

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



**TESIS DE GRADO**

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE TRES  
VARIETADES DE ACELGA (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.), EN TRES  
DENSIDADES DE SIEMBRA CON LA TÉCNICA DE RAÍZ FLOTANTE,  
EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA**

**SORAYA ELVIA MOYA HUANCA**

**La Paz – Bolivia**

**2022**

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

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCCIÓN HIDROPÓNICA DE TRES VARIEDADES DE ACELGA  
(*BETA VULGARIS* VAR. *CICLA* L.), EN TRES DENSIDADES DE SIEMBRA CON LA  
TÉCNICA DE RAÍZ FLOTANTE, EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA**

Tesis de Grado presentado como requisito

Parcial para optar el título de

Ingeniero Agrónomo

**SORAYA ELVIA MOYA HUANCA**

**Asesores:**

Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas .....

Ing. Milenka Iturralde Escobar .....

**Revisores:**

Ing. M. Sc. Celia María Fernández Chávez .....

Ing. Willams Alex Murillo Oporto .....

Ing. Winston Richard Lupaca Mamani .....

**Aprobada:**

**Presidente tribunal Examinador  
2022** .....



## **DEDICATORIA**

*Gracias a Dios por la vida de mis padres, también porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más quiero.*

*A la más bella persona de mi vida mi mamá Ricarda Huanca por haberme dado la bendición de vida, ser el pilar más importante, y demostrarme siempre confianza, cariño, comprensión, apoyo incondicional y estar a lado mío en cada larga y agotadora noche de estudio. A mi padre Hernán Moya por brindarme a tan bonita familia. A mi hermana Laura, a quien quiero como a una madre, por compartir tan bonitos momentos conmigo y por siempre estar dispuesta a escucharme, ayudarme en cualquier momento, por toda la fortaleza, cariño y guía fundamental de mi proceso profesional. Elvís mi hermano por todo el apoyo y cariño brindados. Maribel mi hermanita, por todo el apoyo incondicional y la alegría que le da a mi vida.*

*Tíos queridos Dominga y Marcelo por cuidar nuestros pasitos y ser un apoyo para mi mamá. A mi abuelita que cuida de todos nosotros desde el cielo.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecimientos a la casa superior de estudios Universidad Mayor de San Andrés, al personal docente de la carrera de Ingeniería Agronómica, por haber contribuido a mi formación académica y acompañar todo mi proceso profesional. A cada uno de los integrantes del personal docente y administrativo del Centro Experimental de Cota Cota, por brindarme la oportunidad, el espacio para realizar el trabajo de investigación, por compartir sus conocimientos y apoyo durante la investigación.

Al Ing. Willams Alex Murillo Oporto, por el apoyo, colaboración y brindar sus conocimientos en el área de hidroponía para el logro de la investigación en campo. A mis asesores Ing. Luis Humberto Ortuño Rojas y Milenka Iturralde Escobar por su colaboración en la revisión de la tesis y todo el apoyo brindado durante todo el proceso, como también a la Ing. M. Sc. Celia María Fernández Chávez y Ing. Winston Richard Lupaca Mamani por su colaboración en la revisión de la misma.

Amigos Marioly, Rogelia, Adolfo, Christian, Eliana, Rossy, Ronald que han sido parte de mi vida profesional, a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en carrera y proceso profesional. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mi, por todo lo que me han brindado y por sus bendiciones.

## INDICE CONTENIDO GENERAL

|  |      |
|--|------|
| ÌNDICE DE CONTENIDO DE LA INVESTIGACION..... | I    |
| ÌNDICE DE CUADROS.....                       | II   |
| INDICE DE TABLAS.....                        | III  |
| INDICE GRAFICOS.....                         | IV   |
| INDICE DE FIGURAS.....                       | V    |
| INDICE DE ANEXOS.....                        | VI   |
| INDICE DE ANEXOS .....                       | VII  |
| RESUMEN.....                                 | VII  |
| SUMMARY.....                                 | VIII |

## INDICE CONTENIDO DE LA INVESTIGACION

### Contenido

|  |   |
|--|---|
| 1. INTRODUCCION.....                           | 1 |
| 1.1. Antecedentes .....                        | 2 |
| 1.2. Justificación.....                        | 2 |
| 2. OBJETIVOS.....                              | 3 |
| 2.1. Objetivo general .....                    | 3 |
| 2.2. Objetivos específicos .....               | 3 |
| 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....                | 4 |
| 3.1. El Cultivo de acelga en Bolivia .....     | 4 |
| 3.1.1. Importancia del cultivo de acelga ..... | 4 |
| 3.1.2. Origen del Cultivo.....                 | 4 |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.3. Composición del cultivo de acelga .....                                | 5  |
| 3.1.4. Descripción del cultivo de Acelga .....                                | 6  |
| 3.1.5. Fases fenológicas del cultivo.....                                     | 7  |
| 3.1.6. Variedades de acelga.....  | 7  |
| 3.1.6.1. Variedad Fordhook giant .....  | 7  |
| 3.1.6.3. Variedad Magenta sunset.....   | 8  |
| 3.1.7. Requerimientos climáticos del cultivo .....                            | 8  |
| 3.1.7.1. Temperatura.....   | 8  |
| 3.1.7.2. Humedad relativa .....   | 9  |
| 3.1.8. Manejo del cultivo .....   | 9  |
| b) Siembra Indirecta o Almacigo .....   | 9  |
| 3.1.9. Riego .....  | 9  |
| 3.1.11. Rendimiento .....   | 10 |
| 3.1.13. Plagas y enfermedades.....  | 10 |
| 3.1.14. Valor nutricional y medicinal .....                                   | 11 |
| 3.2. Hidroponía.....  | 13 |
| 3.2.1. Origen de la hidroponía .....  | 14 |
| 3.2.2. Cultivos Hidropónicos.....   | 14 |
| 3.5.1. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico.....                    | 15 |
| 3.5.2. Comparación de Cultivos Tradicionales e Hidropónicos o sin suelo ..... | 17 |
| 3.5.3. Solución nutritiva.....  | 18 |
| 3.5.4. Calidad de agua .....  | 18 |
| 3.5.5. Carpa solar .....  | 18 |
| 3.6. Densidades .....   | 19 |
| 3.7. Técnica raíz flotante .....  | 20 |

|  |    |
|--|----|
| 3.8. Requerimientos nutricionales del cultivo .....        | 20 |
| 3.9. Solución Nutritiva .....                              | 21 |
| 3.9.1. Manejo y control de la solución nutritiva .....     | 21 |
| 3.9.2. Duración y renovación de la solución nutritiva..... | 22 |
| 3.9.3. Condiciones físicas del sistema raíz flotante ..... | 22 |
| 3.9.4. Condiciones físicas del sistema raíz flotante ..... | 23 |
| 3.9.5. Condiciones climáticas .....                        | 25 |
| 3.10. Oxigenación radicular.....                           | 27 |
| 3.11. Agua apta para la hidroponía .....                   | 27 |
| 4. LOCALIZACIÓN.....                                       | 29 |
| 4.1. Ubicación Geográfica .....                            | 29 |
| 4.2. Clima.....  | 29 |
| 4.3. Pisos ecológicos .....                                | 30 |
| 4.4. Fisiografía y Vegetación.....                         | 30 |
| 4.5. Características del lugar de estudio .....            | 30 |
| 4.5.1. Clima.....  | 30 |
| 5. MATERIALES Y MÉTODOS .....                              | 30 |
| 5.1. Materiales .....                                      | 30 |
| 5.1.1. Material vegetal.....                               | 30 |
| 5.1.2. Material de construcción .....                      | 31 |
| 5.1.3. Material para almacigado .....                      | 31 |
| 5.1.4. Material de trasplante a piscina.....               | 31 |
| 5.1.5. Material de escritorio.....                         | 31 |
| 5.1.6. Sales y minerales.....                              | 32 |
| 5.2. Metodología .....                                     | 32 |

|  |    |
|--|----|
| 5.2.1. Procedimiento de implementación.....  | 32 |
| 5.2.1.1. Etapa 1 – Construcción de la infraestructura para sistema raíz flotante ..... | 32 |
| 5.2.2. Fase 2 – Preparación y siembra para producción .....                            | 33 |
| 5.2.3. Diseño experimental.....  | 39 |
| 5.3. Variables de repuesta .....   | 43 |
| 5.3.1. Comportamiento de la temperatura del ambiente controlado .....                  | 43 |
| 5.3.2. Variables fenológicas .....   | 44 |
| 5.3.4. Variables agronómicas.....  | 44 |
| 5.3.5. Análisis económico.....   | 45 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIONES .....  | 47 |
| 6.1. Fluctuación de parámetros en el ambiente controlado .....                         | 47 |
| 6.1.1. Comportamiento de la temperatura del ambiente protegido .....                   | 47 |
| 6.1.2. Fluctuación de parámetros en la solución .....                                  | 49 |
| 6.2. Variables agronómicas.....  | 52 |
| 6.2.1. Porcentaje de germinación en almacigo.....                                      | 52 |
| 6.2.2. Numero de hojas .....   | 54 |
| 6.2.3. Longitud de hoja.....   | 56 |
| 6.2.4. Variable longitud de peciolo .....  | 61 |
| 6.2.5. Variable diámetro de peciolo .....  | 66 |
| 6.2.6. Peso fresco parte comestible .....  | 70 |
| 6.3. Análisis económico .....  | 73 |
| 6.3.1. Rendimiento ajustado.....   | 73 |
| 6.3.2. Numero de ciclos por año.....   | 74 |
| 6.3.3. Beneficio bruto .....   | 74 |
| 6.3.4. Costos variables.....   | 75 |



|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 6.3.5. Costos fijos .....             | 76 |
| 6.3.6. Costo total anual .....        | 77 |
| 6.3.7. Beneficio neto .....           | 78 |
| 6.3.8. Relación beneficio costo ..... | 79 |
| 7. CONCLUSIONES .....                 | 80 |
| 8. RECOMENDACIONES .....              | 82 |
| 9. BIBLIOGRAFIA .....                 | 83 |

### **INDICE DE FIGURAS**

|   |    |
|---|----|
| Figura 1. Ubicación de la carpa hidropónica .....                   | 29 |
| Figura 2. Distribución de los oxigenadores.....                     | 35 |
| Figura 3. Croquis del área experimental.....                        | 42 |
| Figura 4. Dimensión y distribución de unidades experimentales ..... | 42 |

### **INDICE DE GRAFICOS**

|   |    |
|---|----|
| Gráfico 1. Fluctuación de las temperaturas máxima, media y mínima .....   | 48 |
| Gráfico 2. Comportamiento de la temperatura en la solución nutritiva.....   | 49 |
| Gráfico 3. pH de la solución nutritiva .....  | 51 |
| Gráfico 4. Conductividad eléctrica y solidos disueltos .....  | 52 |
| Gráfico 5. Porcentaje de germinación .....  | 53 |
| Gráfico 7. Comparación de medias con prueba Duncan al 5% para la variable Longitud de hoja del factor variedades. ....      | 58 |
| Gráfico 8. Comparación de medias con prueba Duncan al 5%, para el factor densidades, de la variable longitud de hojas ..... | 59 |

|  |    |
|--|----|
| Gráfico 11. Comparación de medias con la prueba Duncan al 5 % para variedades para la variable longitud de peciolo .....               | 62 |
| Gráfico 12. Comparación de medias con la prueba Duncan al 5 % para densidades para la variable longitud de peciolo .....               | 63 |
| Gráfico 14. Comparación de medias con la prueba Duncan al 5 % para variedades para la variable diámetro de peciolo.....                | 67 |
| Gráfico 15. Comparación de media con la prueba Duncan al 5 % para el factor densidades con la variable diámetro de peciolo .....       | 68 |
| Gráfico 17. Comparación de medias con la prueba Duncan al 5% para variedades, para la variable peso fresco de la parte comestible..... | 71 |
| Gráfico 18. Comparación de medias con la prueba Duncan al 5%, para densidades para la variable peso fresco de la parte comestible..... | 73 |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1.Cultivo de acelga en Bolivia .....   | 4  |
| Tabla 2.Clasificación taxonómica del cultivo de acelga .....                         | 6  |
| Tabla 3.Contenido nutricional de la acelga.....                                      | 13 |
| Tabla 4.Comparación de cultivos tradicionales e hidropónicos .....                   | 17 |
| Tabla 5. Requerimientos nutricionales cultivo de acelga en ppm .....                 | 20 |
| Tabla 6. Formulación de la solución nutritiva .....                                  | 36 |
| Tabla 7. Registro fitosanitario.....   | 39 |
| Tabla 8. Factores de estudio variedad y densidad .....                               | 40 |
| Tabla 9. Factores de estudio.....  | 41 |
| Tabla 10. Número de plantas por bandeja experimental .....                           | 43 |
| Tabla 11. Análisis de varianza número de hojas .....                                 | 54 |
| Tabla 12. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja .....               | 57 |
| Tabla 13. Interacción de Variedades y densidades en la variable longitud de hoja ... | 60 |
| Tabla 14. Análisis de varianza para la variable longitud de peciolo .....            | 61 |
| Tabla 15. Interacción del factor variedad y densidad para longitud de hoja.....      | 65 |

|   |    |
|---|----|
| Tabla 16. Análisis de varianza para la variable diámetro de peciolo.....              | 66 |
| Tabla 17. Interacción de variedades y densidades para el diámetro de peciolo .....    | 69 |
| Tabla 18. Análisis de varianza para la variable peso fresco de la parte comestible... | 70 |
| Tabla 19. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado .....                          | 74 |
| Tabla 20. Beneficio bruto .....   | 75 |
| Tabla 21. Costos variables.....   | 76 |
| Tabla 22. Costos fijo anual.....  | 77 |
| Tabla 23. Costos totales anual.....   | 77 |
| Tabla 24. Beneficio neto anual.....   | 78 |
| Tabla 25. Relación beneficio costo.....   | 79 |

## INDICE DE ANEXOS

|   |   |
|---|---|
| Anexo 1. Registro de temperaturas del ambiente.....   | 1 |
| Anexo 2. Registro de la temperatura de la solución .....  | 1 |
| Anexo 3. Registro del pH de la solución nutritiva .....   | 2 |
| Anexo 4. Registro de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva .....                    | 2 |
| Anexo 5. Registro de porcentaje de germinación .....  | 3 |
| Anexo 6. Costos en promedio de fertilizantes .....  | 3 |
| Anexo 7. Contenido de nutrientes .....  | 4 |
| Anexo 8. Costos de producción .....   | 5 |
| Anexo 9. Etapas de construcción, preparación, siembra y producción del cultivo de<br>acelga ..... | 6 |
| Anexo 10. Análisis de agua.....   | 7 |

## RESUMEN

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) es una hortaliza bastante consumida en nuestro país y a nivel mundial, muy requerida en los mercados, con alto valor nutricional, económico, presentando adaptabilidad en condiciones y con diferentes técnicas.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Centro experimental Cota Cota de la Facultad de Agronomía, perteneciente a la Universidad Mayor de San Andrés; departamento de La Paz donde se evaluó la producción hidropónica de tres variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.), en tres densidades de siembra con la técnica de raíz flotante, para evaluar las tres variedades y efecto de las densidades de siembra en parámetros agronómicos y climáticos, utilizando un diseño completamente al azar con arreglo Bi-factorial. Las variedades de estudio fueron Fordhook giant, Large white ribbed y Magenta sunset, las densidades de siembra (15 cm), (20 cm) y (25 cm) entre plantas con el método de tres bolillo obteniendo 15 cm (33 plantas/m<sup>2</sup>), 20 cm (24 plantas/m<sup>2</sup>) y 25 cm (15 plantas/m<sup>2</sup>). Las variables evaluadas después de la siembra fueron: número de hojas (cm), longitud de hoja (cm), longitud de peciolo (cm), diámetro de peciolo (cm) y peso fresco de la parte comestible (kg/m<sup>2</sup>). Para la verificación si se presentaron o no diferencias estadísticas significativas con las tres variedades evaluadas y densidades de siembra en función de las variables evaluadas se realizó un análisis de varianza (ANVA).

Los resultados obtenidos indican que la primera variable de respuesta número de hoja presento significancia para el factor variedades, obteniendo el mayor número de hojas para Magenta sunset con 12 hojas, seguida de Large white ribbed con 9 hojas y Fordhook giant con 8 hojas; la siguiente variable (longitud de hojas) registro a Large white ribbed (28.38 cm), seguida de Fordhook giant (28.27 cm) y Magenta sunset (26.91cm), con respecto a la variable longitud de peciolo Large white ribbed (18.14 cm) es la de mayor longitud, seguida de Foordhook giant (17.95 cm) y Magenta sunset (15.83 cm); el mayor diámetro de peciolo se registró para Large white ribbed (3.35 cm), seguida de Fordhook giant (3.01 cm) y Magenta sunset (1.75 cm) y la última variable peso fresco de la parte comestible el mayor pero registrado fue para Foordhook giant (227 gr), seguida de Large white ribbed (210 gr) y Magenta sunset (180 gr).

El comportamiento de la dinámica de crecimiento de la acelga fue similar para las tres variedades que permitieron establecer el rendimiento agrícola total para la variedad Fordhook giant obtuvo 15 cm (8.19 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (8,91 kg/m<sup>2</sup>) y 25 cm (4.28 kg/m<sup>2</sup>), la variedad Large white ribbed con 15 cm (7.74 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (5,09 kg/m<sup>2</sup>) y con 25 cm (4.01 kg/m<sup>2</sup>) y la Variedad tres Magenta sunset con resultados 15 cm (6.43 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (4.62 kg/m<sup>2</sup>) y 25 cm (3.52 kg/m<sup>2</sup>) respectivamente.

Concluyendo que las variedades Fordhook giant y Lage white ribbed tienen mejor capacidad de adaptación al sistema hidropónico sometido, logrando obtener mejores rendimientos. Referente a la variedad Magenta sunset su adaptación fue tardía al medio hidropónico, esto por sus características morfológicas y genéticas.

La relación beneficio costo (B/C) para las variedades Fordhook giant para una densidad de 15 cm (1.72 Bs), Large white ribbed a 15 cm (1.60 Bs) y la variedad Magenta sunset 15 cm (1.07 Bs) a diferentes densidades obtuvo resultados que demuestran rentabilidad para las tres variedades de estudio.

## SUMMARY

Chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) is a vegetable widely consumed in our country and worldwide, highly demanded in the markets, with high nutritional value, economic, presenting adaptability in conditions and with different techniques.

The present research work was carried out at the Cota Cota Experimental Center of the Faculty of Agronomy belonging to the Universidad Mayor de San Andres; department of La Paz where the hydroponic production of three varieties of chard (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) was evaluated in three planting densities with the floating root technique, to evaluate the three varieties and the effect of planting densities on agronomic and climatic parameters, using a completely randomized design with bi-factorial arrangement. The varieties studied were Fordhook giant, Large white ribbed and Magenta sunset, the planting densities (15 cm), (20 cm) and (25 cm) between plants with the three-roll method obtaining 15 cm (33 plants/m<sup>2</sup>), 20 cm (24 plants/m<sup>2</sup>) and 25 cm (15 plants/m<sup>2</sup>). The variables evaluated after planting were: number of leaves (cm), leaf length (cm), petiole length (cm), petiole diameter (cm) and fresh weight of the edible part (kg/m<sup>2</sup>). An analysis of variance (ANVA) was carried out to verify whether or not there were significant statistical differences with the three varieties evaluated and planting densities according to the variables evaluated.

The results obtained indicate that the response variable leaf number was significant for the factor varieties obtaining for Magenta sunset 12 leaves, Large white ribbed 9 leaves and Fordhook giant 8 leaves and the variable leaf length was obtained as follows Large white ribbed (28.38 cm), Fordhook giant (28.27 cm) and Magenta sunset (26.91 cm). 91cm), for petiole length Large white ribbed (18.14 cm), Foordhook giant (17.95 cm) and Magenta sunset (15.83 cm), for petiole diameter Large white ribbed (3.35 cm) and Fordhook giant (3.01 cm) and Magenta sunset (1.75 cm) and fresh weight of the edible part Foordhook giant (227 gr), Large white ribbed (210 gr) and Magenta sunset (180 gr).

The behavior of the growth dynamics of chard was similar for the three varieties that allowed to establish the total agricultural yield for the variety Fordhook giant obtained 15 cm (8.19 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (8.91 kg/m<sup>2</sup>) and 25 cm (4. 28 kg/m<sup>2</sup>), the variety Large

white ribbed with 15 cm (7.74 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (5.09 kg/m<sup>2</sup>) and with 25 cm (4.01 kg/m<sup>2</sup>) and Variety three Magenta sunset with results 15 cm (6.43 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (4.62 kg/m<sup>2</sup>) and 25 cm (3.52 kg/m<sup>2</sup>) respectively.

It was concluded that the Fordhook giant and Lage white ribbed varieties have a better capacity to adapt to the hydroponic system and obtained better yields. The Magenta sunset variety was slow to adapt to the hydroponic environment, due to its morphological and genetic characteristics.

The benefit-cost ratio (B/C) for the varieties Fordhook giant for a density of 15 cm (1.72 Bs), Large white ribbed at 15 cm (1.60 Bs) and the variety Magenta sunset 15 cm (1.07 Bs) at different densities obtained results that demonstrate profitability for the three varieties of study.

## 1. INTRODUCCION

El área urbana se caracteriza por el consumo de diferentes alimentos vegetales por lo cual la demanda es mayor, al no producir alimentos para su autoconsumo dependen exclusivamente de los mercados, la producción hidropónica es una de las alternativas de producción agrícola no estacional de mejores rendimientos y uso espacio reducido en el área urbana y periurbana. En Bolivia la producción de hortalizas representa más de 40 % del total, en una superficie de 2.300 hectáreas con 23,299 toneladas y un consumo de 30,5 kg/persona/año, muy lejos del promedio mundial, que es de 67,6 kg/persona/año (INIAF, 2012).

La producción de acelga en carpas solares, invernaderos en la región altiplánica es una alternativa que asegura e incrementa la producción de hortalizas de hoja por ser un ambiente protegido y controlado, por eso se propone la producción de acelga en piscina hidropónica con el sistema raíz flotante efectivizando la producción de hortalizas en espacio reducido.

La presente investigación con la técnica raíz flotante en sistema hidropónico para el cultivo acelga, se adapta a variaciones ecológicas, medios de cultivo, producción hortícola en forma eficiente, reduciendo labores culturales y costos de comercialización y mejora la limpieza del producto.

El sistema hidropónico raíz Flotantes es una técnica con la cual se logra el manejo eficiente de las densidades entre plantas, mejor aprovechamiento del espacio, tiene la capacidad de mecanizarse y adaptarse a regiones limitadas de precipitación, suelos no aptos para la agricultura y de climas adversos (Chipana, 2018).



## **1.1. Antecedentes**

Villacrés (2019), evaluó tres soluciones nutritivas en la producción de Acelga (*Beta vulgaris var. cicla* L.), var Fordhook giant, en hidroponía a raíz flotante en invernadero, obteniendo un rendimiento de 25 t/ha, con la aplicación de 200 N, 210 P y 35 K ppm, correspondiente al 100 % de la solución nutritiva.

Según Chipana (2018), realizó la producción hidropónica como alternativa a la problemática de escases de agua en dos variedades de acelga (*Beta vulgaris var. cicla* L.), en la zona de Cota cota, donde indica que la densidad de 20 cm fue satisfactoria y las variedades Verde Costa Larga obtuvo un rendimiento 1488 g/m<sup>2</sup> y la variedad con 1428 g/m<sup>2</sup>.

El consumo de agua durante todo el ciclo de los cultivos fue de 228 l/m<sup>2</sup> para el riego sub superficial y 450 l/m<sup>2</sup> para el riego tradicional (Chipana & Serrano, 2007).

## **1.2. Justificación**

El sistema hidropónico es una alternativa para mejorar la producción en espacios reducidos para la producción de las hortalizas de hoja para la técnica raíz flotante, en cultivos de acelga, espinaca y otras que tienen mayor concentración de elementos minerales que contribuyen a prevenir y mitigar las deficiencias de hierro, zinc y otros.

El desarrollo actual de la técnica en cultivos hidropónicos, está basada en el uso mínimo de espacio, poco consumo de agua, maximiza la producción y mejorando la calidad. Lo que se busca es que los rendimientos de los cultivos hidropónicos puedan duplicar su producción en comparación a cultivos en suelo (Beltrano & Gimenez, 2015). Por lo tanto, la presente investigación busca mejorar la producción con el uso eficiente de agua, espacios reducido, control de plagas, limpieza del producto final en comparación con la producción tradicional.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar la producción hidropónica de tres variedades de acelga (*Beta vulgaris var. cicla* L.), en tres densidades de siembra con la técnica de raíz flotante, en el centro experimental Cota Cota.

### **2.2. Objetivos específicos**

- 🌱 Determinar rendimiento de tres variedades de acelga (*Beta vulgaris var. cicla* L.), en el sistema de raíz flotante.
- 🌱 Comparar el rendimiento de acelga en tres densidades de plantación de acelga en (*Beta vulgaris var. cicla* L.), en el sistema de raíz flotante.
- 🌱 Determinar la influencia de variedades y densidades de siembra en el cultivo de acelga (*Beta vulgaris var. cicla* L.), en el sistema de raíz flotante.
- 🌱 Establecer la influencia económica para la producción de acelga (*Beta vulgaris var. cicla* L.).

### 3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. El Cultivo de acelga en Bolivia

Según la encuesta nacional agropecuaria realizada el año 2008, por el Instituto Nacional de Estadística (INE) citado por (Callisaya, 2016). La producción a nivel nacional y departamental del cultivo de acelga se presenta en la siguiente tabla 1.:

**Tabla 1.** Cultivo de acelga en Bolivia

| <b>Cultivo de Acelga: Superficie, producción y rendimiento por departamento año agrícola 2007-2008</b> |                               |                         |                               |
|--|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| <b>Departamento</b>  | <b>Superficie (Hectáreas)</b> | <b>Producción (Tn.)</b> | <b>Rendimiento (Kg./ha. )</b> |
| Chuquisaca   | 0                             | 0                       | 0                             |
| La Paz   | 58                            | 261                     | 4.500                         |
| Cochabamba   | 11                            | 28                      | 2.545                         |
| Oruro  | 0                             | 0                       | 0                             |
| Potosí   | 3                             | 13                      | 4.333                         |
| Tarija   | 28                            | 140                     | 5.000                         |
| Santa Cruz   | 35                            | 171                     | 4.886                         |
| Beni   | 0                             | 0                       | 0                             |
| Pando  | 0                             | 0                       | 0                             |
| Bolivia  | 135                           | 613                     |                               |

Fuente: Callisaya (2016).

