROPÓNICO – HORTICULTURA – SOLUCIÓN NUTRITIVA.

Por: Iván Villacrés



XI. SUMMARY

The present investigation proposes: to evaluate three nutritive solutions in the production of chard (*Beta vulgaris* L.) var FORDHOOK GIANT, in hydroponics to floating root in greenhouse of the department of horticulture of the ESPOCH; a randomized complete block design was implemented with 3 treatments and 3 repetitions; the doses evaluated were (DA) high dose (250 N, 262.5 P and 43.75 K) ppm, (DM) average dose (200 N, 210 P and 35 K) ppm, (DB) low dose (150 N, 157.5 P and 26.25 K) ppm. Parameters were evaluated such as: chard snap, absolute growth index (IAN), net assimilation index (IAN), root weight ratio (RPR), leaf weight ratio (RPF), harvest index (K), yield per hectare and the economic analysis according to the benefit-cost ratio. In all the treatments, 99% of the assays were obtained at 15 and 20 ddt, and the best results obtained for most of the parameters evaluated at 90 ddt were the mean dose (DM) with an IAC of 2.86 g / d, IAN 12.96 g / m² / d, RPF of 80.67%, K of 89.24%, yield per hectare of 25009.49 kg / ha and the greatest cost benefit with 2.47 dollars equivalent to 146, 73%, while the highest RRR was the low dose (DB) with 26.1%. The commercial maturity of the Swiss chard was 90 ddt. Likewise, to obtain the best agronomic and economic performance it is recommended to use (200 N, 210 P and 35 K) ppm.

Keywords: HYDROPONIC CULTURE - HORTICULTURE - NUTRITIVE SOLUTION.



XII. BIBLIOGRAFÍA

- Agrosad, (2018). *Acelga*. Recuperado el 1 de noviembre de 2018, de www.agrosad.com.ec/index.php/productos/semillas/hortalizas-bonanza-seeds/accelga2012-10-18-21-58-182-detail
- Arcos, F. (2013). *Nutrición vegetal I. Texto básico de fertilización*, Tomo 1, Ecuador. p.33.
- Barros, P. (2001). *La hidroponia*. Recuperado el 1 de noviembre de 2018, de www.biblioteca.org.ar/libros/3040.pdf
- Barrientos, H., Castillo, C., & Garcia, C. (2015). *Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero*. (Tesis grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad Mayor de San Andrés. Zona de Pampahasi de la ciudad de la Paz. Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de www.scielo.org.bo/pdf/riarn/v2n1/v2n1_a10.pdf
- Benitez, C. (2007). *Verduras de hojas*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_-_verduras_de_hoja.pdf
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponia*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Bustos, M. (1996). *Tecnología Apropriada, Manual Agropecuario*, Tomo 17, España. p. 49.
- Carrasco, G., & Izquierdo, J. (1996). *La empresa hidroponica de mediana escala: la técnica de la ,solución nutritiva recirculante ("NFT")*. Recuperado el 12 de noviembre de 2018, de dspace.utralca.cl/bitstream/1950/2927/1/NFT.pdf
- Condemed, S. (2012). *Variedades de acelga*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de www.elhuertourbano.net/hortalizas/variedades-de-acelga/
- Cibergarden, (2012). *Funciones de los elementos en la planta*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de cibergarden.blogspot.com/2012/11/funciones-de-los-elementos-nutritivos.html
- Expo Internacional de Riego Sustentable. (2018). *Importancia del nitrógeno en la planta*. Recuperado el 20 de noviembre de 2018, de blogagricultura.com/nutricion-vegetal-nitrogeno/
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2016). *Funciones de los elementos en la planta*. Recuperado el 13 de noviembre de 2018, de www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/segalim/aup/pdf/6a.pdf
- Galarraga, R. (2000). *Informe nacional sobre la gestión del agua en el Ecuador*. Recuperado el 1 de enero de 2018, de www.cepal.org/drni/proyectos/samtac/inec00100.pdf
- Garcia, M. (2013). *El cultivo de la acelga*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf

