



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**EFEECTO DEL GUANO DE ISLAS EN EL RENDIMIENTO DE DOS  
CULTIVARES DE ACELGA (*Beta vulgaris* L. VULGARIS var. cicla)  
EN CONDICIONES DE INVERNADERO EN PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**EDWIN SALAMANCA TICONA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**PUNO – PERÚ**

**2019**



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, por haber tenido su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida. A mis hermanos Juan Carlos y Jorge que siempre fueron un ejemplo a seguir y por escucharme y ayudarme en cualquier momento. A mi pareja Naldy por estar a mi lado y su apoyo en todo este proceso de lograr mis objetivos y a mi hijo Marcello que es el que me impulsa a tener más retos y objetivos en esta vida.



## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar doy infinitamente gracias a Dios, por haberme dado fuerza y valor para culminar esta etapa de mi vida.

Agradezco también la confianza y el apoyo brindado por parte de mi madre, que sin duda alguna en el trayecto de mi vida me ha demostrado su amor, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos.

A mis hermanos, que con sus consejos me ha ayudado a afrontar los retos que se me han presentado a lo largo de mi vida.

A mi padre, que siempre está presente en mi vida. Y sé que está orgulloso de la persona en la cual me he convertido.

Al Ing. Mario Solano Larico por toda la colaboración brindada, durante la elaboración de este proyecto.

Finalmente al M.sc. Francis Miranda Choque por sus valiosas aportaciones hicieron posible este proyecto y por la gran calidad humana que me ha demostrado con su amistad.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	
RESUMEN .....	14
ABSTRACT.....	16

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

### CAPITULO II

#### REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. IMPORTANCIA DE LAS HORTALIZAS DE HOJA.....	21
2.2. CULTIVO DE ACELGA.....	21
2.2.1. Origen e Importancia.....	21
2.2.2. Ubicación Taxonómica.....	22
2.2.3. Descripción Botánica.....	23
2.2.4. Fases fenológicas del cultivo.....	25
2.2.5. Ciclo Vegetativo.....	26
2.2.6. Cultivares de Acelga.....	26
2.2.7. Requerimientos Edafoclimáticos.....	27
2.3. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO.....	29
2.3.1. Preparación del suelo.....	29
2.3.2. Siembra.....	29
2.3.3. Siembra directa.....	29
2.3.4. Siembra en almácigo.....	30
2.3.5. Densidad de siembra.....	30



2.3.6. Época de siembra.....	31
2.3.7. Labores culturales.....	31
2.3.8. Riego.....	32
2.3.9. Cosecha.....	33
2.3.10. Post cosecha.....	33
2.3.11. Rendimiento agronómico .....	34
2.3.12. Componentes del rendimiento .....	34
2.3.13. Variabilidad del rendimiento .....	34
2.3.14. Rendimientos del cultivo de acelga.....	35
2.3.15. Características nutricionales de la acelga .....	36
2.4. FERTILIZACIÓN.....	36
2.4.1. Fertilización edáfica .....	37
2.4.2. Fertilización orgánica .....	38
2.5. ABONOS ORGÁNICOS .....	38
2.5.1. Abonamiento (Guano de islas).....	40
2.6. PROCESOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS POR LA PLANTA .....	42
2.6.1. Absorción radicular de los nutrientes .....	42
2.7. AMBIENTE PROTEGIDO.....	43
2.7.1. Funciones del ambiente protegido.....	43
2.7.2. Tipos de ambientes protegidos .....	44
2.7.3. Orientación .....	44
2.7.4. Temperatura.....	45
2.7.5. Humedad relativa.....	45
2.7.6. Luminosidad .....	45
2.7.7. Ventilación .....	46
2.7.8. Requerimientos de nutrientes del cultivo de acelga .....	46
2.8. ANTECEDENTES DEL PROYECTO .....	47



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	52
3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN .....	52
3.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.....	52
3.4. FACTORES EN ESTUDIO .....	53
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	54
3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO .....	55
3.7. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA.....	58
3.8. ANÁLISIS DE SUELO .....	59
3.8.1. Temperatura.....	60
3.8.2. Riego.....	60
3.9. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	61

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE PLANTA CON LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE GUANO DE ISLAS EN DOS CULTIVARES DEL CULTIVO DE ACELGA EN CONDICIONES DE INVERNADERO – PUNO .....	62
4.2. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA BAJO LA APLICACIÓN DE DOSIS DE GUANO DE ISLAS EN DOS CULTIVARES DEL CULTIVO DE ACELGA EN CONDICIONES DE INVERNADERO – PUNO.....	68
4.2.1. Área foliar de hojas/planta bajo la aplicación de dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno.....	73



4.3. DETERMINACIÓN DEL PESO DE LAS HOJAS DE DOS CULTIVARES DE ACELGA A LA APLICACIÓN DE DOSIS DE GUANO DE ISLAS EN CONDICIONES DE INVERNADERO – PUNO.....	77
4.3.1. Determinación del rendimiento de las hojas de dos cultivares de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas en condiciones de invernadero – Puno.....	83
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>91</b>
<b>VII. REFERENCIAS.....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>100</b>

**Área** : Ciencias Agrícolas

**Tema** : Manejo agronómico de hortalizas, forestales plantas ornamentales, aromáticas y medicinales.

**FECHA DE SUSTENTACIÓN: 06 DE MAYO DE 2019.**



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Registro de temperaturas dentro de invernadero, Feb-Abril 2018. ....	60
Figura 2. Altura de planta por cada tratamiento evaluado. ....	68
Figura 3. Número de hojas por cada tratamiento evaluado. ....	73
Figura 4. Área foliar promedio por hojas por cada tratamiento evaluado. ....	77
Figura 5. Peso promedio de hojas (kg/0.8m <sup>2</sup> ) de cada tratamiento evaluado. ....	82
Figura 6. Rendimiento promedio de hojas (t/ha) de cada tratamiento evaluado. ....	88
Figura 7. Vista satelital de invernadero (Google Earth) .....	100
Figura 8. Preparación del terreno (área experimental) .....	110
Figura 9. Medición del área experimental .....	110
Figura 10. Nivelado del área experimental .....	110
Figura 11. Materiales e insumos utilizados durante la siembra .....	111
Figura 12. Guano de islas que se expende. ....	111
Figura 13. Pesado de guano de islas en balanza digital tipo portátil .....	112
Figura 14. Verificado de tratamientos por código para sembrado de semillas .....	112
Figura 15. Aplicación de guano de islas, mezclado con suelo, sembrado de semillas por tratamiento .....	113
Figura 16. Regado del área experimental .....	113
Figura 17. Desarrollo del cultivo de las dos variedades de acelga .....	113
Figura 18. Deshierbe con piquillo de algunas malezas .....	114
Figura 19. Medición de altura de planta .....	114
Figura 20. Visita de jurados al cultivo de acelga .....	115
Figura 21. Conteo y cosecha de hojas del cultivo de acelga .....	115
Figura 22. Pesado de hojas de acelga en balanza digital portátil .....	116





Figura 23. Medición digital de área foliar de hoja de acelga.....	116
Figura 24. Pesado de hojas de acelga por tratamiento .....	117



## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición nutritiva de la acelga.....	36
Tabla 2. Composición Química del Guano de Islas.....	41
Tabla 3. Riquezas en nutrientes del guano de islas.....	42
Tabla 4. Tratamientos en estudio.....	54
Tabla 5. Dosis de guano de islas en kg/ha y g/0.80m <sup>2</sup> .....	57
Tabla 6. Análisis físico – químico del suelo antes de la instalación del trabajo experimental.....	59
Tabla 7. Análisis de varianza para altura de planta.....	63
Tabla 8. Prueba de Tukey (P≤0.05) para factor cultivares de acelga sobre altura de planta.....	65
Tabla 9. Prueba de Tukey (P≤0.05) para factor Dosis de guano de islas sobre altura de planta.....	67
Tabla 10. Análisis de varianza para número de hojas.....	69
Tabla 11. Prueba de Tukey (P≤0.05) para factor cultivares de acelga número de hojas.....	70
Tabla 12. Prueba de Tukey (P≤0.05) para factor Dosis de guano de islas sobre número de hojas.....	72
Tabla 13. Análisis de varianza para promedio de área foliar de hoja.....	74
Tabla 14. Prueba de Tukey (P≤0.05) para factor cultivares de acelga sobre promedio de área foliar de hoja.....	75
Tabla 15. Prueba de Tukey (P≤0.05) para factor dosis de guano de islas sobre promedio de área foliar de hoja.....	76
Tabla 16. Análisis de varianza para peso de hojas.....	79



Tabla 17.	Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga sobre promedio de peso de hojas. ....	80
Tabla 18.	Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor Dosis de guano de islas sobre peso de hojas. ....	82
Tabla 19.	Análisis de varianza para rendimiento de hojas. ....	84
Tabla 20.	Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga sobre promedio de rendimiento de hojas. ....	85
Tabla 21.	Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor Dosis de guano de islas sobre rendimiento de hojas. ....	87
Tabla 22.	Altura de planta promedio previa a la cosecha en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas. ....	101
Tabla 23.	Número de hojas promedio previo a la cosecha en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas. ....	101
Tabla 24.	Área foliar promedio previo a la cosecha en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas. ....	101
Tabla 25.	Peso de hojas ( $\text{kg}/0.8\text{m}^2$ ) planta en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas. ....	102
Tabla 26.	Rendimiento de hojas ( $\text{t}/\text{ha}$ ) en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas. ....	102



## ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

B/C	: Beneficio costo
Bs	: Bolivianos
cm	: centímetros
cm <sup>2</sup>	: centímetros cuadrados
CV	: Coeficiente de variación
C.M.	: Cuadrados medios
CO <sub>2</sub>	: Dióxido de carbono
ENCI	: Empresa Nacional de Comercialización de Insumos
E.I.R.L.	: Empresa individual de responsabilidad limitada
F.V.	: Fuente de variación
Fc	: F calculada
Ft	: F tabular
G.L.	: Grados de libertad
g	: gramos
ha	: hectárea
kg	: kilogramo
kg/ha	: kilogramo por hectárea
INIA	: Instituto Nacional de Innovación Agraria
S.C.	: Suma de cuadrados
l/m <sup>2</sup>	: litros por metro cuadrado
n.s.	: No significativo
m	: metros
m <sup>2</sup>	: metros cuadrados
mg	: miligramo



M.O.	: Materia orgánica
msnm	: metros sobre el nivel del mar
pH	: potencial de hidrógeno
t	: tonelada
t/ha	: tonelada por hectarea
UNA	: Universidad Nacional del Altiplano
°C	: Grados centígrados
*	: Es significativo
**	: Es altamente significativo
$\bar{x}$	: Promedio o media general



## RESUMEN

El trabajo de investigación se realizó en un invernadero familiar, ubicado en la localidad de Jallihuaya, del distrito, provincia y región de Puno, desarrollado desde el 01 de febrero hasta el 11 de abril del año 2018. Los objetivos planteados fueron: a) Determinar la altura de planta con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno. b) Estimar el número de hojas/planta bajo la aplicación de dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno. y c) Determinar el peso de las hojas de dos cultivares de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas en condiciones de invernadero – Puno. Los factores en estudio fueron dos cultivares de acelga (Rhubarb y Ford Hook) y cuatro dosis de guano de islas (00, 500, 1000 y 1500 kg/ha de guano de islas). El experimento fue conducido bajo el Diseño Experimental Bloque Completamente al Azar con arreglo factorial de 2 cultivares de acelga por 4 dosis de guano de islas, bajo 3 repeticiones, haciendo 8 tratamientos en estudio. Los resultados fueron analizados mediante análisis de varianza y prueba de comparación de medias de Tukey. a) En altura de planta, el cultivar “Ford hook” bajo la aplicación de guano de isla a la dosis de 1000 kg/ha obtuvo mayor altura de planta con 59.43 cm, la dosis de 1500 kg/ha de guano de islas tuvo 55.92 cm, superiores a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas obtuvo 45.40 cm. El cultivar “Rhubarb”, bajo la dosis de 1000 kg/ha de guano de islas obtuvo 49.94 cm, la dosis de 1500 kg/ha de guano de islas obtuvo 44.83 cm, superiores a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas obtuvo 39.99 cm. b) En número de hojas, el cultivar “Ford hook” bajo la dosis de 1000 kg/ha de guano de islas obtuvo mayor número de hojas con 20.75 hojas, la dosis de 500 kg/ha de guano de islas con 18.46 hojas, superiores a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas obtuvo 15.38 hojas. El cultivar “Rhubarb”, bajo la dosis de 1000 kg/ha de guano



de islas obtuvo 16.17 hojas, la dosis de 500 kg/ha de guano de islas obtuvo 14.54 hojas, superiores a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas obtuvo 12.46 hojas. En área foliar, el cultivar “Ford hook” con la dosis de 1000 kg/ha de guano de islas obtuvo mayor área foliar con 392.95 cm<sup>2</sup>, la dosis de 500 kg/ha de guano de islas con 364.17 cm<sup>2</sup>, superiores a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas obtuvo 255.02 cm<sup>2</sup>. El cultivar “Rhubarb”, bajo la dosis de 1000 kg/ha de guano de islas obtuvo 340.11 cm<sup>2</sup>, la dosis de 1500 kg/ha de guano de islas obtuvo 299.32 cm<sup>2</sup>, superiores a la dosis de 00 kg/ha de guano de islas obtuvo 178.57 cm<sup>2</sup>. c) En peso de hojas el cultivar Ford Hook, a la dosis de 1000 kg/ha tuvo 3.68 kg/0.8m<sup>2</sup> (46.00 t/ha), la dosis de 1500 kg/ha tuvo 3.37 kg/0.8m<sup>2</sup> (42.13 t/ha), superiores a la dosis de 00 kg/ha que tuvo 2.87 kg/0.8m<sup>2</sup> (35.88 t/ha); en el cultivar Rhubarb la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de hojas con 2.62 kg/0.8m<sup>2</sup> (32.75 t/ha), la dosis de 1500 kg/ha con 2.40 kg/0.8m<sup>2</sup> (30.00 t/ha), superiores a la dosis de 00 kg/ha tuvo 1.96 kg (24.50 t/ha).

**Palabras clave:** Acelga, área foliar, hojas, guano de islas, peso.



## ABSTRACT

The research work was carried out in a family greenhouse, located in the town of Jallihuaya, in the district, province and region of Puno, developed from February 1 to April 11, 2018. The proposed objectives were: a) To determine the height of the plant with the application of four doses of island guano in two cultivars of the chard crop in greenhouse conditions - Puno. b) To estimate the number of leaves/plant under the application of island guano doses in two cultivars of the chard crop in greenhouse conditions - Puno. and c) To determine the weight of the leaves of two chard cultivars under the application of island guano doses in greenhouse conditions - Puno. The factors in study were two cultivars of chard (Rhubarb and Ford Hook) and four doses of island guano (00, 500, 1000 and 1500 kg/ha of island guano). The experiment was conducted under the Fully Randomized Block Experimental Design with factorial arrangement of 2 chard cultivars by 4 doses of isle guano, under 3 replicates, making 8 treatments under study. The results were analyzed through analysis of variance and Tukey's mean comparison test. a) In plant height, the "Ford hook" cultivar under the application of island guano at the dose of 1000 kg/ha obtained greater plant height with 59.43 cm, the dose of 1500 kg/ha of island guano had 55.92 cm, higher than the dose of 00 kg/ha of island guano obtained 45.40 cm. The cultivar "Rhubarb", under the dose of 1000 kg/ha of guano from islands obtained 49.94 cm, the dose of 1500 kg/ha of guano from islands obtained 44.83 cm, higher than the dose of 00 kg/ha of guano from islands obtained 39.99 cm. b) In number of leaves, the cultivar "Ford hook" under the dose of 1000 kg/ha of guano from islands obtained more leaves with 20.75 leaves, the dose of 500 kg/ha of guano from islands with 18.46 leaves, higher than the dose of 00 kg/ha of guano from islands obtained 15.38 leaves. The cultivar "Rhubarb", under the dose of 1000 kg/ha of





guano from islands obtained 16.17 leaves, the dose of 500 kg/ha of guano from islands obtained 14.54 leaves, higher than the dose of 00 kg/ha of guano from islands obtained 12.46 leaves. In leaf area, the cultivar "Ford hook" with the dose of 1000 kg/ha of guano from islands obtained a greater leaf area with 392.95 cm<sup>2</sup>, the dose of 500 kg/ha of guano from islands with 364.17 cm<sup>2</sup>, higher than the dose of 00 kg/ha of guano from islands obtained 255.02 cm<sup>2</sup>. The cultivar "Rhubarb", under the dose of 1000 kg/ha of guano from islands obtained 340.11 cm<sup>2</sup>, the dose of 1500 kg/ha of guano from islands obtained 299.32 cm<sup>2</sup>, superior to the dose of 00 kg/ha of guano from islands obtained 178.57 cm<sup>2</sup>.

c) In weight of leaves the cultivar Ford Hook, at the dose of 1000 kg/ha had 3.68 kg/0.8m<sup>2</sup> (46.00 t/ha), the dose of 1500 kg/ha had 3.37 kg/0.8m<sup>2</sup> (42.13 t/ha), higher than the dose of 00 kg/ha that had 2.87 kg/0.8m<sup>2</sup> (35.88 t/ha); in the cultivar Rhubarb the dose of 1000 kg/ha had higher weight of leaves with 2.62 kg/0.8m<sup>2</sup> (32.75 t/ha), the dose of 1500 kg/ha with 2.40 kg/0.8m<sup>2</sup> (30.00 t/ha), higher than the dose of 00 kg/ha had 1.96 kg (24.50 t/ha).

**Key words:** Chard, leaf area, leaves, islasnd guano, weight.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

En la región del altiplano puneño, los agricultores principalmente se dedican al cultivo de especies tradicionales conocidas como “cultivos andinos”, dando menor importancia a las hortalizas como cultivos alternativos y que son fuentes de vitaminas y minerales; sin embargo, estas deben constituir parte de la dieta del poblador del altiplano. Las hortalizas actualmente son adquiridas en mercados locales, procedentes principalmente de la región de Arequipa.

Por otra parte en los últimos años, se conoce que, se está dando importancia a la producción orgánica de cultivos, debido a que los fertilizantes químicos están causando efectos perjudiciales para la agricultura, como el empobreciendo de la micro fauna del suelo, así como de minerales requeridos por los cultivos.

La acelga es asombrosamente alta en minerales, como Ca, Fe, Mg, P y K. Es agradable, azucarada y con un sabor a tierra, aunque algunas partes son levemente amargas, contiene una cantidad enorme de vitamina A y es naturalmente alta en Na (sal), una taza de acelga contiene 313 mg de Na, que es lo más alto que se ha registrado en los vegetales (Bustos, 1988).

En este sentido, el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla) se constituye en una especie de mucha importancia tanto en lo económico como en lo social, puesto que es una hortaliza de amplio uso en la alimentación humana, como una de las fuentes de vitaminas A, C, Fe y otros minerales; y como planta medicinal por ser considerada emoliente, refrescante, digestiva, diurética, diaforética (provoca la secreción de sudor) y nutritiva (Núñez, 2016).



Actualmente se habla de horticultura protegida, la cual, se define como el sistema de producción que permite modificar el ambiente natural en el que se desarrollan los cultivos hortícolas, con el propósito de alcanzar un crecimiento óptimo y con ello, un alto rendimiento. Este sistema permite ofrecer productos de alta calidad, con mejores precios de venta y con mayores niveles de inocuidad. La horticultura protegida contribuye a sustentar y fomentar el desarrollo agroindustrial, a generar divisas y empleo para el país y una vida más digna entre la gente del medio rural (Huerta, 2012)

Las razones para la elección del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla), para este estudio fue el alto contenido de Fe de hasta 2.4 mg (Ugas R.; Siura S.; Delgado de la Flor F.; Casas A.; Toledo J. (2000).), lo cual permitiría combatir la anemia en los niños de nuestra región.

Por lo tanto, es necesario realizar investigaciones sobre el uso de productos orgánicos como el guano de islas y su efecto en diferentes cultivares de acelga, para mejorar el rendimiento del cultivo pero en condiciones de invernadero, de esta forma obtener alimentos libres de contaminación y capaces de competir en un mercado cada vez más exigente en cuanto a cantidad y calidad.

Por lo antes manifestado se ha planteado los siguientes objetivos:

- Determinar la altura de planta con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno.
- Estimar el número de hojas/planta bajo la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno.
- Determinar el peso de las hojas de dos cultivares de acelga a la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en condiciones de invernadero – Puno.



- Determinar el rendimiento de dos cultivares de acelga a la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en condiciones de invernadero – Puno.



## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. IMPORTANCIA DE LAS HORTALIZAS DE HOJA

Las hortalizas de hoja verde son un importante componente de una dieta saludable, ya que son una fuente importante de vitaminas, minerales y nutrimentos, es por ello que de manera internacional se promueve su consumo para mejorar la nutrición. Su consumo regular y en cantidades suficientes puede ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Taban y Halkman, 2011).

Se ha reportado que el consumo en cantidades adecuadas de hortalizas de hoja, trae consigo grandes beneficios a la salud, muchos estudios señalan que su consumo está asociado con la disminución de la incidencia de enfermedades como la diabetes tipo 2. Su posible beneficio se asocia al contenido de antioxidantes ya que contribuyen a la reducción del estrés oxidativo sistémico (Carter *et al.*, 2010).

#### 2.2. CULTIVO DE ACELGA

##### 2.2.1. Origen e Importancia

Los primeros informes que se tienen de esta hortaliza la ubican en la región del Mediterráneo y en las Islas Canarias, Aristóteles hace mención de la acelga en el siglo IV a.c. (Vavilov 1960), Específicamente su origen se ubica en las regiones de Grecia e Italia (Aitken, 1987). El suelo y clima de Europa sirvió para que esta hortaliza creciese en estado salvaje, especialmente en la faja Mediterránea, hasta que los griegos comenzaron a cultivarla. A partir de entonces, fue uno de los complementos de la dieta más empleados por los habitantes de estas tierras (De la Paz y Souza-Egipsy, 2003). Llegó a América con los españoles (Océano, 2001).