##### 3.1.1. Importancia del cultivo de acelga

La acelga es una hortaliza que posee gran importancia comercial en nuestro país, se caracteriza por tener alto contenido en hierro, es accesible a la canasta familiar, costo moderado y disponible todo el año.

##### 3.1.2. Origen del Cultivo

Su origen se sitúa posiblemente en las regiones costeras de Europa, a partir de la especie *Beta marítima*, obteniéndose por un lado la acelga y por el otro la remolacha (variedad *vulgaris*). Los árabes fueron quienes iniciaron su cultivo hacia el año 600 a.C. Tanto los griegos como los romanos conocieron y apreciaron las acelgas como alimento y como planta medicinal. En la actualidad, Europa central y meridional, y América del Norte, son las principales zonas productoras (Alonzo, 2004).

Ramírez (2006), “indica que la acelga es una hortaliza originaria de Europa, su ciclo vegetativo varía entre seis y ocho meses dependiendo de la variedad y las condiciones de manejo. Sus hojas constituyen la parte comestible de esta hortaliza”.

### **3.1.3. Composición del cultivo de acelga**

La acelga es una hortaliza que posee un importante valor nutricional y medicinal. Es una hortaliza con cantidades mínimas de hidratos de carbono, proteínas y grasas, su elevado peso se debe al contenido en agua en su interior. Por ello resulta energética, rica en nutrientes reguladores, cierto contenido vitaminas, sales minerales y fibra. Las hojas externas son las que mayor contenido de vitamina presentan, en la acelga el mineral más abundante es el potasio, sin embargo, se destaca por su mayor contenido en magnesio, sodio, yodo, hierro y calcio (García, 2013).

**a)** El potasio es un mineral necesario para la transmisión y regeneración del impulso nervioso para la actividad muscular normal. Interviene también en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

**b)** El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, sistema nervioso y músculos, forma parte de los huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante.

**c)** El yodo es un mineral indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides, que produce la hormona tiroidea. Ésta interviene en numerosas funciones metabólicas, como el mantenimiento de la temperatura y metabolismo corporal. Asimismo, el yodo es esencial en el crecimiento del feto y en el desarrollo de su cerebro.

**d)** Es rica en fibra por ello posee propiedades laxantes, por lo tanto, previene o mejora el estreñimiento.

**e)** La falta de hierro se relaciona con casos de anemia. Si se consume cruda en ensalada, su contenido natural en vitamina C favorece la absorción de hierro.

### 3.1.4. Descripción del cultivo de Acelga

#### 3.1.4.1. Clasificación Taxonómica

“Su clasificación se establece en función del color, el tamaño de sus hojas y pecíolos o pencas” (García, 2013).

**Tabla 2.** Clasificación taxonómica del cultivo de acelga

| Clasificación taxonómica  |                         |
|---------------------------|-------------------------|
| <b>División:</b>          | Magnoliophyta           |
| <b>Clase:</b>             | Magnoliopsida           |
| <b>Sub Clase:</b>         | Dicotiledoneae          |
| <b>Orden:</b>             | Caryophyllales          |
| <b>Familia:</b>           | Amaranthaceae           |
| <b>Genero:</b>            | Beta                    |
| <b>Especie:</b>           | B. vulgaris             |
| <b>Variedad botánica:</b> | Var. Cicla L.<br>Acelga |
| <b>Nombre común:</b>      | Beta, betarraga         |
| <b>Otros nombres:</b>     | blanca, selga, etc.     |

fuelle: (MISSOURI BOTANICAL GARDEN, 2021)

#### 3.1.4.2. Características Botánicas

La acelga es una hortaliza bianual, las hojas que constituyen la parte comestible, pueden ser onduladas y/o arrugadas, dependiendo de la variedad. Los pecíolos pueden ser de color crema o blanco, la inflorescencia está compuesta por una larga panícula, las flores sésiles y hermafroditas, pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres, el cáliz es de color verdoso, compuesto por cinco sépalos y cinco pétalos, cubre las semillas formando un pequeño fruto. para que presente floración necesita pasar por un periodo de bajas temperaturas (vernalización).

Ramírez (2006), afirma que, la acelga es una planta bienal de ciclo largo que forma raíz y fruto no comestible. Las hojas jóvenes se sitúan al pie de la planta en forma de roseta, tiende a centrar toda su producción en el desarrollo de sus hojas, mientras que la raíz se encuentra poco engrosada. En la segunda etapa la planta inicia su floración para la producción de semilla, y engrosar su raíz.

### **3.1.5. Fases fenológicas del cultivo**

Según Galván et al., (2008) el cultivo de acelga tiene dos fases fenológicas:

#### **a) Fase plántula**

Donde aparece la radícula, hay emergencia de los cotiledones, crecimiento radicular en profundidad y aparición de 3 a 4 hojas verdaderas.

#### **b) Fase de roseta**

Esta fase se caracteriza por la aparición de nuevas hojas, disminuye la relación largo-ancho de los folíolos, hay acortamiento de los “pecíolos” y formación de roseta con 12 a 14 hojas.

### **3.1.6. Variedades de acelga**

#### **3.1.6.1. Variedad Fordhook giant**

Es una planta vigorosa con espesos peciolo blancos y largas hojas tiernas de color verde oscuro, resistente al calor, pero necesita un riego regular. Se consume los peciolo cocidos al zumo o en gratín. Se puede también consumir las hojas jóvenes en ensalada y las más grandes.

Remojar las semillas en el agua durante 24 horas antes de la siembra, la siembra se debe realizar de manera directa en espacios de 30 cm unas de otras y a 12 mm. La cosecha de las plantas inicia entre 11 a 12 semanas después de la siembra y se prolonga una cosecha mas (Tropicaplanet, 2015).

#### **3.1.6.2. Variedad Large white ribbed**

“La acelga Large white ribbed de planta grande, hojas verdes oscuro brillante, pencas anchas y blancas. Es una variedad precoz, resistente al frío. Días a la madurez (58

cm). Altura de 50-65 cm planta” (Guaschsemillas, 2015).

Se adapta a alturas entre 1200 a 2500 m.s.n.m. Acepta una amplia gama de suelos, prefiriendo los francos con buen drenaje y contenido de materia orgánica. Tolera suelos salinos, pH entre 6.8 a 8.0. Es una hortaliza de siembra directa, aunque también se puede trasplantar. La cosecha se realiza de 2-3 meses después del trasplante, cuando las hojas alcanzan 15 cm de largo (Impulse semillas, 2017).

### **3.1.6.3. Variedad Magenta sunset**

“Planta herbácea de ciclo bianual, con hojas grandes, color verde brillante y nervado. Es una variedad de *Beta vulgaris*, al igual que la remolacha o betarraga. Las pencas son de color rojizo a violeta y porte delgado de peciolo” (Semillas las huertas, 2015).

### **3.1.7. Requerimientos climáticos del cultivo**

Segun Infoagro (2015), reporta los siguientes requerimientos para el cultivo de acelga que describe a continuación.

#### **3.1.7.1. Temperatura**

La acelga es una planta de clima templado, que desarrolla con temperaturas medias, los cambios bruscos de temperatura afectan su fisiología, estas variaciones bruscas de temperatura, infieren en la producción. La planta llega a congelarse y detener su desarrollo a temperaturas menores a -5°C. El desarrollo vegetativo es favorable a temperaturas comprendidas entre un mínimo de 6 °C y un máximo de 27 a 33 °C, con una media óptima 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 (Infoagro, 2015).

Ramírez (2006), menciona que, las acelgas pueden cultivarse desde zonas cálidas moderadas (1.200 m.s.n.m.), hasta áreas de clima frío; no tolera heladas y granizo (2.500 m.s.n.m.). Necesitan preferiblemente climas suaves, aunque pueden vivir en cualquier tipo de clima, siempre que no baje a los -5°C o que supere los 40°C. La temperatura ideal de producción se sitúa entre 15 a 18°C. Su producción óptima es mayor en clima fresco, pero toleran lugares y climas de mayor temperatura.

### **3.1.7.2. Humedad relativa**

“La humedad relativa está comprendida entre 60 y 90% en cultivos en invernadero” (Ramírez, 2006).

La acelga no requiere excesiva luz, dado que cuando está elevada perjudica su desarrollo. La humedad relativa está comprendida entre un 60 y 90% en cultivos en invernadero. En algunas regiones tropicales y subtropicales puede desarrollar de tamaño reducido, no ocurre así en zonas altas con regiones frías donde su comportamiento obtiene rendimiento promedio (Infoagro, 2015).

Según Aguilar (1993), “indica que, que el cultivo de acelga no requiere excesiva luz y humedad relativa comprendida entre el 60 y 90% en cultivos dentro de invernadero”.

### **3.1.8. Manejo del cultivo**

Marulanda (2005), señala dos formas de siembra:

#### **a) Siembra Directa**

El método consiste en colocar las semillas en espacio definitivo permanente desde la germinación hasta la cosecha. Las especies que son sembradas en lugar definitivo se debe a que no resisten el trasplante o porque desde el comienzo se desarrollan con mucho vigor.

#### **b) Siembra Indirecta o Almacigo**

Consiste en realizar la siembra en almacigos llamados también germinadores, donde son depositadas las semillas manteniendo la humedad requerida en sus primeros días de desarrollo y todos los cuidados necesarios para su desarrollo, manteniendo su sanidad hasta posterior trasplante a sitio definitivo.

### **3.1.9. Riego**

El cultivo de acelga necesita desde el inicio de la siembra hasta en su fase final de desarrollo estar con riego frecuente para así mantener la humedad del suelo, evitando encharcamiento, el exceso de humedad puede provocar pudrición del peciolo. Sin embargo, en la etapa de engrosamiento se debe de aumentar el riego evitando que las plantas se deshidraten, para así obtener hojas de 25 cm (Yampa, 2020).



### **3.1.10. Cosecha**

Un indicador visual para la cosecha de acelga es la hoja con un aproximado de longitud de 25 cm o una altura entre 45-50 cm, siendo el tiempo un parámetro, entre 60-70 días. Es recomendable realizar los cortes finos para no dañar el cogollo, denominado también punto de crecimiento, todo dependerá de la finalidad con la cual fue sembrado (Yampa, 2020).

La acelga es una hortaliza de crecimiento por rebrote denominado así por el corte los peciolos y estas rebrotan, por lo general la longitud de las hojas es un indicador visual de cosecha, siendo el tiempo otro parámetro. El tiempo transcurrido para el primer corte es de 60 - 70 días y posterior se debe realizar cada 20 días. La longitud indicada para cortar las hojas exteriores es cuando el crecimiento supera los 25 cm (Valadez, 1993).

### **3.1.11. Rendimiento**

Chipana (2018), “obtuvo un rendimiento de 1488 g/m<sup>2</sup> (tratamientos fue T1 variedad Verde Costa Larga) y 1428 g/m<sup>2</sup> (T2 variedad Fordhook giant), en su investigación de “producción hidropónica como alternativa la problemática de escasas de agua en dos variedades del cultivo de acelga”.

Callisaya (2016), “efectuó un estudio de comparación entre dos variedades de acelga bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico en sistema hidropónico NFT con un rendimiento en peso fresco de planta completa, 170.02 g/planta (variedad Large white ribbed), y 130.18 g/planta (variedad Fordhook giant)”.

### **3.1.12. Comercialización**

“La acelga tiene demandada a nivel nacional, así mismo es exportada a nivel mundial, los productos orgánicos tienen mejor aceptación en los mercados por el uso fresco, medicinal y a los nutrientes indispensables que aporta” (Acosta, 2015).

### **3.1.13. Plagas y enfermedades**

Los pulgones causan pérdidas económicas en los cultivos hortícolas, debido a su rápida dispersión el daño que causa en la planta es inmediata, entre los daños

producidos está el amarillamiento, deformación y caída temprana de las hojas. Esto debido a que los áfidos succionan abundante savia y son transmisores de virus u hongos saprofitos, provocando bajos rendimientos y mala calidad (Delfino *et al.*, 2007).

“Para controlar esta plaga se debe realizar procedimientos preventivos, curativos o deben ser eliminados. Por ser transmisor de virus se debe centrar en impedir que llegue y afecte la calidad en la planta” (Estay, 2003).

Según Flórez (2009) citado por Calisaya (2016), los insectos que atacan a la acelga son:

- 🌿 Pulgón (*Aphis fabae*).- Estos insectos se sitúan en el envés de las hojas provocando daños que afectan en la comercialización de las hojas de acelgas.
- 🌿 Gusano blanco (*Melolontha melolontha*).- Las larvas de este coleóptero tienen un cuerpo blanquecino, con el extremo posterior abdominal de color negruzco. El insecto adulto tiene de 2 a 3 cm de largo, con la cabeza de color negro y el resto del cuerpo parduzco ocre. El ciclo evolutivo larvario completo es de 3 años, siendo en la primavera del segundo año cuando producen mayores daños.
- 🌿 Gusano Gris (*Agrotis segetum*). - Este lepidóptero produce daños en la planta, seccionando el cuello de las plántulas recién emergidas.

#### **3.1.14. Valor nutricional y medicinal**

De acuerdo con García (2013), reporta el valor nutritivo y medicinal de la acelga que se describe a continuación:

- a)** La acelga posee un importante valor nutricional y medicinal, se caracteriza por ser una verdura con cantidades mínimas de hidratos de carbono, proteínas y grasas, su mayor peso se lo debe a su elevado contenido en agua. Por lo indicado anteriormente tiene un valor energético, aunque es rica en nutrientes reguladores, como ciertas vitaminas, sales minerales y fibra, las hojas externas contienen mayor cantidad de vitaminas.
- b)** En la acelga, el mineral más abundante es el potasio. Sin embargo, se destaca por su mayor contenido en magnesio, sodio, yodo, hierro y calcio.
- c)** El potasio es un mineral necesario para la transmisión y generación del impulso

nervioso para la actividad muscular normal. Interviene también en el equilibrio de agua dentro y fuera de la célula.

**d)** El magnesio se relaciona con el funcionamiento de intestino, sistema nervioso y músculos, forma parte de huesos y dientes, mejora la inmunidad y posee un suave efecto laxante.

**e)** El yodo es un mineral indispensable para el buen funcionamiento de la glándula tiroides, que produce las hormonas tiroideas, estas intervienen en numerosas funciones metabólicas, como el mantenimiento de la temperatura y metabolismo corporal. Asimismo, el yodo es esencial en el crecimiento del feto y en el desarrollo de su cerebro.

**f)** Se caracteriza por sus numerosas aplicaciones medicinales y alimenticias, por ser refrescante, digestiva, laxante y diurética.

**g)** Por su escaso valor energético constituye un alimento idóneo para preparar platos de verduras, recomendables en especial, para quienes siguen una dieta.

**h)** Tiene un excelente contenido de folatos, es una opción fundamental en la alimentación de la mujer embarazada.

**i)** Es rica en fibra, posee propiedades laxantes, por lo tanto, previene el estreñimiento.

**j)** Tiene un abundante contenido en agua y potasio, resulta diurética, lo que es beneficioso en un buen número de afecciones, como la hipertensión, retención de líquidos y oliguria (producción escasa de orina).

**k)** La falta de hierro o de ácido se relaciona con distintos tipos de anemia. En la acelga sobresalen estos nutrientes, lo que hace que sea interesante para incluirla en caso de anemia. Si se toma cruda en ensalada, su contenido natural en vitamina "C" favorece la absorción de hierro.

Finalmente, la composición nutritiva en valores se presenta en la tabla 3.

**Tabla 3.** *Contenido nutricional de la acelga*

| <b>Composición nutricional de la acelga por cada 100 g</b> |          |
|--|----------|
| Agua   | 92.6 g   |
| Calorías   | 19 kcal  |
| Grasa  | 0.20 g   |
| Proteína   | 1.80 g   |
| Carbohidratos  | 3.74 g   |
| Fibra  | 1.6 g    |
| Potasio  | 379 mg   |
| Fosforo  | 46 mg    |
| Hierro   | 1.8 g    |
| Sodio  | 213 mg   |
| Magnesio   | 81 mg    |
| Calcio   | 51 mg    |
| Cobre  | 0.179 mg |
| Zinc   | 0.36 mg  |
| Manganeso  | 0.366 mg |
| Vitamina C   | 30 mg    |
| Vitamina A   | 30 mg    |
| Vitamina B1 (Tiamina)                                      | 0.040 mg |
| Vitamina B2 (Riboflavina)                                  | 0.090 mg |
| Vitamina B3  | 0.400 mg |
| Vitamina B6 (Piridoxina)                                   | 0.099 mg |
| Vitamina E   | 1.89 mg  |
| Ácido fólico   | 14 mcg   |

Fuente: Elaboración propia

### **3.2. Hidroponía**

La hidroponía es una ciencia joven, es usada bajo una base comercial desde hace solamente 40 años; no obstante aun en este relativo corto periodo de tiempo, ha podido adaptarse a diversas situaciones, desde los cultivos en submarinos atómicos para

obtener verduras frescas para la tripulación, esto es una ciencia espacial, pero al mismo tiempo pueden ser usados en países subdesarrollados del tercer Mundo para proveer una producción intensiva de alimentos en áreas limitadas y a base de agua (Resh, 1997).

Filippetti (2008), indica que hidroponía es la forma de cultivar plantas sin tierra. Para el mismo se utiliza una combinación precisa de diferentes sales minerales que contienen todos los nutrientes que requieren las plantas para su desarrollo y que habitualmente les entrega la tierra, diluidas en agua potable (solución nutritiva), la cual se aplica directamente a las raíces de diferente forma, según el método de cultivo hidropónico que se adopte.

### **3.2.1. Origen de la hidroponía**

El cultivo de las plantas sin tierra, se ha desarrollado a partir de los descubrimientos hechos en las experiencias llevadas a cabo para determinar que sustancias hacen crecer a las plantas y la composición de ellas. Este trabajo sobre constituyentes de la planta comenzó tiempo atrás, hacia el año 1600; no obstante, las plantas fueron cultivadas sin tierra mucho antes de esto. Los jardines colgantes de Babilonia; los jardines flotantes de los Aztecas, en México y los de la China imperial son ejemplos de cultivos hidropónicos (Resh, 2001).

### **3.2.2. Cultivos Hidropónicos**

Los cultivos en suelo pueden carecer de nutrientes o tener una estructura pobre, los componentes orgánicos como inorgánicos, deberán ser descompuestos en elementos inorgánicos tales como calcio, magnesio, nitrógeno, potasio, fosforo, hierro y otros, antes que ellos estén a disposición de las plantas. En los cultivos hidropónicos, las raíces de las plantas son humedecidas con una solución de nutrientes que contienen esos elementos; por tanto, el proceso de utilización de los nutrientes que contienen estos elementos es absorbidos por la planta de manera directa, es por eso que el cultivo sin suelo es beneficioso, disminuyendo la presencia de insectos o enfermedades (Resh, 2001).

Se denomina cultivos hidropónicos porque los nutrientes requeridos por las plantas se administran a través de un medio líquido. La siembra de los plantines debe hacerse en sustrato sólido y en sustrato líquido a partir del trasplante. En ambos casos se cultivan plantines obtenidos a partir de semilleros, las cuales son posteriormente trasplantados o mediante siembra directa en sustrato sólido (Michelena, 2003).

La hidroponía es la ciencia del crecimiento de las plantas, sin utilizar el suelo, aunque usando un medio inerte, tal como grava, arena, turba, piedra pómez o aserrín, a los cuales se añade una solución de nutrientes que contiene todos los elementos esenciales para la planta, para su normal crecimiento y desarrollo (Resh, 1987).

El término “hidroponía” es usado para describir sistemas basados con agua, pero en el sentido más amplio, el término es el de cultivo sin suelo. Por lo tanto, “un cultivo hidropónico o cultivo sin suelo, es un sistema aislado del suelo utilizado para cultivar diversos tipos de plantas de importancia económica. El crecimiento de las plantas es posible por un suministro adecuado de todos sus requerimientos nutricionales a través del agua o solución nutritiva (Rodríguez *et al.*, 2002).

### **3.5.1. Ventajas y desventajas del cultivo hidropónico**

#### **3.5.1.1. Ventajas del cultivo hidropónico**

Se debe tomar en cuenta ventajas y desventajas para poder tener conocimiento de las actividades que serán necesarias.

Según Gilsanz (2007), menciona que la hidroponía tiene las siguientes ventajas y desventajas:

##### **a) Menor número de horas de trabajo**

Se requieren menor número de horas de trabajo que los sistemas convencionales de producción, ya que no sólo pueden automatizarse, existe un ahorro en mano de obra y por lo tanto en costos.

##### **b) No es necesaria la rotación de cultivos**

En estos sistemas no es necesaria la rotación de cultivos en el sentido estricto como se utiliza en los sistemas convencionales, básicamente por la no existencia de suelo.

##### **c) No existe la competencia por nutrientes**

No existe la competencia por nutrientes, ya que la solución nutritiva contiene lo necesario para la planta.

**d) Las raíces se desarrollan en mejores condiciones de crecimiento**

Tanto en medios artificiales como en agua el desarrollo radicular adquiere un mejor desarrollo sin impedimentos físicos ni nutricionales, comparados con los sistemas tradicionales donde suceden problemas de compactación, baja infiltración, condiciones de anaerobiosis para las raíces.

**e) Mínima pérdida de Agua**

A través de estos sistemas se realiza un uso eficiente del agua, ya que ésta es aportada en las cantidades necesarias y en forma controlada. Además, en sistemas hidropónicos se minimizan las pérdidas por infiltración y evaporación.

**f) Mínimo problema con las Malezas**

El problema de malezas se considera mínimo en estos sistemas, ya sea que los medios son estériles o son esterilizados, además que el problema de formación de algas en el sistema puede ser minimizado, al no existir suelo, el problema de las malezas tiende a desaparecer.

**g) Reducción en Aplicación de Agroquímicos**

En general la aplicación de agroquímicos se reduce en estos sistemas, ya que el suelo como fuente de hospedaje o ciclo de enfermedades desaparece, los sistemas hidropónicos no son inmunes a la presencia de patógenos sobre todo aquellos que pueden colonizar en medios líquidos.

**h) El Sistema se ajusta a áreas de producción no tradicionales**

La implementación de estos sistemas permite ampliar el horizonte agrícola permitiendo la inclusión de áreas urbanas y suburbanas para la producción. En general es posible desarrollar producciones comerciales exitosas en áreas tan pequeñas como el fondo de una casa. Esto permite una plasticidad en la evolución del volumen y el área de cultivo muy diferente a la obtenida con los cultivos realizados en los sistemas tradicionales.

### **3.5.1.2. Desventajas del cultivo hidropónico**

**a) Costo inicial alto**

Estos sistemas presentan un costo inicial alto debido a las inversiones a realizar, de

todos modos, esto variará dependiendo del sistema elegido y del control que se desee realizar del ambiente de crecimiento. Si vamos a sistemas donde se controla la temperatura, humedad y luz del lugar de crecimiento del cultivo, tendremos mayores grados de inversión en equipos de medición y control.

**b) Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición**

Este tipo de producciones demandan una mayor especialización del productor, exigiéndole un grado mayor de conocimientos respecto al funcionamiento del cultivo y de la nutrición de éste, los repentinos cambios de temperatura o de ventilación tendrán respuesta directa en el cultivo, sobre todo en ambientes protegidos.

**c) Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo**

Al no existir suelo se pierde la capacidad buffer de este frente a excesos o alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan los síntomas tanto de excesos como de déficits nutricionales.

**3.5.2. Comparación de Cultivos Tradicionales e Hidropónicos o sin suelo**

*Tabla 4. Comparación de cultivos tradicionales e hidropónicos*

|  | <b>Sobre suelo</b>                                | <b>Sin Suelo</b>  |
|--|---|---|
| Nutrición de la planta                           | Muy variable<br>Difícil de controlar              | Controlada, estable<br>fácil de chequear y corregir               |
| Espaciamiento                                    | Limitado a la fertilidad                          | Densidades mayores,<br>mejores, mejor uso del<br>espacio y la luz |
| Control de malezas                               | Presencia de malezas                              | Prácticamente<br>inexistentes                                     |
| Enfermedades, patógenos<br>del suelo y nematodos | Enfermedades del Suelo                            | No existen patógenos del<br>suelo                                 |
| Agua   | Plantas sufren estrés<br>Ineficiente uso del agua | No existe estrés hídrico<br>Pérdida casi nula                     |

**Fuente:** Elaboración propia



### **3.5.3. Solución nutritiva**

De acuerdo con Beltrano & Gimenez (2015), una solución nutritiva es por definición, una solución acuosa que contiene oxígeno disuelto y todos los nutrientes minerales esenciales, necesarios para el normal crecimiento de las plantas, totalmente disociados. El cultivo hidropónico está determinado por la solución nutritiva, la relación existente entre los diferentes iones minerales, la conductividad eléctrica y el pH.

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, 2007).

### **3.5.4. Calidad de agua**

Es necesario conocer la calidad del agua a utilizar para la preparación de la solución nutritiva, debiendo revisar previamente la cantidad de cationes presentes para verificar el grado de dureza de la misma. Las aguas para las preparaciones de las soluciones nutritivas contienen normalmente cantidades apreciables de  $\text{CO}_3\text{HCa}$ ,  $\text{CO}_3\text{HMg}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{NO}_3^-$ , pudiendo encontrarse también con frecuencia pequeñas cantidades de Fe, trazas de Mn, Zn y B. Otro factor importante a tener en cuenta es la alcalinidad del agua, o sea el equilibrio entre  $\text{CO}_3/\text{HCO}_3$ . Esta relación es importante para determinar la resistencia del agua a la acidificación, ya que será necesario agregar ácido para reducir el pH a valores cercanos a 5.3-5.5 para su uso en hidroponía. Asimismo, hay otros factores que juegan un rol importante y que es imprescindible tenerlos en cuenta.