- González, R. (2008). *Hidroponía en NFT*. Recuperado el 10 de noviembre de 2018, de [www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP2\(10\).pdf](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/BoletinAP2(10).pdf)
- Gilsanz, J. (2017). *Hidroponia*. Recuperado el 1 de enero de 2019, de www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/520/1/11788121007155745.pdf
- Guzmán, G. (2004). *Hidroponia en casa*. Recuperado el 5 de febrero de 2018, de www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/Hidroponia.pdf
- Hydro Environment, (2017). *Guía para el cultivo de la acelga hidropónica*. Recuperado el 7 de enero de 2018, de www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=55
- Holdridge (1992). *Zona de vida, Ecuador*. Recuperado el 2 de enero de 2019, de http://www.ecotec.edu.ec/documentacion%5Cpropuestas%5Cturismo_hoteleria_2007/987_HTR_BS_AMB_256.pdf
- Instituto de Desarrollo Agropecuario. (2016). *Acelga*. Recuperado el 9 de enero de 2018, de www.indap.gob.cl/docs/default-source/fichas-productivas-afc-lib-tar/acelga.xlsx?sfvrsn=2
- Instituto Navarro para la Transferencia e Innovación en el Sector Agroalimentario. (2013). *Guía de cultivo de acelga en invernadero*. Recuperado el 9 de enero de 2018, de intiasa.es/repositorio/images/docs/GUIAACELGA0.pdf
- Marbuenda, J., & Gracia, J. (2017). *Acelga*. Recuperado el 14 de diciembre de 2018, de publicacionescajamar.es/uploads/cultivos-hortícolas-al-aire-libre/13-cultivos-hortícolas-al-aire-libre.pdf
- Nutrigame (2016). *Acelga*. Recuperado el 9 de noviembre de 2018, de www.nutrigame.es/acelgas/
- Oasis Easy Plant. (2017). *Manual de hidroponia*. Recuperado el 12 de noviembre de 2018, de www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-de-hidroponia_Media.pdf
- Plamundo, (2010). *Acelga 'FORDHOOK GIANT' (Beta vulgaris)*. Recuperado el 15 de diciembre de 2018, de [www.magicgardenseeds.es/Hortalizas/Acelga-'Fordhook-Giant'-\(Beta-vulgaris\)-A.MA-0008-](http://www.magicgardenseeds.es/Hortalizas/Acelga-'Fordhook-Giant'-(Beta-vulgaris)-A.MA-0008-)
- Quintero, J., & Marcillo, J. (2015). *Evaluación de diferentes dosis de una solución nutritiva y mezclas de sustratos en el cultivo hidropónico de acelga (Beta vulgaris, var. cicla) bajo condiciones de invernadero*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad de Mariño. San Juan de Pasto, Colombia. Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de biblioteca.udenar.edu.co:8085/atenea/biblioteca/90909.pdf
- Rámirez, H. (2006). *Influencia de promotores de oxidación controlada en hortalizas y su relación con antioxidantes*. Recuperado el 19 de noviembre de 2018, de [/www.redalyc.org/pdf/609/60912209.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/609/60912209.pdf)
- Rodríguez, M., & Florez, J. (2004). *Elementos esenciales y beneficiosos*. Recuperado el 9 de diciembre de 2018, de core.ac.uk/download/pdf/143458034.pdf

- Rojas, W. (2006). *Apuntes de botánica sistemática*. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. p. 45
- Salaverry, M. (2014). *Efecto de veinte niveles de salinidad del agua de riego en los indicadores agronómicos del cultivo de acelga en la cosecha*. Recuperado el 15 de enero de 2018, de repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1882/F06.S343.pdf?sequence=1
- Saltwort, C. (2013). *Acelga (Beta vulgaris. L) var cicla*. Recuperado el 9 de diciembre de 2018, de www.fen.org.es/mercadoFen/pdfs/acelga.pdf
- Soria, A. (2012). *Curso de hidroponia basica*. Recuperado el 19 de diciembre de 2018, de www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidropon%C3%ADa%20Basica.pdf
- Ube, R. (2014). *Adaptación y comportamiento agronómico de dos variedades de acelga (Beta vulgaris), sembradas mediante sistema hidropónico de raíz flotante, en la zona de Babahoyo*. (Tesis de grado. Ingeniero Agrónomo). Universidad técnica de Babahoyo. Babahoyo, Ecuador. Recuperado el 1 de diciembre de 2018, de dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/683/1/T-UTB-FACIAG-AGR-000119.pdf
- Vigliola, M. (1985). *Horticultura*. Cátedra de Horticultura. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Argentina. p. 235.
- Xaxeni, S. (2017). *Cultivo en raíz flotante*. Recuperado el 9 de diciembre de 2018, de www.cosechandonatural.com.mx/guias-cultivo-en-raiz-flotante.html