La acelga ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana durante mucho tiempo. Se consume de varias formas, tiene propiedades laxantes, digestivas y un alto contenido de Vitaminas A y C (Océano, 2001).

Giaconi (2004) indica que no puede faltar en ningún huerto casero ya que es una de las pocas plantas que suministran hojas y peciolo que cubren las necesidades de la familia durante varios meses. Las hojas se preparan en forma semejante a la de la espinaca: cocidas y aliñadas como ensalada, guisadas, en pasteles o sopas o bien en frituras como falsos pejerreyes (peciolo).

### 2.2.2. Ubicación Taxonómica

Según el sistema de clasificación filogenético de Adolf Engler, citado por Solano (2018) la acelga presenta la siguiente clasificación sistemática:

Reino	: Vegetal
Sub Reino	: Phanerogamae
División	: Angiospermae
Clase	: Dicotyledoneae
Sub Clase	: Archychlamydeae
Orden	: Centrospermales
Familia	: Chenopodiaceae
Género	: <b><i>Beta</i></b>
Especie	: <b><i>B. vulgaris</i></b>
Sub Especie	: <b><i>Beta vulgaris</i></b> ssp. vulgaris
Variedad	: <b><i>Beta vulgaris</i></b> ssp. vulgaris var. cicla



Nombres comunes: acelga, beta, selga, etc.

### 2.2.3. Descripción Botánica

La acelga es una planta bienal y de ciclo largo que no forma raíz o fruto comestible, donde el vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. (Suquilanda, 1995). Es una remolacha que se cultiva por sus peciolos y hojas suculentas. Durante el primer año las plantas forman una raíz principal carnosa, un tallo corto y un gran número de hojas simples y bien desarrolladas. Durante el segundo año forman los tallos florales que sostienen el fruto y las semillas. Las hojas exteriores maduran primero. A medida que se cortan se forman nuevas hojas, en esta forma la planta está en producción durante una temporada de crecimiento relativamente larga (Vavilov, 1992).

#### a) Raíz

La raíz, que como en toda planta desempeña un rol de sostén y de conducción de la savia desde el suelo hasta los demás órganos es bastante profunda y fibrosa (Océano, 2001) y se caracteriza por ser napiforme, no engrosada, larga y crecida de color blanco amarillento (De La Paz *et al.*, 2003).

#### b) Tallo

El tallo herbáceo en la acelga está muy poco desarrollado, este tallo es muy ramificado y con flores dispuestas en tallo ascendente. (De la Paz *et al.*, 2003).

#### c) Hojas

Según Franco (2002), constituye la parte comestible de la planta, son grandes de forma oval tirando hacia acorazonada; tiene un peciolo o penca ancha y larga, que se prolonga en el limbo; el color varia, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro.



Según la enciclopedia libre Wikipedia la forma de las hojas basales de la acelga son ovadas cordadas a rómbicas cunedas y las hojas caulinares tienen forma rómbica.

Es una planta herbácea de peciolo largo y suculento, hojas grandes y erectas, parecidas a las de la remolacha pero mucho más suculentas (Martínez *et al* 2003), estas son de gran tamaño y se agrupan en forma de roseta ascendente a partir de las pencas (De la Paz y Souza-Egipsy, 2003).

Las variaciones morfológicas en el peciolo dependen del uso culinario que se les proporcione, los cultivares con el peciolo poco desarrollado pertenecen a la acelga “de corta” (que se consume por sus limbos), y muy desarrollado, carnoso y blanco en la acelga “de pencas” (aprovechada por sus peciolo). En cuanto al color, De la Paz y Souza-Egipsy (2003), mencionan que varían en cuanto a la tonalidad de verde, pudiendo encontrarlas desde el verde pálido al verde oscuro.

#### **d) Inflorescencia y flor**

Posee una inflorescencia en panículas cimosas con flores no pedunculadas que se presentan en grupos de dos o tres flores en la axila de cada bráctea. Las flores poseen cinco sépalos verdes y cinco estambres, así como un único pistilo con un estilo rematado por tres brazos estigmáticos (Muñoz, 2005).

Al tratarse de un cultivo bienal, la floración tiene lugar en el segundo ciclo, esta comienza en la base de la inflorescencia y continúa en forma ascendente. Generalmente la flor presenta protandria, liberándose el polen durante la mañana del primer día, perdiendo su viabilidad a los cuatro días de su liberación. Los estigmas comienzan a desplegarse por la tarde del primer día y no se extienden completamente hasta el segundo o tercero, manteniéndose receptivos durante más de dos semanas (Muñoz, 2005).





Además de la protandria, este cultivo presenta autoincompatibilidad de tipo gametofítico, aunque puede producirse un cierto porcentaje de semillas por autogamia en algunas variedades y en determinadas condiciones, sobre todo a temperaturas altas; y existen variedades donde es frecuente la producción de semillas agamospermicas. Se trata entonces de un cultivo con escasa tasa de autogamia, en el que el viento se encarga de transportar los granos de polen, aunque parece que las flores pueden ser visitadas por insectos que recogen algo de néctar. Entre estos insectos se ha visto la importancia de los trips así como algunos himenópteros y dípteros (Muñoz, 2005).

#### **e) Fruto y Semilla**

Cada pistilo produce un fruto que queda encerrado en la base de la flor, con una única semilla. Sin embargo, los frutos de cada grupo de flores quedan soldados en glomérulos, denominándose multigérmenes. Los multigérmenes, presentan inconvenientes durante la siembra y obligan al posterior aclareo del cultivo, razón por la que existen técnicas mecánicas para separar los glomérulos (Muñoz, 2005).

#### **2.2.4. Fases fenológicas del cultivo**

De acuerdo con Galván *et al.*, (2008) las fases fenológicas del cultivo de acelga son los siguientes:

##### **Fase de plántula**

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



## **Fase de roseta**

Ésta 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.

### **2.2.5. Ciclo Vegetativo**

El tiempo de germinación de la semilla es de 13 a 24 días y su ciclo vegetativo es de aproximadamente un año (SEMTA ,1993).

### **2.2.6. Cultivares de Acelga**

#### **a) *Beta vulgaris ssp vulgaris* var. cicla cv. Fordhook giant**

Es una planta de hojas arrugadas de color verde oscuro, con peciolos blancos y gruesos, el tallo tiene un ancho de 5 a 6 cm. Es productor de abundantes hojas durante toda la temporada, incluso después de heladas ligeras, las hojas tienen un sabor suavemente agradable. Está adaptada al cultivo para todo el año y especialmente recomendada para siembras de marzo a junio, por su resistencia a la subida de la flor. Crece con rapidez (cosecha a los 65 días) y se adapta a muchos climas (AFRIAGRO, 2011).

#### **b) *Beta vulgaris ssp vulgaris* var. cicla cv. Rhubarb Chard**

Es una planta que exhibe peciolos carmesí es una vistosa curiosidad para el huerto familiar (Casseres, 1981). Ésta variedad de acelga es bienal, de penca roja, tiene las mismas propiedades que la demás variedades de acelga. Es una planta muy vigorosa y el sabor de las hojas resulta un poco terroso y más potente que la acelga blanca. Según García (2012), la acelga roja se ha mostrado muy resistente a las enfermedades fúngicas,



siendo que soporta mejor el frío que la acelga blanca, los días que transcurren hasta la cosecha de ésta variedad son de 62 días.

### 2.2.7. Requerimientos Edafoclimáticos

#### a) Temperatura

Al respecto, Giaconi (2004) indica que se trata de un cultivo rústico, que se adapta a varias condiciones de clima, resiste bien los rigores del invierno y los calores del verano, aun cuando en esta estación tiende a emitir tallos florales, a raíz de los cuales sus hojas adquieren un sabor amargo.

De acuerdo a Valadez (1993), es una hortaliza de clima frío, tolera temperaturas muy bajas y altas. La temperatura óptima para su germinación es de 10 a 25 °C y para su desarrollo de 15 a 18 °C.

La planta se hiela cuando las temperaturas son menores a -5°C y detiene su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5°C. En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27 a 33°C, con un medio óptimo entre 15 y 25°C. Las temperaturas de germinación están entre 5°C de mínima y 30 a 35°C de máxima, con un óptimo entre 18 a 22°C (Infoagro, 2007).

#### b) Luz y Humedad relativa

Astearian (2000), sostiene que *Beta vulgaris cicla* no requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura.

El mismo autor señala que la humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero. En algunas regiones tropicales y subtropicales se



desarrolla bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne debido a la ausencia de inviernos marcados en estas regiones.

Al respecto, (Estrada 2003) señala que las plantas se desarrollan bien cuando la humedad relativa fluctúa entre 30 y 70%, por debajo del 30% las hojas y tallos se marchitan, por encima de 70% la incidencia de las enfermedades es un problema.

#### **c) Agua**

Es un cultivo que debido a su gran masa foliar necesita en todo momento mantener en el suelo un estado óptimo de humedad. Para obtener una hortaliza de buena calidad no conviene que la planta acuse síntomas de deshidratación, durante las horas de mayor temperatura en el invierno, para evitar que los tejidos se embastezcan (Gajon, 1996).

#### **d) Suelo**

La acelga necesita suelos de consistencia media y vegeta mejor cuando la textura tiende a arcillosa que cuando es arenosa. Requiere suelos profundos, permeables, con gran poder de absorción y ricos en materia orgánica en estado de humificación. Es un cultivo que soporta muy bien la salinidad del suelo, resistiendo bien a cloruros y sulfatos, pero no tanto al carbonato sódico. Requiere suelos algo alcalinos, con un pH óptimo de 7.2, vegetando en buenas condiciones en los comprendidos entre 5.5 y 8.0, no tolera los suelos ácidos (Miranda, 1997).

Según la Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería (Océano 2001) la acelga requiere terrenos frescos, bien provistos de materia orgánica, con textura franca y que no sean ácidos. El suelo debe tener un buen contenido de humedad y pH de 5.8 a 6.8, aunque es tolerante a suelos salinos (Martínez *et al.*, 2003).



## 2.3. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

### 2.3.1. Preparación del suelo

Como todas las hortalizas, requiere una esmerada preparación del terreno. Los trabajos preparatorios consisten en una labor profunda con un pase de arado, en la que se aporta el abonado de fondo, y una o dos labores superficiales, con pasadas de rastras, finalmente pasar el rodillo desterrador, para conseguir un terreno mullido. Es recomendable hacer una buena nivelación del terreno, sobre todo si va regar por gravedad (Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería Océano, 2001 y (Aitken 1987).

### 2.3.2. Siembra

El cultivo puede ser de siembra directa y/o por almacigo y trasplante. La preferencia por uno o por otro está determinada por factores locales y por la importancia que se asigne al cultivo (Giaconi, 2004).

### 2.3.3. Siembra directa

Según el mismo autor, la siembra directa puede hacerse al voleo o en líneas.

**Al voleo.** Este tipo de siembra no es recomendable en cultivos a nivel comercial por que la distribución de la semilla no es uniforme y por muy rala que sea la siembra, las plantas no quedan debidamente espaciadas, lo que limita su desarrollo. Sin embargo, ésta modalidad es aceptable para huertos caseros, cuya desmalezadas se hacen a mano; además, la mayor densidad de plantas origina hojas y peciolo más tiernos y apetecibles (Giaconi, 2004).



**En líneas.** Para éste tipo de siembra se preparan platabandas de 1.5 m de ancho por 2 m de largo, sobre las cuales se trazan líneas, con un surcador de 30 a 40 cm de distancia, en los cuales se distribuye la semilla a surco lleno a mano (Giaconi, 2004).

Al respecto, Flórez (2009) indica que la forma óptima de realizar la siembra directa en líneas es colocando de 2 a 3 semillas por golpe, distantes entre sí a 0.35 m, sobre líneas espaciadas de 0.4 a 0.5 m, ya sea en surco sencillo o doble. Para mejorar la germinación se deben dejar las semillas en agua antes de la siembra y enterrarlas como mínimo a 2 cm de profundidad (De La Paz *et al.*, 2003).

#### **2.3.4. Siembra en almácigo**

Según De La Paz *et al.*, (2003) los almácigos se deben realizar al aire libre, se debe utilizar de 10 a 12 g de semilla/m<sup>2</sup> para trasplantar a surcos trazados de 60 a 70 cm de distancia, las plantas se disponen a uno o a ambos costados de los surcos, a 25 cm de distancia sobre estos.

Por otra parte, Aitken (1987) indica que el trasplante se debe realizar a hileras simples, la distancia entre estas debe ser de 40 cm y la distancia entre plantas de 30 cm a una profundidad de siembra de 1.5 cm. El trasplante debe realizarse a los 30 o 40 días después de la siembra (Enciclopedia Practica de la Agricultura y Ganadería Océano, 2001) cuando la planta tiene de 4 a 6 hojas (Giaconi, 2004 y De La Paz *et al.*, 2003).

#### **2.3.5. Densidad de siembra**

Para la siembra directa se utiliza alrededor de 6 a 10 kg/ha; en caso de almacigo–trasplante de 1 a 2 kg/ha, según se plante a uno o dos lados del surco (Giaconi, 2004).



De acuerdo a Ramírez (1990), la densidad de siembra varía según las variedades y se utilizan de 2.3 a 4.5 kg de semilla por hectárea. La cantidad de semilla por k es 71400; y la población de plantas por ha es de 70000 (Aitken, 1987).

### **2.3.6. Época de siembra**

La acelga se puede sembrar en cualquier época del año, sin embargo se recomienda realizar a fines de junio para poder obtener mayor número de cosechas (Valadez, 1995). Para sembrar el almácigo la época más usual es de Septiembre a Febrero, no obstante la siembra directa puede hacerse en la misma fecha o un mes después de la que correspondería al almacigo (Giaconi, 2004).

**Dosis de Semilla**, para la siembra directa se utiliza alrededor de 6 a 10 kg/ha; en caso de almacigo-transplante de 1 a 2 kg/ha, según se plante a uno o dos lados del surco (Giaconi, 2004). El l de semilla pesa 250 g con un contenido medio de 60 semillas/g. (Giaconi, 2004). La cantidad de semilla por k es 71400; y la población de plantas por ha es de 70000 (Aitken, 1987).

### **2.3.7. Labores culturales**

#### **a) Desahije**

Si la siembra se realiza directamente en el suelo del cultivo, cuando las plantas tienen 3 o 4 hojas verdaderas, se aclara cada golpe de siembra, dejando una sola planta (Flórez, 2009).

#### **b) Escarda y Aporque**

Valadez (1995) indica que la escarda se realiza con el fin de desaflojar el suelo y tener un buen control de las malezas, después de esta se efectúa el aporque para dar más apoyo a las plantas.



Sin embargo cuando el cultivo está en la fase de mayor desarrollo (fase roseta) las escardas no son demasiado necesarias ya que, entre la gran cantidad de hojas, no es normal que puedan desarrollarse muchas especies (De La Paz *et al.*, 2003).

### **2.3.8. Riego**

La acelga es un cultivo que debido a su gran masa foliar necesita en todo momento mantener en el suelo un estado óptimo de humedad (Serrano, 2009). No deben descuidarse los riegos después de la cosecha, para obtener sucesivas y normales recolecciones de hojas (Giaconi, 2004).

La acelga es una planta que necesita mucha humedad, especialmente cuando las plantas son jóvenes, durante este periodo no debería secarse nunca la tierra, con plantas más desarrolladas puede aguantar relativamente la sequía aunque siempre prefiere que el suelo tenga humedad (Escobar, 1976).

El mismo autor señala que al llegar el verano, las plantas necesitan una humedad aún mayor, la falta de agua producirá ejemplares con hojas más amargas. A pesar de que prefiere un riego abundante, el terreno no se debe encharcar pues esto podría ser responsable de la aparición de numerosas enfermedades.

No deben descuidarse los riegos después de obtener sucesivas y normales recolecciones de hojas (Giaconi, 2004). Los riegos deben ser reguladores manteniendo la humedad, sin saturar la tierra de agua, puesto que el encharcamiento termina destruyendo el cultivo (Selector, 2007).

Respecto a la frecuencia de riego Chambi (2005) y Avalos (2008) indican que en ambientes protegidos, este debe realizarse cada 2 o 3 días, y que el consumo de agua promedio es de 5 l/m<sup>2</sup>. En suelos con materia orgánica es suficiente un riego semanal (Aitken, 1987).





Respecto a la frecuencia de riego Chambi (2005) y Avalos (2008) indican que en ambientes protegidos, este debe realizarse cada 2 o 3 días, y que el consumo de agua promedio es de 5 l/m<sup>2</sup>

### **2.3.9. Cosecha**

La longitud de las hojas es un indicador visual del momento de la cosecha, siendo el tiempo otro parámetro, 90 a 120 días el primer corte y después cada 12 a 15 días (Valadez, 1993). Con relación al número de días, Porco y Terrazas (2009) señalan que la primera recolección se puede realizar de los 50 a 60 días después de la siembra y las siguientes con un intervalos de 15 a 20 días.

La recolección de la acelga puede hacerse de dos formas, bien recolectando la planta entera cuando tenga un peso comercial de entre 750 g y 1 kg de peso, o bien recolectando manualmente las hojas a medida que estas van teniendo un tamaño óptimo (Florez, 2009).

Para la recolección hoja por hoja, se cortan a partir de la base del peciolo (penca), sin dejar, que ninguna madure en exceso, eligiendo el momento en que estén más tiernas (De La Paz *et al.*, 2003). Es recomendable cortar las hojas con cuchillos o navajas bien afilados, evitando dañar el cogollo o punto de crecimiento, ya que podría provocarse la muerte de la planta. De esta forma se puede obtener una producción media de 15 kilos por metro cuadrado (Valadez, 1993).

### **2.3.10. Post cosecha**

Una vez recolectadas las hojas, se colocan en manojos de un k que a su vez se empaquetan en conjuntos de 10 kg. En cada manojos se alterna la mitad del fajo de hojas y la otra mitad del peciolo. La conservación se realiza a 0°C y 90% de humedad relativa durante 10 a 12 días (Valadez, 1993). Al respecto, Martínez *et al.*, (2003), opina que la



temperatura óptima de conservación es de 1°C a 4°C y una humedad relativa del 90%, en estas condiciones la acelga permanecería en buen estado entre 8 a 10 días.

### **2.3.11. Rendimiento agronómico**

El rendimiento se define como la relación de la producción total de un cierto cultivo cosechado por área de terreno utilizada (EcuRed, 2011). Dicho de otra manera el rendimiento de un cultivo se obtiene al dividir la producción entre la superficie. La unidad de medida más utilizada es la tonelada por hectárea (t/ha) (Wikipedia, 2012).

### **2.3.12. Componentes del rendimiento**

Según EcuRed (2011) los dos componentes básicos que van a estructurar el rendimiento son la cantidad de individuos existentes en esa unidad de superficie (densidad de población) y Producción particular de cada individuo. De estos componentes se derivan otros que tienen formas particulares de expresión para cada cultivo. Están relacionados con el rendimiento, en dependencia del cultivo que se trate.

### **2.3.13. Variabilidad del rendimiento**

El rendimiento que puede aportar un cultivo depende de sus características genéticas de productividad potencial, rusticidad y de las condiciones ambientales. La interacción de estos tres aspectos determina el rendimiento de un cultivo, y por esta razón, el rendimiento tiene una variabilidad alta en tiempo y en espacio. Así, por ejemplo, una misma variedad aporta rendimientos diferentes de una localidad geográfica a otra al variar las condiciones climáticas, aunque los demás factores ambientales sean iguales. Al suponer condiciones climáticas iguales, el rendimiento puede variar de acuerdo con las características del suelo (EcuRed, 2011).



En cuanto a factores bióticos que inciden en el rendimiento se puede mencionar: la densidad de población, el grado de infestación por malas hierbas, el ataque de plagas y enfermedades, son aspectos de las relaciones bióticas que influyen en el rendimiento de los cultivos (EcuRed, 2011).

#### **2.3.14. Rendimientos del cultivo de acelga**

Según Hartman (1990), los rendimientos obtenidos del cultivo de la hortaliza en ambientes atemperados son de 25 a 35 t/ha, similar a lo señalado por Maroto (1995) con 25 a 50 t/ha.

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

Ayaviri (1996) encontró rendimientos de 16,9 kg/m<sup>2</sup> para Walipinis de 0,6 m de profundidad y 23,9 kg/m<sup>2</sup> para los de 1,80 m, aplicando diferentes volúmenes de riego, el valor del rendimiento corresponde a la sumatoria de cinco cosechas realizadas, ponderando esta producción a rendimiento por cosecha individual se obtienen valores de 3,38 kg/m<sup>2</sup> y 4,78 kg/m<sup>2</sup> respectivamente.

Por otra parte Von Boeck (2000) indica un rendimiento máximo de 18,15 kg/m<sup>2</sup> para cinco cortes (con un promedio de 3,63 kg/m<sup>2</sup> por una cosecha) bajo aplicación de diferentes dosis de humus de lombriz, el periodo de evaluación fue de 143 días, el estudio fue realizado con la variedad Fordook Giant.

Chambi (2005) realizó un trabajo de investigación con la variedad Large White Ribbed, bajo diferentes dosis de fertilización con humus de lombriz en carpa solar, encontró un rendimientos entre 11,8 kg/m<sup>2</sup> y 20,2 kg/m<sup>2</sup>, dependiendo del nivel de abono empleado en cada tratamiento.