### **3.5.5. Carpa solar**

Es un ambiente que tiene como característica particular tener una cubierta plástica denominada agro film. Las carpas solares al igual que los invernaderos y huertos atemperados crean un ambiente apto para el desarrollo de hortalizas, flores y otros. Bajo condiciones favorables de temperatura, humedad, radiación solar, sustrato y agua entre otros (Torrez, 2001).

Las carpas solares o huertas familiares son centros de producción de alimentos, que pueden construirse en espacios grandes y pequeños. Estas construcciones permiten ante todo una educación alimentaria basada en la auto provisión, que tiene como fin satisfacer necesidades primordiales de alimentación, ofrecer espacio para la distracción saludable y colaborar con economía familiar (Candia, 2010).

#### **3.5.5.1. Importancia de la carpa solar e invernadero**

De acuerdo la organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura (FAO, 2017), la producción en invernaderos mejora la calidad de vida en las familias, a través de la diversificación de los alimentos que consumen y el incremento de su economía generando ingresos por venta de hortalizas y plantas aromáticas.

Por consiguiente, las ventajas de las carpas solares son:

- Permiten la producción de hortalizas durante todo el año en regiones que presentan condiciones extremas, facilitando la planificación de la producción.
- Al controlar la temperatura y humedad, aceleran el crecimiento de los cultivos permitiendo que la cosecha se realice en menos tiempo.
- Los rendimientos son mayores que a campo abierto. Se produce más en poco espacio de terreno.
- Facilitan el control de las plagas y enfermedades. Se puede controlar la temperatura y humedad.
- Conservan los suelos porque promueven el cultivo en el mismo suelo en varias oportunidades. Protege a las plantas de las heladas, granizadas, nevadas y bajas temperaturas en general.
- Se utiliza el agua eficientemente y de forma controlada.
- Las plantas y los productos están menos expuestos a la contaminación del aire.

#### **3.6. Densidades**

Las densidades de siembra recomendadas para el cultivo de acelga son de 25, 30 cm hasta 50 cm entre plantas en sustrato, esto por la competencia entre plantas y disponibilidad nutrientes en el suelo requeridos para la planta. (Garcia, 2013)

### 3.7. Técnica raíz flotante

La producción de hortalizas en sistema hidropónico con la técnica raíz flotante consiste en sumergir las raíces sobre la solución nutritiva, donde las plantas se encuentran en bandejas de poli estireno expandido que flotan sobre el agua con la solución nutritiva en donde la misma actúa como soporte mecánico flotando y sosteniendo un determinado número de plantas para lograr una buena producción, la oxigenación en la solución nutritiva se realiza de forma manual o mecánica (Duran, 2000).

El sistema raíz flotante consta de un recipiente en donde se coloca la solución nutritiva y sobre ella flotadores de espuma que soporta el peso de las plantas. En este sistema es necesario realizar un cambio de solución semanalmente o al menos renovar parte de ella. Además, se requiere la oxigenación de la solución diariamente (Gilsanz, 2017). La técnica consiste básicamente en trasplantar las plantas sobre largas superficies de unisel que se mantienen a flote sobre contenedores con solución nutritiva que es oxigenada de manera frecuente. Este sistema permite obtener producciones automatizadas, 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).

### 3.8. Requerimientos nutricionales del cultivo

De acuerdo con Resh (2005), los requerimientos nutricionales para cultivos hortícolas de Hoja, se muestra en la siguiente Tabla 1.

**Tabla 5.** *Requerimientos nutricionales cultivo de acelga en ppm*

| <b>Requerimientos nutricionales cultivo de acelga en ppm</b> |          |          |           |           |          |           |           |           |           |          |           |
|--|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| <b>N</b>   | <b>P</b> | <b>K</b> | <b>Ca</b> | <b>Mg</b> | <b>S</b> | <b>Fe</b> | <b>Mn</b> | <b>Cu</b> | <b>Zn</b> | <b>B</b> | <b>Mo</b> |
| 175  | 50       | 150      | 150       | 75        | 100      | 9         | 5         | 10        | 1,3       | 5        | 0,1       |

Fuente: (Resh, 2005)

### 3.9. Solución Nutritiva

Marulanda (2003), sostiene que además de los elementos que los vegetales extraen del aire y del agua (carbono, hidrógeno y oxígeno) ellos requieren nutrientes esenciales en grados de intensidad diferente que son los siguientes:

- 🌱 Indispensables para el desarrollo vegetal. Entre los que necesitan en mayor cantidad está el nitrógeno, fósforo y potasio. En cantidades intermedias el azufre, el calcio y el magnesio. En mínimas cantidades (elementos menores) el hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.
- 🌱 Útiles, pero no indispensables para su vida: cloro, sodio, silicio.
- 🌱 Innecesarios para las plantas, pero necesarios para los animales que las consumen: cobalto, yodo.
- 🌱 Tóxicos para el vegetal: aluminio

La nutrición de las plantas en hidroponía, es 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.
- 🌱 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.

#### 3.9.1. Manejo y control de la solución nutritiva

La solución, dependerá del volumen de agua que almacena el tanque. Es necesario medir diariamente en la solución nutritiva el pH y la C.E. para cuidar las concentraciones de sales y la disponibilidad de nutrientes.

Según Estrada (2001), indica que la cantidad de cualquier mineral presente en una solución nutritiva es medida en partes por millón (ppm), es exactamente lo mismo que medir en mg/L o g/1000 L.

### **3.9.2. Duración y renovación de la solución nutritiva**

La vida útil de la solución nutritiva dependerá de las correcciones oportunas que se hagan durante las lecturas de pH, CE y del nivel de agua que se tenga.

Si las plantas son de la misma edad en el sistema de producción, la solución nutritiva puede renovarse cada 2-3 semanas, pero cuando se tienen producciones escalonadas dependientes de un solo tanque y electro bomba, con plantas de diferentes edades, se deberá renovar totalmente la solución nutritiva (principalmente el nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio) que son absorbidos más rápidamente por las plantas que están a punto de ser cosechadas que las recién trasplantadas (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 2004).

### **3.9.3. Condiciones físicas del sistema raíz flotante**

- **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).

- **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).

- **Circulación de la solución nutritiva**

Es una práctica comúnmente recomendada, porque favorece la 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).

- **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).

- **Soporte para las plantas**

Es necesario implementar un vaso o una canastilla para el sostén de la planta y para que no se sumerja más de lo debidamente necesario en la solución.

#### **3.9.4. Condiciones físicas del sistema raíz flotante**

- **Calidad del agua**

Todas las fuentes de agua naturales contienen impurezas, algunas son benéficas para el crecimiento de las plantas y otras son perjudiciales. Si 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 (Oasis Easy Plant, 2017).

Según Oasis Easy Plant (2017), el análisis de agua debe contemplar al menos

lo siguiente:

- 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).

- **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).

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).

- **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).

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 14 significativamente dependiendo de la especie cultivada y etapa fenológica 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).

- **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).

### **3.9.5. Condiciones climáticas**

- **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 CO<sub>2</sub>. Actúa como 10 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 flores de color pálidos (Oasis Easy Plant, 2017).

- **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).

- **Temperatura de la solución**

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).

- **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).

### **3.10. Oxigenación radicular**

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 suministro de oxígeno puede ser natural, o bien, forzado de diversas maneras.

Según Marulanda (2003), 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.

El mismo autor Marulanda (2003), indica que para aumentar el abastecimiento de aire a medida que crecen las raíces, se debe bajar el nivel de la solución hasta dejar un espacio máximo de 5 cm, un espacio mayor puede dañar por secamiento a las raíces superiores. 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 de 1 mm de diámetro y 30 cm de separación, que recorre el fondo del tanque.

Para Gilsanz (2007), el volumen de aire necesario depende principalmente del volumen de solución, de la temperatura y la clase de planta para tinas o recipientes caseros, las bombas de acuarios son adecuadas para oxigenar 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 la absorción de nutrientes por las raíces.

### **3.11. Agua apta para la hidroponía**

Para determinar las cantidades y tipos de fertilizantes que se deben utilizar en la

preparación de la SN (solución nutritiva) ya que, según sus propiedades químicas, se realizan los ajustes necesarios para que la SN (solución nutritiva) tenga un adecuado pH, contenido de sales, balance entre los iones. Las principales propiedades del agua que se deben tomar en cuenta para la preparación de la SN (solución nutritiva), son las siguientes: el pH, PO (presión osmótica) de las sales disueltas, (aniones, cationes, micro nutrientes y los elementos tóxicos) (Favela, 2006).

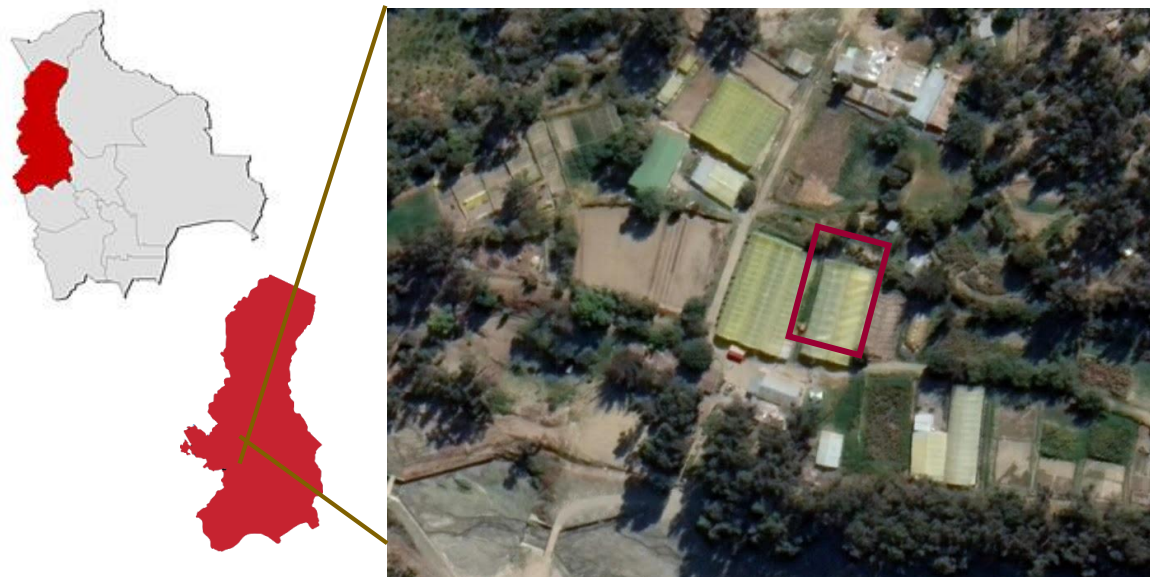
Como plantea Huterwal (1991), el tipo ideal de agua, será el agua destilada, ninguna más pura, sin embargo, su empleo no es económico. Además, está totalmente despojada de los llamados oligoelementos. Por otro lado, el agua de lluvia es, sin duda, la más apropiada a nuestros fines, si algún elemento tiene agregado ello no perjudicaría, al contrario, resulta útil.

En cuanto a la calidad del agua, como regla general, si el agua que se utilizará es apta para el consumo humano, servirá para el cultivo hidropónico, también se podrán utilizar aguas con alto contenido de sales, pero habrá que tener en cuenta el tipo de cultivo que se hará, ya que solo algunos de ellos (el tomate, el pepino, la lechuga o los claveles) son más tolerantes (Barros, 2000).

## 4. LOCALIZACIÓN

### 4.1. Ubicación Geográfica

La presente investigación se realizó en predios de la Estación Experimental de Cota cota, perteneciente a la Facultad de Agronomía en predios del Campus Universitario de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado el macro distrito Sur de La Paz está a una altura de 3.445 m.s.n.m., el clima semihúmedo, con inviernos secos y fríos con nevadas ocasionales y veranos frescos. El promedio anual de la temperatura máxima es de 21.5 °C y la mínima es 11.5 °C. Con precipitaciones de 488.53 mm, geográficamente está localizada entre 16°32' 04" de latitud Sur, y 68°03' 44" de latitud oeste del Meridiano de Greenwich (IGM, 2010).



**Figura 1.** Ubicación de la carpa hidropónica

### 4.2. Clima

“Las condiciones climáticas son de temperaturas más altas registradas hasta 21.5°C y las bajas -0.6°C, además presenta una precipitación pluvial de 400 mm, y las heladas también se manifiestan durante el invierno, la humedad relativa media es 46%” (SENAMHI, 2021).

### **4.3. Pisos ecológicos**

El centro experimental de Cota cota dependiente de la Facultad de Agronomía de la UMSA, se encuentra en la región subtropical, valle de La Paz.

### **4.4. Fisiografía y Vegetación**

La zona estudio se caracteriza por ser cabecera de valle, presenta topografía accidentada, suelos aluviales debido a la sedimentación del material arrastrado por los ríos. La vegetación está comprendida por arboles como ser Eucaliptos, Pinos, Ciprés. Arbustos: Acacia, Retama y Chilca entre otros. La estación experimental se dedica a la producción agrícola, pecuaria (ganado menor) y apícola.

La producción agrícola se realiza a campo abierto mediante la rotación de cultivos y comprende: maíz, papa, haba, arveja, cebolla, betarraga entre otros. En ambiente protegido (carpas solares) la producción es hortofrutícola: frutilla, pepinillo, tomate, lechuga y otros de acuerdo a los trabajos de investigación que se desarrollen. La producción pecuaria comprende la crianza y manejo de aves (gallinas ponedoras, pollos de engorde y patos), porcinos, cuyes y conejos.

### **4.5. Características del lugar de estudio**

#### **4.5.1. Clima**

Los datos del servicio nacional de meteorología e hidrología (SENAMHI, 2005), indica que la característica de esta región es templada por considerarse cabecera de valle, con una temperatura máxima de (32°C), una temperatura media (11,5 °C) y una mínima de (-3°C), con una precipitación pluvial media anual (380 mm); Humedad relativa (58%), la velocidad máxima promedio de los vientos es de 1.4 m/s

## **5. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **5.1. Materiales**

#### **5.1.1. Material vegetal**

Se usaron tres variedades de acelga (*Beta Vulgaris var. cicla L.*):

-  Fordhook giant (penca blanca)

- 🌱 Large white ribbed (penca verde)
- 🌱 Magenta sunset (penca rojiza a violeta)

### 5.1.2. Material de construcción

Material utilizado para la construcción de las piscinas hidropónicas y almacigueras:

- fierro angular
- fierro en T
- soldadora
- electrodos
- alicate
- lona blanca
- remachadora
- remaches
- amoladora
- cinta métrica
- Flexómetro
- lija
- taladro
- tijeras
- sopapa
- venesta
- taladro
- escuadra
- pintura anticorrosiva
- brocha
- estilete
- marcador
- regla

### 5.1.3. Material para almacigado

- esponja de 3 cm de espesor
- plastofomo de 4 cm de espesor
- estilete
- pinzas
- vinagre
- lavandina
- marcador
- regla

### 5.1.4. Material de trasplante a piscina

- pH metro
- bombas oxigenadoras
- extensiones eléctricas
- mangueras para bomba de agua
- plastofomo
- vasos de plástico
- conductímetro
- cinta aislante
- nylon negro
- hornilla eléctrica
- tubo metálico
- semi-sombra

### 5.1.5. Material de escritorio

- cámara fotográfica
- regla de 30 cm
- laptop
- cinta métrica

- cuaderno de apuntes
- planillas
- balanza eléctrica
- bolígrafo
- lápiz
- impresora

#### **5.1.6. Sales y minerales**

- nitrato de Calcio
- nitrato de amonio
- nitrato de Potasio
- triple16
- sulfato de Magnesio
- quelato de Hierro
- micronutrientes

### **5.2. Metodología**

#### **5.2.1. Procedimiento de implementación**

La implantación del área de estudio fue realizada en una primera etapa de construcción de la estructura y la segunda con el manejo de producción.

##### **5.2.1.1. Etapa 1 – Construcción de la infraestructura para sistema raíz flotante**

###### **a) Implementación del sistema hidropónico raíces flotantes**

La construcción de la piscina de producción hidropónica fue construida en el galpón de las instalaciones del Centro Experimental de Cota Cota, durante la tercera semana de septiembre, con una duración de 3 semanas; para el armado de la estructura se cortaron los fierros angulares en medidas diferentes, 4 barras de 6 metros y 32 barras pequeñas (30 cm), luego se terminó de armar toda la estructura.

Se limpió y lijo toda la superficie oxidada, seguidamente se pintó toda la estructura con pintura anticorrosiva de color blanco, esto para que el material y la estructura tenga mayor durabilidad.

###### **b) Construcción de almaciguera**

Se construyeron dos almacigueras de dimensiones 1.5 x 2 m (grande) y una de 1x 1.5 m (pequeña), recubriendo con lona azul y blanca impermeable, toda la superficie de ambas estructuras, sujetas con remaches a una distancia de 20 cm.

### **c) Nivelado de pendiente para el área de estudio**

Según Resh (1987) el sistema de raíz flotante debe tener una pendiente aproximada de 0.33 % para la evacuación y limpieza del área de producción.

Se realizó el nivelado del área de estudio incorporando tierra fina, para rellenar el espacio y darle la pendiente requerida, posteriormente con ayuda de cuatro estacas metálicas con lienzos en cada extremo, con un flexómetro y una regla de madera se logró nivelar el área donde se instalaron las piscinas, dándole una pendiente de 0.33 %, esto para facilitar la evacuación del agua.

### **d) Acondicionado, recubrimiento de la piscina y almacigueras**

- **Acondicionado de la piscina de dimensiones 6 por 1.5 m**

La estructura ya armada y terminada se la trasladó a la carpa para colocarla en el área de estudio, se cortó la lona impermeable con dimensiones de 2.94 x 6.72 m de largo, doblando cada esquina, esto con el fin de darle un aspecto de bandeja, sujetando los extremos con remaches a una distancia de 20 cm por todo el borde de la estructura, esto para que soporte el volumen del agua dentro de la piscina.

- **Acondicionamiento de almacigueras hidropónicas**

Se realizó la construcción de dos almacigueras de dimensiones 1.5 x 2 (grande) y una y una 1 x 1.5 m (pequeña), armada con fierro angular y lona doble de color azul, toda la superficie de la almaciguera grande, sujeta a los bordes con remaches a una distancia de 20 cm y con lona blanca la almaciguera pequeña, dándole forma de bandeja.

## **5.2.2. Fase 2 – Preparación y siembra para producción**

### **5.2.2.1. Preparación de área y materiales**

#### **a) Elaboración de bandejas flotantes (almacigado)**

La preparación de las almacigueras fue durante la última semana de diciembre, para el almacigado:

- Se construyó de plastoform tres bandejas de 50 x 65 cm y 4 cm de espesor, con



- orificios de 2 x 2 cm, los cuales fueron perforados con un fierro caliente dejando preparado cada bandeja con 150 espacios de almacigado.
- Posteriormente se cortaron cubos de esponja sintética con estilete, dándole dimensiones de 2 x 2 cm y un espesor de 3 cm, con orificios de 5 mm en el centro para posterior introducir la semilla.
- Ya listos los cubos de esponja debe desinfectarse al 30 % de ácido acético y 70 % de agua, mezclando ambos en un recipiente limpio, con abundante agua.
- Las bandejas fueron lavadas con abundante agua, luego ubicar cada uno de los cubos en los respectivos orificios de la bandeja, teniendo en cuenta la humedad adecuada.

### **c) Siembra en almaciguera**

Una vez desinfectados los materiales se remojo los cubos de esponja en un recipiente con agua para hidratarlos.

- Se colocó cada uno de cubos en cada orificio de la bandeja, teniendo en cuenta la humedad adecuada.
- Como siguiente paso se puso a dos semillas en cada orificio con ayuda de unas pinzas, para evitar contaminación al tacto.
- El riego en cada bandeja se realizó con un atomizador, para mantener la humedad, temperatura y oscuridad necesaria se envolvió con plástico negro, por último, se lo deja en un lugar fresco y protegido.
- Se revisó diariamente el almacigado para verificar que las semillas tengan humedad suficiente, cuidando la temperatura adecuada para la germinación.

### **d) Traslado de bandejas a piscina (almacigado)**

La primera semana de enero, pasados los tres días desde el almacigado, cuando las semillas ya presentaban pequeñas radículas (fue un indicador), se trasladó a la piscina de almacigado entrando en contacto con agua para el desarrollo de las raíces y así también obtener los nutrientes adecuados una vez puestas en solución.

Con este procedimiento las semillas perciben luz para el desarrollo de los primeros

cotiledones. Permanecen en bandejas durante 15 días, hasta posterior trasplante.

#### e) Preparado de balsas flotantes

En la segunda semana de enero se preparó los materiales para elaborar las bandejas flotantes de unicel.

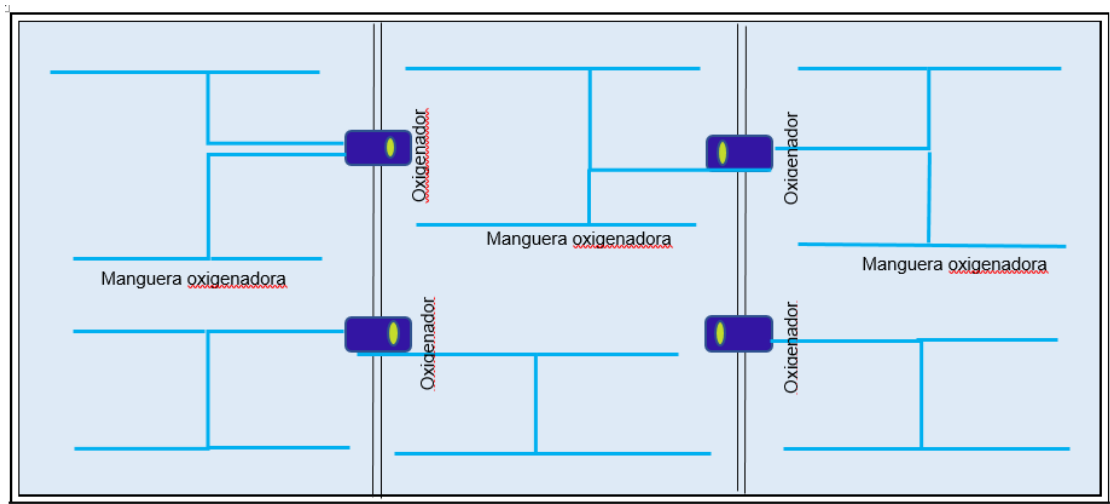
- Las bandejas fueron elaboradas con dimensiones de 50 x 66 cm por bandeja y un espesor de 2 cm, obteniendo así 27 unidades experimentales para un área de estudio de 9 m<sup>2</sup>.
- Con un tubo metálico de 1 cm de diámetro se perforo orificios en cada una de las bandejas, con densidades de 15, 20 y 25 cm.
- Se forro con plástico de color negro el reverso de cada bandeja, costurando por todos los bordes con hilo, esto por el efecto de oscuridad que disminuye la incidencia de algas en las raíces.

#### f) Acondicionamiento de las piscinas

Anticipadamente se desinfecto y limpio la piscina hidropónica con abundante agua y lavandina, esto para evitar contaminaciones en el área de producción.

#### g) Distribución de los oxigenadores

Para un área de 9 m<sup>2</sup> se distribuyeron las mangueras oxigenadoras sobre todo el área de producción de la siguiente manera:



**Figura 2.** Distribución de los oxigenadores

### 5.2.2.2. Preparación de solución nutritiva

#### a) Pureza del agua

Según Resch (2005), “cualquier agua que sirve para el consumo humano se puede utilizar para cultivos hidropónicos”.

El Centro experimental de Cota cota se cuenta con agua potable, que proviene de la represa de Hampaturi, para el consumo se le adiciona cloro para asegurar su potabilidad.

Por ello un día antes de la preparación de la solución, se llenó con agua la piscina hidropónica con una manguera simulando una cascada, esto para disminuir el contenido de cloro en el agua.

#### b) Formulación de la solución nutritiva

La formulación de la solución nutritiva se la realizó de acuerdo a los requerimientos nutricionales del cultivo de acelga en base a los cálculos de Resh (2005), para hortalizas de hoja. También se contemplando los datos formulados por (Murillo, 2022).

Las sales que fueron utilizadas fueron:

- Nitrato de calcio
- Nitrato de potasio
- Sulfato de Magnesio
- 16-16-16
- Nitrato de Amonio
- Quelato de Hierro
- Micronutrientes

La formulación de sales utilizadas en el presente trabajo fue:

**Tabla 6.** Formulación de la solución nutritiva

| Requerimientos nutricionales cultivo de acelga en ppm |    |     |     |    |     |    |    |    |     |   |     |
|---|----|-----|-----|----|-----|----|----|----|-----|---|-----|
| N   | P  | K   | Ca  | Mg | S   | Fe | Mn | Cu | Zn  | B | Mo  |
| 175   | 50 | 150 | 150 | 75 | 100 | 9  | 5  | 10 | 1,3 | 5 | 0,1 |

Fuente: Elaboración propia de acuerdo a Murillo (2021) con referencia (Resh, 2005)

### **c) Preparación de la solución nutritiva**

Con la información recabada y teniendo los nutrientes esenciales tal cual requiere el cultivo de acelga, pasados los 15 días posterior al almacigado, se preparó la solución nutritiva para incorporarla con el agua al interior de la piscina. La solución en inicio fue colocada al 50 % de concentración para que las plantas se adapten en los primeros 10 días, para luego incrementar esta proporción al 100 %, dándole una lámina de agua de 5 cm con un volumen de 450 litros para un área de 9 m<sup>2</sup>, durante su primera etapa, para posteriormente aumentar 630 litros y finalmente 810 litros de agua.

El 16 de enero por la mañana las sales fueron diluidas en recipientes de plástico individuales, debido a que unas demoran más que otras en incorporarse con el agua. El mismo día por la tarde se incorporó las sales diluidas con el agua al interior de la piscina para posterior trasplante.

### **d) Trasplante definitivo a bandejas flotantes en piscina**

Una vez lista la solución, se colocaron las bandejas en contacto con el agua al interior de la piscina, organizando y localizando cada unidad experimental. Posteriormente se realizó el trasplante de plántulas con (15 cm de altura), retirando del almaciguero a las bandejas permanentes.