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos en el campo



Fuente: (Villacres, I. 2018)

Anexo 2. Análisis de agua



INIAP
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

ESTACIÓN EXPERIMENTAL "SANTA CATALINA"
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE SUELOS Y AGUAS
LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS, PLANTAS Y AGUAS
 Panamericana sur Km. 1. Apartado 17-01-340
 Teléfono: 3007284. Email: laboratorio.dmsa@iniap.gob.ec
 Mejía -Ecuador



REPORTE DE ANÁLISIS DE AGUAS

| DATOS DEL PROPIETARIO | | DATOS DE LA PROPIEDAD | | PARA USO DEL LABORATORIO | |
|-------------------------|------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|--|
| Nombre : Ivan Villacrés | Nombre : S/N | No. Muestra Lab. : 2091 | | | |
| Dirección : Riobamba | Provincia : Chimborazo | Fecha de Muestreo : 18/04/2018 | | | |
| Ciudad : | Cantón : Riobamba | Fecha de Ingreso : 20/04/2018 | | | |
| Teléfono : 0998018079 | Parroquia : | Fecha de Salida : 02/04/2018 | | | |
| Fax : | Ubicación : | | | | |

| No. Muestra Lab. | Identificación de la muestra | mg/l | | | | | | | | | | dS/m | | mg/l | | | | | |
|------------------|------------------------------|------|----|------|-----|-------------------------------|-------------------------------|------|-------------------------------|-----|------|------|----|-----------------|------|------|------|-------------------|--------|
| | | Ca | Mg | Na | K | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl | SO ₄ ²⁻ | B | P | Zn | Cu | NH ⁴ | pH | C.E. | RAS | CaCO ₃ | Dureza |
| 2091 | Agua De Pozo | 60 | 43 | 46.3 | 3.4 | 0.0 | 634.8 | 40.5 | 183.6 | 0.3 | 0.06 | | | 0.32 | 7.73 | 1.42 | 1.18 | 336.88MD | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| Unidades | RAS |
|--|------------------------------|
| mg/l : miligramos/litro = ppm : partes por millón. | Menos de 1 : Excelente (E). |
| dS/m : deciSiemens/metro = mmhos/cm : | De 1 a 2 : Buena (B). |
| milimhos/centimetro. | De 2 a 4 : Regular (R). |
| | De 4 a 8 : Mala (M). |
| | Más de 15 : Inapropiada (I). |
| | Dureza |
| | De 0 a 15 : Muy suave (MS). |
| | De 16 a 75 : Suave (S). |
| | De 76 a 150 : Media (M). |
| | De 151 a 300 : Dura (D). |
| | Más de 300 : Muy dura (MD). |



RESPONSABLE DEL LABORATORIO



LABORATORISTA

Fuente: (INIAP 2018)

Anexo 3. Medias de datos tomados a los 30 días después del trasplante

| Tratamientos | IAC | IAN | RPR | RPF |
|--------------|--------|-----------------------|-------|-------|
| | g/días | g/m ² /día | % | % |
| T1R1 | 0,79 | 11,05 | 13,17 | 86,83 |
| T1R2 | 0,73 | 16,82 | 13,80 | 86,20 |
| T1R3 | 0,88 | 7,13 | 11,83 | 88,17 |
| T2R1 | 0,37 | 5,13 | 16,87 | 83,13 |
| T2R2 | 0,30 | 5,02 | 18,80 | 81,20 |
| T2R3 | 0,43 | 5,67 | 19,14 | 80,86 |
| T3R1 | 0,32 | 5,53 | 21,39 | 78,61 |
| T3R2 | 0,34 | 5,17 | 20,38 | 79,62 |
| T3R3 | 0,26 | 6,86 | 24,26 | 75,74 |