Por último, Avalos (2008) efectuó un estudio de comparación entre dos variedades de acelga, bajo diferentes dosis de abonamiento con biol porcino, encontró un rendimiento de promedio de 13,33 kg/m<sup>2</sup> para cuatro cosechas (lo que equivale a 3,33 kg/m<sup>2</sup> por cosecha individual) realizadas en el cultivar Fordook Giant.

### 2.3.15. Características nutricionales de la acelga

La acelga es asombrosamente alta en minerales, como Ca, Fe, Mg, P y K. Es agradable, azucarado y con un sabor a tierra, aunque algunas partes son levemente amargas, contiene una cantidad enorme de vitamina A y es naturalmente alta en sodio (sal), una taza de acelga contiene 313 mg de sodio, que es lo más alto que se ha registrado en los vegetales (Bustos, 1988).

En la tabla 1, se muestra el valor nutritivo de 100 g de acelga fresca:

**Tabla 1.** Composición nutritiva de la acelga

Componentes	Valor	Unidad
Agua	91.10	%
Hidratos de carbono	4.60	g
Fibra	0.80	g
Cenizas	1.60	g
Calcio	110.20	mg
Fósforo	39.00	mg
Hierro	5.30	mg
Sodio	147.00	mg
Potasio	550.00	mg
Vitamina A	576.60	mcg
Tiamina	0.06	mg
Riboflavina	0.17	mg
Niacina	0.50	mg
Ácido ascórbico	3.20	mg
Valor energético	25.00	cal

## 2.4. FERTILIZACIÓN

La fertilización es una de las prácticas agrícolas más importantes para realizar manejo rentable de los cultivos, por los altos beneficios que se podrían obtener, mayores



rendimientos, productos de mejor calidad y con menores costos de producción (Rodríguez, 2007).

Al respecto, SAGARPA (s.f) indica que una fertilización eficiente es aquella que, con base en los requerimientos nutricionales de la planta y el estado nutricional del suelo, proporciona los nutrientes en las cantidades suficientes y en épocas precisas para el cultivo. Una buena fertilización no solamente implica aplicar el elemento faltante, sino también mantener un balance adecuado entre los elementos, tanto en el suelo como en las diferentes estructuras de la planta. Según el mismo autor, la fertilización debe considerar los siguientes puntos:

- Tipo de cultivo.
- Necesidades nutricionales del cultivo.
- Características y aportes de nutrientes del terreno.
- Contenido de nutrientes aportados por el fertilizante.
- Solubilidad del producto.
- Efecto sobre el suelo y sobre las capas freáticas.
- Dosis y momento de aplicación.

Las malas dosificaciones en la fertilización pueden ocasionar insuficientes niveles de nutrientes o exceso de éstos, que incrementan los costos de producción y reducen los rendimientos debido a los desbalances nutricionales (Rodríguez, 2007).

#### **2.4.1. Fertilización edáfica**

Se entiende por fertilización edáfica o radicular la aplicación al suelo de abonos en estado sólido o líquido a fin de que las plantas los absorban a través de sus raíces. Para que este método de fertilización sea efectivo, es clave la correcta ubicación del fertilizante puesto que, en gran parte, la baja productividad de los suelos se debe a una inadecuada



aplicación de los mismos. En lo posible, deben seguirse dos normas generales con respecto a la ubicación y época de aplicación de los fertilizantes: uno, que sean incorporados y, dos, aplicados antes o al momento de la siembra (CEDECO, 2005).

La fertilización racional edáfica debe conjugar la utilización de fertilizantes orgánicos y minerales, que se complementan (García *et al.*, 2010). El abono orgánico a menudo crea la base para el uso exitoso de los fertilizantes minerales. La combinación de abono orgánico y fertilizantes minerales ofrece las condiciones ambientales ideales para el cultivo, cuando el abono orgánico mejora las propiedades del suelo y el suministro de los fertilizantes minerales provee los nutrientes que las plantas necesitan (FAO, 2002).

#### **2.4.2. Fertilización orgánica**

De acuerdo a Medina (1992), la fertilización orgánica tiende a aumentar el contenido de humus en el suelo y su capacidad de retención de agua, mejora su estabilidad estructural a facilitar el trabajo del suelo, estimular su actividad biológica y suministrarle la mayor parte de elementos nutritivos necesarios para los vegetales como la acelga.

De Silguy (1994), menciona que en invernadero la acelga constituye normalmente un cultivo secundario y a pesar de tratarse de un cultivo exigente en materia orgánica, no suele aplicarse estiércol, a no ser que el siguiente cultivo de la alternativa requiera el aporte de estiércol en el cultivo anterior, los requerimientos de nitrógeno son elevados desde que comienza el rápido crecimiento de la planta hasta el final del cultivo.

#### **2.5. ABONOS ORGÁNICOS**

Son sustancias que están constituidas por desechos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas



fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con las mezclas de los compuestos antes mencionados (RAAA, 2007).

Esta clase de abonos no sólo aporta al suelo materiales nutritivos, sino que además influye favorablemente en la estructura del suelo. Asimismo, aportan nutrientes y modifican la población de microorganismos en general, de esta manera se asegura la formación de agregados que permiten una mayor retentividad de agua, intercambio de gases y nutrientes, a nivel de las raíces de las plantas (RAAA, 2007).

Son productos naturales resultantes de la descomposición de material de origen vegetal, animal o mixto. Estos suministran materia orgánica al suelo en grandes cantidades y nutrientes para las plantas en pequeñas cantidades (Navas, 2008).

Entre los abonos orgánicos se incluyen los estiércoles, compostas, vermicompostas, abonos verdes, residuos de las cosechas, residuos orgánicos industriales, aguas negras y sedimentos orgánicos (CEDECO, 2005).

Son sustancias que están constituidas por la descomposición de residuos de origen animal, vegetal o mixto que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas (Gomero, 1999).

Morales (1984), señala que los compuestos de origen animal y vegetal pueden aparecer con el nombre de abonos o como fertilizantes, según el fin que se persiga al ser aplicados estos en un suelo; estos reciben el nombre de fertilizantes orgánicos si son utilizados para aumentar los rendimientos agrícolas de las cosechas y, serían considerados como abonos orgánicos cuando no solo apliquemos desde ese punto de vista, sino también para mejorar las propiedades físicas - químicas y biológica del suelo.



Suquilanda (1996), afirma que "el método de fertilización orgánica, desiste conscientemente del abastecimiento con sustancias nutritivas solubles en agua y de la ósmosis forzada, proponiendo alimentar a la cantidad de microorganismos del suelo, de manera correcta y abundante dejando a ella la preparación de sustancias nutritivas en la forma altamente biológica y más provechosa para las plantas. La materia orgánica cumple un papel de vital importancia en el mejoramiento del suelo de cultivo, pues su presencia en los mismos, cumple las siguientes funciones:

- Aporta los nutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas, durante el proceso de descomposición (N, P, K, S, B, Fe , Mg, etc.).
- Activa biológicamente el suelo, ya que representa el alimento para toda la población biológica que en el existe.
- Mejora la estructura del suelo, favoreciendo a su vez el movimiento del agua y del aire por ende el desarrollo del sistema radicular de las plantas.
- Incrementa la capacidad de retención del agua:
- Incrementa la temperatura del suelo.
- Incrementa la fertilidad potencialidad del suelo.
- Aumenta la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, con relación de la naturaleza coloidal del humus.
- Contribuye a estabilizar el pH del suelo, evitando los cambios bruscos del pH.
- Disminuye la compactación del suelo.
- Favorece la labranza.
- Reduce las pérdidas del suelo por erosión hídrica o eólica".

### **2.5.1. Abonamiento (Guano de islas)**

El guano de islas es una mezcla de excrementos de aves marinas, plumas, restos de aves muertas, huevos, etc., los cuales experimentan un proceso de fermentación lenta.



El uso del guano de islas es conocido en América Latina desde hace más de 1500 años, además es uno de los abonos naturales de mejor calidad en el mundo, por su alto contenido de nutrientes, y puede tener 12% de N, 11% de P y 2% de K. Se utiliza principalmente en los cultivos de caña, papa y hortalizas. Debe aplicarse pulverizado a una profundidad aceptable, o taparlo inmediatamente para evitar las pérdidas de amoníaco (RAAA, 2007).

**Tabla 2.** Composición Química del Guano de Islas

Variable	Valores
C.E	76.0 sat
pH	5.3 sat
M.O.	11.82 %
N	10.21 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1.88 %
K <sub>2</sub> O	1.22 %
CaO	11.14 %
MgO	1.94 %

Fuente: laboratorio de Análisis de Suelos de la UNA La Molina.

La producción de guano de islas, comercializada en 1986 ha sido 50,000 toneladas; estando la explotación a cargo de PESCAPERU y la comercialización a cargo de Empresa Nacional de Comercialización de Insumos - ENCI. Este fue el único abono utilizado en el Perú hasta la década de los años 50, estando la explotación y distribución a cargo de la compañía distribuidora de guano de islas (Mamani, 2011).

En 1965, se consiguió explotar de 150,000 a 200,000 toneladas de guano de Islas; en cambio en los últimos años solo se ha explotado de 20,000 a 30,000 toneladas como consecuencia de la reducción de la población de aves guaneras; por esta razón en la costa al no disponer de este abono se le sustituyó totalmente con fertilizantes importados (Mamani, 2011).

Actualmente se promueve el uso del guano de islas en mezclas formuladas, en especial en cultivos orgánicos, las investigaciones que se han desarrollado han

incorporado como insumo de comparación y los resultados obtenidos han sido bastante satisfactorios (Mamani, 2011).

**Tabla 3.** Riquezas en nutrientes del guano de islas

ELEMENTO	FORMULA	CONCENTRACION
Nitrógeno	N	12-14%
Fosforo	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (anhídrido fosfórico)	10-12%
Potasio	K <sub>2</sub> O (cloruro de potasio)	2-3%
Calcio	CaO (óxido de calcio)	8%
Magnesio	MgO (óxido de magnesio)	1%
Azufre	S	2%
Hierro	Fe	0.03%
Zinc	Zn	0.00%
Cobre	Cu	0.02%
Manganeso	Mn	0.02%
Boro	B	0.02%

Fuente: PROABONOS 2008.

## 2.6. PROCESOS DE APROVECHAMIENTO DE LOS ABONOS ORGÁNICOS POR LA PLANTA

Para un aprovechamiento óptimo de la planta y un potencial mínimo de contaminación del medio ambiente, el agricultor debe suministrar los nutrientes en el momento preciso que el cultivo lo necesite. Esto es de gran relevancia para los nutrientes móviles como el N, que pueden ser fácilmente lixiviados del perfil del suelo, sino es absorbido por las raíces de las plantas (FAO, 2002).

### 2.6.1. Absorción radicular de los nutrientes

Estrada (2013), indica que las sales disueltas en el agua del suelo son absorbidas por los pelos absorbentes de las raíces mediante el fenómeno de la osmosis. El movimiento de las moléculas a través de la membrana celular necesita energía que es cedida por el proceso de respiración. Por un proceso de translocación los solutos y el agua absorbidas, son trasladadas hasta las hojas donde se efectúa la síntesis de azúcares. Este proceso de absorción y movimiento a través de la planta está muy influenciada por la



temperatura y humedad del suelo y más aún por la luminosidad, la temperatura y la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera que rodea la parte vegetal.

Aparicio (2000), las raíces de los cultivos absorben de la solución del suelo, el nitrógeno principalmente como ión nitrato, y en menor cantidad como amonio, el ión amonio es transformado en nitrito y nitrato por las bacterias que participan en el ciclo del nitrógeno, lo que supone un peligro potencial de contaminación debido a que el amonio es retenido en el complejo de cambio del suelo mientras que el ión nitrato permanece disuelto en la solución del suelo y es arrastrado con facilidad por el agua, lo que puede producir lixiviación de esta forma nitrogenada.

## **2.7. AMBIENTE PROTEGIDO**

Un ambiente protegido o invernadero es una estructura con cubierta transparente o translúcida en la que es posible mantener un ambiente más o menos controlado en relación a la temperatura, humedad y energía radiante para conseguir un adelanto o retraso en las cosechas, proteger los cultivos y hacer un mejor uso del agua (Blanco y Gonzales 1999).

Hartmann (1990), indica que una carpa solar es una construcción sofisticada de ambiente atemperado que permite la producción de cultivos más delicados. Los ambientes protegidos son cubiertas que evitan el descenso de temperaturas a niveles críticos, la energía solar es la fuente para calentar esos ambientes, siendo los más comunes en la región andina de Bolivia (Valdez, 1997).

### **2.7.1. Funciones del ambiente protegido**

Flores (1996), menciona que las carpas solares al igual que los invernaderos cumplen similares funciones de aprovechamiento de la energía solar difusa, atrapar luz, temperatura y la evapotranspiración lo que beneficia al desarrollo de los cultivos.



Al respecto, Martínez *et al.* (1997) sostiene que todos los ambientes protegidos son solares, su función depende de la radiación solar, el calor y la luz. A diferencia de los invernaderos tradicionales, el invernadero solar actualmente incorpora en su diseño más eficiencia, colección de la energía solar, almacenamiento de la energía solar y aislamiento térmico para evitar pérdidas de calor. Además, las ventajas están en la disponibilidad de la energía térmica para uso inmediato o almacenamiento e independencia de sistemas mecánicos de calefacción y utilización óptima de la energía solar.

### **2.7.2. Tipos de ambientes protegidos**

Blanco y Gonzales, (1999), indica que la tecnología de la producción de cultivos implantados en Bolivia, se ha basado a la implementación de diferentes modelos de invernaderos, carpas solares, condiciones climáticas y socio económicas locales.

Según Hartman (1990) las carpas solares más comunes en el altiplano son el de tipo túnel, medio túnel, media agua y dos aguas, siendo el que mejores resultados ha dado es el de tipo media agua. La construcción es por lo general sencilla se utiliza adobes para muros, madera y metal de construcción para el armazón del techo y agrofílm o calamina plástica para la cubierta.

Para Martínez *et al.*, (1997) las carpas solares pueden ser de tipo aeroplano o pepino, éstas carpas solares tradicionales requieren ventilación. Sin embargo, el mismo autor señala que a lo largo del tiempo se han construido carpas solares de diversas formas y tamaño, lo que ha sido determinado por su ubicación, materiales de construcción y productos que se desea cultivar.

### **2.7.3. Orientación**

Es muy importante situar la carpa solar donde capte la mayor concentración de luz, temperatura y cerca de una fuente de agua (pozos y riachuelos, etc.). En cuanto al



suelo, elegir con preferencia terrenos planos; lugares desprotegidos donde no existan árboles que puedan proyectar sombras a la carpa solar (Flores, 1996).

Hartman (1990) recomienda que el techo o lámina de protección de un ambiente atemperado en el hemisferio sur deba orientarse al norte con el objetivo de captar una mayor radiación solar, de esta manera el eje longitudinal está orientado de este a oeste.

#### **2.7.4. Temperatura**

La temperatura del invernadero depende en gran parte del efecto invernadero, que se crea debido a que parte de la radiación solar que atraviesa hacia el interior del invernadero es retenida por la impermeabilidad de los materiales de recubrimiento que evitan la irradiación calorífica, quedándose en el interior como energía calorífica que calienta el ambiente (Hartman, 1990).

La temperatura influye en las funciones vitales de los vegetales como la transpiración, respiración, fructificación; las temperaturas máximas y mínimas que soportan la mayoría de los vegetales son de 0°C a 50°C, fuera de este rango las plantas quedan en estado de vida latente (Estrada, 2003).

#### **2.7.5. Humedad relativa**

Las plantas se desarrollan viendo la humedad relativa que fluctúa entre 30% y 70%, por debajo del 30% las hojas y tallos se marchitan, por encima de 70% la incidencia de las enfermedades es un problema (Estrada, 2003).

#### **2.7.6. Luminosidad**

Cuando hablamos de iluminación nos referimos a una franja del espectro de radiación solar comprendida entre 400 y 700 nm, las plantas utilizan rangos de 320 a 800 nm, correspondiente a las longitudes del rojo – violeta; la sensibilidad de las plantas



respecto a la fotosíntesis presentan sus máximos de 450 nm y 650 nm, azul y rojo respectivamente (Blanco y Gonzales, 1999).

Sobre el tema Flores (1996), afirma que la luz es un factor que juega un papel de vital importancia en el crecimiento y formación de plantas, flores y frutos de ella depende (como un factor limitante), siendo un integrante de la fotosíntesis de la clorofila de las plantas, el fototropismo, la morfogénesis, fotoperiodismo, la formación de pigmentos y vitaminas.

### **2.7.7. Ventilación**

La mayor parte de ambientes protegidos requieren de un eficiente sistema de ventilación por tres razones:

- Para abastecimiento de dióxido de carbono CO<sub>2</sub>, utilizado por las plantas para la fotosíntesis.
- Para limitar y controlar la elevación de temperatura en el ambiente y para reducir la humedad procedente de la transpiración de las plantas (Guzmán, 1993).
- Una mala ventilación puede traer consigo situaciones ambientales no adecuadas para el cultivo, que pueden reflejarse en una dinámica de mayor crecimiento longitudinal y debilidad de las plantas, así como también la proliferación de plagas y enfermedades (Flores 1996).

### **2.7.8. Requerimientos de nutrientes del cultivo de acelga**

La acelga se adecua a una gran variedad de suelos, aunque manifiesta un mayor rendimiento en los sueltos y orgánicos. Requiere de una buena dotación de nutrientes para expresar su potencial productivo. Se recomienda el estercolado del suelo previo para agregar materia orgánica, la aplicación de fósforo y potasio en el fondo del surco de siembra. Mientras, el nitrógeno juega un papel en el crecimiento por lo que es conveniente aplicarlo en dos momentos: en la siembra y en el desmalezado (carpidas) con 10 a 15



centímetros de altura del cultivo. Se recomienda una aplicación de: 50–100 kg/ha de Nitrógeno, 100–120 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (Fósforo), 100–120 kg/ha de K<sub>2</sub>O (Potasio). Al igual que otras hortalizas de hoja, responde fuertemente a la fertilización con nitrógeno. Extrae una gran cantidad de nutrientes del suelo por lo que se lo considera cultivo esquilmarde. Es resistente a la salinidad (SIPAN, 2018).

## 2.8. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

### *A nivel nacional*

Apolo, Hidalgo y Garcia (2009), en una investigación titulada “Comparativo de tres sustratos inertes sobre el rendimiento de *Beta vulgaris* L. “acelga””, realizado en el Centro Experimental de cultivo de plantas “sin suelo” de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Tumbes, se determinaron el rendimiento del cultivo de acelga var. Fordhook giant en tres sustratos inertes: 100% ladrillo troceado, 100% gravilla, 100% arena gruesa de río, lavados y desinfectados por el método de insolación. Se utilizó el sistema de producción en mangas de 1 x 0.30 x 0.25 m de plástico de 80 µ de grosor de color blanco con orificios de dos pulgadas y distanciados a 0.30 m donde se colocaron las plántulas. La distribución del agua y nutriente se realizó mediante la Técnica de fertirrigación, utilizando cintas de riego con goteros que generaban un caudal de 8 ml por minuto. La solución nutritiva se preparó de acuerdo a la concentración de nutrientes recomendada por el Centro de Investigación de Hidroponía y Nutrición mineral (UNA-La Molina). En el experimento se utilizó el diseño de bloques al azar con tres repeticiones. La unidad experimental estuvo constituida por una manga plástica y en un total de 9 por bloque. El análisis de los resultados se realizó mediante un análisis de varianza y la prueba de significación de Duncan 5%. Las plántulas crecieron a temperaturas que fluctuaban entre 25-30 °C y 70-80% H°R. Las acelgas muestran una



mayor vigorosidad, desarrollo vegetativo, cosechándose 9 plantas por  $m^2$  con un rendimiento promedio de cosecha de  $3.680 \text{ kg}/m^2$  con el sustrato 100% ladrillo troceado, aunque el mayor número de hojas se obtuvo con el sustrato 100% grava. El efecto diferencial entre los sustratos está relacionado con la oxigenación y retención de nutrientes y su disponibilidad para las plantas.

### ***A nivel internacional***

Nuñez (2016), en una investigación titulada: “evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.) con tres niveles de fertilizante foliar (vigor top) en ambiente protegido”. La investigación comenzó con el establecimiento del área experimental en una de las carpas solares del Centro Experimental Cota Cota, para la siembra se utilizaron semillas de la variedad *Fordhook giant* y la variedad *Ruibarbo*, las cuales fueron sometidas a dosis de aplicación del biofertilizante vigor top a 3%, 5% y 7%. Las variables de respuesta evaluadas fueron altura de la planta, número de hojas por planta, longitud de hoja a la cosecha, peso de las hojas aprovechadas por planta y rendimientos de materia verde. Entre los resultados obtenidos se observó que el crecimiento en altura de las plantas de acelga fue diferente para cada una de las variedades, sin embargo no mostraron diferencias significativas entre variedades, ni entre dosis del biofertilizante aplicado. Los tratamientos en los que se utilizó la variedad *Fordhook giant* presentaron el mayor número de hojas (10) y la mejor longitud de hoja (26.92 cm) con relación a los tratamientos en los cuales se utilizó semillas de la variedad *Ruibarbo*. Siendo la dosis de aplicación al 7% de vigor top la que consiguió un número de hojas superior (11 hojas) por planta y la mayor longitud de hoja (27.32 cm). En cuanto a los rendimientos, la variedad *Fordhook giant* presentó los mejores resultados de materia verde con un total de  $7.85 \text{ kg}/m^2$  en las cinco cosechas con respecto a los  $7.67 \text{ kg}/m^2$  alcanzados por la variedad *Ruibarbo* en la misma cantidad de cosechas. Entre las dosis





de aplicación de vigor top la que mostró mejores rendimientos fue la dosis de 7% con 8.86 kg/m<sup>2</sup>, respecto de las demás dosis. Los resultados de las relaciones Beneficio/Costo, en todos los casos fueron mayores a uno (1), lo que indica rentabilidad en la producción de acelga en ambiente protegido independientemente de la variedad y de las dosis de vigortop utilizadas, siendo las relaciones (B/C) mayores para la variedad *Fordhook giant* tratada con vigortop con 1.89/100 Bs, donde por cada 1 boliviano invertido en éste tipo de producción se gana 0.89/100 Bs.