- Se trasplanto plantines de 10 a 15 cm de altura en promedio, con las variedades Fordhook giant, Large white ribbed y Magenta sunset, el trasplante fue cuidadosamente colocado en cada uno de los orificios.
- El trasplante fue realizado en las 27 unidades experimentales con la primera densidad a 15 cm con un total de (11 plantas por bandeja), segunda densidad de 20 cm con (8 plantas por bandeja) y tercera densidad de 25 cm con (5 plantas en bandeja).

### **e) Marbeteado**

Se colocó marbete a cada una de las unidades experimentales ya teniendo las plantas un tamaño adecuado. En cada unidad experimental tenemos 5, 8 y 11 plantas por lo que se seleccionaron 5 de las más representativas por lo tanto se utilizaron 135 marbetes.

### **5.2.2.3. Registro y monitoreo de datos**

Se registró las variables de respuesta, número de hojas, altura de planta, longitud de peciolo, diámetro de peciolo y peso de la parte comestible de la planta en un registro de datos.

#### **a) Registro y monitoreo de la temperatura**

Se registraron dos datos de temperatura cada día:

- Temperatura del interior de la carpa, durante todo el proceso de la investigación, desde el almacigo hasta la última cosecha.
- Temperatura de la solución nutritiva desde el trasplante hasta la última cosecha de las acelgas (*Beta vulgaris var. cicla* L.).

#### **b) Registro y monitoreo del pH de la solución nutritiva**

Los datos de Ph fueron medidos intercaladamente, con un multiparamétrico desde el trasplante hasta la cosecha.

El pH óptimo para el cultivo de acelga es de 6.5 a 7, en un rango aceptable para el cultivo.

#### **c) Registro y monitoreo de la conductividad eléctrica**

Los datos de conductividad eléctrica fueron médicos en días intercalados, utilizando un multiparamétrico, los datos para el cultivo de acelga deben oscilar 1500  $\mu$ S, si este valor cambia, la solución debe ser remplazada. Que se muestra en la siguiente imagen.

### **5.2.2.4. Control fitosanitario**

Por encontrarse en un ambiente controlado, con la humedad y temperaturas favorables para plagas y enfermedades se realizó un control y registro constante.

**Tabla 7. Registro fitosanitario**

| CONTROL               | Meses |   |   |   |         |   |   |   |       |   |   |   |   |
|-----------------------|-------|---|---|---|---------|---|---|---|-------|---|---|---|---|
|                       | Enero |   |   |   | Febrero |   |   |   | Marzo |   |   |   |   |
| Agua oxigenada        | X     | X | X | X | X       | X | X | X | X     | X | X | X | X |
| Control manual y otro | X     | X | X | X | X       | X | X | X | X     | X | X | X | X |
| Cipermetrina          |       |   |   |   |         |   |   |   | X     | X | X | X |   |
| Ridomil               |       |   |   |   |         |   |   |   | X     | X | X | X |   |

Fuente: Elaboración propia (2022).

Se realizó un control constante, el cultivo por estar en contacto el agua de forma directa es propenso a un ataque de hongos en la base del peciolo, por ello la limpieza semanal con peróxido de hidrogeno para controlar hongos sin ser agresivos con la planta.

El control químico fue necesario durante el mes de marzo por ataque de plagas en las plantas, con la aplicación de ridomil y cipermetrina en proporciones indicadas.

#### 5.2.2.5. Cosecha

Se realizó tres cortes, entre los 65 días del ciclo a evaluar, en cada corte se tomaron datos de número de hojas, altura de planta, longitud de peciolo, diámetro de peciolo, los cortes fueron realizados desde base del peciolo y posteriormente se lavó todas hojas dándole una presentación adecuada, para las variedades Fordhook giant y Large white ribbed con un peso de 350 gr y 300 gr para la variedad Magenta sunset.

#### 5.2.3. Diseño experimental

Según Calzada (1982), indica que se debe utilizar en este tipo de investigación el diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial (factor A= variedades densidades, (factor B= densidades); con 9 tratamientos y 3 repeticiones haciendo un total de 27 unidades experimentales.

##### 5.2.3.1. Modelo lineal

Para el análisis de datos se utilizó el siguiente modelo lineal aditivo un diseño completamente al azar con arreglo Bi-factorial:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + e_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Una observación cualquiera

$\mu$  = Media poblacional

$\alpha_i$  = Efecto de i-ésimo nivel del factor A (Variedad)

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Densidad)

$\beta_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Densidad)

$\alpha\beta_{ij}$  = Efecto de la interacción de A y B (Variedad y densidad)

$e_{ijk}$  = Error experimental

### 5.2.3.2. Factores de estudio

Los factores de estudio se muestran en la siguiente tabla 8:

**Tabla 8.** Factores de estudio variedad y densidad

| <b>Factor A<br/>(Variedades)</b> | <b>Factor B<br/>(Densidad de siembra)</b> |
|----------------------------------|---|
| Fordhook giant                   | 15 cm                                     |
| Large white ribbed               | 20 cm                                     |
| Magenta sunset.                  | 25 cm                                     |

Fuente: Elaboración propia

#### a) Formulación de tratamientos

Los factores de estudio fueron evaluados en ambiente protegido con las siguientes características de estudio, como primer factor las variedades las cuales se caracterizan por ser de hoja grande y crespa (Fordhook giant), la variedad Large white ribbed se caracteriza por hoja lisa y peciolo verde, la Variedad Magenta sunset por tener peciolo rojo y como segundo factor las densidades de (15, 20 y 25 cm) entre plantas tabla 9.

**Tabla 9. Factores de estudio**

| Tratamientos | Factor A<br>(Variedades)            | Factor B<br>(Densidades) |
|--------------|-------------------------------------|--------------------------|
| 1            | V <sub>1</sub> = Fordhook giant     | 15 cm                    |
| 2            | V <sub>2</sub> = Large white ribbed |                          |
| 3            | V <sub>3</sub> = Magenta sunset.    |                          |
| 4            | V <sub>1</sub> = Fordhook giant     | 20 cm                    |
| 5            | V <sub>2</sub> = Large white ribbed |                          |
| 6            | V <sub>3</sub> = Magenta sunset.    |                          |
| 7            | V <sub>1</sub> = Fordhook giant     | 25cm                     |
| 8            | V <sub>2</sub> = Large white ribbed |                          |
| 9            | V <sub>3</sub> = Magenta sunset.    |                          |

Fuente: Elaboración propia

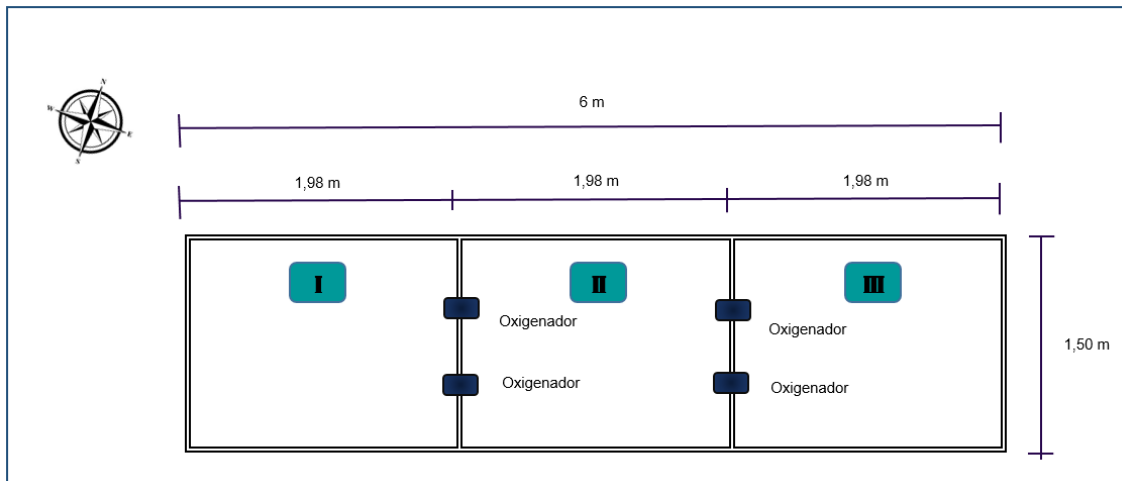
#### 5.2.4. Dimensiones del área experimental

En la siguiente figura se puede observar el croquis detallado con las dimensiones de la estructura y área experimental con las siguientes características.

|                                      |                  |
|--------------------------------------|------------------|
| Dimensiones del área de estudio..... | 9 m <sup>2</sup> |
| Largo del área experimental.....     | 6 m              |
| Ancho del área experimental .....    | 1.5 m            |

La distribución de los tratamientos en el área experimental de variedades y densidades para siembra de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) en sistema hidropónico según el diseño experimental completamente al azar con arreglo Bi-factorial, el diseño experimental hidropónico se presenta en la siguiente figura 3.





**Figura 3. Croquis del área experimental**

Distribución de las unidades experimentales en el área de estudio

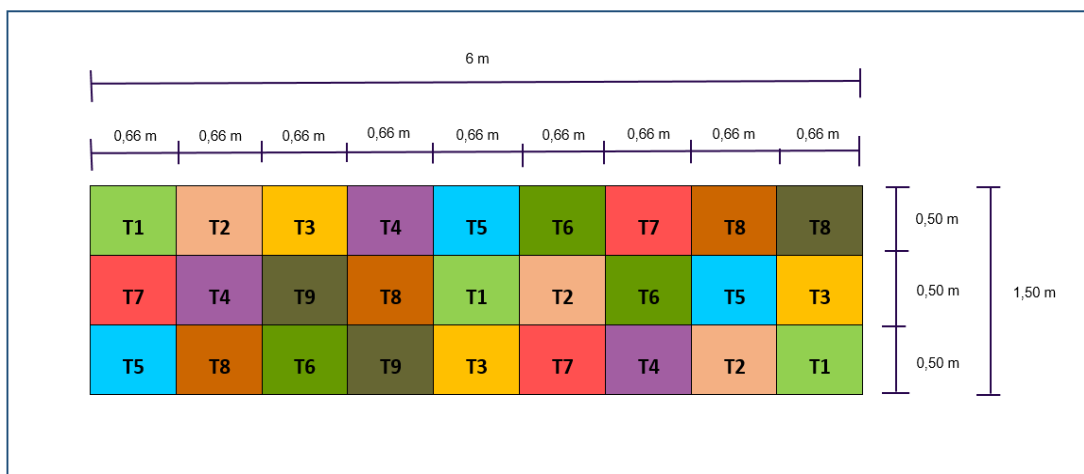
Unidades experimentales: ..... 27 unidades experimentales

Número de tratamientos: ..... 9 tratamientos

Número de repeticiones..... 3 repeticiones

Área de cada unidad experimental: ..... 0,66 m x 0,50 m

Número total de plantas por variedad: ..... 216 plantas



**Figura 4. Dimensión y distribución de unidades experimentales**

El número de plantas de Acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) para los 9 m<sup>2</sup> del área de estudio necesarios por variedad son descritos en la siguiente tabla 10.

**Tabla 10.** Número de plantas por bandeja experimental

| <b>Variedad</b>    | <b>Densidad</b> | <b>Nº de planta por unidad experimental</b> | <b>Total, de plantas (Repeticiones 3)</b> |
|--------------------|-----------------|---|---|
| Fordhook giant     | 15 cm           | 11 plantas                                  | 72 plantas                                |
|                    | 20 cm           | 8 plantas                                   |   |
|                    | 25 cm           | 5 plantas                                   |   |
| Large white ribbed | 15 cm           | 11 plantas                                  | 72 plantas                                |
|                    | 20 cm           | 8 plantas                                   |   |
|                    | 25 cm           | 5 plantas                                   |   |
| Magenta sunset     | 15 cm           | 11 plantas                                  | 72 plantas                                |
|                    | 20 cm           | 8 plantas                                   |   |
|                    | 25 cm           | 5 plantas                                   |   |

Fuente: Elaboración propia

### **5.2.3.3. Tratamientos de estudio**

Los tratamientos con sus respectivos factores de estudio fueron distribuidos en cada unidad experimental con un modelo completamente al azar por tratarse de un diseño Bi-factorial completamente al azar

## **5.3. Variables de repuesta**

### **5.3.1. Comportamiento de la temperatura del ambiente controlado**

Los datos de temperaturas en el interior del invernadero fueron registrados todos los días a partir del 2 de febrero durante la etapa de germinación y almácigo que duro al redor de 15 días hasta el trasplante.

- **Temperatura de la solución**

El registro de temperatura de la solución fue día por medio, por ser meses con

variaciones térmicas, las cuales deben contralarse.

- **Ph de la solución**

Se tomaron datos de Ph entre 6.5 a 6.8 en promedio con ayuda de un multiparamétrico registrando un Ph, durante la primera etapa se midió una vez por semana, pasado el primer mes por efecto del cambio de temperatura se registro medidas dos veces por semana.

- **Conductividad eléctrica y solidos totales**

Con la ayuda de un multiparamétrico también se registraron datos de conductividad eléctrica obteniendo valores de por la mañana con la solución fría y por la tarde con la solución tibia a caliente, esta variación se debe al cambio de temperatura dentro del invernadero en horas criticas como las son entre 7:00 a 8:00 a.m. y por la tarde entre 12:00 a 15:00

### **5.3.2. Variables fenológicas**

#### **5.3.2.1. Porcentaje de germinación**

Con relación a esta variable se obtuvo un 95 % de emergencia, y se debe tomar en cuenta que esto sucedió a los 4 días, que comparando con el de suelo que son alrededor de 8 días que sería el doble de tiempo.

#### **5.3.4. Variables agronómicas**

Con respecto a las variables de respuesta agronómicas se realizó el análisis con el programa INFOSTAD.

##### **5.3.4.1. Numero de hojas**

Los datos se registraron, días después del trasplante entre los meses (enero - abril), la toma de datos se realizó una vez por semana. El conteo de hojas se lo efectuó de forma visual, tomando en cuenta solo las hojas verdaderas.

##### **5.3.4.2. Longitud de hojas**

Para esta variable se inició la toma de datos también días después del trasplante, seleccionando 5 plantas representativas por unidad experimental, de cada planta se

tomó cinco hojas representativas, midiendo la longitud de la hoja desde la base del peciolo hasta el ápice de la hoja utilizando cinta métrica en un tablero. Se realizaron las mediciones semanalmente.

#### **5.3.4.3. Longitud de tallo**

Se inició las mediciones de la longitud fue después del trasplante entre los meses de (enero – abril), utilizando un flexómetro desde base del tallo hasta el inicio de la hoja. Estas mediciones de esta variable se realizaron semanalmente.

#### **5.3.4.4. Diámetro de Peciolo**

El diámetro fue medido después del trasplante durante los meses (enero - abril), utilizando un vernier ajustando de extremo a extremo. Al igual que la anterior variable se evaluó semanalmente.

#### **5.3.5. Análisis económico**

El análisis económico realizado según lo formulado por CIMMYT (1988). Donde se menciona que es esencial para realizar un análisis económico permitiendo considerar cuál de los tratamientos merece mayor investigación y cual podríamos recomendar, analizar y realizar los cálculos que se muestran en los siguientes puntos

##### **a) Beneficio bruto**

El beneficio bruto llamado también ingreso bruto, representa la cantidad total de producto multiplicado por el precio de comercialización o precio del producto en el cual no incluye los costos su producción en su ecuación, esta daba de la siguiente manera:

$$BB = R * PP$$

Donde:

BB = Beneficio bruto (Bs.)

R = Rendimiento (Kg.)

PP = Precio del producto

### **b) Rendimiento ajustado**

Dado que en experimento se realizó en un área pequeña es necesario hacer un ajuste en el rendimiento obtenido, el rango sugerido de acuerdo con CYMMYT es del 5% al 30%. Se vio pertinente realizar ajuste de 10% porque la investigación fue en un ambiente atemperado.

### **c) Costos variables**

Es la suma que varía de una alternativa a otra, relacionados con los insumos, mano de obra, maquinaria, utilizados en cada tratamiento, fertilizante, insecticidas, uso de maquinaria, jornales y transporte, relación proporcionada por (CIMMYT, 1998).

### **d) Costos fijos (CF)**

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

### **e) Costos totales (CT)**

El costo total es la suma de los costos fijos y los costos variables, sirve para determinar el monto total que se ha realizado en producción. Su ecuación esta de la siguiente manera:

$$\text{CP} = \text{CV} + \text{CF}$$

Donde:

CP = Costos totales de producción

CV = Costos variables

CF = Costos fijos

### **f) Beneficio Neto (BN)**

El beneficio neto es la diferencia de beneficio bruto de la producción, menos los costos de producción (CP).

$$\text{BN} = \text{BB} - \text{CP}$$

Donde:

BN = Beneficios Netos (Bs.)  
BB = Beneficios Brutos (Bs.)  
CP = Costos de producción (Bs.)

### **g) Relación benéfico/costo (B/C)**

Fue calculado de acuerdo al CATIE (1994), la relación indica el retorno obtenido por cada unidad monetaria invertida, es decir, beneficio o ganancia por una moneda de boliviano invertido. Resulta de dividir el beneficio bruto del costo total.

$$BC = BB / CP$$

Donde:

B/C = Beneficio costo (Bs)  
BB = Beneficio Bruto (Bs)  
CP = Costos de producción (Bs)

## **6. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

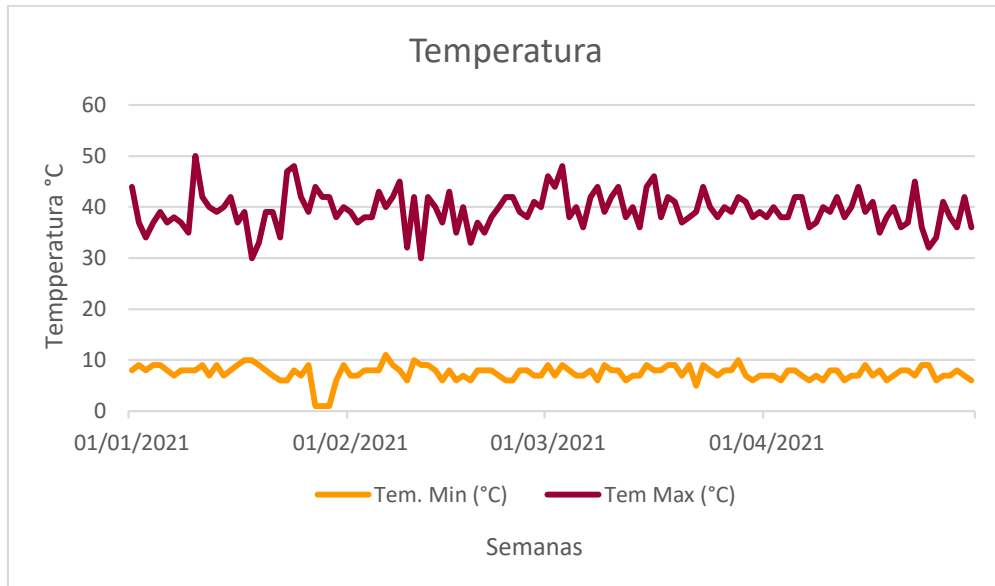
### **6.1. Fluctuación de parámetros en el ambiente controlado**

#### **6.1.1. Comportamiento de la temperatura del ambiente protegido**

Los datos de temperatura fueron registrados a partir del momento del almacigado y todo el proceso de cosecha, a partir de la tercera semana de enero hasta mediados del mes de abril.

Entre los meses de (enero - marzo) una vez trasplantados a las bandejas permanentes se registraron temperaturas mínimas por mañana entre 8:00 a 9:00 a.m. que dan como promedio entre 8 °C a 10 °C y temperaturas máximas registradas entre 12:00 a 14:00 p.m. de 30 a 42 °C en promedio, para los meses de (marzo - abril) la temperatura descendió a una mínima registrada de 6 a 7 °C y una máxima de 30 a 40 °C.

El grafico 1. muestra el comportamiento de la temperatura al interior de la carpa, durante el tiempo que duro la investigación



**Gráfico 1.** Fluctuación de las temperaturas máxima, media y mínima

Se registró una temperatura máxima de 50 °C y una media promedio de 26 °C, con una temperatura mínima registrada de 5 °C y una mínima promedio de 5 °C.

Por lo indicado anteriormente se debe registrar la temperatura, pero no se logró controlar en su totalidad, esto debido a días muy calurosos donde las temperaturas eran elevadas, pero no comparadas con la investigación de Bolívar (2017), que registro temperatura máxima de 47.4 °C en el mes de julio y una temperatura mínima de -1.2 °C registrada la segunda semana del mismo mes, con temperatura media de 19 y 25 °C, esto en época de invierno. Cabe mencionar que para contrarrestar se utilizó la manguera en modo cascada, regando por debajo y alrededor de las bandejas flotantes, evitando que suba el nivel de agua, sin cambiar la efectividad de la solución. Realizando una comparación los estudios citados, la temperatura influye en los rendimientos del cultivo de acelga, en el presente estudio por la ubicación del área de estudio se logró controlar en cierto grado las temperaturas máximas se obtuvo rendimientos favorables.

La disposición de la carpa (área de investigación) influye en la temperatura por la disposición de las ventanas (derecha y frontal) el cual disminuye por las noches, contrariamente en el día ya que ambas ventanas ayudan a controlar una temperatura





al 50 % mantiene una temperatura máxima de entre los 19 °C en promedio pasados, los 15 días la solución es disuelta al 100 % denotando una temperatura máxima de 20 a 25 °C. con lo mencionado anteriormente la temperatura de la solución se mantendría en estos rangos por encontrarse ubicado en contacto indirecto con el piso, dando como efecto el mantener la solución con temperaturas favorables. Por ser meses críticos de verano se mojó el piso por debajo de la piscina para mantener dentro del rango de temperatura favorable para la solución.

El cultivo de acelga se desarrolla a temperaturas aceptables para el cultivo como en la investigación de Cornillon (1998), indica que si la temperatura disminuye en el área de estudio la absorción y asimilación de los nutrientes reduce. Así mismo señala que la temperatura óptima para la mayoría de las plantas se encuentra en un rango aproximado 22 °C.

El resultado obtenido se debe a la ubicación de estructura de área de investigación instalada sobre el piso, la cual contribuyo a la temperatura máxima durante el día, pero no favorables para las mínimas. También cabe mencionar la ubicación de las ventanas cerca a la piscina que ayudaron con ventilación y control de temperatura del ambiente.

Para contrarrestar el efecto de la radiación y efecto de la temperatura sobre la piscina, se forro las bandejas con plástico negro como ya se mencionó en la sección de metodología, para brindar oscuridad a la raíz, disminuyendo la radiación que es fundamental cuando se produce hortalizas en medio hidropónico en cualquiera de los sistemas.

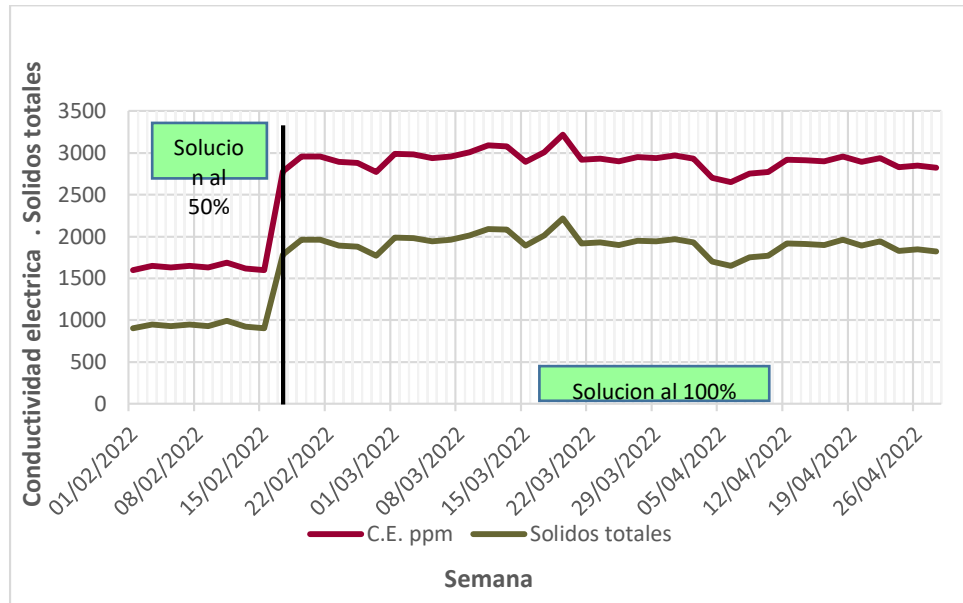
- **Comportamiento del Ph en la solución nutritiva**

En la siguiente gráfica se puede observar el comportamiento de los niveles de Ph en la solución nutritiva, durante los primeros 15 días con la solución al 50% esto por el desarrollo, tamaño y adaptación de la raíz en contacto con la solución los primeros días, posteriormente con la solución al 100% el pH mantiene sus rangos por estar disuelto en mayor cantidad de agua.

Se puede observar en el gráfico 3. El comportamiento del pH máximo es de 7.5 a 7.8 en el mes de enero por este motivo y para mantener un pH permitido para que la



los primeros días la solución se incrementa a un 100% mostrando datos de 2000 a 3500 ppm, esto para el desarrollo efectivo de la planta ya que entra al estado vegetativo donde requiere mayor contenido de nutrientes.



**Gráfico 4.** Conductividad eléctrica y solidos disueltos

La conductividad eléctrica mantuvo rangos favorables para el cultivo, como se puede observar en la gráfica 4, la presente investigación fue llevada a cabo en condiciones favorables para el cultivo lo que la solución en la mayoría de los días no se vio afectada. con datos cercanos a la investigación de Hydro environment (2017), mencina que los parámetros favorables para el desarrollo del cultivo mediante la solución nutritiva con el agua la conductividad eléctrica debe ser de 1.5 mS/cm y 3 mS /cm.

Como mencionamos anteriormente la temperatura tiene influencia directa con la conductividad eléctrica a esto se debe las fluctuaciones de la misma.