Fuente: (Villacres, I. 2018)

Anexo 4. Medias de datos tomados a los 60 días después del trasplante

| Tratamientos | IAC | IAN | RPR | RPF |
|--------------|--------|-----------------------|-------|-------|
| | g/días | g/m ² /día | % | % |
| T1R1 | 1,52 | 11,64 | 21,07 | 78,93 |
| T1R2 | 1,50 | 12,67 | 23,97 | 76,03 |
| T1R3 | 1,68 | 11,96 | 21,28 | 78,72 |
| T2R1 | 1,11 | 9,77 | 24,29 | 75,71 |
| T2R2 | 0,81 | 7,58 | 28,72 | 71,28 |
| T2R3 | 1,27 | 9,50 | 32,35 | 67,65 |
| T3R1 | 0,99 | 8,29 | 31,49 | 68,51 |
| T3R2 | 0,74 | 8,90 | 31,94 | 68,06 |
| T3R3 | 0,85 | 7,28 | 33,29 | 66,71 |

Fuente: (Villacres, I. 2018)

Anexo 5. Medias de datos tomados a los 90 días después del trasplante

| Tratamientos | IAC | IAN | RPR | RPF |
|--------------|--------|-----------------------|-------|-------|
| | g/días | g/m ² /día | % | % |
| T1R1 | 2,43 | 9,26 | 20,29 | 79,71 |
| T1R2 | 2,02 | 9,33 | 19,93 | 80,07 |
| T1R3 | 2,72 | 11,31 | 19,63 | 80,37 |
| T2R1 | 2,78 | 12,24 | 16,68 | 83,32 |
| T2R2 | 2,59 | 12,68 | 18,52 | 81,48 |
| T2R3 | 3,22 | 13,97 | 22,80 | 77,20 |
| T3R1 | 1,79 | 9,31 | 25,42 | 74,58 |
| T3R2 | 1,88 | 9,09 | 26,38 | 73,62 |
| T3R3 | 1,80 | 8,30 | 26,50 | 73,50 |

Fuente: (Villacres, I. 2018)

Anexo 6. Medias del índice de cosecha(K) y el rendimiento (kg/ha)

| Tratamientos | K | Rendimiento |
|--------------|------|-------------|
| | % | kg/ha |
| T1R1 | 0,86 | 20454 |
| T1R2 | 0,87 | 17299 |
| T1R3 | 0,89 | 23609 |
| T2R1 | 0,89 | 24099 |
| T2R2 | 0,91 | 23022,8 |
| T2R3 | 0,88 | 27907 |
| T3R1 | 0,85 | 14851 |
| T3R2 | 0,83 | 15221,2 |
| T3R3 | 0,87 | 15427,4 |

Fuente: (Villacres, I. 2018)

Anexo 7. Presupuesto de la investigación por investigación hectárea, amortizado para 4 años, T1 (DA)

| RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNIT. | P. TOTAL | P.TOTAL/H a |
|--|----------|----------|----------|----------------|-----------------|
| Instalación del sistema hidropónico | | | | | |
| INVERNADERO | Unidad | 1 | 80000,00 | 6666,67 | 6666,67 |
| Enlucida de las paredes de la cama | Unidad | 2 | 160 | 20,00 | 16000,00 |
| Cemento | Sacos | 28 | 7,5 | 13,13 | 10500,00 |
| Bloques | Unidad | 1000 | 0,5 | 31,25 | 25000,00 |
| Macadán | Volqueta | 2 | 70 | 8,75 | 7000,00 |
| Toma doble | Unidad | 3 | 1,96 | 5,88 | 5,88 |
| Switch | Unidad | 1 | 1,61 | 1,61 | 1,61 |
| Teflón | Unidad | 3 | 0,7 | 2,10 | 1680,00 |
| Cajetín rectangular | Unidad | 3 | 0,36 | 1,08 | 864,00 |
| Silicón | Unidad | 10 | 1 | 10,00 | 10,00 |
| Cinta eléctrica | Unidad | 5 | 0,45 | 2,25 | 2,25 |
| Cable solido | Metros | 200 | 0,54 | 108,00 | 108,00 |
| Pitón de bronce | Unidad | 40 | 2,23 | 89,20 | 89,20 |
| Te IPS | Unidad | 40 | 8,82 | 352,80 | 352,80 |
| Bushing plas | Unidad | 40 | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Tapón macho | Unidad | 40 | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Neplos | Unidad | 120 | 1,1 | 132,00 | 132,00 |
| Adaptador | Unidad | 120 | 0,5 | 60,00 | 60,00 |
| Abrazadera | Unidad | 6 | 0,25 | 1,50 | 1,50 |
| Acople bronce | Unidad | 2 | 1,35 | 2,70 | 2,70 |
| Taco Fisher | Unidad | 15 | 0,05 | 0,75 | 0,75 |
| Tirafondo | Unidad | 15 | 0,1 | 1,50 | 1,50 |
| Broca | Unidad | 5 | 2 | 10,00 | 10,00 |
| Vasos plasticos | Paquetes | 200 | 0,7 | 140,00 | 140,00 |
| Espuma Flex | Planchas | 2080 | 6,5 | 1690,00 | 1690,00 |
| Rodillo | Unidad | 20 | 2,3 | 46,00 | 46,00 |
| Brocha | Unidad | 10 | 6 | 60,00 | 60,00 |
| Imperplast | Galón | 40 | 25 | 1000,00 | 1000,00 |
| Cola | Unidad | 20 | 0,6 | 12,00 | 12,00 |
| SUBTOTAL | | | | 3882,50 | 71516,86 |
| Bombas | | | | | |
| Bomba 0,5 HP Paolo | Unidad | 120 | 58 | 870,00 | 870,00 |
| Cable | Metros | 100 | 0,5 | 50,00 | 50,00 |
| Manguera Jardín | Metros | 240 | 2 | 480,00 | 480,00 |
| Manguera de 3mm | Rollo | 60 | 30 | 1800,00 | 1800,00 |

| | | | | | |
|---|--------|--------|------|-----------------|-----------------|
| Timer | | 1 | 250 | 250,00 | 250,00 |
| SUBTOTAL | | | | 11214,99 | 3450,00 |
| Fertilizantes Para la Solucion Nutritiva | | | | | |
| Fosfato Mono amónico | kg | 90,12 | 0,9 | 81,11 | 81,11 |
| Nitrato de Potasio | kg | 394,64 | 0,7 | 276,25 | 276,25 |
| Ácido nítrico | Galón | 14 | 22 | 308,00 | 308,00 |
| SUBTOTAL | | | | 665,36 | 665,36 |
| Transplante | | | | | |
| Plantulas de acelga | Numero | 60000 | 0,01 | 600,00 | 600,00 |
| SUBTOTAL | | | | 600,00 | 600,00 |
| Labores culturales | | | | | |
| Cosecha | Jornal | 20 | 15 | 300 | 300 |
| Transporte | Sacos | 6136 | 0,2 | 1227,2 | 1227,2 |
| SUBTOTAL | | | | 1527,2 | 1527,2 |
| | | | | | |
| Subtotal | | | | 17890,04 | 77759,41 |
| Imprevistos 10% | | | | 1789,004 | 7775,94 |
| Total | | | | 19679,05 | 85535,35 |

Fuente: Villacrés, 2018

Anexo 8. Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 4 años, T2 (DM)

| RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNIT. | P. TOTAL | P.TOTAL/Ha |
|--|----------|----------|----------|----------|------------|
| Instalación del sistema hidropónico | | | | | |
| INVERNADERO | Unidad | 1 | 80000,00 | 6666,67 | 6666,67 |
| Enlucida de las paredes de la cama | Unidad | 2 | 160 | 20,00 | 16000,00 |
| Cemento | Sacos | 28 | 7,5 | 13,13 | 10500,00 |
| Bloques | Unidad | 1000 | 0,5 | 31,25 | 25000,00 |
| Macadán | Volqueta | 2 | 70 | 8,75 | 7000,00 |
| Toma doble | Unidad | 3 | 1,96 | 5,88 | 5,88 |
| Switch | Unidad | 1 | 1,61 | 1,61 | 1,61 |
| Teflón | Unidad | 3 | 0,7 | 2,10 | 1680,00 |
| Cajetín rectangular | Unidad | 3 | 0,36 | 1,08 | 864,00 |
| Silicón | Unidad | 10 | 1 | 10,00 | 10,00 |
| Cinta eléctrica | Unidad | 5 | 0,45 | 2,25 | 2,25 |
| Cable solido | Metros | 200 | 0,54 | 108,00 | 108,00 |
| Pitón de bronce | Unidad | 40 | 2,23 | 89,20 | 89,20 |
| Te IPS | Unidad | 40 | 8,82 | 352,80 | 352,80 |
| Bushing plas | Unidad | 40 | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Tapón macho | Unidad | 40 | 1 | 40,00 | 40,00 |

| | | | | | |
|---|----------|--------|------|-----------------|------------------|
| Neplos | Unidad | 120 | 1,1 | 132,00 | 132,00 |
| Adaptador | Unidad | 120 | 0,5 | 60,00 | 60,00 |
| Abrazadera | Unidad | 6 | 0,25 | 1,50 | 1,50 |
| Acople bronce | Unidad | 2 | 1,35 | 2,70 | 2,70 |
| Taco Fisher | Unidad | 15 | 0,05 | 0,75 | 0,75 |
| Tirafondo | Unidad | 15 | 0,1 | 1,50 | 1,50 |
| Broca | Unidad | 5 | 2 | 10,00 | 10,00 |
| Vasos plasticos | Paquetes | 200 | 0,7 | 140,00 | 140,00 |
| Espuma Flex | Planchas | 2080 | 6,5 | 1690,00 | 1690,00 |
| Rodillo | Unidad | 20 | 2,3 | 46,00 | 46,00 |
| Brocha | Unidad | 10 | 6 | 60,00 | 60,00 |
| Imperplast | Galón | 40 | 25 | 1000,00 | 1000,00 |
| Cola | Unidad | 20 | 0,6 | 12,00 | 12,00 |
| SUBTOTAL | | | | 3882,50 | 71516,86 |
| Bombas | | | | | |
| Bomba 0,5 HP Paolo | Unidad | 120 | 58 | 870,00 | 870,00 |
| Cable | Metros | 100 | 0,5 | 50,00 | 50,00 |
| Manguera Jardín | Metros | 240 | 2 | 480,00 | 480,00 |
| Manguera de 3mm | Rollo | 60 | 30 | 1800,00 | 1800,00 |
| Timer | | 1 | 250 | 250,00 | 250,00 |
| SUBTOTAL | | | | 11214,99 | 3450,00 |
| Fertilizantes Para la Solucion Nutritiva | | | | | |
| Fosfato Mono amónico | kg | 72,07 | 0,9 | 64,86 | 64,86 |
| Nitrato de Potasio | kg | 314,68 | 0,7 | 220,28 | 220,28 |
| Ácido nítrico | Galón | 11 | 22 | 242,00 | 242,00 |
| SUBTOTAL | | | | 527,14 | 527,14 |
| Transplante | | | | | |
| Plantulas de acelga | Numero | 60000 | 0,01 | 600,00 | 600,00 |
| SUBTOTAL | | | | 600,00 | 600,00 |
| Labores culturales | | | | | |
| Cosecha | Jornal | 20 | 15 | 300 | 300 |
| Transporte | Sacos | 74169 | 0,2 | 14833,8 | 14833,8 |
| SUBTOTAL | | | | 15133,8 | 15133,8 |
| Subtotal | | | | 31358,4 | 91227,80 |
| Imprevistos 10% | | | | 3135,84 | 9122,78 |
| Total | | | | 34494,3 | 100350,58 |