Escorcía (2012), en una investigación titulada “Evaluación del Cultivo de Acelga (*Beta vulgaris* L. var. Fordhook giant) Usando Diferentes Sustratos Orgánicos y Fertilizante Químico, con Aplicaciones Periódicas de Humus Líquido de Lombriz”, llevado a cabo con el objetivo de evaluar el comportamiento del cultivo de acelga, usando sustratos orgánicos y fertilizante químico con aplicaciones periódicas de humus líquido de lombriz. El experimento se realizó a un lado del establo, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. El diseño experimental fue completamente al azar con doce tratamientos y tres repeticiones, con distintos cortes de hoja en la acelga, T1(Lombricomposta de borrego+humus líquido de lombriz); T2(Bocashi+humus líquido de lombriz); T3(Composta+humus líquido de lombriz); T4(Lombricomposta Bovino de leche+humus líquido de lombriz); T5(Suelo natural+humus líquido de lombriz); T6(Fertilizante químico+humus líquido de lombriz); T7(Lombricomposta de borrego; T8(Bocashi; T9(Composta); T10(Lombricomposta bovino de leche); T11(suelo natural); T12(Fertilizante químico). Las variables a analizar fueron longitud de hoja, ancho de hoja, peso fresco, peso seco y área foliar. Los resultados obtenidos muestran que el tratamiento T2C3 (Bocashi+humus líquido de lombriz en el corte tres) mantuvo los valores más altos para todas las variables; con excepción del peso seco donde el tratamiento con valores más altos fue T8C3 (Bocashi+agua durante el corte



tres). Se concluye que los abonos orgánicos más aplicación de humus líquido de lombriz ayudan en el crecimiento y desarrollo del cultivo de acelga.

Acosta (2015), en una investigación titulada “Respuesta del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* var. cicla L.) a la fertilización orgánica foliar”, que se realizó desde octubre del 2014 a enero del 2015 en el sitio “Las Maravillas” de, cantón Rocafuerte, localizada geográficamente a 01°02’08” de Latitud Sur, y a 80° 27’02” de Longitud Oeste, con una altitud de 20 msnm. Donde los tratamientos utilizados fueron abonos orgánicos (Fossil Shell Agro, Ecoflora y Biol) en dosis baja (20 g/l), media (30 g/l) y alta (40 ml/l) y se utilizó el diseño estadístico de Bloques Completos al Azar (DBCA en Arreglo Bifactorial (3x3+1) con tres repeticiones. En la variable altura de planta el factorial vs el testigo a los 75 días el testigo del agricultor (Urea + Abono Completo) produjo la mayor altura con 66.93 cm en relación al factorial que presentó el menor valor con 59.60 cm de altura. En el diámetro de hoja a los 75 días el factor abonos con Fossil Shell Agro reportó el mayor valor con 24.45 cm de diámetro de hoja y en las interacciones este abono y la dosis baja de 20 g/litro registró el mayor valor con 25.70 cm de diámetro de hoja. En tanto que en las comparaciones el testigo del agricultor fue superior con 23.77 cm de diámetro de hoja. En tanto que el número de hojas por planta estuvo precedido a los 75 días por el testigo del agricultor (Urea + Abono orgánico) con 20.67 hojas por planta y en el número de hojas cosechadas, reportó 30.26 hojas cosechadas en relación al factorial que presentó el menor valor con 29.20 hojas cosechadas. Por su parte el peso de la planta el factorial registró el mayor peso con 0.79 kg por planta en relación al testigo del agricultor (Urea + Abono completo) que presentó el menor valor con 0.74 kg. Según el análisis de presupuesto parcial, se determinó que la mejor alternativa económica se consiguió el abono orgánico Ecoflora con la dosis alta 40 g/l, el cual registró un Beneficio Neto de



USD 1530.00 con un Costo Variable de USD 105.00 que se manifestó en una Tasa de Retorno Marginal de 239.78%



## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El trabajo de investigación se realizó en un invernadero rustico familiar, propiedad del señor Walter Chino, cuyas paredes son de adobe y techado con polietileno, ubicado en Jallihuaya, perteneciente al distrito, provincia y región de Puno, cuyas coordenadas geográficas son:

- 15° 52' y 45.75" latitud Sur
- 69° 58' y 9.51" longitud Oeste del meridiano de Greenwich.
- Altitud: 3,862 msnm

#### 3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El trabajo de investigación fue experimental; porque se tiene como la variable independiente a las dosis de guano de islas. Mientras que las variables dependientes son: Altura de planta, Número de hojas/planta, y Rendimiento de hojas por tratamiento.

#### 3.3. CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL

##### a) Del cultivo

- Distancia entre surcos : 0.40 m.
- Distancia entre plantas : 0.25 m.
- Número de surcos : 2
- Número de plantas : 8 / unidad experimental

##### b) Bloques

- Largo : 6.4 m
- Ancho : 1.00 m
- Área : 6.4 m<sup>2</sup>
- Distancia entre bloques: 0.40 m



- c) Unidad experimental
  - Largo : 1.00 m
  - Ancho : 0.80 m
  - Área : 0.80 m<sup>2</sup>
  - Distancia entre unidades experimentales: 0.40 m
- d) Área experimental
  - Largo : 6.40 m
  - Ancho : 3.60 m
  - Área : 23.04 m<sup>2</sup>

### 3.4. FACTORES EN ESTUDIO

#### Cultivares de acelga

C1= *Beta vulgaris* ssp. vulgaris cv. Rhubarb chard

C2= *Beta vulgaris* ssp. vulgaris cv. Ford Hook (Gigante puntiagudo)

#### Guano de islas

Para la aplicación de las dosis del guano de isla, se tomó en consideración la recomendación de la etiqueta de la bolsa en donde indica para hortalizas se tiene que aplicar de 10 a 12 sacos de 50 Kg por Ha.

G0 = 0 kg/ha

G1 = 500 kg/ha

G2 = 1000 kg/ha

G3 = 1500 kg/ha

#### Tratamientos en estudio

**Tabla 4.** Tratamientos en estudio.

Trat. N°	Cultivares de acelga	Guano de islas	Código de tratamiento
1	C1	G0	V1G0
2	C1	G1	V1G1
3	C1	G2	V1G2
4	C1	G3	V1G3
5	C2	G0	V2G0
6	C2	G1	V2G1
7	C2	G2	V2G2
8	C2	G3	V2G3

### 3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

El experimento fue conducido bajo el diseño experimental Bloque Completamente al Azar con arreglo factorial de 2 cultivares de acelga (C1 y C2) por 4 dosis de guano de islas (0, 500, 1000 y 1500 kg/ha), bajo 3 repeticiones, con un total de 8 tratamientos en estudio, con un total de 24 unidades experimentales. El modelo estadístico para un diseño Completamente al Azar con arreglo factorial, es el siguiente (Ibañez, 2009):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \gamma_k + \varepsilon_{ijk}$$

$$i=1,2,\dots,a$$

$$j=1,2,\dots,b$$

$$k=1,2,\dots,r$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable de respuesta de respuesta (altura de planta, número de hojas, área foliar, peso y rendimiento de hojas) sujeto al efecto del nivel C (cultivares) y al afecto del nivel G (dosis de guano de islas)



$\mu$  = Media poblacional o variable de respuesta evaluada (altura de planta, número de hojas, área foliar, peso y rendimiento de hojas)

$\alpha_i$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor C (Cultivares) sobre altura de planta, número de hojas, área foliar, peso y rendimiento de hojas

$\gamma_j$  = Efecto del j-ésimo nivel del factor G (Dosis de guano de islas) altura de planta, número de hojas, área foliar, peso y rendimiento de hojas

$(\alpha\gamma)_{ij}$  = Efecto del i-ésimo nivel del factor C (Cultivares) con el j-ésimo nivel del factor G (Dosis de guano de islas) sobre altura de planta, número de hojas, área foliar, peso y rendimiento de hojas

$\gamma_k$  = Efecto del k - ésimo bloque

$\varepsilon_{ijk}$  = Error experimental.

### 3.6. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

#### b) Adquisición de semilla de acelga

Las semillas de acelga de las dos cultivares son de la compañía EMERALD SEED COMPANY, que fueron adquiridos en la ciudad de Arequipa en la casa comercial agro veterinaria agrytec E.I.R.L. cuyas características de la semilla son las siguientes.

- ***Beta vulgaris*** ssp. vulgaris cv. Rhubarb chard, pureza 99%, poder germinativo 85%
- ***Beta vulgaris*** ssp. vulgaris cv. Ford Hook (Gigante puntiagudo), pureza 99%, poder germinativo 90%



### **c) El abono orgánico guano de islas**

El guano de islas, fue adquirido en la ciudad de Puno, en la casa comercial agro veterinaria el SOL.

### **e) Muestro y análisis de fertilidad de suelo experimental**

El muestreo del suelo del terreno, consistió en extraer sub muestras en zig-zag, obteniendo 10 sub muestras, mediante una homogenización se obtuvo una muestra representativa de un kg, la cual será fue enviado al Laboratorio de Agua y Suelos del INIA-Puno.

### **g) Preparación de suelo**

La preparación del suelo, se realizó en forma tradicional, es decir manualmente, la cual consistió en la remoción del suelo en toda su extensión a una profundidad de 30 cm, seguidamente se niveló el terreno.

### **h) Demarcación de parcelas experimentales**

La demarcación se realizó siguiendo las mediciones correspondientes de acuerdo al croquis confeccionado por tratamientos y repeticiones (Anexo 1).

### **i) Aplicación de guano de islas**

La aplicación de guano de islas, consistió en aplicar en forma lineal en cada surco por cada tratamiento según la dosis propuesta para cada cultivar de acelga, luego fue mezclado con el suelo en forma homogénea; en la siguiente tabla se muestra la equivalencia de las dosis de guano de islas de kg/ha a g/0.80 m<sup>2</sup>.



**Tabla 5.** Dosis de guano de islas en kg/ha y g/0.80m<sup>2</sup>

Guano de islas	Dosis kg/ha	Dosis g/0.80 m <sup>2</sup>
G0	0	0
G1	500	40
G2	1000	80
G3	1500	120

#### **j) Siembra**

La siembra se realizó en forma directa y manual, consistente en 3 semillas/golpe. La distancia fue de 25 cm entre planta y 40 cm en surcos. Una vez sembrada la semilla se procedió a tapar los surcos para mantener la humedad del suelo.

#### **k) Labores culturales**

Se realizó labores como:

- Desahije; eliminando dos plantas, dejando una planta con mejores características morfológicas.
- Escarda; en donde se realizó el mullido del suelo, complementándose con el deshierbo que fue manualmente, que se realizó cada vez que se presentaron las malezas en el área de cultivo, las malezas frecuentes deshierbadas fueron la ortiga *Urtica dioica*, la Quinoa silvestre ayara (*Chenopodium quinoa* var. melanospermum) y pasto K'acho *Poa annua*
- Control de plagas y enfermedades, no se efectuó ya que no se presentaron durante la conducción del cultivo.
- Riego: se utilizó agua de pozo que es bombeada a un depósito elevado, del cual se suministró el riego por gravedad mediante una manguera, el riego se realizó interdiariamente y por 10' cada día (35 días), para el cálculo de ingreso de agua a las parcelas experimentales se utilizó un balde con medida de 10 l y mediante la manguera



se llenó los 10 l en 10 oportunidades sacando un promedio de tiempo de 44.2'' en llenar el balde, realizando una operación de cálculo se determinó que ingreso 4,819 l de agua en los 35 días.

## **l) Cosecha**

El cultivo se cosechó, cuando las hojas presentaron un tamaño adecuado (madurez comercial). La recolección de hoja fue hecha manualmente, realizando un corte basal con un cuchillo.

### **3.7. MEDICIÓN DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA**

#### **a) Altura de planta (cm)**

La altura de planta se midió en cm, desde la base hasta el ápice de la hoja de mayor longitud, ésta medición se realizó en todas plantas por unidad experimental, la cual fue hecha con mucho cuidado para no lastimar o romper las hojas evitando pérdidas posteriores.

#### **b) Número de hojas por planta**

Para ésta variable se contabilizó el número total de hojas por planta, luego se prosiguió a contar las hojas de las demás plantas por unidad experimental al momento de la cosecha.

#### **c) Área foliar promedio de hojas por planta**

En esta evaluación se escogió tres hojas por planta (parte baja, media y alta), seleccionado tres plantas de las ocho plantas por unidad experimental. Para ésta variable se utilizó un programa denominado Petiole.apk versión 1.1.0, el cual se instaló en un celular Android, y mediante el uso de la cámara del celular, acercando el lente a la hoja, se ha calculado el área foliar promedio de las hojas cosechadas por planta.



#### d) Peso de hojas por planta

Las hojas cosechadas, fueron pesadas en una balanza digital portátil por cada tratamiento, los datos se registraron en kg/0.80m<sup>2</sup>.

#### e) Rendimiento de hojas

Las hojas pesadas en g/0.80m<sup>2</sup> se estimaron a t/ha de cada tratamiento.

### 3.8. ANÁLISIS DE SUELO

Mediante un muestreo en forma de “zig zag”, se tomaron 10 sub-muestras de un k a una profundidad de 20 cm, luego se mezclaron las sub-muestras para obtener la muestra representativa de un k, el cual se llevó al Laboratorio de Análisis Suelos y Aguas de la Estación Experimental Agraria Salcedo-Puno, cuyos resultados se muestra en la tabla 6.

**Tabla 6.** Análisis físico – químico del suelo antes de la instalación del trabajo experimental.

Componentes	Cantidad	Unidad	Métodos
<b>Análisis Físico</b>			
ARENA	60	%	Bouyoucus
ARCILLA	9	%	Bouyoucus
LIMO	31	%	Bouyoucus
CLASE TEXTURAL	Franco Arenoso	-----	Triangulo textural
<b>Análisis Químico</b>			
M.O.	2.01	%	Walkley y Black
N total	0.05	%	Semi Micro - kjeldahl
P disponible	8.88	ppm	Olsen Modificado
K disponible	45.00	ppm	Pratt
pH	7.75	---	Potenciómetro
C.E.	0.257	mmhos/cm	Conductímetro
Aluminio	0.00	(meq/100g)	Peech
CO <sub>3</sub> Ca	0.00	(%)	Gasó volumétrico

**FUENTE:** Laboratorio de Suelos y Aguas de la EE. Illpa INIA-Puno, 2018.

En la tabla 6, de acuerdo a la interpretación de suelos (Laboratorio de Aguas y Suelos) se trata de un suelo de textura Franco arenoso, con un pH de 7.75 “Ligeramente

alcalino”; en materia orgánica es “medio”; nitrógeno total está clasificado como “contenido bajo”; el fósforo se clasifica como “contenido medio” y el potasio se encuentra clasificado como “contenido bajo”; ausencia en carbonatos y aluminio; el contenido de sales es “ligeramente salino”.

### 3.8.1. Temperatura

En la figura 1, se observa que la temperatura máxima tiene un comportamiento regular variando en un rango de 22 °C a 40 °C, siendo la mayor temperatura mayor durante el mes de febrero y la menor temperatura máxima se dio en el mes de abril; la temperatura mínima de igual forma tiene un comportamiento regular variando en un rango de 3 a 12 °C, siendo la mayor temperatura mínima en el mes de marzo y la menor temperatura mínima en el mes de abril; y en la temperatura media tiene un rango de 11 a 26 °C durante los meses de febrero a abril del año 2018.

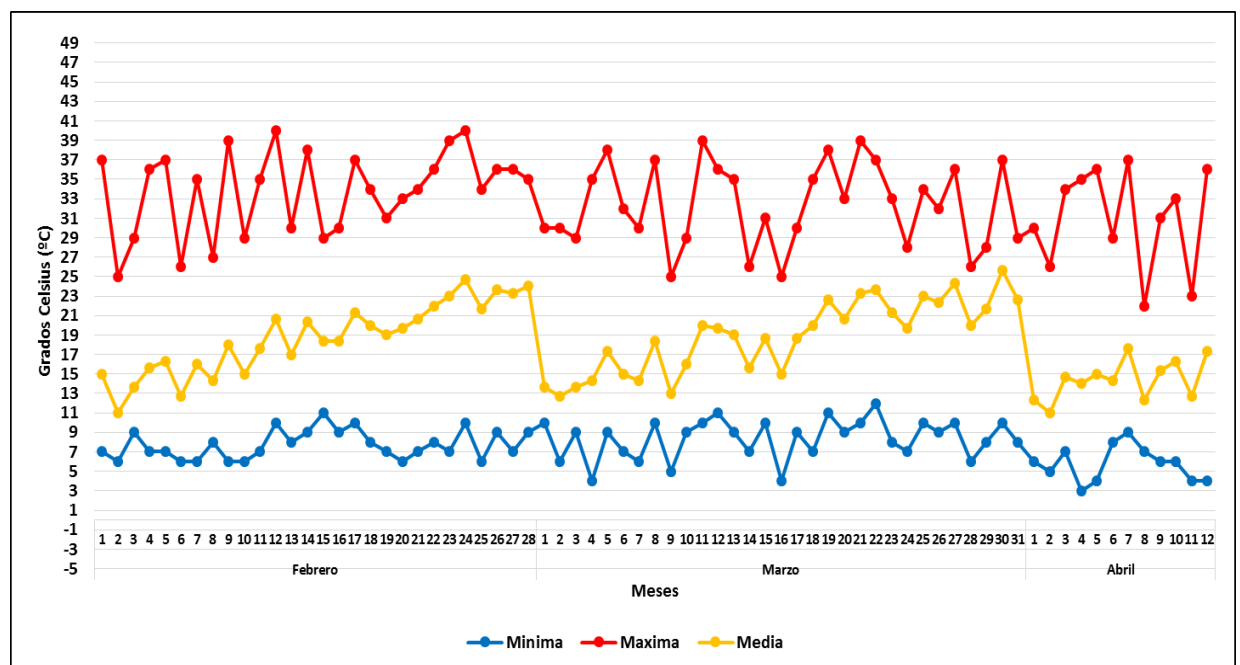


Figura 1. Registro de temperaturas dentro de invernadero, Feb-Abril 2018.

### 3.8.2. Riego

Se utilizó agua de pozo que es bombeado a un depósito elevado, del cual se



suministró el riego mediante una manguera, se efectuó inter diario y por 10 minutos cada día (35 días), para el cálculo de ingreso de agua a las parcelas experimentales se utilizó un balde con medida de 10 l y mediante la manguera se llenó los 10 l en 10 oportunidades sacando un promedio de tiempo de 44.2 segundos en llenar el balde, realizando una operación de cálculo se determinó que ingreso 4,819 l de agua en los 35 días.

### **3.9. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS**

Las variables de respuesta fueron debidamente codificadas por tratamiento, tabulándose en una planilla de evaluación, y esta se digitó en una hoja de cálculo de Microsoft Excel. Mediante el uso de software estadístico, se realizó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey al 95% de confiabilidad por cada variable de respuesta.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. DETERMINACIÓN DE LA ALTURA DE PLANTA CON LA APLICACIÓN DE CUATRO DOSIS DE GUANO DE ISLAS EN DOS CULTIVARES DEL CULTIVO DE ACELGA EN CONDICIONES DE INVERNADERO – PUNO

- Para el objetivo 1: “Determinar la altura de planta con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno”
- El problema específico a solucionarse fue el bajo crecimiento en altura de planta, siendo la interrogante ¿Existirá diferencia en altura de planta a la aplicación de las dosis de guano de islas en los dos cultivares de acelga?
- La hipótesis planteada “La altura de planta varía con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en uno de los dos cultivares de acelga en condiciones de invernadero – Puno”

Lo afirmado anteriormente se corrobora con el análisis de varianza (Tabla 7), el Análisis de Varianza en estadística (*ANDEVA*, según terminología inglesa) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas, que se utiliza para determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren y con esta finalidad y aplicación se obtuvo lo siguiente.

En la tabla 7, se muestra el análisis de varianza para altura de planta, en donde se visualiza que para los bloques existe diferentes estadísticas altamente significativas,

dando a conocer que entre los bloques existe diferencias en altura de planta; para factor Cultivares (C) se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual demuestra que existe diferencias en altura de planta por efecto de los cultivares; para factor dosis de guano de islas (G), se muestra que existe diferencia estadísticas significativa, indicando que existe diferencias en altura de planta en las dosis de guano de islas; para la interacción C x G, se da a conocer que no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre altura de planta.

El coeficiente de variación es una medida aplicada en la ciencia de las estadísticas, que relaciona la desviación estándar y la media aritmética de un conjunto de datos definiendo la dispersión relativa de la muestra en estudio que sirve para cuantificar en términos porcentuales la variabilidad de las unidades experimentales frente a la aplicación de un determinado tratamiento (<https://www.webyempresas.com/coeficiente-de-variacion/>) y en este caso se ha determinado que el coeficiente de variación (CV) igual a 9.84%, por lo tanto podemos decir que los datos a nivel de investigación que se obtuvieron fueron de forma correcta, además los datos evaluados son confiables ya que Vásquez (2013) indica que en invernaderos el coeficiente de variación puede llegar hasta 25%.