## 6.2. Variables agronómicas

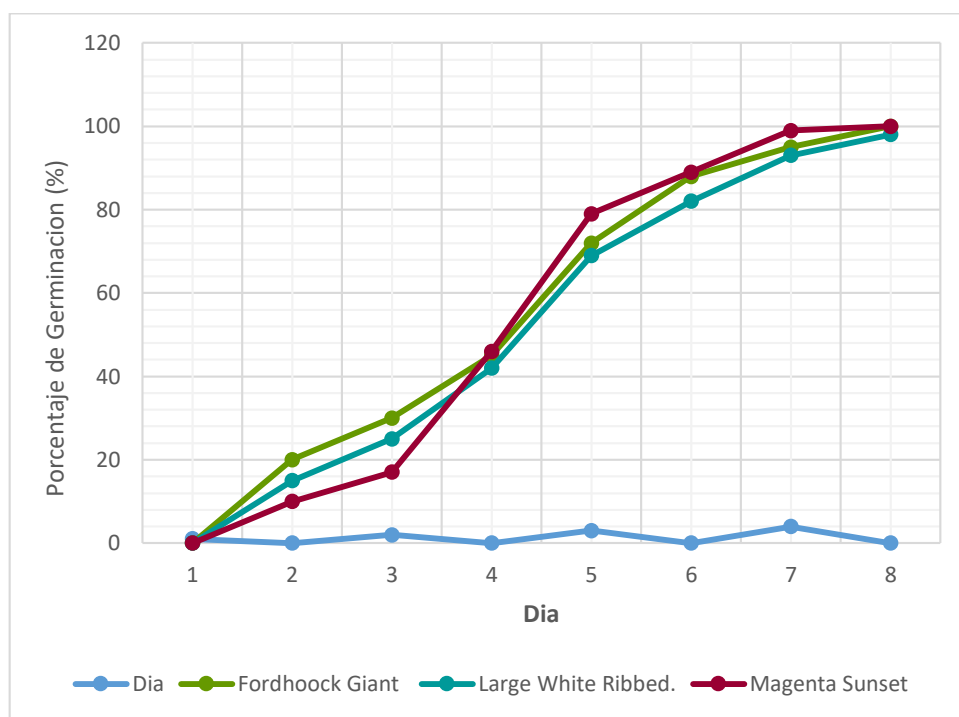
### 6.2.1. Porcentaje de germinación en almácigo

El porcentaje de germinación nos indicaría la eficiencia que tiene la semilla de acelga con respecto a su germinación y adaptación al medio que será sometido en diferentes

tipos de almacigo, utilizando como referencia la comparación de medias para las tres variedades.

En el grafico 5, se observa el porcentaje de germinación, la variedad Fordhook giant obtuvo un 96 %. fue la primera en reaccionar hasta el cuarto día, seguida por Large white ribbed con 98 % y Magenta sunset 97%, las tres variedades se adaptaron muy bien a las bandejas hidropónicas.

Para estos resultados debemos tomar en cuenta que las bandejas hidropónicas cuentan con 150 espacios y todos con semillas



**Gráfico 5. Porcentaje de germinación**

El porcentaje de germinación obtuvo muy buenos resultados en la presente investigación lo que daría a entender que se realizó un correcto procedimiento y manejo del proceso pareciendocce a los resultados de la investigación de Botello (2012), quien realizó un estudio con el cultivo hidropónico de acelga donde obtuvo un porcentaje de germinación del 95% para la variedad Fordhook giant y un 80% en la variedad Large white ribbed.

Callisaya (2016) obtuvo un porcentaje de germinación para la variedad Fordhook giant de 80 % y 67 % con la variedad Large white ribbed.

Mencionando a Fernández (2013), recomienda una temperatura promedio de 21 °C y 90 % de humedad relativa durante los primeros tres días y condiciones de oscuridad para facilitar la germinación. Pérez (2000), indica que las semillas no son capaces de germinar, por dos factores, uno por ser durmiente o no encontrarse en condiciones ambientales desfavorables.

No se encontraron datos con respecto a la variedad Magenta sunset con respecto al porcentaje de germinación.

Giacconi (1994), menciona que el porcentaje no debe ser menos al 70%, para semillas de baja capacidad germinativa y del 90% para semillas de elevada capacidad. Por lo que se podría decir que los resultados obtenidos son bastante aceptables y que el cuidado del riego en las bandejas si fueron bien manejados.

### 6.2.2. Numero de hojas

En la Tabla 11, se observa el análisis de varianza, para el efecto de los tratamientos de la variable número de hojas.

**Tabla 11.** Análisis de varianza número de hojas

| F.V.                  | SC     | GI | CM    | F     | p-valor          |
|-----------------------|--------|----|-------|-------|------------------|
| Variedades            | 122.07 | 2  | 61.04 | 63.38 | < 0.0001 **      |
| Densidades            | 4.96   | 2  | 2.48  | 2.58  | 0.1037 <b>NS</b> |
| Variedades*Densidades | 2.59   | 4  | 0.65  | 0.67  | 0.6192 <b>NS</b> |
| Error                 | 17.33  | 18 | 0.96  |       |                  |
| Total                 | 146.96 | 26 |       |       |                  |

(\*\*): Altamente significativo;

(\*): Significativo;

(NS): No significativo

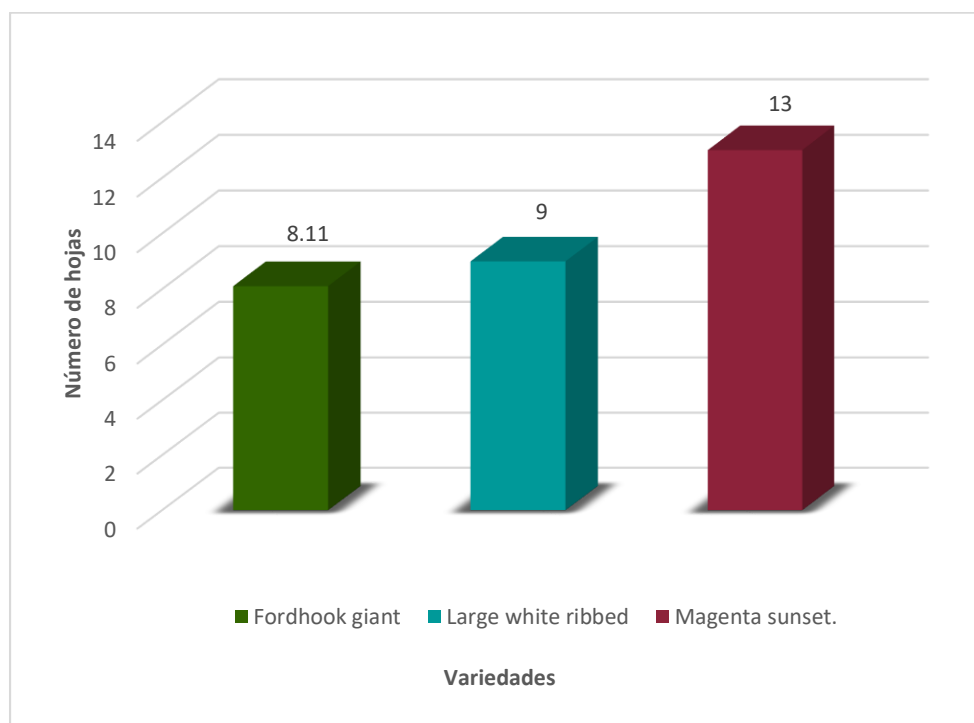
Fuente: Elaboración propia (2022).

Se observa que existe un efecto estadísticamente significativo entre el factor variedades ( $Pr < 0.01$ ) y no entre las densidades de plantación ( $Pr > 0.05$ ), en la

interacción variedades y densidades no hubo diferencias significativas en cuanto al número de hojas, por otro lado, el coeficiente de variación (CV) igual a 9.78% nos indica que los datos son confiables.

En cuanto al factor densidades resulto no significativo, estaría indicando que las densidades no influyen en la variable número de hojas de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*).

Según Vasquez (1990), indica que para experimentos en condiciones controladas el coeficiente de variación debe ser hasta el 10%. Por tanto, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple Duncan a un nivel de significancia de 0.005%. Como se muestra en la tabla 6, la comparación de medias Duncan al 5 % de probabilidad, presenta distinto comportamiento con la variedad Magenta sunset con comparadas con las variedades Large white ribbed y con respecto a la variable número de hojas de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*).



**Grafica 6.** Prueba Duncan (5%) para el factor el número de hojas de Acelga (*Beta vulgaris var. cicla*)

La comparación de medias Duncan la variedad Magenta sunset mostro mayor número de hojas con un promedio de 13 hojas por planta, respecto a la variedad Large white

ribbed con 9 hojas y Fordhook giant de 8 hojas por planta. Los resultados nos indican que entre las variedades Large white ribbed y Fordhook giant (no hubo mucha diferencia significativa), con relación a la variedad Magenta sunset con diferencia en el número de hojas de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*), la diferencia tendría carácter genético entre variedades, medio de cultivo y ambiente de producción.

Con los resultados obtenidos en relación al factor variedades dado que resulto altamente significativo, esto coincide con lo mencionado por Villalba (2013), quien encontró que las variedades Fordhook giant y Large white ribbed presentaron similar número de hojas durante su crecimiento al igual que Martines (2018), quien obtuvo como resultado en número de hojas para la variedad Foordhook giant con 8, 9 y 13 hojas por planta a tres diferentes soluciones aplicadas en las áreas de estudio evaluadas. Y no así con la investigación de Chipana (2018), en su evaluación de dos variedades de acelga obtuvo 5 a 6 hojas para la variedad Fordhook giant, estos resultados no coinciden por el tamaño del área experimental.

Los resultados obtenidos para número de hojas de la variedad Magenta sunset supero a la investigación hecha por Bolivar (2017), la variedad Large white ribbed obtuvo 8 hojas, Magenta sunset 7 hojas y la variedad Fordhook giant con 7 hojasn, debemos considerar que no se trata del mismo medio de cultivo. La diferencia de número de hojas, se atribuye a las características genéticas de las variedades, al medio de cultivo y el ambiente. Calisaya (2016), en el sistema NFT con aplicación de humus de lombriz como abono foliar, obtuvo con la variedad Large white ribbed 7 hojas en promedio y 6 hojas para Fordhook giant, presentando superioridad la primera variedad mencionada.

Las variedades Fordhook giant y Large white ribbed se adaptan con mayor facilidad al medio comparada con Magenta sunset que se vio afectada por la radiación directa, retardando su desarrollo.

### **6.2.3. Longitud de hoja**

En la tabla 12, se muestra el análisis de varianza para la variable longitud de la hoja.

**Tabla 12. Análisis de varianza para la variable longitud de hoja**

| <b>F.V.</b>           | <b>SC</b> | <b>GI</b> | <b>CM</b> | <b>F</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------|
| Variedades            | 12.1      | 2         | 6.05      | 8.6      | < 0.0024 **    |
| Densidades            | 3697      | 2         | 18.48     | 26.28    | < 0.0001**     |
| Variedades*Densidades | 93.99     | 4         | 23.5      | 33.41    | < 0.0001**     |
| Error                 | 12.66     | 18        | 0.7       |          |                |
| Total                 | 155.72    | 26        |           |          |                |

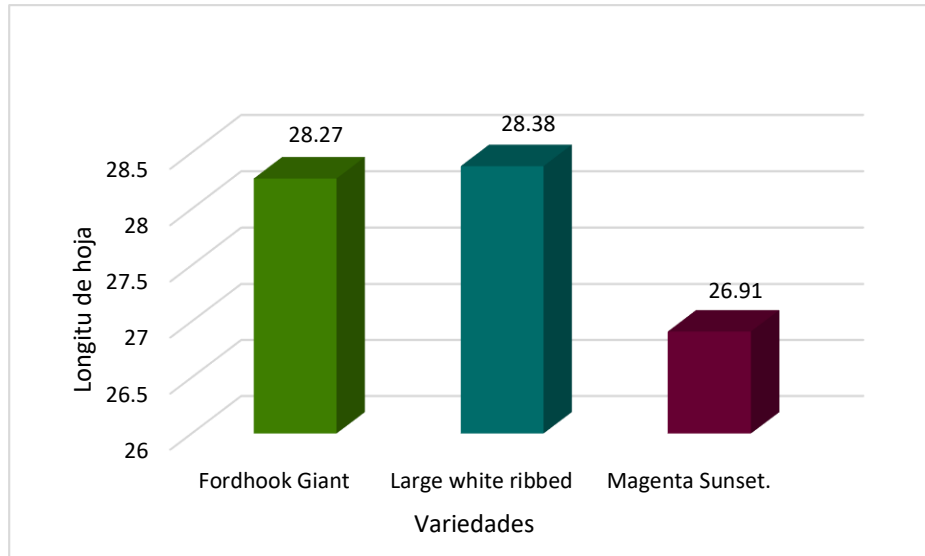
(\*\*): Altamente significativo; (\*): Significativo; (NS): No significativo

Fuente: Elaboración propia (2022).

Se obtuvo diferencias altamente significativas en el factor variedad ( $P < 0.01$ ) y densidad de plantación ( $P > 0.05$ ), en la interacción variedades y densidades si hubo diferencias significativas en cuanto lo que expresa que las densidades utilizadas influyen en el incremento en longitud de hoja. Para la interacción variedades y densidades presenta diferencias significativas lo que indicaría que la acción conjunta lograra una diferencia significativa en las variedades a densidades diferentes. El coeficiente de variabilidad (CV) fue de 7.87% afirmando que los datos evaluados son confiables y fueron registrados adecuadamente.

De acuerdo al gráfico 7, la comparación de medias con la prueba Duncan para la variable Longitud de hojas del factor variedades presenta los siguientes datos:





**Gráfico 6.** Comparación de medias con prueba Duncan al 5% para la variable Longitud de hoja del factor variedades.

Los resultados que muestran el gráfico 7, obtenidos de la prueba de comparación de medias Duncan al 5% de significancia, muestra similitud en dos variedades, las variedades con un promedio de Fordhook giant con 28.27 cm y Large white ribbed con 28.38 cm en relación a la variedad Magenta sunset que presentó un promedio de 26.91 cm. Dando como resultado que las variedades Fordhook giant y Large white ribbed se adaptaron con mayor facilidad al medio de cultivo por presentar datos similares en longitud de hoja.

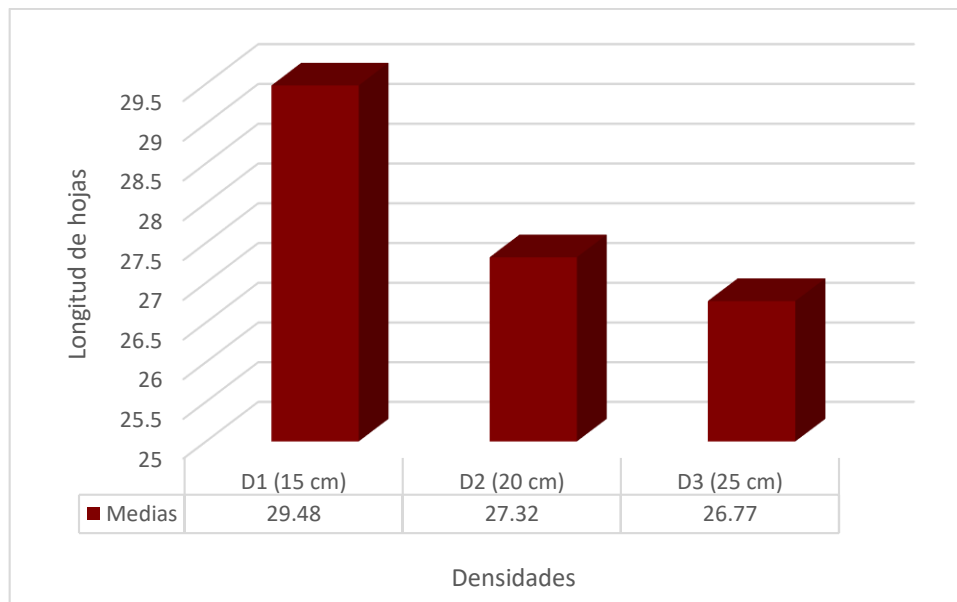
Respecto con las variedades Fordhook giant y Large white ribbed los resultados en longitud de hoja de la presente investigación, superaron al estudio realizado por Callisaya (2016), con niveles de fertilización foliar de té de humus de lombriz en el sistema NFT, obtuvo resultados promedio de largo de hoja de 20.69 cm, 20.33 cm y 20.96 cm para las variedades de Large white ribbed y Fordhook giant. Debemos tomar en cuenta que la investigación mencionada, por ser en sistema NFT las condiciones de producción son diferentes.

Con respecto a la variedad Magenta sunset los resultados obtenidos en cuanto a longitud de hoja superaron también al estudio de Bolívar (2017), en su investigación en acelga con el uso de mulch en sustrato, obtuvo una longitud de hoja para Fordhook

giant con 20.74 cm, 18.42 cm con Large white ribbed y 17.3 cm para la variedad Magenta sunset. en promedio para las tres variedades, cabe mencionar que las fueron diferentes medios de cultivo en ambas investigaciones.

Para las variedades Fordhook giant y Large white ribbed no hubo diferencias entre ambas, muy contrarias con Magenta sunset que presento menor tamaño, esto puede deber a su fisiología, genética y meno tolerancia a la radiación.

Como se pude observar en la figura 8. la comparación de medias con respecto a la variable longitud de hoja de acelga (*Beta vulgaris var. cicla L.*) para el factor densidades.



**Gráfico 7.** Comparación de medias con prueba Duncan al 5%, para el factor densidades, de la variable longitud de hojas

Como se puede observar en grafico 8. la comparación de medias Duncan de la variable longitud de hoja respecto a las densidades de plantación, dando como resultado tres grupos diferentes: densidad uno 15 cm con 99 plantas se obtuvo una media de 29.48 cm registrando mayor longitud de hoja, seguida por densidad dos 20 cm con 72 plantas a una densidad entre plantas de 15 cm es estadísticamente superior con 29.48 cm llegando a obtener 27.32 cm en longitud de hoja 45 plantas dando como valor en la

media y el menor número de hojas para densidad tres 25 cm dando como valor en la media de 26.77 cm longitud de hojas. La densidad de 15 cm es estadísticamente superior a las densidades de 20 y 25 cm con valores cercanos. Los resultados obtenidos nos indican que a menor densidad de plantación se obtiene mayor longitud de hoja.

Candia (2018), en su investigación en acelga para sistema hidropónico vertical, obtuvo resultados en longitud de hoja con 20.2 cm (10 cm de densidad), 20.3 cm (20 cm de densidad) y 25.4 cm (30 cm de densidad), obteniendo mejor longitud a mayor densidad de plantación. lo contrario a la presente investigación.

El haber obtenido mayor longitud de hoja, puede deberse a la competencia de luz que existe de una planta a otro, provocando alargamiento por fototropismo.

En la tabla 13, se puede observar la interacción que hubo en entre el factor variedad y densidad.

**Tabla 13.** Interacción de Variedades y densidades en la variable longitud de hoja

| Variedades         | Densidades | Medias | n | E.E. | Nivel |
|--------------------|------------|--------|---|------|-------|
| Fordhook Giant     | 15 cm      | 31.61  | 3 | 0,48 | A     |
| Large white ribbed |            | 31.65  | 3 | 0,48 | A     |
| Magenta Sunset.    |            | 25.19  | 3 | 0,48 | D     |
| Fordhook Giant     | 20 cm      | 27.64  | 3 | 0,48 | B C   |
| Large white ribbed |            | 27.7   | 3 | 0,48 | B C   |
| Magenta sunset.    |            | 26.62  | 3 | 0,48 | C D   |
| Fordhook giant     | 25 cm      | 25.58  | 3 | 0,48 | D     |
| Magenta sunset.    |            | 28.92  | 3 | 0,48 | B     |
| Large white ribbed |            | 25.8   | 3 | 0,48 | D     |

**Fuente:** Elaboración propia (2022),

En la tabla 13. se puede observar que a una densidad de plantación de 15 cm existe diferencia en cuanto para las variedades Large white ribbed y Fordhook giant con longitudes de 31.65 y 31.61 cm a diferencia con la variedad Magenta sunset con 25.19 cm. Con respecto a la densidad de 20 cm no existe diferencias considerables ya que las variedades Large white ribbed, y Magenta sunset presentan valores cercanos entre 27.7, 27.64 y 26.62 cm. En cuanto a la densidad de 25 cm la variedad Magenta sunset obtuvo un valor estadísticamente mayor de 28.92 cm comparándolo con las variedades Large white ribbed (25.8 cm) y Fordhook giant (25.58 cm).

En cuanto a las variedades Large white ribbed y Fordhook giant obtienen mayor longitud de hoja a menor densidad. Para la variedad Magenta sunset obtendría mayor longitud de hoja a mayor densidad, esto podría tener efecto de la luz que necesita esta variedad, por el color tanto de tallo y hojas para un desarrollo óptimo.

En cuanto a la interacción entre variedades y densidades no se encontraron investigaciones con las que se pueda comparar.

#### 6.2.4. Variable longitud de peciolo

Según el análisis de varianza que muestra la tabla 14, para la variable longitud de peciolo.

**Tabla 14.** Análisis de varianza para la variable longitud de peciolo

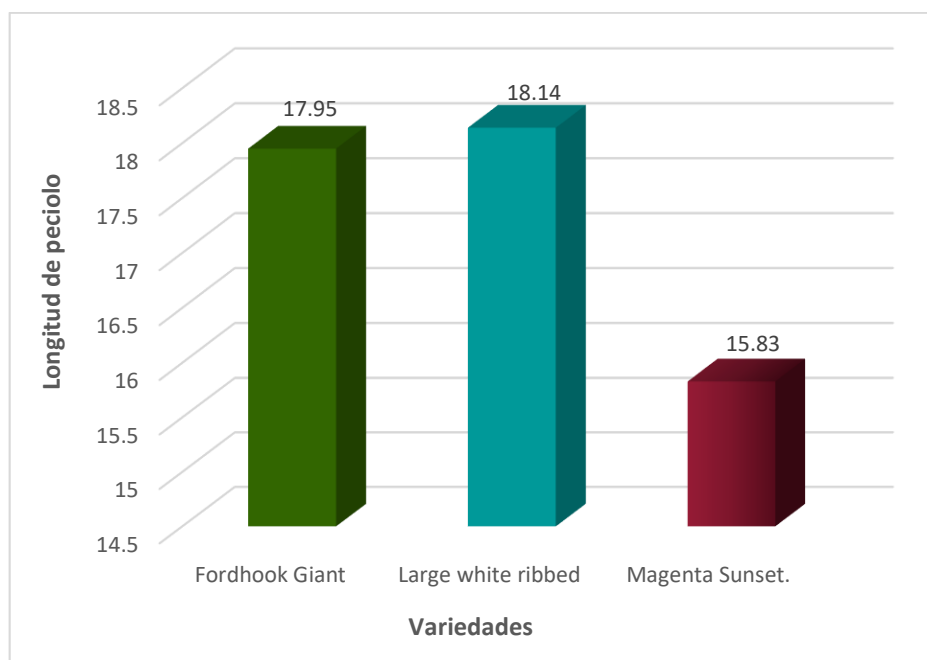
| F.V.                  | SC     | gl | CM    | F     | p-valor  |
|-----------------------|--------|----|-------|-------|----------|
| Modelo.               | 113.71 | 8  | 14.21 | 21.74 | 0.0001** |
| Densidades            | 9.74   | 2  | 4.87  | 7.45  | 0.0044** |
| Variedades            | 29.57  | 2  | 14.79 | 22.62 | 0.0001** |
| Densidades*Variedades | 74.4   | 4  | 18.6  | 28.45 |          |
| Error                 | 11.77  | 18 | 0.65  |       |          |
| Total                 | 125.47 | 26 |       |       |          |

(\*\*): Altamente significativo; (\*): Significativo; (NS): No significativo

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los anteriores resultados nos indica que existe un efecto estadísticamente diferente entre ambos factores variedades ( $Pr < 0.01$ ) y densidad de plantación ( $Pr > 0.05$ ), en la interacción variedades y densidades se muestra un valor altamente significativo, en cuanto a la longitud de peciolo, El coeficiente de variación (CV) igual a 4.67% afirma que hubo un buen manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables.

En la grafica 11, la comparación de medias Duncan muestra los siguientes resultados:



**Gráfico 8.** Comparación de medias con la prueba Duncan al 5 % para variedades para la variable longitud de peciolo

El factor variedades presento un resultado altamente significativo, expresando la influencia que tienen las variedades en cuanto a longitud de peciolo dando como resultados cercanos entre la variedad con 17.95 cm en longitud de hoja, Large white ribbed con 18.14 cm y menor longitud la variedad Magenta sunset con 15.83 cm.

De los resultados obtenidos, el factor variedades registro diferencias altamente significativas donde Fordhook giant y Large white ribbed se adaptaron mejor, a

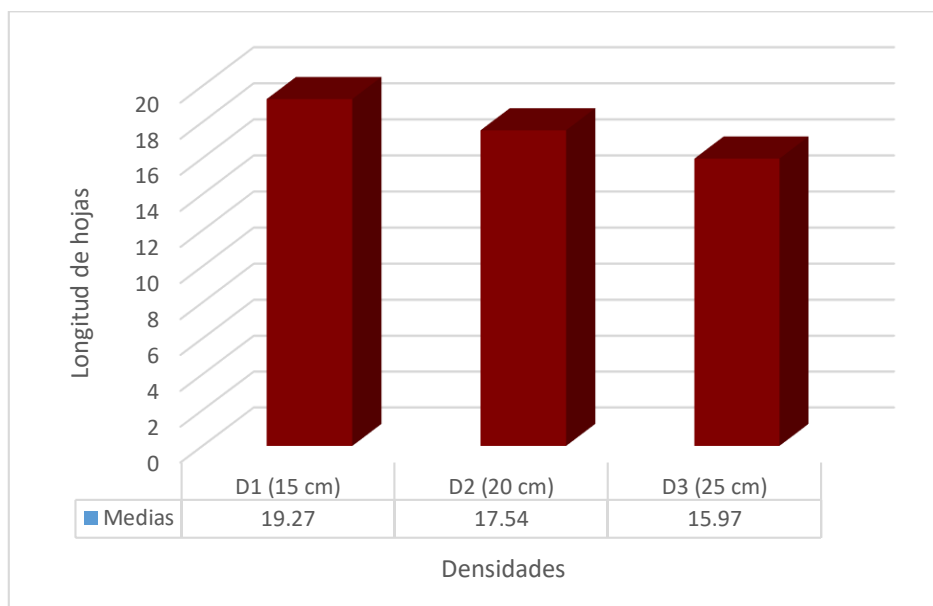
comparación de Magenta sunset que presenta menor longitud de peciolo esto debido a que esta variedad soporta niveles mínimos de radiación.