Fuente: Villacrés, 2018

Anexo 9. Presupuesto de la investigación por hectárea, amortizado para 4 años, T3 (DB)

| RUBRO | UNIDAD | CANTIDAD | P. UNIT. | P. TOTAL | P.TOTAL/H A |
|--|----------|----------|----------|-----------------|-----------------|
| Instalación del sistema hidropónico | | | | | |
| INVERNADERO | Unidad | 1 | 80000,00 | 6666,67 | 6666,67 |
| Enlucida de las paredes de la cama | Unidad | 2 | 160 | 20,00 | 16000,00 |
| Cemento | Sacos | 28 | 7,5 | 13,13 | 10500,00 |
| Bloques | Unidad | 1000 | 0,5 | 31,25 | 25000,00 |
| Macadán | Volqueta | 2 | 70 | 8,75 | 7000,00 |
| Toma doble | Unidad | 3 | 1,96 | 5,88 | 5,88 |
| Switch | Unidad | 1 | 1,61 | 1,61 | 1,61 |
| Teflón | Unidad | 3 | 0,7 | 2,10 | 1680,00 |
| Cajetín rectangular | Unidad | 3 | 0,36 | 1,08 | 864,00 |
| Silicón | Unidad | 10 | 1 | 10,00 | 10,00 |
| Cinta eléctrica | Unidad | 5 | 0,45 | 2,25 | 2,25 |
| Cable solido | Metros | 200 | 0,54 | 108,00 | 108,00 |
| Pitón de bronce | Unidad | 40 | 2,23 | 89,20 | 89,20 |
| Te IPS | Unidad | 40 | 8,82 | 352,80 | 352,80 |
| Bushing plas | Unidad | 40 | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Tapón macho | Unidad | 40 | 1 | 40,00 | 40,00 |
| Neplos | Unidad | 120 | 1,1 | 132,00 | 132,00 |
| Adaptador | Unidad | 120 | 0,5 | 60,00 | 60,00 |
| Abrazadera | Unidad | 6 | 0,25 | 1,50 | 1,50 |
| Acople bronce | Unidad | 2 | 1,35 | 2,70 | 2,70 |
| Taco Fisher | Unidad | 15 | 0,05 | 0,75 | 0,75 |
| Tirafondo | Unidad | 15 | 0,1 | 1,50 | 1,50 |
| Broca | Unidad | 5 | 2 | 10,00 | 10,00 |
| Vasos plasticos | Paquetes | 200 | 0,7 | 140,00 | 140,00 |
| Espuma Flex | Planchas | 2080 | 6,5 | 1690,00 | 1690,00 |
| Rodillo | Unidad | 20 | 2,3 | 46,00 | 46,00 |
| Brocha | Unidad | 10 | 6 | 60,00 | 60,00 |
| Imperplast | Galón | 40 | 25 | 1000,00 | 1000,00 |
| Cola | Unidad | 20 | 0,6 | 12,00 | 12,00 |
| SUBTOTAL | | | | 3882,50 | 71516,86 |
| Bombas | | | | | |
| Bomba 0,5 HP Paolo | Unidad | 120 | 58 | 870,00 | 870,00 |
| Cable | Metros | 100 | 0,5 | 50,00 | 50,00 |
| Manguera Jardín | Metros | 240 | 2 | 480,00 | 480,00 |
| Manguera de 3mm | Rollo | 60 | 30 | 1800,00 | 1800,00 |
| Timer | | 1 | 250 | 250,00 | 250,00 |
| SUBTOTAL | | | | 11214,99 | 3450,00 |

| Fertilizantes Para la Solucion Nutritiva | | | | | |
|---|--------|--------|------|----------------|-----------------|
| Fosfato Mono amónico | kg | 72,07 | 0,9 | 64,86 | 64,86 |
| Nitrato de Potasio | kg | 314,68 | 0,7 | 220,28 | 220,28 |
| Ácido nítrico | Galón | 11 | 22 | 242,00 | 242,00 |
| SUBTOTAL | | | | 527,14 | 527,14 |
| Transplante | | | | | |
| Plantulas de acelga | Numero | 60000 | 0,01 | 600,00 | 600,00 |
| SUBTOTAL | | | | 600,00 | 600,00 |
| Labores culturales | | | | | |
| Cosecha | Jornal | 20 | 15 | 300 | 300 |
| Transporte | Sacos | 4550 | 0,2 | 910 | 910 |
| SUBTOTAL | | | | 1210 | 1210 |
| | | | | | |
| Subtotal | | | | 17434,6 | 77304,00 |
| Imprevistos 10% | | | | 1743,46 | 7730,40 |
| Total | | | | 19178,1 | 85034,40 |