**Tabla 7.** Análisis de varianza para altura de planta.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	382.1217750	191.0608875	8.34	3.74	6.51	**
Cultivares (C)	1	377.3094000	377.3094000	16.47	4.60	8.86	**
Dosis de guano de islas (G)	3	461.1108333	153.7036111	6.71	3.34	5.56	**
C x G	3	35.4841000	11.8280333	0.52	3.34	5.56	n.s.
Error experimental	14	320.673892	22.905278				
Total correcto	23	1576.700000					

CV=9.84%       $\bar{X} = 48.65\text{cm}$



El método de Tukey se utiliza en ANDEVA para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores mientras controla la tasa de error por familia en un nivel especificado, y con esta finalidad y aplicación se obtuvo lo siguiente.

En la tabla 8, se observa la prueba de Tukey para el factor cultivares de acelga sobre altura de planta, en donde se observa que el cultivar Ford Hook obtuvo mayor altura de planta con 52.62 cm, el cual es superior estadísticamente al cultivar Rhubarb con 44.69 cm.

Estos resultados obtenidos nos indican que el cultivar Ford hook que obtuvo mayor altura de planta, llegando a obtener 52.62 cm al comparar con el cultivar Rhubarb con 44.69 cm a los 70 días de evaluación, esto debido a que el cultivar Ford Hook al estar ubicado dentro de las plantas C3 donde el aumento de la tasa de fotosintética de fijación de CO<sub>2</sub> por remoción de O<sub>2</sub> es altamente eficaz, además este cultivar es de color verde, que puede haber permitido que tenga un alto crecimiento, la coloración de la hoja verde se atribuye a una mayor concentración de clorofila lo que puede resultar en tasas fotosintéticas más altas en comparación con el cultivar Rhubarb que posee hojas de coloración verde oscuro con pencas rojas, consideramos también que el cultivar Ford Hook a través de sus hojas carnosas, basales en roseta ovado-cordadas a rómbico-cuneadas realizaron de forma eficaz el proceso de fotosíntesis e intercambio de gases, además teniendo en consideración que el crecimiento de las plantas de acelga depende de varios factores que van desde la regulación genética hasta los factores edafoclimáticos, también la acelga como en otras hortalizas se ve reflejada en la altura de hoja, por lo tanto el cultivar Ford Hook obtuvo altura de planta superior al cultivar Rhubarb debido a su gran adaptabilidad a diversos climas como los climas templado húmedos, la temperatura media en general que se obtuvo dentro del invernadero tuvo un rango de 11 a 26 °C, dado



que habría favorecido al establecimiento del cultivo de acelga pues coincide con lo afirmado por Yuste (1997) y Mier (2010) quienes indican que la temperatura óptima para la germinación de las semillas de acelga debe estar alrededor de los 25 °C, mientras que el cultivar Rhubarb es una planta que se desarrolla óptimamente en climas tropicales no tolerando los cambios bruscos de temperatura lo cual dificulta el crecimiento normal de la planta.

Los resultados obtenidos son respaldados por Villalba (2013) quien indica que el cultivar Ford hook tuvo mayor altura de planta llegando a obtener 45.00 cm al comparar con el cultivar Large White ribbed con 41.98 cm a los 60 días de evaluación. De igual forma Nuñez (2016), tuvo mayor altura de planta en el cultivar Fordhook con 38.42 cm, el cual fue superior al cultivar Ruibarbo con 34.41 cm.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga sobre altura de planta.

Orden de mérito	Cultivar	Altura de planta (cm)	$P \leq 0.05$
1	C2=Ford Hook	52.62	a
2	C1=Rhubarb	44.69	b

Estudios realizados por Flores (2007) confirman que el cultivar Fordhook presenta una altura superior con respecto a otras variedades de acelga, principalmente debido a la naturaleza de su crecimiento, ya que el cultivar de acelga se adapta muy bien a diferentes climas por poseer la raíz principal bastante profunda, fibrosa y carnosa que facilitan la absorción de los nutrientes y micronutrientes esenciales que se encuentran en el suelo y del guano de islas que posee buenas concentraciones de nutrientes que son elementos necesario para el crecimiento y la formación de las hojas de acelga por lo cual alcanza mayor longitud vertical. Es productor de abundantes hojas durante toda la temporada, incluso después de heladas ligeras.



En la tabla 9, se observa la prueba de Tukey para el factor Dosis de guano de islas sobre altura de planta, en donde se observa que la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor altura de planta con 54.68 cm, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 50.38 cm y la dosis de 500 kg/ha tuvo 46.69 cm, los cuales estadísticamente son similares; y la menor altura de planta fue la dosis de 00 kg/ha tuvo 42.85 cm.

Estos resultados para factor de dosis de guano de islas demuestran que la dosis de 1000 kg/ha sobre altura de planta es la que obtuvo óptimos resultados sobre altura de planta, que supera a los demás tratamientos, esto se debería al adecuado aporte de los nutrientes principales del guano de islas: N (12-14 %),  $P_2O_5$  (10-12 %) y  $K_2O$  (2-3 %) PROABONOS (2008) donde el N intervino en la multiplicación celular fundamental para el crecimiento vegetativo dando un color verde intenso, activando el rápido crecimiento y constituyente de la clorofila que permite la fotosíntesis, además se considera como un factor de crecimiento muy necesario en la planta de acelga, por lo tanto contribuye en la formación de los aminoácidos, proteínas y enzimas, y teniendo en consideración que el requerimiento de nutrientes principales del cultivo de acelga es 50-100 kg/ha de N, 100-120 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100-120 kg/ha de  $K_2O$  SIPAN (2018) se ha demostrado que al aplicar la dosis de 1000 kg/ha planta de acelga a extraído la cantidad necesaria de  $P_2O_5$  que es fundamental en la división celular facilitando la formación rápida y crecimiento de las raíces además al gran aporte energía durante la fotosíntesis y el transporte de carbohidratos, por su parte el  $K_2O$  siendo el nutriente de mayor importancia cuantitativa y cualitativamente en la producción vegetal, intervino en los procesos de absorción de Ca, N y Na otorgando vigor y resistencia contra las enfermedades y bajas temperaturas, según PROABONOS (2007) menciona que biológicamente el guano de islas juega un rol esencial en el metabolismo básico del desarrollo de raíces, tallos y hojas asegurando la nutrición de las plantas, además de tener una acción benéfica sobre la vida de los suelos.

**Tabla 9.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor Dosis de guano de islas sobre altura de planta.

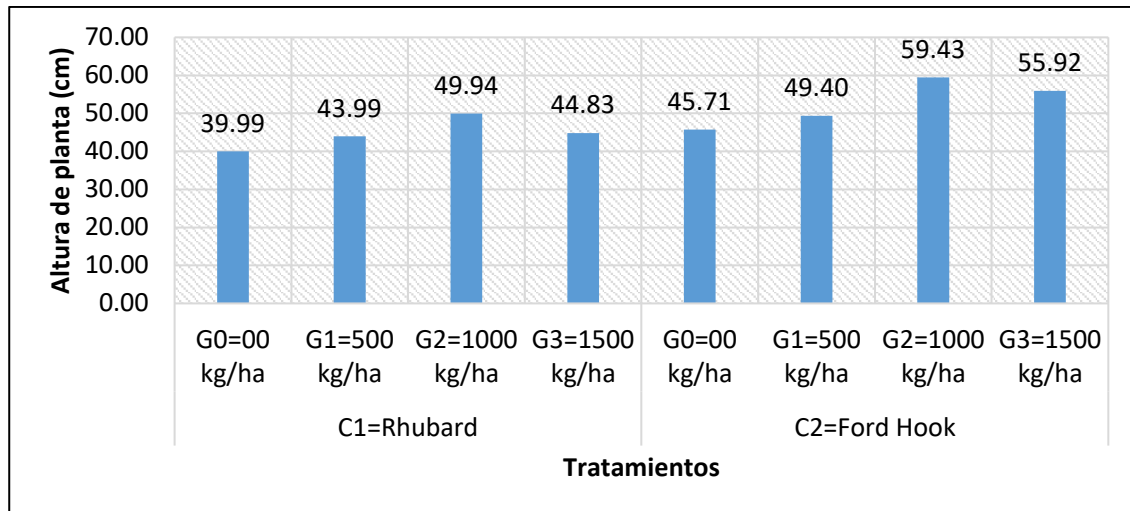
Orden de mérito	Cultivar	Altura de planta (cm)	$P \leq 0.05$
1	G2=1000 kg/ha	54.68	a
2	G3= 1000 kg/ha	50.38	a b
3	G1=500 kg/ha	46.69	a b
4	G0= 00 kg/ha	42.85	a

Los resultados analizados y discutidos, se puede demostrar que existe diferencias estadísticas significativas en la altura de planta por efecto de los cultivares y las dosis de guano de islas por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

En la figura 2, se observa que dentro del cultivar Rhubarb la dosis de 1000 kg/ha obtuvo mayor altura de planta con 49.94 cm, seguido de la dosis de 500 kg/ha con 43.99 cm, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 44.83 cm, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 39.99 cm. Mientras que en el cultivar Ford hook, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 59.43 cm, la dosis de 500 kg/ha tuvo 49.40 cm, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 55.92 cm y la dosis de 00 kg/ha tuvo 45.71 cm.

Los resultados obtenidos nos indican que al aplicar guano de islas tiene efecto en la altura de planta, en el cultivar Rhubarb llegando a obtener 49.94 cm al comparar con el testigo que obtiene 39.99 cm a los 70 días de evaluación y de la misma manera tiene efecto en el cultivar Ford Hook llegando a obtener 59.43 cm al comparar con el testigo que obtiene 45.71 cm a los 70 días de evaluación.

Los resultados obtenidos son respaldados por Villalba (2013) quien indica que la aplicación foliar del abono orgánico VirgorTop tiene efecto en altura de planta, llegando a obtener 57.00 cm al comparar el testigo que obtiene con 51. cm a los 60 días de evaluación, lo cual nos indica que el efecto beneficioso de la aplicación de abonos orgánicos sobre el crecimiento del cultivo de acelga.



**Figura 2.** Altura de planta por cada tratamiento evaluado.

#### 4.2. ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA BAJO LA APLICACIÓN DE DOSIS DE GUANO DE ISLAS EN DOS CULTIVARES DEL CULTIVO DE ACELGA EN CONDICIONES DE INVERNADERO – PUNO.

- Para el objetivo 2: “Estimar el número de hojas/planta bajo la aplicación de dosis de guano de isla en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno”
- El problema específico a solucionarse fue la poca cantidad de hojas/planta, siendo la interrogante ¿Existirá diferencia en número de hojas/planta a la aplicación de las dosis de guano de islas en los dos cultivares de acelga?
- La hipótesis planteada “El número de hojas/planta varía con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en uno de los dos cultivares de acelga en condiciones de invernadero – Puno”

En la tabla 10, se muestra el análisis de varianza para número de hojas por planta, en donde se visualiza que para los bloques existe diferentes estadísticas significativas,

dando a conocer que entre los bloques existe diferencias en número de hojas; para factor Cultivares (C) se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual demuestra que existe diferencias en número de hojas por planta por efecto de los cultivares; para factor Dosis de guano de islas (G), se muestra que también existe diferencias estadísticas significativas, indicando que existe diferencias en número de hojas en las dosis de guano de islas; la interacción C x G, da a conocer que no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre número de hojas. Además el coeficiente de variación (CV) igual a 10.39%, por lo tanto podemos decir que los datos a nivel de investigación si desarrollaron de forma correcta ya que si presento datos homogéneos dentro de cada uno de los tratamientos, además los datos evaluados son confiables ya que Vásquez (2013) indica que en invernaderos el coeficiente de variación puede llegar hasta 25%.

**Tabla 10.** Análisis de varianza para número de hojas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	31.14062500	15.57031250	5.49	3.74	6.51	*
Cultivares (C)	1	78.84375000	78.84375000	27.82	4.49	8.53	**
Dosis de guano de islas (G)	3	63.01293333	21.00431111	7.41	3.24	5.29	*
C x G	3	2.70298333	0.90099444	0.32	3.24	5.29	n.s.
Error experimental	14	39.6761083	2.8340077				
Total correcto	23	215.3764000					
CV=10.39%	$\bar{X} = 16.19$ hojas						

En la tabla 11, se observa la prueba de Tukey para el factor cultivares de acelga sobre número de hojas, en donde se observa que el cultivar Ford Hook tuvo mayor número de hojas con 18.00 hojas, el cual es superior estadísticamente al cultivar Rhubarb con 14.38 hojas.



Estos resultados sobre el número de hojas por planta estuvo precedido a los 70 días demuestran claramente que el cultivar Ford Hook obtuvo mayor número de hojas con 18.46 hojas por planta que fue superior estadísticamente al cultivar Rhubarb con 14.38 hojas por planta, se deduce que estuvieron relacionados directamente con el factor genético de la especie y la incorporación de guano de islas que complemento buena cantidad de N constituyente de cada uno de los aminoácidos es decir presente en cada proteína, también hace parte de la molécula de clorofila y de los ácidos nucleicos que estimulo el crecimiento y aumento la cantidad de hojas, además el guano de islas permitió el incremento de la formación de agregados del suelo (arenoso) que cubra absolutamente las exigencias de la planta el cual fue muy bien absorbido y asimilado por el sistema radicular bastante profundas y fibrosas, también la óptima cantidad de  $P_2O_5$  constituyente de coenzimas, ácidos nucleicos y sustratos metabólicos el cual promovió y ayudo a desarrollar resistencia a enfermedades, así mismo durante este periodo se mantuvo constantemente la humedad del suelo el cual facilito la absorción de los diferentes nutrientes.

**Tabla 11.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga número de hojas.

Orden de mérito	Cultivar	Número de hojas (N°)	$P \leq 0.05$
1	C2=Ford Hook	18.00	a
2	C1=Rhubarb	14.38	b

Los resultados obtenidos son respaldados por Villalba (2013) quien indica que el cultivar Foordook tuvo mayor número de hojas llegando a obtener 17.00 hojas al comparar con el cultivar Large White ribbed con 15 hojas a los 60 días de evaluación. De igual forma Nuñez (2016), tuvo mayor número de hojas en el cutlivar Fordhook con 11.00 hojas, el cual fue superior al cultivar Ruibarbo con 10.52 hojas.



En la tabla 12, se observa la prueba de Tukey para el factor Dosis de guano de islas sobre número de hojas, en donde se observa que la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor número de hojas con 18.46 hojas, seguido de la dosis de 500 kg/ha con 16.50 hojas cm, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 15.88 hojas, los cuales estadísticamente son similares; y la dosis de 00 kg/ha tuvo menor cantidad de numero de hojas con 13.92 hojas.

Estos resultados para factor dosis de guano de islas sobre número de hojas nos indican claramente que obtuvo mayor cantidad de numero de hojas con la dosis de 1000 kg/ha con 18.46 hojas en comparación con la dosis 00 kg/ha de guano de islas que obtuvo una menor cantidad de hojas con 13.92 se deduce que al incorporar el guano de islas al suelo se incrementó la actividad biológica en micro flora y fauna, aumentando la población de microorganismos fijadores de N y producción de sustancias activadoras de crecimiento (ácido indol acético y la capacidad de intercambio catiónico) aumentando la producción de cantidad de hojas, siendo los requerimientos nutricionales del cultivo de acelga: 50-100 kg/ha de N, 100-120 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100-120 kg/ha de  $K_2O$  SIPAN (2018) se notó claramente el papel importante que cumple el N sobre el cultivo de acelga, de la misma forma la incorporación de  $P_2O_5$  por el guano de islas de 10-12 % PROABONOS (2008) el cual fue fundamental en la división celular y facilito la formación rápida y crecimiento de las raíces aumentando la cantidad de hojas en el cultivo de acelga, por su parte el aporte de  $K_2O$  por el guano de islas que ayudo en la síntesis de las proteínas y de almidón, también desempeño un rol importante en la regulación de agua (osmo-regulacion) tanto la absorción de agua a través de las raíz y su perdida a través de los estomas del cultivo de acelga.

**Tabla 12.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor Dosis de guano de islas sobre número de hojas.

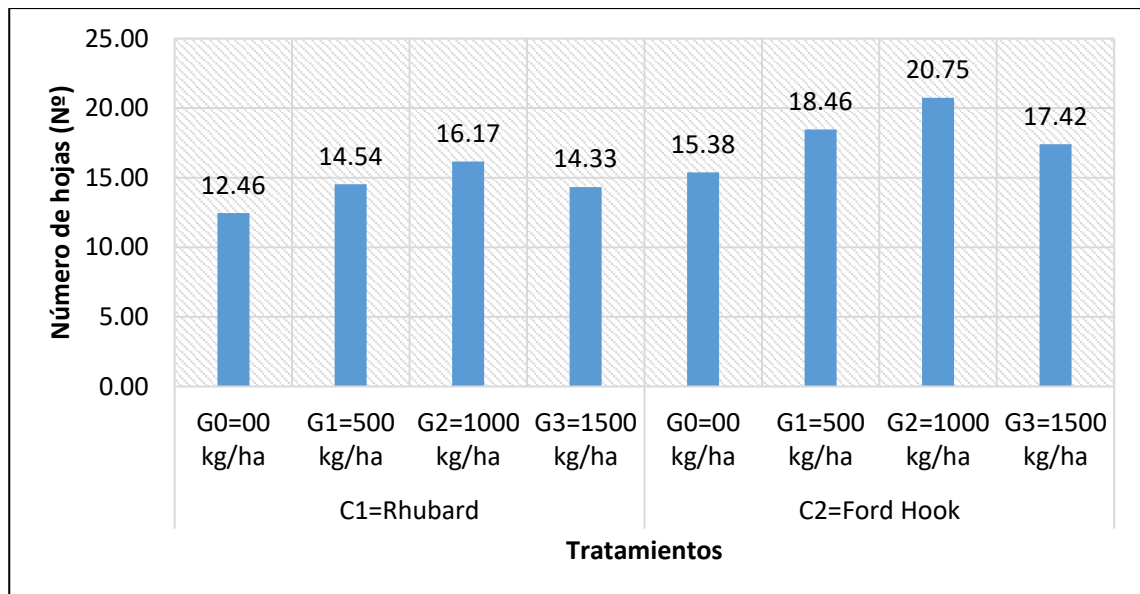
Orden de mérito	Cultivar	Número de hojas (N°)	$P \leq 0.05$
1	G2=1000 kg/ha	18.46	a
2	G1= 500 kg/ha	16.50	a b
3	G3=1500 kg/ha	15.88	a b
4	G0= 00 kg/ha	13.92	b

Los resultados obtenidos son respaldados por Villalba (2013) quien indica que la aplicación foliar del abono orgánico VirgorTop tiene efecto en la cantidad de hojas, llegándose a obtener 19 hojas al comparar el testigo que obtiene con 16 hojas a los 60 días de evaluación, lo cual nos indica que el efecto beneficioso de la aplicación de abonos orgánicos sobre el crecimiento del cultivo de acelga.

De los resultados analizados y discutidos, se puede demostrar que existe diferencias estadísticas significativas en número de hojas/planta por efecto de los cultivares y las dosis de guano de islas por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

En la figura 3, se observa que dentro del cultivar Rhubarb la dosis de 1000 kg/ha obtuvo mayor número de hojas con 16.17 cm, seguido de la dosis de 500 kg/ha con 14.54 hojas, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 14.33 hojas, y la dosis de 00 kg/ha obtuvo 12.46 hojas. Mientras que en el cultivar Ford hook, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 20.75 hojas, la dosis de 500 kg/ha tuvo 18.46 hojas, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 17.42 hojas y la dosis de 00 kg/ha tuvo 15.38 hojas.





**Figura 3.** Número de hojas por cada tratamiento evaluado.

#### **4.2.1. Área foliar de hojas/planta bajo la aplicación de dosis de guano de islas en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno**

- Para el caso de la variable de respuesta que es área foliar, cuyo objetivo sería: “Estimar el área foliar de hojas/ planta bajo la aplicación de dosis de guano de isla en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno”
- El problema específico a solucionarse fue el menor tamaño de hojas/planta, siendo la interrogante ¿Existirá diferencia en tamaño de hojas/planta a la aplicación de las dosis de guano de islas en los dos cultivares de acelga?
- La hipótesis planteada “El área foliar de hojas/planta varía con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en uno de los dos cultivares de acelga en condiciones de invernadero – Puno”

En la tabla 13, se muestra el análisis de varianza para promedio de área foliar, en donde se visualiza que para los bloques existe diferentes estadísticas altamente significativas, dando a conocer que entre los bloques existe diferencias en área foliar; para

factor Cultivares (C) se observa que existe diferencia estadística altamente significativa, lo cual demuestra que existe diferencias en área foliar por efecto de los cultivares; para factor Dosis de guano de islas (G), se muestra que también existe diferencias estadísticas altamente significativas, indicando que existe diferencias en área foliar promedio por planta en las dosis de guano de islas; la interacción C x G, da a conocer que no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre área foliar promedio. Además el coeficiente de variación (CV) igual a 11.15%, por lo tanto podemos decir que los datos a nivel de investigación si desarrollaron de forma correcta ya que si presento datos homogéneos dentro de cada uno de los tratamientos, además los datos evaluados son confiables ya que Vásquez (2013) indica que en invernaderos el coeficiente de variación puede llegar hasta 25%.

**Tabla 13.** Análisis de varianza para promedio de área foliar de hoja.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	20236.70361	10118.35180	9.10	3.74	6.51	**
Cultivares (C)	1	38924.17670	38924.17670	35.01	4.49	8.53	**
Dosis de guano de islas (G)	3	71544.59441	23848.19814	21.45	3.24	5.29	**
C x G	3	9697.26455	3232.42152	2.91	3.24	5.29	n.s.
Error experimental	14	15564.0365	1111.7169				
Total correcto	23	155966.7758					

CV=11.15%       $\bar{X} = 298.99 \text{ cm}^2$

En la tabla 14, se observa la prueba de Tukey para el factor cultivares de acelga sobre área foliar por planta, en donde se observa que el cultivar Ford Hook tuvo mayor área foliar con  $339.26 \text{ cm}^2$ , el cual es superior estadísticamente al cultivar Rhubarb con  $258.72 \text{ cm}^2$ .