Bolivar (2017), obtuvo con la variedad Large white ribbed 24.4 cm, Fordhook giant con 19.86 cm y 19.45 cm con la variedad Megenta sunset, en la investigación con tres variedades de acelga con mulch en sustrato en ambiente controlado.

Los resultados en longitud de hoja de la investigación, son menores a los valores obtenidos en la investigación de Bolivar (2017), pero debe tomarse en cuenta que los medios de cultivo son diferentes en ambas investigaciones.

Como ya mencionamos anteriormente la fisiología y genética y efecto ambiental influyen en el desarrollo de cada variedad de manera diferente, claramente representado en la variedad Magenta sunset que su desarrollo fue lento.

En la siguiente figura se muestra la prueba de comparación de medias Duncan del factor densidades con respecto a la variable de estudio longitud de peciolo:



**Gráfico 9.** Comparación de medias con la prueba Duncan al 5 % para densidades para la variable longitud de peciolo

Como se puede observar en el grafico 12. para la variable longitud de peciolo respecto a las densidades de plantación, los resultados en tres grupos diferentes: densidad de 15 cm con 99 plantas se obtuvo una media de 19.27 cm registrando mayor longitud de hoja, seguida por densidad de 20 cm con 72 plantas dando como media 17.54 cm a una densidad entre plantas de 25 cm con 45 plantas es estadísticamente inferior con 15.97 cm un valor en la media de 15.97 cm. Las densidades 15 y 20 cm son estadísticamente superiores a la densidad 25 cm con un rango menor en cuanto a la variable longitud de peciolo.

Los resultados obtenidos nos indican que a menor densidad de plantación se obtiene mayor longitud de peciolo con mayor número de plantas.

En la investigación de Candia (2018), en sistema hidropónico vertical con acelga para la variedad, para una densidad de 30 cm registro (26.2, 28.17 y 27.6 cm), 20 cm con (18.97, 18.23 y 17.63 cm) obtuvo mejores resultados a mayor densidad, comparando la densidad de 15 cm obtuvo (13.7, 14.6 y 13.97 cm) en longitud de peciolo, comparando con la presente investigación para una densidad de 15, 20 cm los valores son cercanos. Se debe tomar en cuenta que la producción fue en sistema vertical hidropónico.

No se encontró referencias con densidades de 25 cm.

La luz juega un papel importante para el desarrollo de toda la planta y por ende para esta variable por la competencia de luz entre plantas.

Se pude observar en la siguiente figura la comparación de medias del factor variedades con las densidades de plantación:

**Tabla 15.** Interacción del factor variedad y densidad para longitud de hoja

| <b>Variedades</b>  | <b>Densidades</b> | <b>Medias</b> | <b>n</b> | <b>E.E.</b> | <b>Nivel</b> |
|--------------------|-------------------|---------------|----------|-------------|--------------|
| Fordhook giant     | 15 cm             | 20.52         | 3        | 0.8         | A            |
| Large white ribbed | 15 cm             | 17.91         | 3        | 0.8         | B C          |
| Magenta sunset.    | 15 cm             | 19.39         | 3        | 0.8         | A B          |
| Fordhook giant     | 20 cm             | 17.74         | 3        | 0.8         | B C          |
| Large white ribbed | 20 cm             | 16.71         | 3        | 0.8         | C            |
| Magenta sunset.    | 20 cm             | 18.16         | 3        | 0.8         | A B C        |
| Fordhook giant     | 25 cm             | 15.59         | 3        | 0.8         | C            |
| Large white ribbed | 25 cm             | 15.95         | 3        | 0.8         | C            |
| Magenta sunset.    | 25 cm             | 16.37         | 3        | 0.8         | C            |

Fuente: Elaboracion propia (2022)

En la tabla 15. se puede observar que a una densidad de plantación de 15 cm existe diferencia para la variedad Fordhook giant 20.52 cm en longitud de peciolo por consiguiente Magenta sunset 19.39 cm, a diferencia y rango más bajo la variedad Large white ribbed con 17.91 cm, con respecto a la densidad de 20 cm no presenta diferencias considerables dando Magenta sunset 18.16 cm, Fordhook giant 17.74 cm y Large white ribbed con 16.71 cm. En cuanto a la densidad de 25 cm se obtuvo valores Magenta sunset 16.37 cm, Large white ribbed 15.95 cm y Fordhook giant con 15.59 cm.

En cuanto a la interacción de variedades con densidades con relación a la variable longitud de peciolo nos indica que ha menor densidad mayor longitud de peciolo. Por la variación tiene efecto por la luz que necesita recibir la planta.

No se encontró referencia de investigaciones que tengan significancia en relación a la interacción de variedades y densidades.



### 6.2.5. Variable diámetro de peciolo

Según se puede observar en el análisis de varianza tabla, para la variable diámetro de peciolo nos indica que existe un efecto estadísticamente diferente entre ambos factores variedades ( $Pr < 0.01$ ) y densidad de plantación ( $Pr > 0.05$ ), en la interacción variedades y densidades se muestra un valor muy altamente significativo, en cuanto a la variable diámetro de peciolo. El coeficiente de variación (CV) igual a 3.94 % afirma que hubo un buen manejo de datos y unidades experimentales por lo tanto son confiables.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para la variable diámetro de peciolo

| F.V.                  | SC    | gl | CM   | F      | p-valor   |
|-----------------------|-------|----|------|--------|-----------|
| Modelo.               | 14.74 | 8  | 1.84 | 162.65 | <0.0001** |
| Densidades            | 0.91  | 2  | 0.46 | 40.22  | <0.0001** |
| Variedades            | 12.68 | 2  | 6.34 | 559.82 | <0.0001** |
| Densidades*Variedades | 1.14  | 4  | 0.29 | 25.27  | <0.0001   |
| Error                 | 0.2   | 18 | 0.01 |        |           |
| Total                 | 14.94 | 26 |      |        |           |

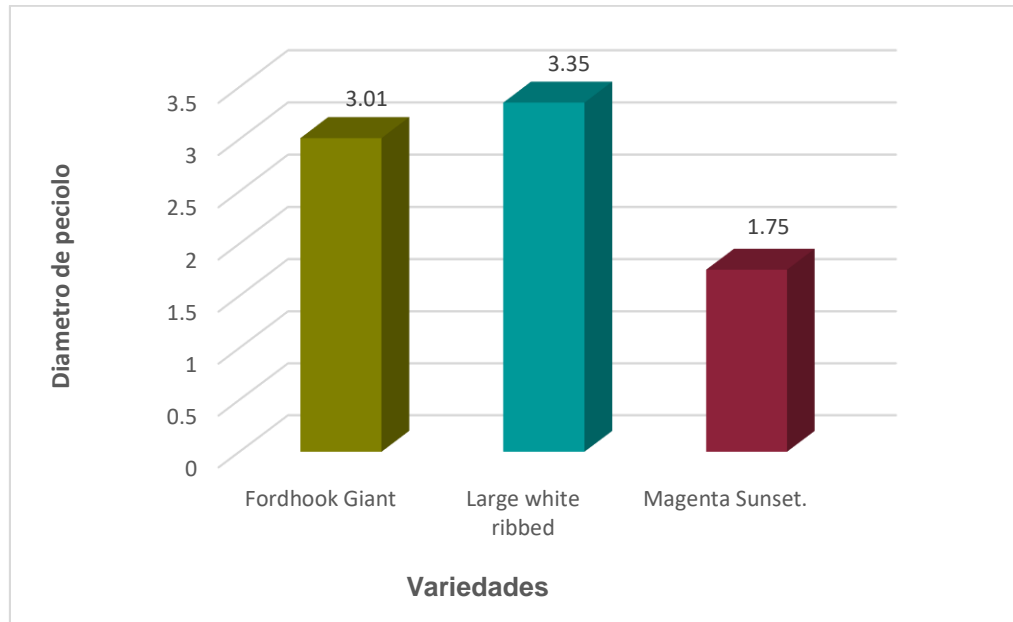
(\*\*): Altamente significativo; (\*): Significativo; (NS): No significativo

Fuente: Elaboración propia (2022).

De acuerdo al análisis de varianza de la tabla 16. El factor variedad para la variable de estudio diámetro de peciolo obtuvo datos altamente significativos, lo cual indicaría que las variedades influyen en el diámetro de peciolo. Por lo tanto, el diámetro de peciolo es inversamente proporcional a la variedad de cultivo.

Para el factor variedad nos muestra valores altamente significativos, dando a entender que las densidades tuvieron un efecto directo en el diámetro de peciolo. De manera que el diámetro de peciolo es inversamente proporcional a la densidad de cultivo.

En la interacción entre variedades y densidades también se obtuvieron resultados altamente significativos, con resultados obtenidos estadísticamente.

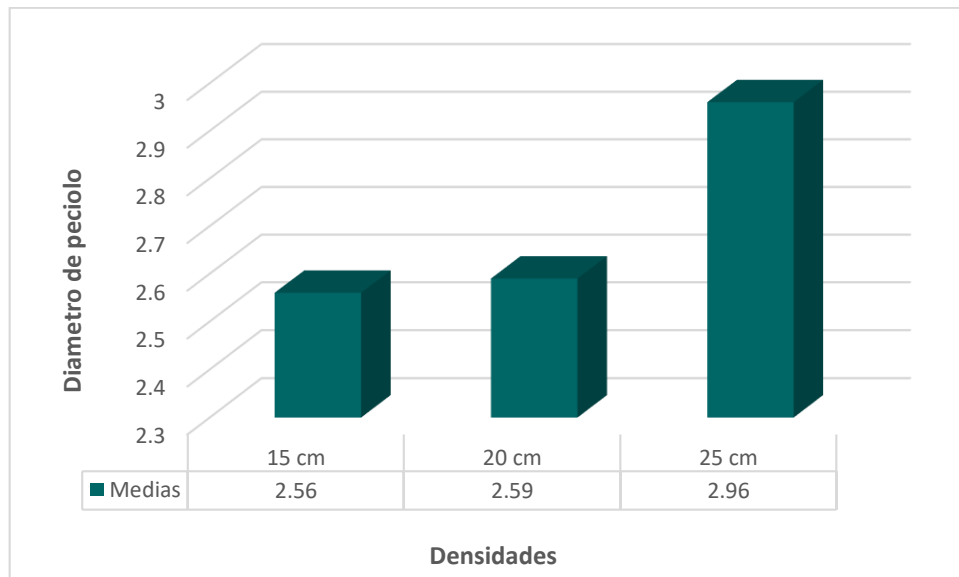


**Gráfico 10.** Comparación de medias con la prueba Duncan al 5 % para variedades para la variable diámetro de peciolo

En el gráfico 14. se observa la comparación de medias Duncan para el factor variedades con relación al factor de estudio diámetro de peciolo presentaron los siguientes resultados: Variedad con un diámetro en promedio 3.01 cm, Large white ribbed con 3.35 cm y la variedad Magenta sunset de 1.75 cm en diámetro de peciolo. La variedad Large white ribbed presenta mayor diámetro de peciolo lo que indicaría que se adapta mejor al sistema hidropónico raíz flotante.

La genética, fisiología y ambiente son factores que denotan una variación comparada entre variedades, como es el caso Magenta sunset que no tolera excesiva radiación y afecta en su fisiología.

Para el factor variedades con respecto a la variable diámetro de peciolo no se encontraron referencias o trabajos de investigación.



**Gráfico 11.** Comparación de media con la prueba Duncan al 5 % para el factor densidades con la variable diámetro de peciolo

En el gráfico 15, para la variable diámetro de peciolo respecto al factor densidades de plantación, los resultados se diferencian en dos grupos: densidad de 15 cm con 99 plantas se obtuvo una media de 2.56 cm, seguida por 20 cm con 72 plantas dando como media de 2.59 cm y una densidad entre plantas de 25 cm con 45 plantas es estadísticamente superior con 2.96 cm. La densidad de 25 cm es estadísticamente superior a las densidades con 15 y 20 cm, con rangos inferiores en cuanto a la variable diámetro de peciolo.

Los resultados nos indicarían que a mayor densidad el diámetro de peciolo se incrementa.

Esta variación se puede deber a la competencia por nutrientes y luz requeridas por la planta siendo poco efectiva a menor densidad, en cambio sí es mayor el peciolo es más ancho según los resultados obtenidos.

Para la variable diámetro de peciolo con respecto al factor densidades no se encontraron referencias científicas de evaluación.

**Tabla 17.** Interacción de variedades y densidades para el diámetro de peciolo

| Densidades         | Variedades | Medias | n | E.E. | Nivel |
|--------------------|------------|--------|---|------|-------|
| Fordhook giant     | 15 cm      | 1.58   | 3 | 0.05 | E F   |
| Large white ribbed |            | 1.82   | 3 | 0.05 | D     |
| Magenta sunset.    |            | 1.47   | 3 | 0.05 | F     |
| Fordhook giant     | 20 cm      | 1.84   | 3 | 0.05 | D     |
| Large white ribbed |            | 2.21   | 3 | 0.05 | C     |
| Magenta sunset.    |            | 1.59   | 3 | 0.05 | E F   |
| Fordhook giant     | 25 cm      | 2.45   | 3 | 0.05 | B     |
| Large white ribbed |            | 2.72   | 3 | 0.05 | A     |
| Magenta sunset.    |            | 1.71   | 3 | 0.05 | D E   |

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la tabla 17. se pudo observar los datos para densidad de plantación de 15 cm=15 cm existe diferencia para la variedad Large white ribbed 1.82 cm en longitud de peciolo con el valor más alto, seguido por Fordhook giant 1.58 cm y el valor bajo la variedad Magenta sunset 1.47 cm. Con respecto a 20 cm con mayor valor esta Large white ribbed 2.21 cm, Fordhook giant 1.84 cm y Magenta sunset con 1.59 cm. En cuanto a la densidad de 25 cm se obtuvo valores Large white ribbed 2.72 cm), Fordhook giant 2.45 cm y finalizando con Magenta sunset 1.71 cm. Los resultados definen que la variedad Large white ribbed obtuvo mejores resultados en cuanto a diámetro de peciolo con las tres densidades.

Para la interacción de variedades con densidades relacionado a la variable diámetro de peciolo nos indica que ha mayor densidad de plantación el diámetro de peciolo se incrementa. Para Magenta sunset la variación en diámetro de peciolo tiene efecto en la cantidad de luz recibida para el desarrollo del tallo.

En cuanto a la interacción de variedades y densidades no se encontraron investigaciones al respecto.

### 6.2.6. Peso fresco parte comestible

Según se observa en la siguiente tabla 18. el análisis de varianza para la variable peso fresco de la parte comestible.

**Tabla 18.** Análisis de varianza para la variable peso fresco de la parte comestible

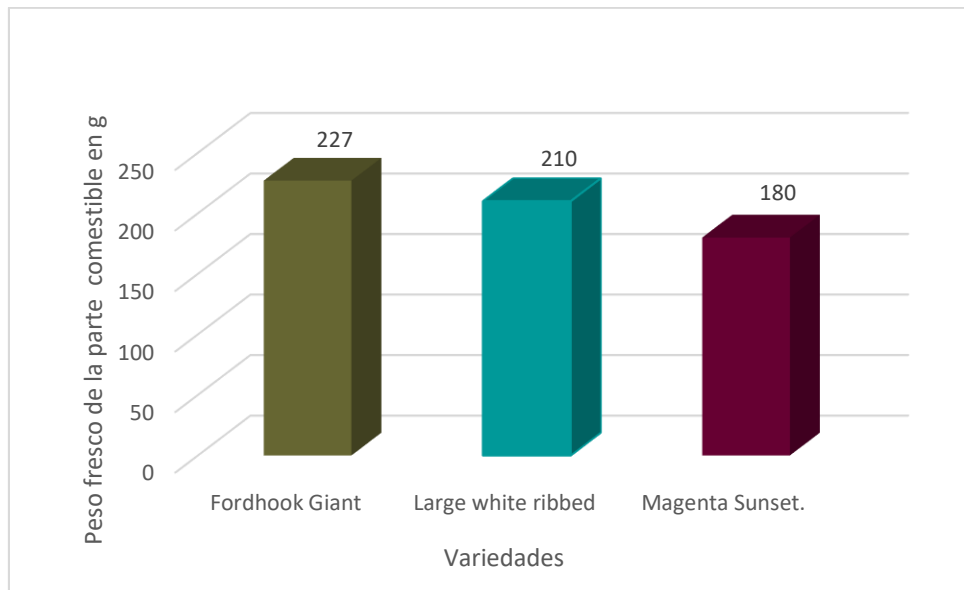
| F.V.                  | SC    | gl | CM   | F     | p-valor          |
|-----------------------|-------|----|------|-------|------------------|
| Variedades            | 1.02  | 2  | 0.51 | 15.70 | 0.0061**         |
| Densidades            | 8.13  | 2  | 4.07 | 6.85  | 0.0001**         |
| Variedades*Densidades | 0.20  | 4  | 0.05 | 54.64 | 0.6307 <b>NS</b> |
| Error                 | 1.34  | 18 | 0.07 | 0.66  |                  |
| Total                 | 10.69 | 26 |      |       |                  |

(\*\*): Altamente significativo; (\*): Significativo; (NS): No significativo

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18. nos indica que existe un efecto estadísticamente diferente entre ambos factores variedades ( $Pr < 0.01$ ) y densidad de plantación ( $Pr > 0.05$ ), en la interacción variedades y densidades se muestra un valor altamente significativo, en cuanto al peso fresco de la parte comestible. En relación al coeficiente de variación (CV) igual a 13.27% nos indica que hubo un buen manejo de las unidades experimentales y que los datos son confiables.

Para el factor variedad se obtuvo un valor altamente significativo, indicando que las variedades tienen influencia en cuanto a la variable de estudio peso fresco de la parte comestible. En cuanto al factor densidad presento resultados altamente significativos, lo que indicaría que las densidades utilizadas influyeron en el peso fresco de la planta.



**Gráfico 12.** Comparación de medias con la prueba Duncan al 5% para variedades, para la variable peso fresco de la parte comestible.

La grafica 17. muestra la comparación de medias para el factor variedades respecto a la variable de estudio peso fresco de la parte comestible, nos muestra resultados diferenciados, con una media de 227 g por planta con un valor superior a la variedad Large white ribbed con 210 g por planta y con el valor más bajo Magenta sunset de 180 g. De manera que indicaría que las características morfológicas de cada una de las variedades predominó en el resultado en cuanto a la variable peso fresco de la parte comestible, en el caso de la variedad presento mayor desarrollo en cuanto a sus hojas, Large white ribbed obtuvo mayor longitud y diámetro de peciolo.

Chipana (2018), con su evaluación obtuvo 71.91 a 73.36 gramos en diferentes tratamientos y 1.45 gramos por planta cosechada, cabe recalcar que los espacios evaluados fueron en un área reducida y diferentes soluciones aplicadas para la variedad Fordhook giant.

Según Agrosad (2018), los rendimientos del cultivo de hortaliza en ambientes atemperados son de 22 tn/ha, similar a lo señalado por Vigliola (1985) quien indica promedio en ambientes atemperados es de 15 a 20 tn/ha.

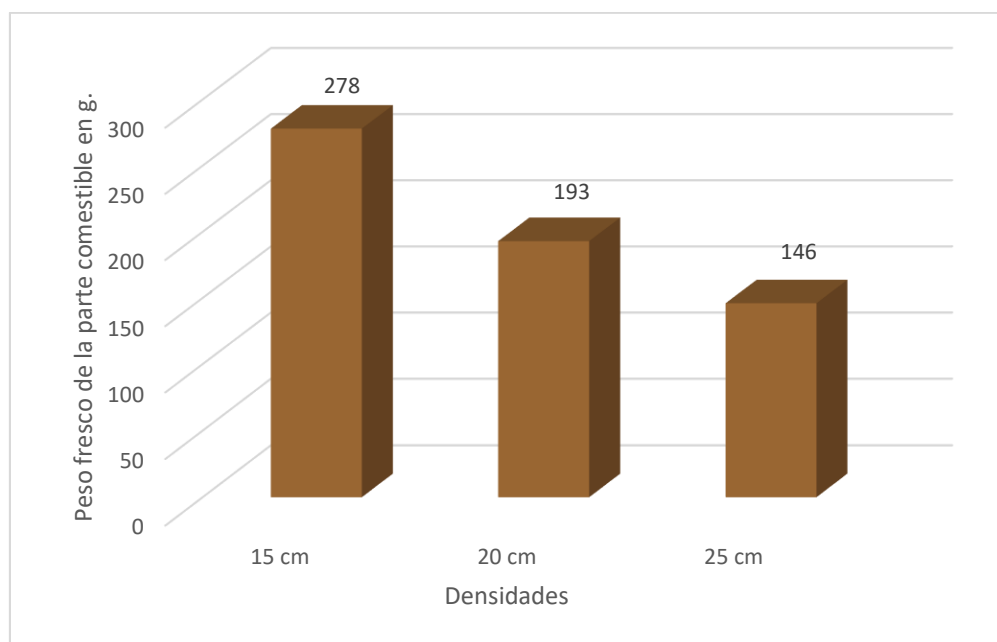
Callisaya (2016), destaca la variedad Large white ribbed con un promedio de

rendimiento de peso fresco de la parte comestible de la planta de 148.01 g/planta, a diferencia de la variedad Fordhook giant que alcanzo un promedio de rendimiento de peso fresco de la parte comestible de la planta de 99.10 g/planta, en sistema NFT con aplicación de abono foliar con te de humus.

La investigación de Bolivar (2017), en sus resultados muestra que alcanzo un rendimiento de 19.14 tn/ha, con las variedades Large White ribbed de la variedad Fordook giant (17.79 tn/ha) y la que obtuvo menor rendimiento fue la variedad Magenta sunset (12.39 Tn/Ha). Estos datos nos indicarían que para la variedad Fordhook giant (181 gr/planta), Large white ribbed (177 gr/planta) y Magenta sunset (123 gr/planta).

Los Resultados obtenido en la presente investigación fue superado por la investigación de Bolivar con su producción en sustrato, pero supero en peso a los resultados de Chipana y Callisaya, se debe tomar en cuenta que fueron condiciones y a menor tiempo de producción diferentes.

La variación de peso de las Variedades Fordhook giant y Large white ribbed alcanzaron mejor peso, por el menor tiempo de desarrollo y mayor tamaño, a diferencia de Magenta sunset que obtuvo menor peso, esto por presentar hojas y tallo delgado debiéndose a su genética y relación con el ambiente.



**Gráfico 13.** Comparación de medias con la prueba Duncan al 5%, para densidades para la variable peso fresco de la parte comestible.

En la gráfica 18. se observa el efecto con las densidades de estudio con respecto a la variable de estudio peso fresco de la parte comestible, dando como resultado: densidad de 15 cm con 99 plantas se obtuvo una media de 278 g, seguida por 20 cm con 72 plantas dando como media de 193 g y por último a densidad entre plantas de 25 cm con 45 plantas es estadísticamente inferior con 146 g. Con respecto a la densidad de 15 cm obtuvo mejor peso lo que indicaría que es estadísticamente superior en peso comparando con 20 cm en rango medio y como último y bajo valor 25 cm, para la variable peso fresco de la parte comestible (planta).

Con respecto a la variable peso fresco de la parte comestible de la planta no se encontraron referencias para el factor densidades.

Aunque las densidades de 20 y 25 cm tuvieron resultados efectivos, la densidad de 15 cm obtuvo mayor cantidad de plantas resultado con mejor pero que las otras dos.

### **6.3. Análisis económico**

El análisis económico se realizó con los datos obtenidos en campo con el fin de determinar que variedad y densidad de siembra de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) tienen mejor comportamiento agronómico y mejor rendimiento para la producción.

#### **6.3.1. Rendimiento ajustado**

El rendimiento ajustado es el promedio de los rendimientos para cada uno de los tratamientos restándole un (-10 %) del rendimiento obtenido en la investigación, este procedimiento se justifica porque el área de estudio es reducida y durante la investigación las unidades experimentales recibieron atención y cuidado dedicado, comparado con una producción comercial. (CIMMYT, 1998).



**Tabla 19. Rendimiento en kilogramos por metro cuadrado**

| Rendimientos                              | Tratamientos   |       |       |                    |       |       |                |       |       |
|---|----------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|   | Fordhook giant |       |       | Large white ribbed |       |       | Magenta sunset |       |       |
|   | 15 cm          | 20 cm | 25 cm | 15 cm              | 20 cm | 25 cm | 15 cm          | 20 cm | 25 cm |
| Rendimiento promedio (Kg/m <sup>2</sup> ) | 9.09           | 6.56  | 4.75  | 8.82               | 5.65  | 4.46  | 7.14           | 5.13  | 3.91  |
| Rendimiento ajustado (-10%)               | 8.19           | 5.91  | 4.28  | 7.94               | 5.09  | 4.01  | 6.43           | 4.62  | 3.52  |

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la tabla 19. se muestra los rendimientos obtenidos de la variedad Fordhook giant con el valor más alto, seguida de Large white ribbed con valor cercano a Fordhook giant y finalizando con la variedad Magenta sunset, lo que indicaría que existe diferencias significativas entre variedades y las densidades utilizadas.

### 6.3.2. Numero de ciclos por año

Debemos tomar en cuenta el área de producción es de 9 m<sup>2</sup> y la cantidad de plantas de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*) varia por unidad experimental por ser un cultivo en producción intensiva en ambiente controlado.

El ciclo del cultivo duro aproximadamente contando el proceso de germinación de 3 días hasta presentar hojas verdaderas que sería la primera fase, posteriormente las bandejas deben pasar en contacto con el agua los primeros 3 días, para luego agregarles la solución al 50 % para los próximos 15 días, para después trasplantarlas a las bandejas permanentes durante 45 días para posterior cosecha. Dando 66 días de ciclo del cultivo, con un aproximado de 7 campañas por año.