Fuente: Villacrés, 2018

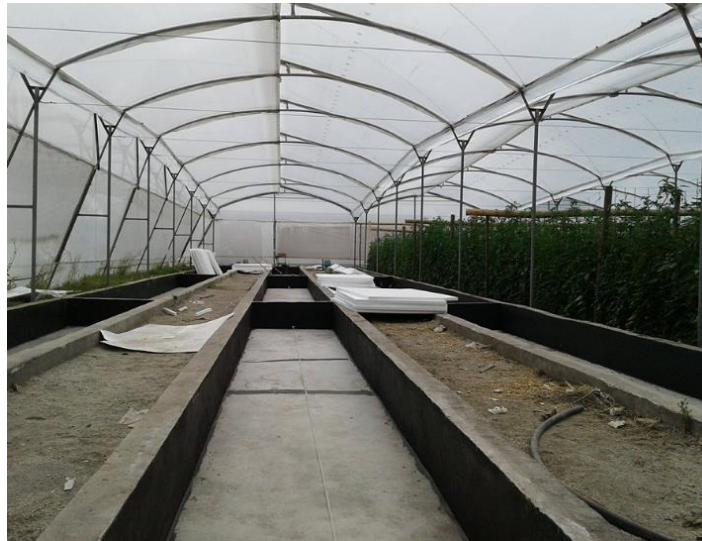
Anexo 10. División de las camas, para sus debidos tratamientos.



Anexo 11. Cementación de las camas



Anexo 12. Cubierta con pintura impermeable



Anexo 13. Instalación del sistema electrónico y las bombas de caudal



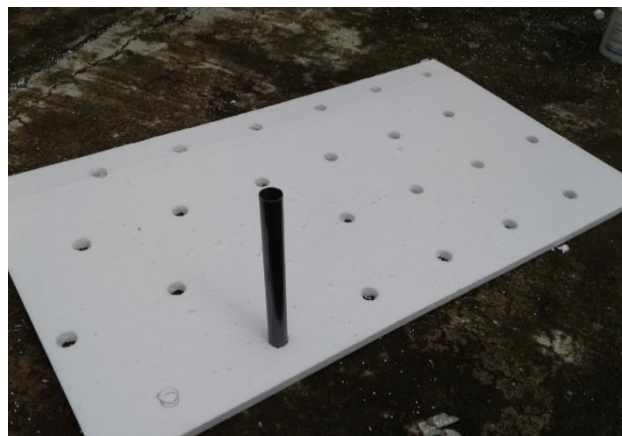
Anexo 14. Instalación del sistema de aireación



Anexo 15. Corte y pega de las planchas de espuma flex



Anexo 16. Perforación de la espuma flex



Anexo 17. Perforado de los vasos plásticos



Anexo 18. Instalación del sostén para las plantas en el sistema hidropónico



Anexo 19. Trasplante de las plántulas de acelga



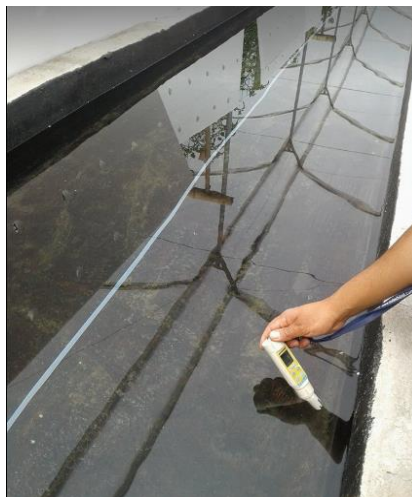
Anexo 20. Regulación del pH del medio de cultivo



Anexo 21. Aplicación de los fertilizantes



Anexo 22. Medición periódica del pH y conductividad eléctrica



Anexo 23. Crecimiento de las plantas a los 30, 60 y 90 días después del trasplante



Anexo 24. Peso fresco de la raíz y el follaje



Anexo 25. Peso seco de la raíz y follaje