Estos resultados sobre área foliar para el factor cultivares donde el cultivar Ford Hook que obtuvo  $339.26 \text{ cm}^2$  fue superior al cultivar Rhubarb que obtuvo  $258.72 \text{ cm}^2$

están relacionados directamente con el factor genético y a la eficacia en el proceso fotosintético de las hojas carnosas y gran masa foliar encargados de la estable fijación del CO<sub>2</sub> y la foto respiración, por parte del cultivar Rhubarb obtuvo menor área foliar por no tolerar a climas templados y a los cambios bruscos de temperatura que no permitieron un desarrollo óptimo.

**Tabla 14.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga sobre promedio de área foliar de hoja.

Orden de mérito	Cultivar	Promedio de área foliar (cm <sup>2</sup> )	P $\leq 0.05$
1	C2=Ford Hook	339.26	a
2	C1=Rhubarb	258.72	b

Los resultados obtenidos son respaldados por Von Boeck (2000), quien al utilizar la variedad Fordhook, una longitud de hoja promedio de 49.2 cm, fertilizando con humus de lombriz, lo cual afirma que el cultivar posee mayor longitud de hoja, es decir tamaño de hoja. De igual forma Nuñez (2016), tuvo mayor tamaño de hojas en longitud en el cultivar Fordhook con 23.14 cm, el cual fue superior al cultivar Ruibarbo con 20,52 cm.

En la tabla 15, se observa la prueba de Tukey para el factor dosis de guano de islas sobre área foliar promedio, en donde se observa que la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor área foliar con 366.53 cm<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 322.11 cm<sup>2</sup>, la dosis de 500 kg/ha tuvo 290.52 cm<sup>2</sup>, los cuales estadísticamente

son similares; y la dosis de 00 kg/ha tuvo 216.79 cm<sup>2</sup>.

Señalando este resultado para el factor dosis de guano de islas sobre el área foliar nos indica que la dosis de 1000 kg/ha obtuvo mejor tamaño de área foliar 366.53 cm<sup>2</sup> con respecto a las dosis de 1500 kg/ha que obtuvo 322 cm<sup>2</sup> se da a conocer la importancia que tiene la dosis adecuada de guano de islas sobre el tamaño óptimo de área foliar del cultivo de acelga demostrando que existe la relación directa de la absorción de N que incorpora

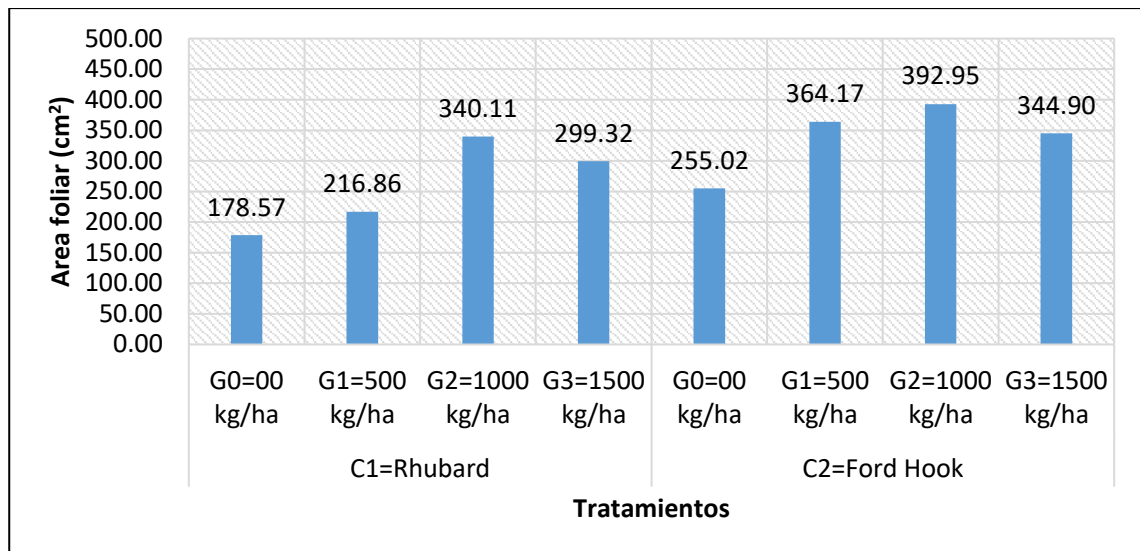
el guano de islas con el tamaño del área foliar el cual fue asimilado fácilmente ya que el requerimiento nutricional del cultivo de acelga es de 50-100 kg/ha de N, 100-120 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100-120 kg/ha de  $K_2O$  SIPAN (2018) al mismo tiempo el guano de islas brinda la disponibilidad de elementos nutritivos (mineralización) e incremento la capacidad de intercambio catiónico.

**Tabla 15.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor dosis de guano de islas sobre promedio de área foliar de hoja.

Orden de mérito	Cultivar	Promedio de área foliar ( $cm^2$ )	$P \leq 0.05$
1	G2=1000 kg/ha	366.53	a
2	G3= 1500 kg/ha	322.11	a b
3	G1=500 kg/ha	290.52	b
4	G0= 00 kg/ha	216.79	c

Donde los resultados analizados y discutidos, se demuestra que existe diferencias estadísticas significativas en área foliar de hojas/planta por efecto de los cultivares y las dosis de guano de islas por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

En la figura 4, se observa que dentro del cultivar Rhubarb la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor área foliar con  $340.11 \text{ cm}^2$ , seguido de la dosis de 1500 kg/ha con  $299.32 \text{ cm}^2$ , la dosis de 500 kg/ha tuvo  $216.86 \text{ cm}^2$ , y la dosis de 00 kg/ha tuvo  $178.57 \text{ cm}^2$ . Mientras que en el cultivar Ford hook, la dosis de 1000 kg/ha tuvo  $392.95 \text{ cm}^2$ , la dosis de 500 kg/ha tuvo  $364.17 \text{ cm}^2$ , la dosis de 1500 kg/ha tuvo  $344.90 \text{ cm}^2$  y la dosis de 00 kg/ha tuvo  $256.17 \text{ cm}^2$ .



**Figura 4.** Área foliar promedio por hojas por cada tratamiento evaluado.

Los resultados obtenidos son respaldados por Escorcía (2012), quien al aplicar Bocashi más Humus líquido de Lombriz tuvo mayor área foliar de hojas 250 cm<sup>2</sup>, seguido de Bocashi más agua con 198 cm<sup>2</sup>, los cuales fueron superiores al comparar con el testigo, lo cual afirma el efecto de los abonos orgánicos sobre el área foliar del cultivo de la acelga.

Los resultados obtenidos son respaldados por Avalos (2008), quien al aplicar 1.4 de biol +15 l de agua obtuvo mayor largo de hojas con 52.6 cm y el testigo tuvo 49.50 cm en condiciones de carpa solar en la ciudad de La Paz, Bolivia, lo cual comparado con nuestros resultados, confirman el efecto de los abonos orgánicos sobre el tamaño de la hoja.

#### **4.3. DETERMINACIÓN DEL PESO DE LAS HOJAS DE DOS CULTIVARES DE ACELGA A LA APLICACIÓN DE DOSIS DE GUANO DE ISLAS EN CONDICIONES DE INVERNADERO – PUNO**

- Para el objetivo 3: “Determinar el peso de hojas bajo la aplicación de dosis de guano de isla en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno”
- El problema específico a solucionarse fue el bajo peso de hojas, siendo la



interrogante ¿Existirá diferencia en peso de hojas a la aplicación de las dosis de guano de islas en los dos cultivares de acelga?

- La hipótesis planteada “El peso de hojas varia con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en uno de los dos cultivares de acelga en condiciones de invernadero – Puno”

En la tabla 16, se muestra el análisis de varianza para peso de hojas, en donde se visualiza que para los bloques existe diferentes estadísticas altamente significativas, dando a conocer que entre los bloques existe diferencias en peso de hojas; en donde para factor Cultivares (C) se observa que existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual demuestra que existe diferencias en peso de hojas por efecto de los cultivares; para factor Dosis de guano de islas (G), se observa que existe diferencias estadísticas significativas, indicando que existe diferencias en peso de hojas por efecto de las dosis de guano de islas; para la interacción C x G, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre peso de hojas. Además el coeficiente de variación (CV) igual a 9.39%, por lo tanto podemos decir que los datos a nivel de investigación si desarrollaron de forma correcta ya que si presento datos homogéneos dentro de cada uno de los tratamientos además los datos evaluados son confiables ya que Vásquez (2013) indica que en invernaderos el coeficiente de variación puede llegar hasta 25%.

**Tabla 16.** Análisis de varianza para peso de hojas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	1.47380833	0.73690417	10.54	3.74	6.51	**
Cultivares (C)	1	5.69400417	5.69400417	81.47	4.49	8.53	**
Dosis de guano de islas (G)	3	1.68061250	0.56020417	8.01	3.24	5.29	*
C x G	3	0.01924583	0.00641528	0.09	3.24	5.29	n.s.
Error	14	0.97852500	0.06989464				
Total correcto	23	9.84619583					

CV=9.39%                       $\bar{X} = 2.82 \text{ kg /0.8m}^2$

En la tabla 17, se observa la prueba de Tukey para el factor cultivares de acelga sobre peso de hojas, en donde se observa que el cultivar Ford Hook tuvo mayor peso de hojas con  $3.30 \text{ kg/0.8m}^2$ , el cual es superior estadísticamente al cultivar Rhubarb con  $2.33 \text{ kg/0.8m}^2$ .

Estos resultados para factor cultivares de acelga sobre peso de hojas donde el cultivar Ford Hook obtuvo  $3.30 \text{ kg/0.8 m}^2$  que fue superior al cultivar Rhubarb que obtuvo  $2.33 \text{ kg/0.8 m}^2$  debiéndose esto a las características genéticas propias del cultivar Ford Hook logrando un mejor desarrollo vegetativo y por ende un mayor peso de hojas, su fácil adaptación a climas templados – húmedos y debido a su gran masa foliar para desarrollar de forma eficaz los procesos de fotosíntesis en el intercambio de gases en la planta, además la necesidad de mantener en todo momento el suelo húmedo evitando que la planta sufra síntomas de deshidratación y evitar así que los tejidos se embastezcan y mientras que el cultivar Rhubarb obtuvo  $2.33 \text{ kg/0.8 m}^2$  que fue inferior al cultivar Ford Hook, esto debido que fue perjudicado notablemente por los cambios bruscos de temperatura afectando el normal desarrollo de la planta, más bien el desarrollo adecuado y óptimo de este cultivar Rhubarb es en regiones tropicales y sub tropicales y en zonas altas se comporta como perenne poco desarrollado.

**Tabla 17.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga sobre promedio de peso de hojas.

Orden de mérito	Cultivar	Peso de hojas (kg/0.8m <sup>2</sup> )	P $\leq$ 0.05
1	C2=Ford Hook	3.30	a
2	C1=Rhubarb	2.33	b

Los resultados obtenidos de la investigación son respaldados por Nuñez (2016), tuvo mayor peso de hojas en el cultivar Fordhook con 1.57 kg/m<sup>2</sup>, el cual fue superior al cultivar Ruibarbo con 1.51 kg/m<sup>2</sup>.

De igual forma Hartmann (1990), indica que para un ambiente atemperado de 25 m<sup>2</sup> de superficie útil, halló un rendimiento de 4 a 5 kg/m<sup>2</sup>; mientras que, Lorini (1994), explicando su experiencia en la provincia Aroma con un Invernadero Andino, señala un rendimiento de 4,5 kg/m<sup>2</sup>, lo cual comparado con resultados se podría decir que son menores a nivel de cultivares de acelga, bajo las condiciones de invernadero, las diferencias podrían ser por los cultivares de acelga, la disponibilidad de agua, la fertilidad de del suelo y la temperatura del ambiente.

En la tabla 18, se observa la prueba de Tukey para el factor dosis de guano de islas sobre peso de hojas, en donde se observa que la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de hojas 3.15 kg/0.8 m<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 2.89 kg/0.8 m<sup>2</sup>, la dosis de 500 kg/ha tuvo 2.80 kg/0.8m<sup>2</sup>, los cuales estadísticamente son similares; y la dosis de 00 kg/ha tuvo 2.41 kg/0.8m<sup>2</sup>.

Estos resultados para el factor dosis de guano de islas sobre peso de hojas en donde la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de hojas 3.15 kg/0.8m<sup>2</sup> en comparación con la dosis 00 kg/ha de guano de islas que obtuvo el menor peso de hojas con 2.41 kg/0.8m<sup>2</sup>, nos indican que la aplicación de guano de islas influyo de forma óptima tanto en el crecimiento como en la producción del cultivo de acelga, mejorando las propiedades





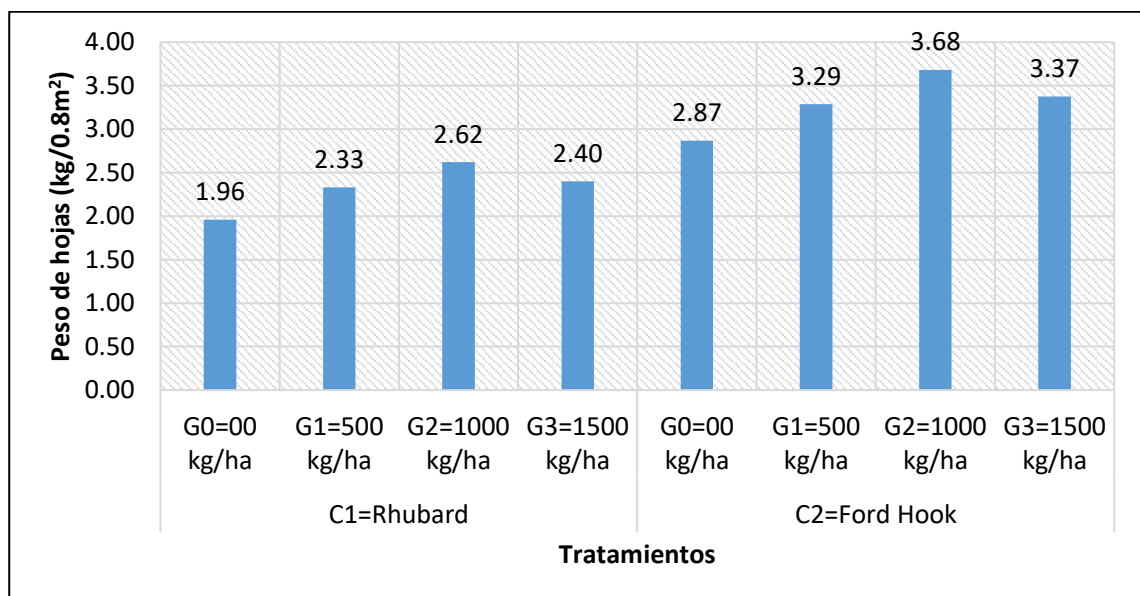
físicas, químicas y biológicas del suelo aumentando el grado de fertilidad del mismo, como consecuencia mejoro la capacidad de intercambio catiónico, lo que se refleja en el peso de hojas en cada uno de los tratamientos con guano de islas en comparación con la dosis de 00 kg/ha de guano de islas que fue el que reporto el menor peso de hojas, por ende menor producción, por tanto se asume que las condiciones proporcionadas por el guano de islas favorecieron a la absorción de los nutrientes disponibles para el cultivo de acelga, lo que permitió que el cultivo los aproveche en cada una de las etapas de su desarrollo y se traducen en mayores rendimientos, además siendo los requerimientos nutricionales del cultivo de acelga: 50-100 kg/ha de N, 100-120 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100-120 kg/ha de  $K_2O$  SIPAN (2018) y el aporte nutricional del guano de islas N (12-14 %),  $P_2O_5$  (10-12 %) y  $K_2O$  (2-3 %) PROABONOS (2008) deducimos que el N incorporado fue uno de los nutrientes esenciales y más importantes para el cultivo de acelga, también tuvo mucha influencia la determinación ideal de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha) donde la incorporación de nitrógeno al suelo presentó rápidos cambios entre sus diferentes formas y fue muy móvil en el suelo, por otra parte las menores dosis de guano de islas (500 kg/ha y 00 kg/ha) fue causa de deficiencia de N lo que pudo resultar en crecimiento detenido, hojas cloróticas y peso significativamente reducido y la elevada dosis de guano de islas (1500 kg/ha) fue causa de exceso de N resultando en un pobre sistema radicular, tejido blando y plantas débiles, de la misma manera el aporte de  $P_2O_5$  por parte del guano de islas fue esencial para el crecimiento del cultivo de acelga, participando en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y la degradación de los carbohidratos, de la misma manera el aporte de  $K_2O$  por el guano de islas que contribuyó a que el cultivo de acelga desencadene la activación de enzimas y fue esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP).

**Tabla 18.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor Dosis de guano de islas sobre peso de hojas.

Orden de mérito	Cultivar	Peso de hojas (kg/0.8m <sup>2</sup> )	P <sub>≤0.05</sub>
1	G2=1000 kg/ha	3.15	a
2	G3= 1500 kg/ha	2.89	a
3	G1=500 kg/ha	2.80	a b
4	G0= 00 kg/ha	2.41	b

Donde los resultados analizados y discutidos, se demuestra que existe diferencias estadísticas significativas en peso de hojas por efecto de los cultivares y las dosis de guano de islas por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

En la figura 5, se observa que dentro del cultivar Rhubarb la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de hojas con 2.62 kg/0.8m<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 2.40 kg/0.8m<sup>2</sup>, la dosis de 500 kg/ha tuvo 2.33 kg/0.8m<sup>2</sup>, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 1.96 kg. Mientras que en el cultivar Ford hook, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 3.68 kg/0.8m<sup>2</sup>, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 3.37 kg/0.8m<sup>2</sup>, la dosis de 500 kg/ha tuvo 3.29 kg/0.8m<sup>2</sup> y la dosis de 00 kg/ha tuvo 2.87 kg/0.8m<sup>2</sup>.



**Figura 5.** Peso promedio de hojas (kg/0.8m<sup>2</sup>) de cada tratamiento evaluado.



Los resultados obtenidos son respaldados en cierta forma por Medina (1992), quien afirma que, la fertilización orgánica tiende a aumentar el contenido de humus en el suelo y su capacidad de retención de agua, mejora su estabilidad estructural a facilitar el trabajo del suelo, estimular su actividad biológica y suministrarle la mayor parte de elementos nutritivos necesarios para los vegetales como la acelga, lo cual confirmaría el efecto y los beneficios sobre el rendimiento del cultivo.

Los resultado obtenidos son respaldados por Avalos (2008), quien al aplicar 2.1 de biol +20 l de agua obtuvo mayor rendimiento de hojas con 3.60 kg/ha y el testigo tuvo 2.69 kg/ha en condiciones de carpa solar en la ciudad de La Paz, Bolivia, lo cual comparado con nuestros resultados, se asemejan en cierta forma.

Al comparar las diferencias en peso de hojas de los tratamientos aplicado con dosis de guano de isla con el testigo, se resaltar que la aplicación de abonos orgánicos en las dosis adecuadas son una alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de calidad óptimos en la producción de los cultivos (Fortis *et al.*, 2009).

#### **4.3.1. Determinación del rendimiento de las hojas de dos cultivares de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas en condiciones de invernadero – Puno**

- Para la variable rendimiento de hojas (kg/ha), el objetivo sería: “Determinar el rendimiento de hojas bajo la aplicación de dosis de guano de isla en dos cultivares del cultivo de acelga en condiciones de invernadero – Puno”
- El problema específico a solucionarse fue el bajo rendimiento de hojas, siendo la interrogante ¿Existirá diferencia en peso de hojas a la aplicación de las dosis de guano de islas en los dos cultivares de acelga?
- La hipótesis planteada “El rendimiento de hojas varía con la aplicación de cuatro dosis de guano de islas en uno de los dos cultivares de acelga en condiciones de

invernadero – Puno”.

En la tabla 19, se muestra el análisis de varianza para rendimiento de hojas, en donde se visualiza que para los bloques existe diferentes estadísticas altamente significativas, dando a conocer que entre los bloques existe diferencias en rendimiento de hojas; para factor Cultivares (C) se observa que existe diferencias estadísticas altamente significativas, lo cual demuestra que existe diferencias en rendimiento de hojas por efecto de los cultivares; para factor Dosis de guano de islas (G), se observa que existe diferencias estadísticas significativas, indicando que existe diferencias en rendimiento de hojas por efecto de las dosis de guano de islas; para la interacción C x G, se observa que no existe diferencias estadísticas significativas, entendiéndose que los factores actúan de forma independiente sobre rendimiento de hojas. Además el coeficiente de variación (CV) igual a 9.39%, por lo tanto podemos decir que los datos a nivel de investigación si desarrollaron de forma correcta ya que si presento datos homogéneos dentro de cada uno de los tratamientos además los datos evaluados son confiables ya que Vásquez (2013) indica que en invernaderos el coeficiente de variación puede llegar hasta 25%.

**Tabla 19.** Análisis de varianza para rendimiento de hojas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc	Ft 0.05	Ft 0.01	Sig.
Bloques	2	230.3488083	115.1744042	10.55	3.74	6.51	**
Cultivares (C)	1	889.3837500	889.3837500	81.45	4.49	8.53	**
Dosis de guano de islas (G)	3	262.5636833	87.5212278	8.02	3.24	5.29	*
C x G	3	3.0051500	1.0017167	0.09	3.24	5.29	n.s.
Error	16	152.874192	10.919585				
Total correcto	23	1538.175583					

CV=9.39%

$\bar{X} = 35.20$  t/ha

En la tabla 20, se observa la prueba de Tukey para el factor cultivares de acelga sobre rendimiento de hojas, en donde se observa que el cultivar Ford Hook tuvo mayor rendimiento de hojas con 41.28 t/ha, el cual es superior estadísticamente al cultivar

Rhubarb con 29.10 t/ha.