### 6.3.3. Beneficio bruto

El Beneficio bruto se calcula multiplicando el número de bolsas obtenidas por tratamiento en un metro cuadro para el área de estudio de 9 m<sup>2</sup>, por el precio promedio de la bolsa con un contenido de 350 g de acelga, se calculó el beneficio bruto anual

multiplicando el beneficio bruto de un ciclo, por el número de ciclos en un año. La tabla 20. muestra el procedimiento con los resultados obtenidos en el área de estudio.

**Tabla 20. Beneficio bruto**

| Factores                                   | Tratamientos   |       |       |                    |       |       |                |       |       |
|--|----------------|-------|-------|--------------------|-------|-------|----------------|-------|-------|
|  | Fordhook giant |       |       | Large white ribbed |       |       | Magenta sunset |       |       |
|  | 15 cm          | 20 cm | 25 cm | 15 cm              | 20 cm | 25 cm | 15 cm          | 20 cm | 25 cm |
| Rendimiento promedio (Kg/m <sup>2</sup> )  | 9.09           | 6.56  | 4.75  | 8.82               | 5.65  | 4.46  | 7.14           | 5.13  | 3.91  |
| Rendimiento ajustado (-10%)                | 8.19           | 5.91  | 4.28  | 7.94               | 5.09  | 4.01  | 6.43           | 4,62  | 3.52  |
| Numero de bolsas                           | 23             | 16    | 12    | 22                 | 14    | 11    | 18             | 13    | 10    |
| Precio bolsa de 350 g                      | 4              | 4     | 4     | 4                  | 4     | 4     | 4              | 4     | 4     |
| Beneficio bruto/ciclo (Bs/m <sup>2</sup> ) | 92             | 64    | 48    | 88                 | 56    | 44    | 72             | 52    | 40    |
| Numero de ciclos/año                       | 7              | 7     | 7     | 7                  | 7     | 7     | 7              | 7     | 7     |
| Beneficio bruto/ciclo (Bs/m <sup>2</sup> ) | 644            | 448   | 336   | 616                | 392   | 308   | 504            | 364   | 280   |
| Beneficio bruto/anual 9m <sup>2</sup>      | 5796           | 4032  | 3024  | 5544               | 3528  | 2772  | 4536           | 3276  | 2520  |

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los resultados de tabla 20. nos muestran el beneficio bruto que obtuvieron cada variedad, con un resultado de 5796 bs/año con 15 cm (menor densidad), seguida por Large white ribbed con 5544 bs/año a 15 cm y con un valor más bajo la variedad Magenta sunset con 4536 a 15 cm. Con los resultados obtenidos nos estaría indicando que la Variedad presenta un diferenciado y alto beneficio económico.

#### 6.3.4. Costos variables

Los costos variables, corresponden a los insumos comprados, uso de implementos y espacio ocupado para la investigación, el cálculo fue para 7 ciclos de producción anual y para cada tratamiento. La tabla 21. muestra los cálculos para los costos variables.

**Tabla 21. Costos variables**

| Ítems                            | Tratamientos   |          |          |                    |          |          |                |          |          |
|----------------------------------|----------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
|                                  | Fordhook giant |          |          | Large white ribbed |          |          | Magenta sunset |          |          |
|                                  | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm           | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm |
| Semilla (Bs/oz)                  | 12             | 12       | 12       | 12                 | 12       | 12       | 20             | 20       | 20       |
| Mano de obra                     | 100            | 100      | 100      | 100                | 100      | 100      | 100            | 100      | 100      |
| Solución nutritiva (Bs)          | 100            | 100      | 100      | 100                | 100      | 100      | 100            | 100      | 100      |
| Reactivo                         | 12             | 12       | 12       | 12                 | 12       | 12       | 12             | 12       | 12       |
| Complementos (Bs)                | 50             | 50       | 50       | 50                 | 50       | 50       | 50             | 50       | 50       |
| Sub total costos fijos           | 274            | 274      | 274      | 274                | 274      | 274      | 282            | 282      | 282      |
| Numero de ciclos/año             | 7              | 7        | 7        | 7                  | 7        | 7        | 7              | 7        | 7        |
| Total costos variables<br>Bs/año | 1918           | 1918     | 1918     | 1918               | 1918     | 1918     | 1974           | 1974     | 1974     |

Fuente: Elaboración propia (2022),

Según los resultados obtenidos la variedad Fordhook giant, se observa que presenta un valor menor de 1918 Bs/año en comparación con la variedad Magenta sunset con 1974 Bs/año.

### 6.3.5. Costos fijos

Los costos fijos corresponden, a los ítems y servicios que están presentes y son de importancia para el desarrollo de los ciclos agrícolas.

**Tabla 22. Costos fijo anual**

| Rendimientos                | Tratamientos   |          |          |                    |          |          |                |          |          |
|-----------------------------|----------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
|                             | Fordhook giant |          |          | Large white ribbed |          |          | Magenta sunset |          |          |
|                             | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm           | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm |
| Alquiler de carpa solar     | 60             | 60       | 60       | 60                 | 60       | 60       | 60             | 60       | 60       |
| Sistema hidropónico         | 90             | 90       | 90       | 90                 | 90       | 90       | 90             | 90       | 90       |
| Herramientas (Bs)           | 25             | 25       | 25       | 25                 | 25       | 25       | 25             | 25       | 25       |
| Otros gastos (Bs)           | 35             | 35       | 35       | 35                 | 35       | 35       | 35             | 35       | 35       |
| Total costos fijos (Bs/año) | 210            | 210      | 210      | 210                | 210      | 210      | 210            | 210      | 210      |

Fuente: Elaboración propia (2022).

En la tabla 22. se observa de manera general los costos anuales en cuanto a la infraestructura utilizada, herramientas, equipos, alquiler y gastos en general para la realización del experimento.

### 6.3.6. Costo total anual

En la siguiente tabla se muestra los costos totales que son la suma de los costos variables y los costos fijos, que son mostrados a detalle en la siguiente tabla 23.

**Tabla 23. Costos totales anual**

| Rendimientos                    | Tratamientos   |          |          |                    |          |          |                |          |          |
|---------------------------------|----------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
|                                 | Fordhook giant |          |          | Large white ribbed |          |          | Magenta sunset |          |          |
|                                 | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm           | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm |
| Total costos variables (Bs/año) | 1918           | 1918     | 1918     | 1918               | 1918     | 1918     | 1974           | 1974     | 1974     |
| Total costos fijos (Bs/año)     | 210            | 210      | 210      | 210                | 210      | 210      | 210            | 210      | 210      |
| Costo total (Bs/año)            | 2128           | 2128     | 2128     | 2128               | 2128     | 2128     | 2184           | 2184     | 2184     |

Fuente: Elaboración propia (2022).

Se observa en la tabla para la variedad Magenta sunset tiene mayor costo total, esto se debe al menor peso de la bolsa y el precio de comercialización en el mercado, a diferencia de la variedad Foordhook giant que debe tener mayor precio y costo regular por ser una variedad muy comercializada.

### 6.3.7. Beneficio neto

En ingreso neto, es el resultado de restar los costos fijos a los beneficios brutos estos reflejas el beneficio o ganancia que se obtiene en un año, tomando en cuenta los gastos en insumos y degradación de materiales. En la tabla 24. se muestra los beneficios netos para 9 m<sup>2</sup> del área experimental.

**Tabla 24. Beneficio neto anual**

| Rendimientos                          | Tratamientos   |          |          |                    |          |          |                |          |          |
|---------------------------------------|----------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
|                                       | Fordhook giant |          |          | Large White ribbed |          |          | Magenta sunset |          |          |
|                                       | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm           | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm |
| Beneficio bruto anual 9m <sup>2</sup> | 5796           | 4032     | 3024     | 5544               | 3528     | 2772     | 4536           | 3276     | 2520     |
| Costo total (Bs/año)                  | 2128           | 2128     | 2128     | 2128               | 2128     | 2128     | 2184           | 2184     | 2184     |
| Beneficio neto (Bs/año)               | 3668           | 1904     | 896      | 3416               | 1400     | 644      | 2352           | 1092     | 336      |

Fuente: Elaboración propia (2022).

Se muestra en la tabla 24, el beneficio neto para la variedad con la densidad de 15 cm obtuvo un valor de mayor con respecto al 20 cm y 25 cm, así mismo para Large white ribbed la primera densidad utilizada es más efectiva que las los siguiente y con los mismos parámetros para la variedad Magenta sunset.

### 6.3.8. Relación beneficio costo

Se entiende como la relación que existe entre los beneficios brutos y los costos totales, el valor resultante de la división nos indica la rentabilidad. La relación beneficio costo se muestra en la tabla 25.

**Tabla 25.** Relación beneficio costo

| Rendimientos                           | Tratamientos   |          |          |                    |          |          |                |          |          |
|--|----------------|----------|----------|--------------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
|  | Fordhook giant |          |          | Large white ribbed |          |          | Magenta sunset |          |          |
|  | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm           | 20<br>cm | 25<br>cm | 15<br>cm       | 20<br>cm | 25<br>cm |
| Beneficio bruto anual 9 m <sup>2</sup> | 5796           | 4032     | 3024     | 5544               | 3528     | 2772     | 4536           | 3276     | 2520     |
| Costo total (Bs/año)                   | 2128           | 2128     | 2128     | 2128               | 2128     | 2128     | 2184           | 2184     | 2184     |
| Relación beneficio costo               | 2.72           | 1.89     | 1.42     | 2,6                | 1.65     | 1.3      | 2.07           | 1.5      | 1.15     |

Fuente: Elaboración propia (2022).

Los resultados obtenidos para la producción de Acelga hidropónica en el sistema raíz flotante en condiciones controladas, muestra que la variedad que mejor rentabilidad económica tiene es a una densidad de 15 cm, pero sin quedar atrás con las densidades 20 cm y 25 cm, seguida por la variedad Large white ribbed a 15 cm, 20 cm Y 25 cm y por último la variedad Magenta sunset que también obtiene rentabilidad menor a diferentes densidades de estudio.

## 7. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y objetivos planteados en la presente investigación con respecto variedades y densidades de siembra se llegó a la siguiente conclusión.

- ❖ Respecto al rendimiento con tres variedades de acelga (*Beta vulgaris var. cicla*): la variedad Foordhook giant es la que mejores resultados obtuvo en ambiente controlado, seguida de la variedad Large white ribbed y por último Magenta sunset.
- ❖ Para la variable número de hojas la variedad Magenta sunset con 13 hojas por planta obtuvo mayor cantidad, seguido Large white ribbed con 9 hojas y Fordhook giant con 8 hojas.
- ❖ La variable longitud de hoja evaluadas nos indican valores cercanos entre las variedades Large white ribbed (28.38 cm) y Fordhook giant (28.27 cm) y con el valor más bajo Magenta sunset con 26.91 cm. Existiendo una diferencia significativa entre los tratamientos.
- ❖ Sobre la variable longitud de peciolo las variedades Large white ribbed (18.14 cm) y Foordhook giant (17.95 cm) en longitud, seguida por Magenta sunset (15.83 cm). El mayor diámetro de peciolo para Large white ribbed (3.35 cm) y Fordhook giant (3.01 cm), dejando a Magenta sunset (1.75 cm). Para la parte comestible de la planta los valores obtenidos para las variedades uno y dos presentan valores similares, la variedad tres tiene menor peso con respecto a los anteriores. Concluyendo que las variedades estudiadas, presentaron comportamientos agronómicos diferentes, esto debido a la adaptabilidad y genética de cada variedad.
- ❖ Para el factor densidades concluimos que no hubo efecto en la variable número de hojas y tubo significancia con las otras tres variables de respuestas, el comportamiento de la dinámica de crecimiento permitió establecer el rendimiento total, para Fordhook giant obtuvo 15 cm (8.19 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (8.91 kg/m<sup>2</sup>), 25 cm (4.28 kg/m<sup>2</sup>), Large white ribbed con 15 cm (7.74 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (5.09 kg/m<sup>2</sup>), 25 cm (4.01 kg/m<sup>2</sup>) y la Variedad tres Magenta sunset con resultados 15 cm (6.43 kg/m<sup>2</sup>), 20 cm (4.62 kg/m<sup>2</sup>) y con 25 cm (3.52 kg/m<sup>2</sup>) respectivamente. Los

resultados nos afirmarían que a una densidad menor el rendimiento se incrementa en tres variables de estudio de las cinco.

- ❖ La factibilidad económica con respecto a la relación beneficio costo se concluye que se obtuvo mayor rendimiento con la Variedad Fordhook giant con 15 cm (2.72 Bs), 20 cm (1.89 Bs) y 25 cm (1.42 Bs) a menor densidad y Large white con 15 cm (2.6 Bs), 20 cm (1.65 Bs) y 25 cm (1.30 Bs), seguido de Magenta sunset con 15 cm (2.07 Bs), 20 cm (1.50Bs), 25 cm (1.15 Bs). Las variedades las que alcanzaron mayores resultados de relación beneficio costo fueron Foordook Giant y Large White. Siendo que obtuvo menores resultados la variedad Magenta Suset.
- ❖ Finalmente, la producción de acelga con la técnica sistema hidropónico raíz flotante realizado en el Centro Experimental de Cota Cota tuvo el control efectivo de los parámetros de la solución nutritiva y el manejo adecuado del cultivo.



## **8. RECOMENDACIONES**

De acuerdo a los resultados obtenidos, el presente estudio es una referencia válida de investigación respecto al cultivo de acelga por lo indicado se hacen las siguientes recomendaciones:

Es necesario en la etapa de germinación no exceder el riego porque las semillas de acelga por su tamaño no toleran el encharcamiento.

En estudios futuros se recomienda el uso de otras variedades acelga para evaluar la fisiología y genética y obtener nuevos resultados en cuanto a producción.

En cuanto a las densidades se recomienda para las variedades Fordhook giant y Large white ribbed (mayor densidad entre plantas) y para la variedad Magenta sunset (menor densidad entre plantas), ya que esta variedad tubo mejor desarrollo en estas condiciones.

En estudios futuros se recomienda colocar plástico negro al reverso de las bandejas, porque esto disminuyo la incidencia de algas en las raíces que causa estrangulamiento en las mismas, un factor muy importante para el desarrollo de la raíz y de toda la planta.

## 9. BIBLIOGRAFIA

- Acosta, F. (2015). *"Respuesta del cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla L.)". a la fertilización orgánica foliar.* Universidad de Guayaquil. Obtenido de [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8647/1/Acosta Proaño Felix\\_Enrique.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8647/1/Acosta_Proaño_Felix_Enrique.pdf)
- Agrosad. (3 de Agosto de 2018). *Acelga.* Obtenido de [www.agrosad.com.ec/index.php/productos/semillas/hortalizas-bonanza-seeds/acelga2012-](http://www.agrosad.com.ec/index.php/productos/semillas/hortalizas-bonanza-seeds/acelga2012-)
- Aguilar, O. (1993). *Guía de manejo de cultivos protegidos. Cartillas didácticas realizadas por SEMTA (Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas).* La Paz, Bolivia. 9-88p.
- Alonzo, A. (2004). *Colegio de Postgraduado. Producción de Col, Coliflor, Acelga, Apio.* Obtenido de Disponible en <http://www.google.com>
- Barros, P. (2001). *La hidroponia.* Recuperado el 3 de Octubre de 2021, de [www.biblioteca.org.ar/libros/3040.pdf](http://www.biblioteca.org.ar/libros/3040.pdf)
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2015). *Cultivo en hidroponía* (1 ed.). Buenos Aires, Argentina: Edulp.
- Bolivar Alberto, S. (2017). *"Evaluación del efecto del mulch en tres variedades de Acelga (Beta vulgaris var. cicla L.) en ambiente atemperado en el Centro Experimental Cota cota."* Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andres. La Paz, Bolivia.
- Bolivar Alberto, S. (2017). *EVALUACION DEL EFECTO DEL MULCH EN TRES VARIETADES DE ACELGA (Beta vulgaris var. cicla L.) EN AMBIENTE ATEMPERADO EN EL CENTRO EXPERIMENTAL COTA COTA.* La Paz, Bolivia.
- Callisaya Aduviri , P. C. (2016). *"Evaluación de dos variedades de Acelga (Beta vulgaris var. cicla L.), bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico en sistema*

*hidropónico NFT en Cota cota*". Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Candia Pacheco, L. R. (2018). *"Evaluación del cultivo de Acelga (Beta vulgaris var. cicla) en contenedores verticales a diferentes distancias en ambiente protegido en la localidad de Alto Chijini en el municipio de El Alto del departamento de La Paz"*. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Chipana Kasa, M. G. (2018). *"Producción hidropónica como alternativa a la problemática de escases de agua, en dos variedades del cultivo de Acelga (Beta vulgaris var. Cicla L.) en el centro experimental Cota cota"*. Tesis de Grado. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia.

Constitucion Política de Estado Plurinacional. (2010). La Paz, Bolivia: Vicepresidencia del Estado Plurinacional.

Delfino, M. (2007). *Áfidos (Hemiptera, Aphidae) de interés económico en Santa Cruz*. Revista de Investigaciones Agropecuarias. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/864/86436109.pdf>

Duran, J. (2000). *El proyecto Aeroponía. Aeroponic Research*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2021 , de <http://www.aeroponic.it/esp/progetto.htm>

Estay, P. (2003). *Control de pulgones en hortalizas*. 36-37p.

Estrada, L. (2001). *Fertilizantes líquidos STOLLER*. In *Curso Taller: La hidroponía, una alternativa de cultivo ecológico y rentable*. Facultad de Agronomía. Guatemala.

FAO. (2017). *Guía para construcción de invernaderos Fito toldos*. La Paz, Bolivia . Recuperado el 21 de Septiembre de 2021 , de <http://www.fao.org/3/a-as968.pdf>

Favela, E. (2006). *Manual para la preparación de soluciones nutritivas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, Mexico 147P.

- Fernandez , M. (2013). *“Efecto de diferentes niveles de aireación de la solución nutritiva sobre el crecimiento y la calidad de Canónigos y Berros cultivados en Bandejas Flotantes”*. Tesis de Grado. Proyecto fin de carrera. Departamento de Producción Vegetal. Cartagena, España.
- Filippetti, V. (2008). *Consultora Ambiental (GCA) Hidroponía. Nuestra Empresa y*. Obtenido de [www.gca.com](http://www.gca.com).
- Filippetti, V. (2008). *Cultivos en bandejas flotantes. Jornadas de puertas abiertas de los ensayos de ITGA*. Honduras. 85p.
- Garcia, M. (7 de Septiembre de 2013). *El cultivo de acelga*. Obtenido de [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documen](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documen)
- Garcia, M. (2013). *El cultivo de acelga*. Recuperado el 7 de Diciembre de 2021, de [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documen](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documen)
- Garcia, M. (4 de Octubre de 2017). *Palencia*. Obtenido de [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf)
- GIACONI. (1994). *“Cultivo de hortalizas”* (9na Edición ed.). Editorial Universitaria. 335p
- Gilsanz, J. (2007). *HIDROPONIA*. (U. d. Tecnología, Ed.) Montevideo, Uruguay: Prontográfica S.A.
- Gilsanz, J. (2017). *HIDROPONIA*. (U. d. Tecnología, Ed.) Montevideo, Uruguay: Prontográfica S.A.
- Guaschsemillas (2015). (23 de Septiembre de 2021). *Acelga Large white ribbed*. Obtenido de <http://guasch.com.ar/GuaschSemillas%C2%AE/Hortalizas/Acelgas/Acelga/Large>
- Huterwal, G. (1991). *Hidroponia*. Buenos Aires, Argentina 40-53p: Albatro.
- Hydro envirement. (s.f.).

- Hydro Environment. (15 de Julio de 2022). *Guía para el cultivo de Acelga hidropónica*.  
Obtenido de [www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main\\_page=page&id=55](http://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=55)
- IGM. (2010). *Instituto Geografico Militar. Base cartografica de Bolivia*. La Paz, Bolivia .  
Obtenido de <http://www.igmbolivia.gob.bo/>
- Impulsemillas (2017). (23 de Septiembre de 2021). *Diccionario de semillas*. Obtenido de <http://www.ghcia.com.co/plm/src/productos/DICC-SEMILLAS.pdf>
- Infoagro.bo. (2015). (16 de Octubre de 2021). *Cultivo de Acelga*. Obtenido de Infoagro.com
- INIAF (Instituto Nacional de Innovacion Agropecuaria y Forestal). (16 de Junio de 2012). *El INIAF impulsa la horticultura de hortalizas en los hogares de Cochabamba*. Obtenido de [www.notiboliviarrural.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=164](http://www.notiboliviarrural.com/index.php?option=com_content&view=article&id=164)
- Ley 2878. (2007). *LEY DE PROMOCIÓN Y APOYO AL SECTOR RIEGO PARA LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL Y SUS REGLAMENTOS*. La Paz, Bolivia.
- M, G. (4 de Febrero de 2017). *El cultivo de acelga*. Obtenido de [https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf)
- Marulanda, C. (2003). *Hidroponía Familiar en Colombia desde el Eje Cafetalero*. Colombia: Editorial Optigraf.
- Marulanda, C. (2003). *Hidroponía Familiar en Colombia desde el Eje Cafetalero*. Colombia. 52.55p: Optigraf.
- Michelena , V. (2003). *Manual de Micro Huertas en Venezuela*. Caracas, Venezuela.
- Missouri Botanical Garden. (4 de Octubre de 2021). *Tropicos home*. Obtenido de Bolivia [Catalogue: http://legacy.tropicos.org/NameSearch.aspx?projectid=13&langid=66](http://legacy.tropicos.org/NameSearch.aspx?projectid=13&langid=66)

- OASIS. (2007). *Manual de hidroponía*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Oasis Easy Plant. (2017). *Manual de hidroponia*. Recuperado el 16 de Septiembre de 2021, de [www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-de-hidroponia\\_Media.pdf](http://www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-de-hidroponia_Media.pdf)
- Pèrez , G. (2001). "*Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas*". Biología vegetal. Técnica agrícola. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España .
- Ramirez , F. (2006). *Seguridad alimentaria cultivando hortalizas*. rufo Latino Editores S.A.S., Colombia. 480-494p.
- Resh, H. (1987). *Cultivos Hidroponicos* (4 ed.). Madrid, España: Mundi Prensa.
- Resh, H. (2001). *Cultivos hidróponicos*. Madrid, España: Mundiprensa.
- Rodriguez, A., Hoyos, M., & Chang, M. (2002). *Manual práctico de hidroponía*. Centro de investigación de hidroponía. Universidad Nacional Agraria la Molina. Lima, Peru.
- Semillas de las huertas, 2015 . (23 de Septiembre de 2021). *10 gramos de semillas acelga (Beta vulgaris var. Magenta sunset)*. Obtenido de [http://www.semillaslashuertas.com/tiendaenlinea/product\\_info.php/](http://www.semillaslashuertas.com/tiendaenlinea/product_info.php/)
- Semillas las huertas (2015). (23 de Septiembre de 2021). *10 gramos de semillas acelga (Beta vulgaris)*. Obtenido de [http://www.semillaslashuertas.com/tiendaenlinea/product\\_info.php/](http://www.semillaslashuertas.com/tiendaenlinea/product_info.php/)
- SENAMHI. (2021). La Paz. Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>
- Soria, A. (2012). *Curso de hidroponia basica*. Recuperado el 14 de Octubre de 2021, de [www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca\\_247\\_Curso%20Hidrop on%C3%A](http://www.asohofrucol.com.co/archivos/biblioteca/biblioteca_247_Curso%20Hidrop on%C3%A)

- Torrez, M. (2001). *"Modelo de capacitación productiva de horticultura en carpas solares el grupo de artillería y defensa Antiaérea "*. Trabajo de Grado. La Paz: Bolivia. 115p.
- Tropicalnet (2015). (2021 de Septiembre de 2021). *Acelga Fordhook gian*. Obtenido de <http://www.tropicaplanet.com/es/les-produits-tropica/les/potageres/poirees/poiree-fordhook-giant-bette/>
- Valadez, L. (1993). *Producción de hortalizas*. Mexico 57-98p: UTCHA.
- Vigliola , M. (1985). *Horticultura. Cátedra de Horticultura*. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Argentina. 235p.
- Villacrèz Chàvez, H. I. (2019). *"Evaluación de tres soluciones nutritivas en la producción de Acelga (Beta vulgaris L.) var Fordhook giant, en hidroponia a Raiz Flotante en invernadero"*. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Recursos Naturales. Escuela de Ingeniería Agronómica. Riobamba, Ecuador .
- Yampa Espejo, E. (2020). *"Evaluación del rendimiento de dos variedades de acelga (Beta vulgaris var. cycla) con diferentes dosis de abono foliar (aola) en ambiente atemperado en la Estación Experimental de Cota cota"*. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia .
- Zapp, I. (1991). *Cultivos sin Tierra. Hidroponía Popular*. Bogotá: Presencia.