**Tabla 20.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor cultivares de acelga sobre promedio de rendimiento de hojas.

Orden de mérito	Cultivar	Rendimiento de hojas (t/ha)	$P \leq 0.05$
1	C2=Ford Hook	41.28	a
2	C1=Rhubarb	29.10	b

Estos resultados para factor cultivares de acelga sobre rendimiento de hojas donde el cultivar Ford Hook 41.28 t/ha que fue superior al cultivar Rhubarb que obtuvo 29.10 t/ha es debido a las características genéticas propias del cultivar Ford Hook logrando un mejor desarrollo vegetativo y por ende un mayor rendimiento, su fácil adaptación a climas templados – húmedos, además a su gran masa foliar para desarrollar de forma eficaz los procesos de fotosíntesis en el intercambio de gases en la planta, de la misma forma la necesidad de mantener en todo momento el suelo húmedo evitando que la planta sufra síntomas de deshidratación y evitar así que los tejidos se engrosen, y mientras que el cultivar Rhubarb obtuvo 29.10 t/ha que fue inferior al cultivar Ford Hook, esto debido que fue perjudicado notablemente por los cambios de temperatura afectando el normal desarrollo de la planta, siendo el desarrollo adecuado y óptimo del cultivar Rhubarb es en regiones tropicales y sub tropicales y en zonas altas se comporta como perenne poco desarrollado.

Los resultados obtenidos de la investigación son respaldados por Velasco (2002), quien en el cultivo de acelga con Fordhook Giant, bajo camas atemperadas (Panqar hullus), tuvo un rendimiento de cosecha de 38.28 t/ha, lo cual demuestra el buen rendimiento del cultivar. De igual forma Nuñez (2016), tuvo mayor peso de hojas en el cultivar Fordhook con 15.70 t/ha, el cual fue superior al cultivar Ruibarbo con 15.10 t/ha.



De igual forma Hartmann (1990), indica que para un ambiente atemperado de 25 m<sup>2</sup> de superficie útil, halló un rendimiento de 40 a 50 t/ha; mientras que, Lorini (1994), explicando su experiencia en la provincia Aroma con un Invernadero Andino, señala un rendimiento de 45 t/ha, lo cual comparado con resultados se podría decir que son menores a nivel de cultivares de acelga, bajo las condiciones de invernadero, las diferencias podrían ser por los cultivares de acelga, la disponibilidad de agua, la fertilidad de del suelo y la temperatura del ambiente.

En la tabla 21, se observa la prueba de Tukey para el factor dosis de guano de islas sobre rendimiento de hojas, en donde se observa que la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor rendimiento de hojas 39.40 t/ha, seguido de la dosis de 1500 kg/ha 36.10 t/ha, la dosis de 500 kg/ha tuvo 35.10 t/ha, los cuales estadísticamente son similares; y la dosis de 00 kg/ha tuvo 30.17 kg/ha.

Estos resultados para el factor dosis de guano de islas sobre peso de hojas en donde la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de hojas 39.40 t/ha en comparación con la dosis 00 kg/ha de guano de islas que obtuvo el menor rendimiento de hojas con 30.17 t/ha), nos indican que la aplicación de guano de islas influyo de forma óptima tanto en el crecimiento como en la producción del cultivo de acelga, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo aumentando el grado de fertilidad del mismo, como consecuencia mejoro la capacidad de intercambio catiónico, lo que se refleja en el peso de hojas en cada uno de los tratamientos con guano de islas en comparación con la dosis de 00 kg/ha de guano de islas que fue el que reporto el menor peso de hojas, por ende menor producción, por tanto se asume que las condiciones proporcionadas por el guano de islas favorecieron a la absorción de los nutrientes disponibles para el cultivo de

acelga, lo que permitió que el cultivo los aproveche en cada una de las etapas de su desarrollo y se traducen en mayores rendimientos, además siendo los requerimientos nutricionales del cultivo de acelga: 50-100 kg/ha de N, 100-120 kg/ha de  $P_2O_5$  y 100-120 kg/ha de  $K_2O$  SIPAN (2018) y el aporte nutricional del guano de islas N (12-14 %),  $P_2O_5$  (10-12 %) y  $K_2O$  (2-3 %) PROABONOS (2008) deducimos que el N incorporado fue uno de los nutrientes esenciales y más importantes para el cultivo de acelga, también tuvo mucha influencia la determinación ideal de la dosis de guano de islas (1000 kg/ha) donde la incorporación de nitrógeno al suelo presentó rápidos cambios entre sus diferentes formas y fue muy móvil en el suelo, por otra parte las menores dosis de guano de islas (500 kg/ha y 00 kg/ha) fue causa de deficiencia de N lo que pudo resultar en crecimiento detenido, hojas cloróticas y peso significativamente reducido y la elevada dosis de guano de islas (1500 kg/ha) fue causa de exceso de N resultando en un pobre sistema radicular, tejido blando y plantas débiles, de la misma manera el aporte de  $P_2O_5$  por parte del guano de islas fue esencial para el crecimiento del cultivo de acelga, participando en los procesos metabólicos, tales como la fotosíntesis, la transferencia de energía y la síntesis y la degradación de los carbohidratos, de la misma manera el aporte de  $K_2O$  por el guano de islas que contribuyó a que el cultivo de acelga desencadene la activación de enzimas y fue esencial para la producción de adenosina trifosfato (ATP), este rendimiento de acelga fue en gran medida por el nivel adecuado de fertilización de nitrógeno

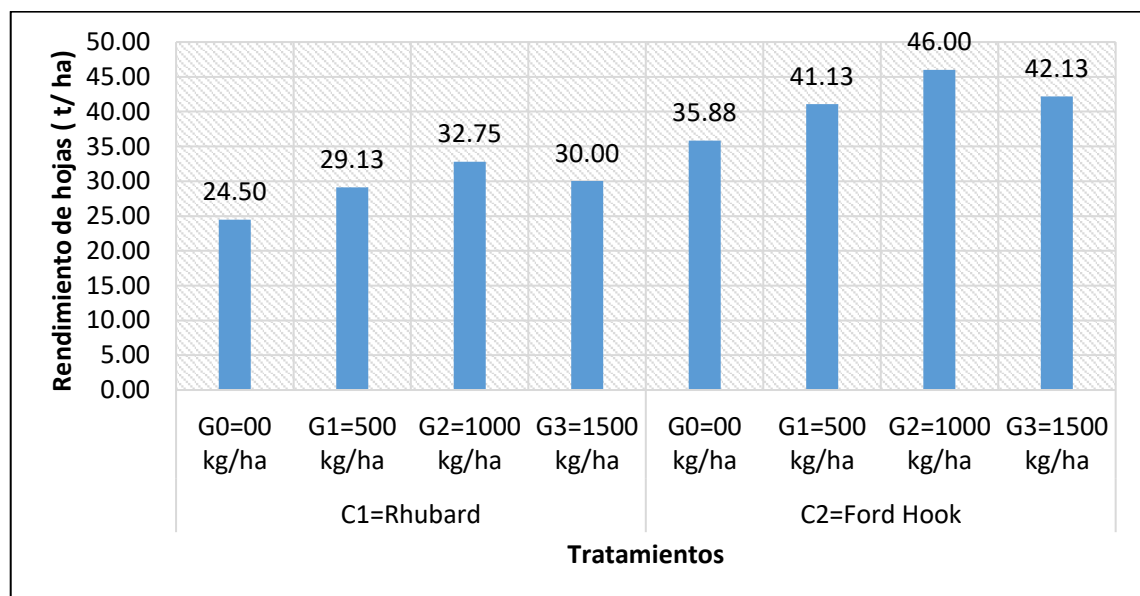
**Tabla 21.** Prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ) para factor Dosis de guano de islas sobre rendimiento de hojas.

Orden de mérito	Cultivar	Rendimiento de hojas (t/ha)	$P \leq 0.05$
1	G2=1000 kg/ha	39.40	a
2	G3= 1500 kg/ha	36.10	a
3	G1=500 kg/ha	35.10	a b
4	G0= 00 kg/ha	30.17	b

Por tanto de los resultados analizados y discutidos, se demuestra que existe

diferencias estadísticas significativas en el rendimiento de hojas por efecto de los cultivares y las dosis de guano de islas por lo tanto se acepta la hipótesis planteada.

En la figura 6, se observa que dentro del cultivar Rhubarb la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor rendimiento de hojas con 32.75 t/ha, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 30.00 t/ha, la dosis de 500 kg/ha tuvo 29.13 t/ha, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 24.50 t/ha. Mientras que en el cultivar Ford Hook, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 46.00 t/ha, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 42.13 t/ha, la dosis de 500 kg/ha tuvo 41.13 t/ha y la dosis de 00 kg/ha tuvo 35.88 t/ha.



**Figura 6.** Rendimiento promedio de hojas (t/ha) de cada tratamiento evaluado.

Los resultados obtenidos son respaldados en cierta forma por Medina (1992), quien afirma que, la fertilización orgánica tiende a aumentar el contenido de humus en el suelo y su capacidad de retención de agua, mejora su estabilidad estructural a facilitar el trabajo del suelo, estimular su actividad biológica y suministrarle la mayor parte de elementos nutritivos necesarios para los vegetales como la acelga, lo cual confirmaría el efecto y los beneficios sobre el rendimiento del cultivo.





Los resultados obtenidos son respaldados por Avalos (2008), quien al aplicar 2.1 de biol +20 l de agua obtuvo mayor rendimiento de hojas con 36.03 t/ha y el testigo tuvo 26.96 t/ha en condiciones de carpa solar en la ciudad de La Paz, Bolivia, lo cual comparado con nuestros resultados, se asemejan en cierta forma.

Al comparar las diferencias en peso de hojas de los tratamientos aplicado con dosis de guano de isla con el testigo, se resalta que la aplicación de abonos orgánicos en las dosis adecuadas son una alternativa de fertilización viable para alcanzar niveles de calidad óptimos en la producción de los cultivos (Fortis *et al.*, 2009).

Mier (2010) realizó un ensayo con la variedad Bresanne de acelga, su tratamiento de “ácido fulvico en dosis de 15 l/ha” obtuvo una producción de 113.60 t/ha en materia verde para cuatro cosechas, este rendimiento superó en un 49,68 % al testigo que solo alcanzó 5.72 t/ha, la autora atribuye a las propiedades de los ácidos fulvicos al permitir una mayor asimilación de nutrientes y mayor incremento de biomasa.



## V. CONCLUSIONES

En altura de planta, el cultivar Ford hook bajo la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor altura de planta con 59.43 cm, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 55.92 cm, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 45.40 cm. El cultivar Rhubarb, bajo la dosis de 1000 kg/ha tuvo 49.94 cm, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 44.83 cm, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 39.99 cm.

En número de hojas, el cultivar Ford hook la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor número de hojas con 20.75 hojas, seguido de la dosis de 500 kg/ha con 18.46 hojas, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 15.38 hojas. El cultivar Rhubarb, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 16.17 hojas, la dosis de 500 kg/ha tuvo 14.54 hojas, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 12.46 hojas.

En área foliar, el cultivar Ford hook con la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor área foliar con 392.95 cm<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 500 kg/ha con 364.17 cm<sup>2</sup>, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 255.02 cm<sup>2</sup>. El cultivar Rhubarb, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 340.11 cm<sup>2</sup>, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 299.32 cm<sup>2</sup>, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 178.57 cm<sup>2</sup>.

En peso de hojas, el cultivar Ford Hook bajo la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor peso de hojas con 3.68 kg/0.8m<sup>2</sup>, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 3.37 k/0.8 m<sup>2</sup>, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 2.87 kg/0.8 m<sup>2</sup>. Mientras que en el cultivar Rhubarb, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 2.62 kg/0.8 m<sup>2</sup>, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 2.40 kg/0.8 m<sup>2</sup>, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 1.96 kg/0.8 m<sup>2</sup>.

En rendimiento hojas, el cultivar Ford Hook bajo la dosis de 1000 kg/ha tuvo mayor rendimiento de hojas con 46.04 t/ha, seguido de la dosis de 1500 kg/ha con 42.17 t/ha, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 35.83 t/ha. Mientras que en el cultivar Rhubarb, la dosis de 1000 kg/ha tuvo 32.75 kg/ha, la dosis de 1500 kg/ha tuvo 30.04 t/ha, y la dosis de 00 kg/ha tuvo 24.50 t/ha.



## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda aplicar el cultivo del cultivar de acelga Foord hook a la dosis de 1000 kg/ha de guano de islas, por haber dado mejores resultados en altura de planta, número de hojas y peso de hojas.

Realizar estudios con diferentes abonos orgánicos y fertilizantes químicos con la finalidad de estimar el rendimiento óptimo en el cultivo de acelga a condiciones de campo.

Estudiar frecuencias de riego a nivel de invernadero y de campo en diferentes cultivares de acelga, estimando el requerimiento óptimo de agua.



## VII. REFERENCIAS

- Acosta, F.E. (2015). *Respuesta del cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla L.) A la fertilización orgánica foliar*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad De Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Consultado el 28/08/2017; 3:35 pm. Disponible en web:  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/8647/1/Acosta%20Proa%C3%B1o%20Felix%20Enrique.pdf>
- Apolo, O.; Hidalgo, C.A.; Y García, R. (2009). *Comparativo de tres sustratos inertes sobre el rendimiento de Beta vulgaris (L). "acelga". In Resúmenes de Trabajos de Investigación en cultivo de plantas "sin suelo"*. Universidad Nacional de Tumbes. Facultad de Ciencias Agrarias. Centro Experimental de Cultivo de Plantas Sin Suelo. Tumbes, Perú. Consultado el 29/08/2017; 5:33 pm. Disponible en web:  
[http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin46/Resumenes\\_Investigacion\\_Tumbes.pdf](http://www.lamolina.edu.pe/hidroponia/Boletin46/Resumenes_Investigacion_Tumbes.pdf)
- Aparicio, V. (2000). *Fisiología vegetal, Plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de la provincia de Almería: control racional*. Informaciones Técnicas 80/98. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla 356 p.
- AFRIAGRO. (2011). *Technical Report, Swiss chard*. Klein Karoo Seed marketing. Consultado el 10 de Enero de 2018. Disponible en: [www.seedmarketing.co.za](http://www.seedmarketing.co.za)
- Aitken Soux, J. (1987). *Manual Agrícola*. S.E. La Paz – Bolivia. 13 – 14 pp.
- Avalos, F. (2008). *Evaluación de dos variedades de acelga bajo dosis de abonamiento con biol porcino en carpa solar*. Tesis de Grado. La Paz- Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 140 p.
- Ayaviri, R. (1996). *Estudio de cuatro profundidades de walipini en la producción hortícola de invierno en Letanías – Viacha – La Paz*. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 168 p.
- Astearán, I., Martínez, J. (2000). *Alimentos y propiedades*. Segunda Edición. Mc Graw Hill. Interamericana. España. Madrid.



- Avalos, F. (2008). *Evaluación de dos variedades de acelga bajo dosis de abonamiento con biol porcino en carpa solar*. Tesis de Grado. La Paz- Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 140 p.
- Blanco, L.; Gonzales, J. y Augstburger, H. (1999). *Invernaderos campesinos en Bolivia*. 2da Ed. COSUDE La Paz, Bolivia. pp. 81-95.
- Bustos, M. (1988). *Manual técnico del cultivo de acelga*. Corporación Andina de Fomento. Quito Ecuador, pp. 32.
- Casseres, E. (1981). *Producción de hortalizas*. IICA. 3ra. Edición. San José – Costa Rica. 387 p.
- Carter, P.; Gray, L.; Troughton, J.; Khunti, K. y Davies, M. 2010. Fruit and vegetable intake and incidence of type 2 diabetes mellitus: systematic review and meta-analysis. *B. M. J.* 341: 1-8
- CORPORACIÓN EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO COSTARRICENSE – CEDECO - Gases de efecto invernadero y agricultura orgánica Costa Rica 2005. Consultado el 18 de septiembre 2017 Disponible en: [http://orgprints.org/15818/2/2\\_amador\\_cedeco\\_.pdf](http://orgprints.org/15818/2/2_amador_cedeco_.pdf)
- Chambi, J. (2005). *Efecto del humus de lombriz en el cultivo de acelga bajo carpa solar*. Pasantía de Grado. La Paz- Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 90 p.
- De la Paz, A., y Souza J., y Egipsy, V. (2003). *La huerta fértil*; Guía de verduras y hortalizas con raíces, tallos y hojas comestibles. Editorial Libsa. Madrid – España. 48 – 49 pp.
- ENCICLOPEDIA PRÁCTICA DE LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA OCÉANO (2001). Editorial Océano - Centrum. Barcelona-España 120, 121 p.
- ENCICLOPEDIA COLABORATIVA CUBANA RED - EcuRED. (2011). *Rendimiento Agrícola*. Consultado el 20 de Marzo de 2016. Disponible en: [http://www.ecured.cu/index.php/Rendimiento\\_agr%C3%ADcola](http://www.ecured.cu/index.php/Rendimiento_agr%C3%ADcola).



- Escobar, P. 1976. Disminución del ciclo vegetativo e incremento de la productividad, mediante el manejo de podas y distanciamiento de siembra en el cultivo de acelga. Tesis de Ingeniero Agrícola. Calceta, Ecuador. 26,27 y 28 p.
- Escorcía, R. (2012). *Evaluación del Cultivo de Acelga (Beta vulgaris L. var. Fordhook giant) Usando Diferentes Sustratos Orgánicos y Fertilizante Químico, con Aplicaciones Periódicas de Humus Líquido de Lombriz*. Tesis de Ingeniero en Agrobiología. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. División De Agronomía. Departamento De Botánica. Saltillo, México.
- Estrada, J. (2003). *Técnicas de producción para hortalizas*, CEDEFOA - Centro de desarrollo y fomento a la auto – ayuda. La Paz, Bolivia. pp. 10-13.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. (2013). *Los Biopreparados para la producción de hortalizas en la agricultura urbana y periurbana*. Proyecto: Fortalecimiento de las cadenas productivas de la Agricultura Familiar para una inserción social y económica sostenible en zonas periurbanas de Departamento Central del Paraguay. 37 p.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION - FAO. (2002). los fertilizantes y su uso. 5 p. y 48 p. también disponible en: <http://www.fao.org/3/a-x4781s.pdf>
- Fortis H. M.; Leos R. J. A.; Preciado R. P.; Orona C. I.; García. S. J. A.; García H. J. L.; Orozco V. J. A. (2009). *Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo*. TERRA Latinoamericana. Universidad Autónoma Chapingo. 27(4): 335.
- Flórez, J. (2009). *Agricultura ecológica, manual y guía didáctica*. Editorial Mundi-Prensa. Primera Edición. Madrid – España. 395 p.
- Flores, A. (2007). *Efecto de frecuencia de poda en dos variedades de acelga en ambiente protegido*. Tesis de Grado. La Paz- Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 98 p.
- Flores, J. (1996). *Manual de carpas solares*. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 72 p.



- Franco, S. (2002). Hidroponía, cultivos sin tierra. (En línea) La Paz Bolivia. Consultado el 20 de dic. 2017 disponible en: [https://www.academia.edu/11333698/Soluciones\\_nutritivas\\_organicas\\_para\\_hidroponia](https://www.academia.edu/11333698/Soluciones_nutritivas_organicas_para_hidroponia)
- Gajon. (1996). *El cultivo de acelga*. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 322 p.
- García, P., Lucena, J., Ruano, S. y Nogales, M. (2010). *Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España*. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica. España. 120 p.
- García, (2010). *Comportamiento agronómico del cultivo de lechuga a la aplicación de bioestimulantes orgánicos en la zona de Cuesaca provincia del Carchi*. Tesis de Grado; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica del Norte. Carchi – Ecuador. 55 p.
- Giaconi, V. (2004). *Cultivo de hortalizas*. Colección nueva técnica. Editorial Universitaria. Novena Edición. Barcelona-España. 334 p.
- Hartman, L. (1990). *Invernaderos y ambientes atemperado*. FADES. 1ra edición. La Paz, Bolivia, Editorial CECYM. 127 p.
- Gomero, L; Velasquez, H. 1999. Manejo Ecológico de Suelos: Conceptos, experiencias y técnicas. Ed. RAAA, Lima, Perú. 32 p.
- Guzman, M., 1993. Construcción y manejo de invernaderos (memorias UMSA) La Paz – Bolivia. pp. 3-7.
- Huerta, A. (2012). *Agricultura protegida. Agroentorno*. Artículo. Disponible en web: <http://www.funprover.org/agroentorno/agosto012pdf/agriculturaprotegida.pdf>
- Ibañez, V. (2009). *Métodos estadísticos*. Editorial universitaria. Puno, Perú.
- INFORMACIÓN AGROPECUARIA - INFOAGRO. (2007). *El cultivo de tomillo*. Consultado 27 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://www.infoagro.com/aromaticas/tomillo.htm>
- Lorini, J. (1994). *La agroecología y el desarrollo altiplánico, el modelo La Paz-Huaraco*. IE. U.M.S.A. - LIDEMA. La Paz - Bolivia. 159 p.