## Anexo 1. Registro de temperaturas del ambiente

| DICIEMBRE  |                      |                        |                      | ENERO      |                      |                        |                      | FEBRERO    |                      |                        |                      | MARZO      |                      |                        |                      |
|------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------|----------------------|------------------------|----------------------|------------|----------------------|------------------------|----------------------|
| Fecha      | Temperatura Min (°C) | Temperatura Media (°C) | Temperatura Max (°C) | Fecha      | Temperatura Min (°C) | Temperatura Media (°C) | Temperatura Max (°C) | Fecha      | Temperatura Min (°C) | Temperatura Media (°C) | Temperatura Max (°C) | Fecha      | Temperatura Min (°C) | Temperatura Media (°C) | Temperatura Max (°C) |
| 01/12/2020 | 8                    | 26                     | 44                   | 01/01/2021 | 7                    | 23                     | 39                   | 01/02/2021 | 9                    | 28                     | 46                   | 01/03/2021 | 7                    | 23                     | 38                   |
| 02/12/2020 | 9                    | 23                     | 37                   | 02/01/2021 | 7                    | 22                     | 37                   | 02/02/2021 | 7                    | 24                     | 44                   | 02/03/2021 | 7                    | 24                     | 40                   |
| 03/12/2020 | 8                    | 21                     | 34                   | 03/01/2021 | 8                    | 23                     | 38                   | 03/02/2021 | 9                    | 27                     | 45                   | 03/03/2021 | 6                    | 22                     | 38                   |
| 04/12/2020 | 9                    | 23                     | 37                   | 04/01/2021 | 8                    | 23                     | 38                   | 04/02/2021 | 8                    | 23                     | 38                   | 04/03/2021 | 8                    | 23                     | 38                   |
| 05/12/2020 | 9                    | 24                     | 39                   | 05/01/2021 | 8                    | 26                     | 43                   | 05/02/2021 | 7                    | 24                     | 40                   | 05/03/2021 | 8                    | 25                     | 42                   |
| 06/12/2020 | 8                    | 23                     | 37                   | 06/01/2021 | 11                   | 26                     | 40                   | 06/02/2021 | 7                    | 22                     | 36                   | 06/03/2021 | 7                    | 25                     | 42                   |
| 07/12/2020 | 7                    | 23                     | 38                   | 07/01/2021 | 9                    | 26                     | 42                   | 07/02/2021 | 8                    | 25                     | 42                   | 07/03/2021 | 6                    | 21                     | 36                   |
| 08/12/2020 | 8                    | 23                     | 37                   | 08/01/2021 | 8                    | 27                     | 45                   | 08/02/2021 | 6                    | 25                     | 44                   | 08/03/2021 | 7                    | 22                     | 37                   |
| 09/12/2020 | 8                    | 22                     | 35                   | 09/01/2021 | 6                    | 19                     | 32                   | 09/02/2021 | 9                    | 24                     | 39                   | 09/03/2021 | 6                    | 23                     | 40                   |
| 10/12/2020 | 8                    | 26                     | 43                   | 10/01/2021 | 10                   | 25                     | 42                   | 10/02/2021 | 8                    | 25                     | 42                   | 10/03/2021 | 8                    | 24                     | 39                   |
| 11/12/2020 | 9                    | 26                     | 42                   | 11/01/2021 | 9                    | 20                     | 30                   | 11/02/2021 | 8                    | 26                     | 44                   | 11/03/2021 | 8                    | 25                     | 42                   |
| 12/12/2020 | 7                    | 24                     | 40                   | 12/01/2021 | 9                    | 26                     | 42                   | 12/02/2021 | 6                    | 22                     | 38                   | 12/03/2021 | 6                    | 22                     | 38                   |
| 13/12/2020 | 9                    | 24                     | 39                   | 13/01/2021 | 8                    | 24                     | 40                   | 13/02/2021 | 7                    | 24                     | 40                   | 13/03/2021 | 7                    | 24                     | 40                   |
| 14/12/2020 | 7                    | 24                     | 40                   | 14/01/2021 | 6                    | 22                     | 37                   | 14/02/2021 | 7                    | 40                     | 36                   | 14/03/2021 | 7                    | 26                     | 44                   |
| 15/12/2020 | 8                    | 25                     | 42                   | 15/01/2021 | 8                    | 26                     | 43                   | 15/02/2021 | 9                    | 27                     | 44                   | 15/03/2021 | 9                    | 24                     | 39                   |
| 16/12/2020 | 9                    | 23                     | 37                   | 16/01/2021 | 6                    | 28                     | 35                   | 16/02/2021 | 8                    | 27                     | 46                   | 16/03/2021 | 7                    | 24                     | 41                   |
| 17/12/2020 | 10                   | 25                     | 39                   | 17/01/2021 | 7                    | 24                     | 40                   | 17/02/2021 | 8                    | 23                     | 38                   | 17/03/2021 | 8                    | 22                     | 35                   |
| 18/12/2020 | 10                   | 20                     | 30                   | 18/01/2021 | 6                    | 20                     | 33                   | 18/02/2021 | 9                    | 26                     | 42                   | 18/03/2021 | 6                    | 22                     | 38                   |
| 19/12/2020 | 9                    | 21                     | 33                   | 19/01/2021 | 8                    | 23                     | 37                   | 19/02/2021 | 9                    | 25                     | 41                   | 19/03/2021 | 7                    | 24                     | 40                   |



|            |   |    |    |            |   |    |    |            |    |    |    |            |   |    |    |
|------------|---|----|----|------------|---|----|----|------------|----|----|----|------------|---|----|----|
| 20/12/2020 | 8 | 24 | 39 | 20/01/2021 | 8 | 22 | 35 | 20/02/2021 | 7  | 22 | 37 | 20/03/2021 | 8 | 22 | 36 |
| 21/12/2020 | 7 | 23 | 39 | 21/01/2021 | 8 | 23 | 38 | 21/02/2021 | 9  | 24 | 38 | 21/03/2021 | 8 | 23 | 37 |
| 22/12/2020 | 6 | 20 | 34 | 22/01/2021 | 7 | 24 | 40 | 22/02/2021 | 5  | 22 | 39 | 22/03/2021 | 7 | 26 | 45 |
| 23/12/2020 | 6 | 25 | 42 | 23/01/2021 | 6 | 24 | 42 | 23/02/2021 | 9  | 27 | 44 | 23/03/2021 | 9 | 23 | 36 |
| 24/12/2020 | 8 | 25 | 42 | 24/01/2021 | 6 | 24 | 42 | 24/02/2021 | 8  | 24 | 40 | 24/03/2021 | 9 | 21 | 32 |
| 25/12/2020 | 7 | 25 | 42 | 25/01/2021 | 8 | 24 | 39 | 25/02/2021 | 7  | 23 | 38 | 25/03/2021 | 6 | 20 | 34 |
| 26/12/2020 | 9 | 25 | 39 | 26/01/2021 | 8 | 23 | 38 | 26/02/2021 | 8  | 24 | 40 | 26/03/2021 | 7 | 24 | 41 |
| 27/12/2020 | 1 | 23 | 44 | 27/01/2021 | 7 | 24 | 41 | 27/02/2021 | 8  | 24 | 39 | 27/03/2021 | 7 | 23 | 38 |
| 28/12/2020 | 1 | 22 | 42 | 28/01/2021 | 7 | 24 | 40 | 28/02/2021 | 10 | 26 | 42 | 28/03/2021 | 8 | 22 | 36 |
| 29/12/2020 | 1 | 22 | 42 | 29/01/2021 | 6 | 24 | 42 |            |    |    |    | 29/03/2021 | 7 | 25 | 42 |
| 30/12/2020 | 6 | 22 | 38 | 30/01/2021 | 8 | 24 | 39 |            |    |    |    | 30/03/2021 | 6 | 21 | 36 |
| 31/12/2020 | 9 | 25 | 40 |            |   |    |    |            |    |    |    |            |   |    |    |

## Anexo 2. Registro de la temperatura de la solución

| Temperatura de la solución |                            |            |                            |            |                            |            |                            |
|----------------------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|------------|----------------------------|
| Fecha                      | Temperatura de la solución | Fecha      | Temperatura de la solución | Fecha      | Temperatura de la solución | Fecha      | Temperatura de la solución |
| 13/12/2020                 | 17,5                       | 01/01/2021 | 15,3                       | 01/02/2021 | 18,6                       | 01/03/2021 | 19,4                       |
| 14/12/2020                 | 16,5                       | 02/01/2021 | 16,5                       | 02/02/2021 | 18,2                       | 02/03/2021 | 19,5                       |
| 15/12/2020                 | 16,1                       | 03/01/2021 | 15,5                       | 03/02/2021 | 18,5                       | 03/03/2021 | 19,6                       |
| 16/12/2020                 | 16,5                       | 04/01/2021 | 16,3                       | 04/02/2021 | 19,5                       | 04/03/2021 | 19,7                       |
| 17/12/2020                 | 17,5                       | 05/01/2021 | 15,4                       | 05/02/2021 | 19,8                       | 05/03/2021 | 20,1                       |
| 18/12/2020                 | 17,8                       | 06/01/2021 | 15,7                       | 06/02/2021 | 19,9                       | 06/03/2021 | 19,9                       |
| 19/12/2020                 | 17,2                       | 07/01/2021 | 16,8                       | 07/02/2021 | 20,3                       | 07/03/2021 | 19,9                       |
| 20/12/2020                 | 17,3                       | 08/01/2021 | 17,3                       | 08/02/2021 | 20,1                       | 08/03/2021 | 19,7                       |
| 21/12/2020                 | 15,5                       | 09/01/2021 | 16,9                       | 09/02/2021 | 20,4                       | 09/03/2021 | 18,4                       |
| 22/12/2020                 | 15,7                       | 10/01/2021 | 16,7                       | 10/02/2021 | 19,6                       | 10/03/2021 | 18,5                       |
| 23/12/2020                 | 16,9                       | 11/01/2021 | 15,9                       | 11/02/2021 | 18,9                       | 11/03/2021 | 18,9                       |
| 24/12/2020                 | 18,4                       | 12/01/2021 | 18,4                       | 12/02/2021 | 18,4                       | 12/03/2021 | 19,5                       |
| 25/12/2020                 | 17,2                       | 13/01/2021 | 18,4                       | 13/02/2021 | 18,6                       | 13/03/2021 | 19,9                       |
| 26/12/2020                 | 17,6                       | 14/01/2021 | 18,7                       | 14/02/2021 | 20,3                       | 14/03/2021 | 20,6                       |
| 27/12/2020                 | 18,6                       | 15/01/2021 | 18,5                       | 15/02/2021 | 20,1                       | 15/03/2021 | 20,2                       |
| 28/12/2020                 | 15,1                       | 16/01/2021 | 18,4                       | 16/02/2021 | 20,5                       | 16/03/2021 | 20,3                       |
| 29/12/2020                 | 16,3                       | 17/01/2021 | 19,1                       | 17/02/2021 | 17,7                       | 17/03/2021 | 19,9                       |
| 30/12/2020                 | 17,7                       | 18/01/2021 | 20,1                       | 18/02/2021 | 17,9                       | 18/03/2021 | 20,06                      |
| 31/12/2020                 | 18,3                       | 19/01/2021 | 19,8                       | 19/02/2021 | 18,2                       | 19/03/2021 | 20,8                       |
|                            |                            | 20/01/2021 | 20,1                       | 20/02/2021 | 18,9                       | 20/03/2021 | 20,7                       |
|                            |                            | 21/01/2021 | 19,3                       | 21/02/2021 | 18,7                       | 21/03/2021 | 20,9                       |
|                            |                            | 22/01/2021 | 19,5                       | 22/02/2021 | 19,4                       | 22/03/2021 | 21                         |
|                            |                            | 23/01/2021 | 19,3                       | 23/02/2021 | 19,7                       | 23/03/2021 | 21,2                       |
|                            |                            | 24/01/2021 | 19,4                       | 24/02/2021 | 19,9                       | 24/03/2021 | 19,9                       |
|                            |                            | 25/01/2021 | 19,4                       | 25/02/2021 | 20,1                       | 25/03/2021 | 17,9                       |
|                            |                            | 26/01/2021 | 16,8                       | 26/02/2021 | 20,4                       | 26/03/2021 | 18,9                       |
|                            |                            | 27/01/2021 | 17,9                       | 27/02/2021 | 21,1                       | 27/03/2021 | 18,7                       |
|                            |                            | 28/01/2021 | 18,3                       | 28/02/2021 | 21,5                       | 28/03/2021 | 18,9                       |
|                            |                            | 29/01/2021 | 20,1                       |            |                            | 29/03/2021 | 18,9                       |
|                            |                            | 30/01/2021 | 19,3                       |            |                            | 30/03/2021 | 19,1                       |
|                            |                            | 31/01/2021 | 19,5                       |            |                            | 31/03/2021 | 17,9                       |

### Anexo 3. Registro del pH de la solución nutritiva

| pH de la solución nutritiva |     |            |     |            |     |
|-----------------------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| Fecha                       | PH  | Fecha      | PH  | Fecha      | PH  |
| 01/02/2022                  | 6,7 | 01/03/2022 | 6,9 | 02/04/2022 | 6,4 |
| 03/02/2022                  | 6,7 | 03/03/2022 | 7   | 04/04/2022 | 7,2 |
| 05/02/2022                  | 6,5 | 05/03/2022 | 6,8 | 06/04/2022 | 6,9 |
| 07/02/2022                  | 6,3 | 07/03/2022 | 6,5 | 08/04/2022 | 7   |
| 09/02/2022                  | 6,8 | 09/03/2022 | 6,3 | 10/04/2022 | 7   |
| 11/02/2022                  | 6,7 | 11/03/2022 | 7,1 | 12/04/2022 | 6,9 |
| 13/02/2022                  | 7   | 13/03/2022 | 7   | 14/04/2022 | 6,9 |
| 15/02/2022                  | 7,1 | 15/03/2022 | 6,9 | 16/04/2022 | 7,1 |
| 17/02/2022                  | 7,4 | 17/03/2022 | 6,8 | 18/04/2022 | 6,7 |
| 19/02/2022                  | 7,2 | 19/03/2022 | 6,4 | 20/04/2022 | 6,8 |
| 21/02/2022                  | 6,9 | 21/03/2022 | 6,7 | 22/04/2022 | 6,5 |
| 23/02/2022                  | 6,7 | 23/03/2022 | 6,8 | 24/04/2022 | 6,7 |
| 25/02/2022                  | 6,7 | 25/03/2022 | 6,5 | 26/04/2022 | 7   |
| 27/02/2022                  | 7   | 27/03/2022 | 6,7 | 28/04/2022 | 7   |
| 28/02/2022                  |     | 29/03/2022 | 5,9 |            |     |

### Anexo 4. Registro de la conductividad eléctrica de la solución nutritiva

| Fecha      | C.E. ppm | Solidos totales | Fecha      | C.E. ppm | Solidos totales | Fecha      | C.E. ppm | Solidos totales |
|------------|----------|-----------------|------------|----------|-----------------|------------|----------|-----------------|
| 01/02/2022 | 1600     | 900             | 01/03/2022 | 2990     | 1990            | 02/04/2022 | 2930     | 1930            |
| 03/02/2022 | 1650     | 950             | 03/03/2022 | 2980     | 1980            | 04/04/2022 | 2700     | 1700            |
| 05/02/2022 | 1630     | 930             | 05/03/2022 | 2940     | 1940            | 06/04/2022 | 2650     | 1650            |
| 07/02/2022 | 1650     | 950             | 07/03/2022 | 2960     | 1960            | 08/04/2022 | 2750     | 1750            |
| 09/02/2022 | 1630     | 930             | 09/03/2022 | 3010     | 2010            | 10/04/2022 | 2770     | 1770            |
| 11/02/2022 | 1690     | 990             | 11/03/2022 | 3090     | 2090            | 12/04/2022 | 2920     | 1920            |
| 13/02/2022 | 1620     | 920             | 13/03/2022 | 3080     | 2080            | 14/04/2022 | 2910     | 1910            |
| 15/02/2022 | 1600     | 900             | 15/03/2022 | 2890     | 1890            | 16/04/2022 | 2900     | 1900            |
| 17/02/2022 | 2780     | 1780            | 17/03/2022 | 3010     | 2010            | 18/04/2022 | 2960     | 1960            |
| 19/02/2022 | 2960     | 1960            | 19/03/2022 | 3220     | 2220            | 20/04/2022 | 2890     | 1890            |
| 21/02/2022 | 2960     | 1960            | 21/03/2022 | 2920     | 1920            | 22/04/2022 | 2940     | 1940            |
| 23/02/2022 | 2890     | 1890            | 23/03/2022 | 2930     | 1930            | 24/04/2022 | 2830     | 1830            |
| 25/02/2022 | 2880     | 1880            | 25/03/2022 | 2900     | 1900            | 26/04/2022 | 2850     | 1850            |
| 27/02/2022 | 2770     | 1770            | 27/03/2022 | 2950     | 1950            | 28/04/2022 | 2820     | 1820            |
|            |          |                 | 29/03/2022 | 2940     | 1940            |            |          |                 |

### Anexo 5. Registro de porcentaje de germinación

| Dia | Fordhook Giant | Large White Ribbed. | Magenta Sunset |
|-----|----------------|---------------------|----------------|
| 1   | 0              | 0                   | 0              |
|     | 12             | 10                  | 5              |
| 2   | 20             | 15                  | 10             |
|     | 26             | 20                  | 15             |
| 3   | 30             | 25                  | 17             |
|     | 35             | 30                  | 39             |
| 4   | 45             | 42                  | 46             |
|     | 52             | 50                  | 58             |
| 5   | 72             | 69                  | 79             |
|     | 78             | 72                  | 85             |
| 6   | 88             | 82                  | 89             |
|     | 90             | 88                  | 92             |
| 7   | 95             | 93                  | 99             |
|     | 100            | 98                  | 100            |

### Anexo 6. Costos en promedio de fertilizantes

| Fertilizante        | Unidad | Costo (kg/Bs) | Precio |
|---------------------|--------|---------------|--------|
| Nitrato de calcio   | kg     | 25Kg          | 230Bs  |
| Nitrato de potasio  | kg     | 25 Kg         | 276 Bs |
| Nitrato de amonio   | kg     | 16 kg         | 10 Bs  |
| Sulfato de magnesio | kg     | 25 kg         | 198 Bs |
| N-P-K               | kg     | 25 kg         | 216 Bs |
| Hidróxido de sodio  | kg     | 5 kg          | 10bs   |
| Acido de batería    | ml     | 50ml          | 3bs    |

## Anexo 7. Contenido de nutrientes

| Fertilizantes       | Formula química   | Riqueza   | Cantidad 10l | Pureza                |
|---------------------|---|---|--------------|-----------------------|
| Nitrato de calcio   | $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  | $\text{NO}_3 = 15,5$<br>$\text{Ca O} = (26 * 0,71 = 18,46)$   | 9,79 g       | 95%                   |
| Nitrato de potasio  | $\text{KNO}_3$  | $\text{NO}_3 = 13$<br>$\text{K}_2\text{O} = (46 * 0,83 = 37,5)$   | 2,96 g       | 95%                   |
| Nitrato de amonio   | $\text{NH}_4\text{NO}_3$  | $\text{N} = 33$ , $\text{NO}_3 = 16,5$<br>$\text{P}_2\text{O}_5 = 3$ , $\text{NH}_4 = 16,5$   | 1,91 g       | 95%                   |
| Sulfato de magnesio | $\text{MgSO}_4 * 7\text{H}_2\text{O}$                                       | $\text{Mg O} = (15 * 0,6 = 9)$<br>$\text{SO}_4 = (20 * 0,33 = 6,6)$   | 3,94 g       | 95%                   |
| N-P-K               | $\text{NH}_4\text{NO}_3$<br>$\text{H}_2\text{PO}_5$<br>$\text{K}_2\text{O}$ | $\text{N} = 16\%$ , $9,5\% \text{NH}_4 = 16,5$ ,<br>$6,5\% \text{NO}_3 = 16,5$<br>$\text{P} = 16\%$ , $\text{P}_2\text{O}_5 = (46 * 0,49 = 14,29)$<br>$\text{K} = 16\%$ , $\text{K}_2\text{O} = (46 * 0,83 = 37,5)$ | 7,16 g       | 75%                   |
| Hidróxido de sodio  | $\text{Na OH}$  | $\text{Na} = 23$  |              |                       |
| Acido de batería    |   |   |              | 3% de ácido sulfúrico |

## Anexo 8. Costos de producción

| <b>COSTOS DIRECTOS</b>          | <b>UNIDAD DE MEDIDA</b> | <b>CANTIDAD</b> | <b>COSTO UNITARIO</b> | <b>SUB TOTAL</b> |
|---------------------------------|-------------------------|-----------------|-----------------------|------------------|
| <b>Insumos costos variables</b> |                         |                 |                       |                  |
| Semilla FG                      | onza                    | 1               | 12                    | 12               |
| Semilla LW                      | onza                    | 1               | 12                    | 12               |
| Semilla MS                      | onza                    | 1               | 20                    | 20               |
| Solucion nutritiva              |                         | 1               | 100                   | 100              |
| Reactivo                        |                         | 1               | 12                    | 12               |
| Bolsas plasticas                | unidad                  | 1               | 12                    | 12               |
| Complementos                    | unidad                  | 1               | 100                   | 100              |
| Luz                             | kWh                     | 120             | 0,66                  | 79,2             |
| Agua                            | m3                      | 5               | 2,5                   | 12,5             |
| <b>Mano de obra</b>             |                         |                 |                       |                  |
| Preparacion de solucion         | unidad                  | 1               | 30                    | 30               |
| Desinfeccion de piscina         | unidad                  | 1               | 30                    | 30               |
| Limpieza de piscina             | unidad                  | 1               | 30                    | 30               |
| Control de plagas               | unidad                  | 7               | 30                    | 210              |
| <b>TOTAL VARIABLES</b>          |                         |                 |                       | <b>659,7</b>     |

## Anexo 9. Etapas de construcción, preparación, siembra y producción del cultivo de acelga

### ESTAPA 1. CONSTRUCCION DE PISCINA HIDROPONICA



Cortado de las piezas metálicas



Soldando la estructura hidropónica



Armando de la estructura



Nivelado del área experimental



. Colocado de paja en la superficie



Traslado de las estructuras a la carpa





Instalación de tuberías de evacuación



Acondicionado de la superficie



Forrado con lona impermeable



Piscina para el sistema hidropónico raíz flotante

**FASE 2. PREPARACIÓN Y SIEMBRA PARA PRODUCCIÓN**

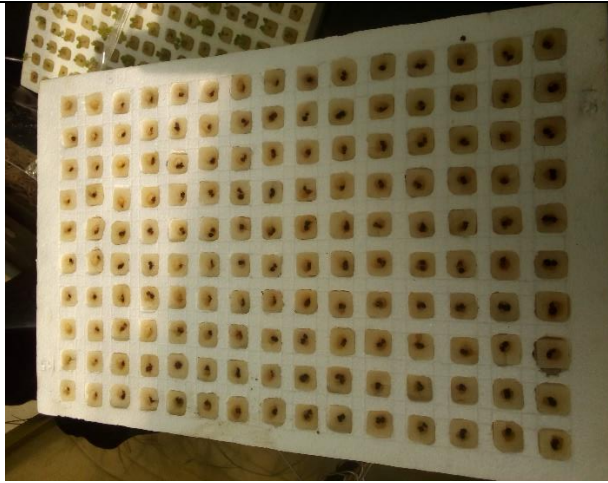


Desinfección de las esponjas para almácigo



Variedades de acelga utilizadas para el almácigo





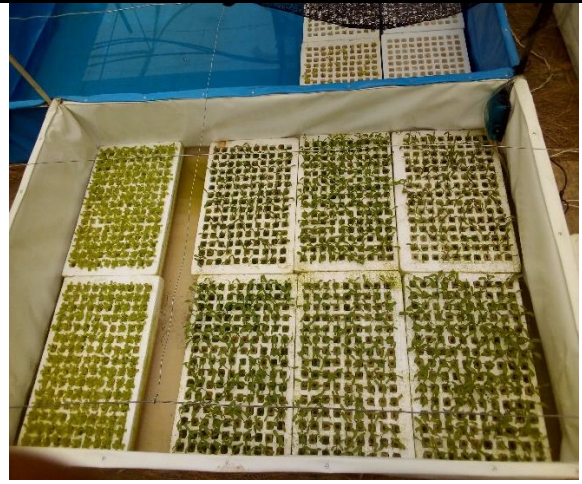
Almacigado semillas de acelga



Preparación de solución del almacigo



Colocado de bandejas almacigueras en piscina



Desarrollo de los cotiledones de acelga en almaciguera



Desinfección de la superficie de la piscina



. Preparación de solución del almacigo





Trasplante de los plantines de acelga (15 cm de altura) piscina definitiva



Distribución y marbeteado de las 27 unidades experimental en la piscina



Cambio de solución cada 15 días



Mezcla de la solución



Muestreo de dados de C.E., Ph, Solidos totales



Registro de datos en planilla



## Anexo 10. Análisis de agua

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



Informe de Ensayo: A 77/16

Página 1 de 1

### INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A77/16

|                                   |   |
|-----------------------------------|---|
| Cliente:                          | FACULTAD DE AGRONOMIA - UMSA                    |
| Solicitante:                      | Srta. Roxana Ticona Quispe                      |
| Dirección del cliente:            | Calle Araona # 9055, Zona Villa Ingenio         |
| Procedencia de la muestra:        | Centro Experimental de Cota Cota                |
|                                   | Provincia: Murillo                              |
|                                   | Departamento: La Paz                            |
| Punto de muestreo:                | Grifo de Carga de Horticultura - Fac. Agronomía |
| Responsable del muestreo:         | Srta. Roxana Ticona Quispe                      |
| Fecha de muestreo:                | 10 de mayo de 2016                              |
| Hora de muestreo:                 | 10:55   |
| Fecha de recepción de la muestra: | 10 de mayo de 2016                              |
| Fecha de ejecución del ensayo:    | Del 10 al 26 de mayo 2016                       |
| Caracterización de la muestra:    | agua de grifo                                   |
| Tipo de muestra:                  | Simple  |
| Envase:                           | Btella Pett                                     |
| Código LCA:                       | 77 -1   |
| Código original:                  | A -1  |

### Resultado de Análisis

| Parámetro               | Método        | Unidad                               | Limite de determinación | A -1<br>77 -1 |
|-------------------------|---------------|--------------------------------------|-------------------------|---------------|
| pH                      | EPA 150.1     |                                      | 1 - 14                  | 8.3           |
| Conductividad eléctrica | EPA 120.1     | µS/cm                                | 1.0                     | 88            |
| Cloruros                | SM-4500-Cl--B | mg Cl/l                              | 0.020                   | 1.1           |
| Sulfatos                | SM 4500-SO4=E | mg/l                                 | 1.0                     | 16            |
| Sodio                   | EPA 273.1     | mg/l                                 | 0.019                   | 2.7           |
| Potasio                 | EPA 258.1     | mg/l                                 | 0.21                    | 0.65          |
| Calcio                  | EPA 215.1     | mg/l                                 | 0.32                    | 11            |
| Magnesio                | EPA 242.1     | mg/l                                 | 0.18                    | 2.5           |
| Dureza total            | SM 2340 - B   | mg CaCO <sub>3</sub> /l              | 2.0                     | 38            |
| Fósforo total           | EPA 385.2     | P-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> mg/l | 0.010                   | < 0.010       |
| Nitrógeno total         | EPA 351.1     | mg/l                                 | 0.30                    | < 0.30        |

SM = Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater)  
EPA = Environmental Protection Agency ( Sampling and Analysis Methods)

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

La Paz, junio 12 de 2016

  
Ing. Jaime Chincheros Paniagua  
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



CC: HDS  
JCH/LCA

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