- Mamani M. Evaristo (2011) *Materia Orgánica y producción de abonos orgánicos para la agricultura ecológica*. Hecho en depósito legal de la biblioteca nacional del Perú N° 2011-2848 Puno – Perú 54.55 p.
- Martínez, A.; Lee, R.; Chaparro, D. y Paramo, S. (2003). *Postcosecha y mercadeo de hortalizas de clima frío bajo prácticas de producción sostenible*. Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá – Colombia. 58 p.
- Martínez, J. Bernart, C. Andres, J. (1997). *Invernaderos* Editorial Aedos, Barcelona - España 1ra. Edición pp. 25 - 42.
- Medina, N. y Llonin, D. (1992). Nutrición mineral con N, P, y K en la simbiosis hongos micorrizos, tomate. *Cultivos tropicales*, Vol.23 no 4. 88, 95 p.
- Mier, M. 2010. Evaluación de la respuesta a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en la producción del cultivo de acelga. Tesis de Grado; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica del Norte. Cachi, Ecuador. 54 p.
- Miranda, I. (1997). *Apuntes de Hidroponía*. México, Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de Preparatoria Agrícola., Área de Agronomía. 59 p. Serie de Publicaciones AGRIBOT No.2.
- Morales. C. (1984) *EL SUELO Y LOS ABONOS ORGÁNICOS* – Costa Rica. Instituto Nacional de Innovación y transferencia en Tecnología Agropecuaria. 25 p.
- Muñoz, A. (2005). *Polinización de cultivos*. Editorial Mundi – Prensa Libros. Madrid – España. 232 p.
- Núñez, C.A. (2016). *Evaluación de dos variedades de acelga (Beta vulgaris var. Cicla L.) con tres niveles de fertilizante foliar (vigor top) en ambiente protegido*. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad De Agronomía. La Paz, Bolivia. Consultado el 26/08/2017; 7:44 pm. Disponible en web: <http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10511/T-2345.pdf?sequence=1>
- Porco, F. y Terrazas, J. (2009). *Horticultura: aplicaciones prácticas*. Universidad Mayor de San Andrés – Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. 23 – 24, 49 – 50, 61 – 65 pp.





- PROYECTO ESPECIAL DE PROMOCIÓN DEL APROVECHAMIENTO DE ABONOS PROVENIENTES DE AVES MARINAS - PROABONOS (2008) – Guano de islas. Boletín informativo. Agrorural. Lima – Perú.
- Rodríguez, R.W. (2007). *Formulación de recomendaciones para la fertilización de los cultivos agrícolas*. Una versión técnica / imprenta red & Blue. Cochabamba, Bolivia. 98 p.
- RED DE ACCIÓN EN ALTERNATIVAS AL USO DE AGROQUÍMICOS - RAAA (2007). Abonos orgánicos. Extraído el 13 de Agosto de 2017. Disponible en: URL: <http://www.geocities.com/raaperu/ao.html>.
- Rojas, W. (2006). *Apuntes de Botánica sistemática*. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 45 pp.
- Rojas, M. (2006). *Manual de Redacción científica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima – Perú 61 p.
- Sagarpa. (s.f.). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. *Hortalizas*. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado el 5 de feb. Disponible en: <http://www.hortalizas.com/tag/sagarpa>.
- Selector. (2007). *La huerta fértil*. Editorial Selector. Madrid – España. 230 p.
- SERVICIOS MÚLTIPLES DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS - SEMTA (1993) . Guía de manejo de cultivos protegidos. Departamento de Desarrollo Rural de Servicios Múltiples de tecnologías apropiadas. La Paz Bolivia. 211 p.
- SOPORTE MINITAB 18. Temas apoyo minitab consultado el 08 de abril del 2019 Disponible en: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/multiple-comparisons/what-is-tukey-s-method/>
- Solano, M. (2018). *Taxonomía Vegetal* – Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ciencias Agrarias PUNO-PERU 2018 p. 12
- SISTEMA DE INFORMACIÓN PATAGONIA NORTE - SIPAN - Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Descripción del cultivo de acelga consultado el 25 de abril 2019. Disponible en: [http://sipan.inta.gov.ar/productos/ssd/vc/neuquen/ap/acelga\\_descripcion.htm](http://sipan.inta.gov.ar/productos/ssd/vc/neuquen/ap/acelga_descripcion.htm)



- Suquilanda M. (1995). *Agricultura Orgánica, Alternativa tecnológica del futuro*. FUNDAGRO. Ediciones UPS. Capítulo VIII. Quito- Ecuador.
- Taban, B.; Halkman, A. (2011). Do leafy green vegetables and their ready-to-eat (RTE) salads carry a risk of foodborne pathogens? *Anaerobe*. 17: 286-287
- Ugas R.; Siura S.; Delgado de la Flor F.; Casas A.; Toledo J. (2000). Hortalizas datos básicos – programa de hortalizas UNA La Molina LIMA 2000.
- Vavilov, N. 1992. *Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas*. ACME, Buenos Aires, Argentina.
- Vásquez, V. (2013). *Experimentación agrícola*. Segunda edición. Editorial Servicios Gráficos de Rodríguez Paredes. Lima, Perú. 488 p.
- Valadez, L., (1993). *Evaluación Agroecológica de la Tecnología andina del “Jiri” su formación y en el cultivo de la papa*, AGRUCO UMSS, Cochabamba, Bolivia. p. 130.
- Valdez, (1997). *Producción en invernaderos*, Editorial Águila, Puno, Perú. 50 p.
- Vavilov, N. (1992). *Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas*. ACME, Buenos Aires, Argentina.
- Velasco, N. (2002). *Manejo del régimen de riego mediante tensiómetros en el cultivo de acelga (Beta vulgaris.vai Cicla L.) bajo el sistema de camas bajas atemperadas*. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz - Bolivia. p 25 – 40.
- Vigliola, M. (1985). *Manual de Horticultura*. Cátedra de Horticultura. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Argentina. 235 p.
- Villalba, R. (2013). Rendimiento de cultivo de acelga (*Beta Vulgaris* L. var cyclo) en relación a diferentes formas de aplicación de un bioinsumo, en base a ácidos húmicos y fúlvicos bajo ambiente protegido. Tesis de Grado, UMSA Facultad de Agronomía, La Paz – Bolivia. 12, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60 p.
- Von Boeck; W. (2000). *Comportamiento Agronómico de dos variedades de acelga (Beta vulgaris var. Cicla) bajo dosis de abonamiento con humus de lombriz en Walipinis en Viacha-La Paz*. Tesis de Grado. La Paz- Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. 120 p.



WEB Y EMPRESAS (2019). Blog dedicado a publicar artículos que tienen referencia con el mundo de los negocios y la economía, negocios en línea, administración de empresas, ingeniería y todo el mundo de los emprendedores disponible en: <https://www.webyempresas.com/coeficiente-de-variacion/> consultado el 05 de abril del 2019

Brasinoesteroides. (s.f.) en Wikipedia. Recuperado el 18 de septiembre de 2018 de: <https://es.wikipedia.org/wiki/Brasinoesteroides>

Forma de hojas. (s.f.) en Wikipedia. Recuperado el 26 de septiembre de 2018 de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Forma\\_de\\_hojas](https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Forma_de_hojas)

Análisis de la varianza. (s.f.) en Wikipedia. Recuperado el 15 de julio de 2018 de: [https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis\\_de\\_la\\_varianza](https://es.wikipedia.org/wiki/Análisis_de_la_varianza)

Yuste, P. (1997). Biblioteca de la horticultura. Tomo III. Editorial Idea Boks S.A. Barcelona, España 605 – 606 pp.

## ANEXOS

### ANEXO 1. Croquis de distribución de tratamientos en estudio

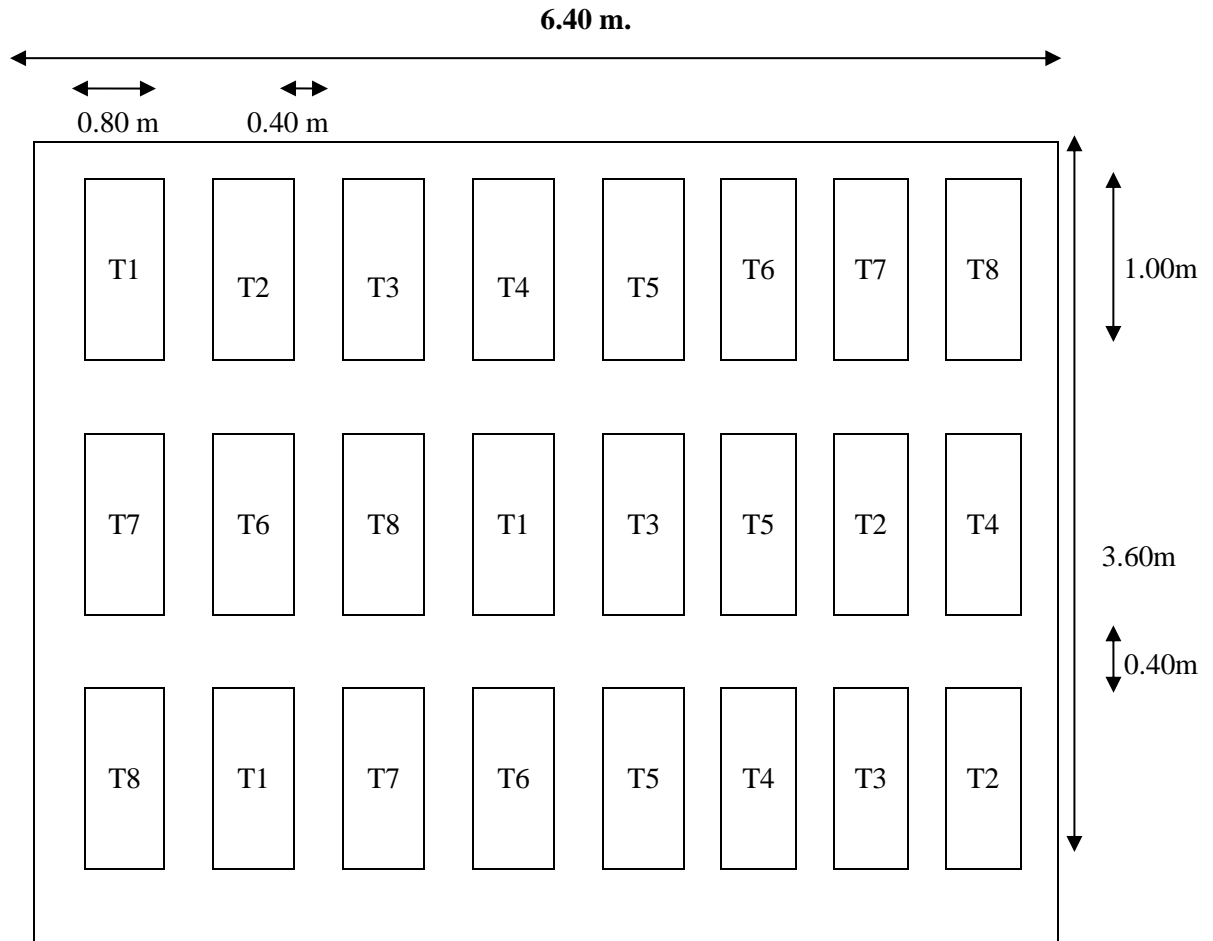


Figura 7. Vista satelital de invernadero (Google Earth)

## ANEXO 2. Datos de evaluación

**Tabla 22.** Altura de planta promedio previa a la cosecha en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas

Bloque	C1				C2			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
1	44.10	50.40	53.59	43.63	54.69	53.85	63.25	55.78
2	36.85	42.41	48.39	48.79	48.45	58.13	60.75	59.53
3	39.01	39.15	47.84	42.06	34.00	36.21	54.28	52.46
Total	119.96	131.96	149.81	134.48	137.14	148.19	178.28	167.76
Prom.	39.99	43.99	49.94	44.83	45.71	49.40	59.43	55.92
Prom. C	44.68				52.61			
Prom. G	42.85		46.69		54.68		50.37	

**Tabla 23.** Número de hojas promedio previo a la cosecha en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas

Bloque	C1				C2			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
1	11.13	16.38	17.50	17.13	18.13	16.25	22.00	19.00
2	13.75	13.88	16.25	14.00	15.63	21.13	22.13	17.50
3	12.50	13.38	14.75	11.88	12.38	18.00	18.13	15.75
Total	37.38	43.63	48.50	43.00	46.13	55.38	62.25	52.25
Prom.	12.46	14.54	16.17	14.33	15.38	18.46	20.75	17.42
Prom. C	14.38				18.00			
Prom. G	13.92		16.50		18.46		15.88	

**Tabla 24.** Área foliar promedio previo a la cosecha en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas

Bloque	C1				C2			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
1	239.21	253.97	395.32	343.49	282.69	384.81	386.70	386.47
2	166.21	159.06	309.20	302.29	288.37	393.18	429.62	351.34
3	130.28	237.56	315.81	252.19	194.00	314.53	362.52	296.89
Total	535.70	650.58	1020.33	897.97	765.06	1092.52	1178.85	1034.70
Prom.	178.57	216.86	340.11	299.32	255.02	364.17	392.95	344.90
Prom. C	258.71				339.26			
Prom. G	216.79		290.52		366.53		322.11	



**Tabla 25.** Peso de hojas (kg/0.8m<sup>2</sup>) planta en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas.

Bloque	C1				C2			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
1	2.21	2.79	3.15	2.53	2.99	3.06	3.92	3.31
2	2.09	2.07	2.47	2.71	3.21	3.66	3.96	3.72
3	1.58	2.13	2.24	1.97	2.4	3.14	3.17	3.09
Total	5.88	6.99	7.86	7.21	8.60	9.86	11.05	10.12
Prom.	1.96	2.33	2.62	2.40	2.87	3.29	3.68	3.37
Prom. C	2.33				3.30			
Prom. G	2.41		2.81		3.15		2.89	

**Tabla 26.** Rendimiento de hojas (t/ha) en cultivo de acelga a la aplicación de dosis de guano de islas.

Bloque	C1				C2			
	G0	G1	G2	G3	G0	G1	G2	G3
1	27.63	34.88	39.38	31.63	37.38	38.25	49.00	41.38
2	26.13	25.88	30.88	33.88	40.13	45.75	49.50	46.50
3	19.75	26.63	28.00	24.63	30.00	39.25	39.63	38.63
Total	73.500	87.375	98.250	90.125	107.500	123.250	138.125	126.500
Prom.	24.50	29.13	32.75	30.04	35.83	41.08	46.04	42.17
Prom. C	29.10				41.28			
Prom. G	30.17		35.10		39.40		36.10	



### **ANEXO 3. Detalles del aplicativo Petiole**

#### **APLICATIVO PARA CELULAR PETIOLE**

Nuestro equipo está completamente dispuesto a ayudarlo con la medición del área foliar de la manera más efectiva. Estamos esperando su pregunta sobre la medición del área foliar y temas relacionados.

Tenemos experiencia práctica sobre cómo medir el área de la hoja con papel milimetrado, Imagen y diferentes trucos en Adobe Photoshop. Sabemos sobre los medidores de área foliar y otros equipos para científicos de planta con el fin de obtener los datos más precisos sobre el área foliar de la planta.

Por lo tanto, creamos esta aplicación móvil que es accesible para todos los usuarios del medidor de área foliar en un teléfono inteligente. Intentamos explicar aquí lo más posible. Pero también lo invitamos a nuestros canales educativos en nuestro blog Dark Green Singularity y en Youtube, así como en nuestro Twitter y Facebook.

¡Hagamos que la medición del área foliar sea fácil e impulse su investigación científica!

URL: <http://petioleapp.com/#how-to-measure-leaf-area>

¿CÓMO MEDIR EL ÁREA DE LA HOJA?

Paso 1. Descarga una aplicación móvil Petiole en tu teléfono inteligente

Paso 2. Inicie esta aplicación móvil

Paso 3. Calibra una cámara de tu teléfono inteligente

Paso 4. Pon una hoja (u hojas) delante de una cámara

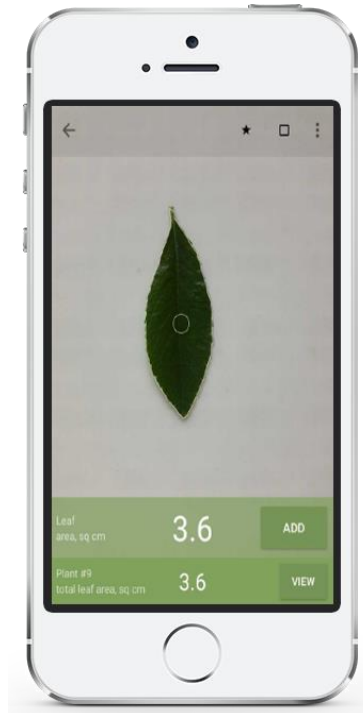
Paso 5. Señale la hoja y observe el cálculo del área foliar en la pantalla.



Paso 6 (opcional). Agregue los datos de la medición de hoja específica en el recuento de área foliar para calcular el área foliar total.









En una entrevista con ANDRII SELEZNOV, el co-fundador de petiole de arranque, indicó que, de los agrónomos, recibiremos comentarios, pero solo en 3016. La razón principal es que generalmente los agrónomos no están interesados en nuestra aplicación. Sugieren un competidor en él. Nuestro cliente es un propietario de agronegocios, a quien le gustaría automatizar el trabajo del agrónomo y excluirlo completamente de la cadena de decisiones. Pero nuestra aplicación en forma existente, para recorrer los campos con una aplicación, no es particularmente interesante para ellos (en Ucrania). El área total de una empresa agrícola promedio está comenzando desde 10 000 hectáreas. Si consideramos Corea del Sur, Petiole es una solución ideal para ellos, ya que un área promedio de una granja es de 2 hectáreas.



Como se desprende de las fotos, además de la aplicación, ¿tu usuario debe tener un panel de calibración o algo así? ¿Puedes decirnos los detalles? ¿Cuánto cuesta este? ¿Influye en el resultado final del uso de Petiole?

La almohadilla de calibración es una adición necesaria y deliciosa para la aplicación móvil. En nuestros materiales de marketing siempre me olvido de explicar que es esencial solo para la medición del área foliar. Para la medición del contenido de clorofila no es necesario en absoluto. ¿Por qué hemos decidido hacer la plataforma de calibración para la medición de área? Ayuda a disminuir la complejidad de un algoritmo en muchas ocasiones. Y también aumenta el rendimiento general. En mis presentaciones, me gusta decir en mis presentaciones que al tener el estrado puedes hacer tres cosas con las dos manos. Mantenga el teléfono inteligente, mantenga una hoja de la planta y presione los botones en la pantalla del teléfono inteligente. La primera versión fue hecha usando aluminio. Bastante caro, pero fue posible cambiar la altura del soporte. La gente experimentada me aconsejó moldear plásticos. Pero después de escuchar el precio de producción de la forma para el casting, decidimos esperar un poco con esta idea. Entonces, por casualidad, fui a la gran tienda de construcción al por menor y había visto escalones de hojas de poliestireno de haya y antideslumbrantes. Y entendí que esto es lo que necesito. Todos estos materiales se cortan en un frazer y se unen con velcros. El costo de producción de este stand es nuestro secreto comercial. Precio de venta: treinta (30) dólares. Para uso académico proporcionamos stands de forma gratuita. Ocho stands ya se han ido. Claro, su disponibilidad influye en la decisión de usar Pecíolo. Todo lo que soñamos es simplemente poner la cámara de un teléfono inteligente en una planta y obtener casi toda la composición química. Pero si una persona quiere resolver este problema, hay algunas formas ocultas. También ayudamos con esto y ofrecemos descargar un archivo con check-board y en lugar de un soporte especial para usar una pila



de libros. Hace dos semanas, Greenappsandweb revisó nuestra aplicación. Usando este método podrían hacer todo el ciclo de mediciones sin soporte.

De acuerdo. En términos generales, ¿cuál es el algoritmo de la aplicación móvil? ¿Qué bibliotecas están en uso? ¿Qué problemas ha tenido y qué fuentes o consultores utilizó?

En Android, utilizamos la biblioteca OpenCV para visión por computadora. En la aplicación en este momento usamos dos algoritmos. El primero es medir el área de la hoja. El segundo es definir índice verde oscuro. Para el área de la hoja, estamos comprobando la matriz de homografía entre el área blanca plana de la plataforma receptora y el área plana de la matriz de un teléfono inteligente. El proceso es muy similar a la calibración de lentes de cámara con la almohadilla de calibración de tablero de ajedrez. Luego procesamos la imagen de la cámara (una hoja en el fondo blanco) con el propósito de obtener un buen contorno.

Las coordenadas de los puntos del esquema se recalculan desde las coordenadas de la cámara a las reales. Usando este significado, encontramos un área de hoja. Simultáneamente, trabajamos con un tono que lo minimiza y con pecíolo, cortándolo. Para el índice verde oscuro cambiamos los modos de RGB a HSV. Luego dividimos los canales y usamos el grado de color, encontramos el valor promedio para la hoja dentro del rango requerido. Después de eso, lo normalizamos en el rango y obtenemos el índice. Usando las dependencias entre la clorofila y el índice verde oscuro (en general, análogos lineales como  $y = ax + b$ ), obtenidos en nuestro agrilab, recalculamos el contenido de clorofila directamente en la aplicación. Además, utilizamos Fabric, Volley, Material Design



#### ANEXO 4. Fotografías



**Figura 8.** Preparación del terreno (área experimental)



**Figura 9.** Medición del área experimental



**Figura 10.** Nivelado del área experimental





Figura 11. Materiales e insumos utilizados durante la siembra



Figura 12. Guano de islas que se expende.



**Figura 13.** Pesado de guano de islas en balanza digital tipo portátil



**Figura 14.** Verificado de tratamientos por código para sembrado de semillas





**Figura 15.** Aplicación de guano de islas, mezclado con suelo, sembrado de semillas por tratamiento



**Figura 16.** Regado del área experimental



**Figura 17.** Desarrollo del cultivo de las dos variedades de acelga





**Figura 18.** Deshierbe con piquillo de algunas malezas



**Figura 19.** Medición de altura de planta





**Figura 20.** Visita de jurados al cultivo de acelga



**Figura 21.** Conteo y cosecha de hojas del cultivo de acelga



**Figura 22.** Pesado de hojas de acelga en balanza digital portátil



**Figura 23.** Medición digital de área foliar de hoja de acelga





**Figura 24.** Pesado de hojas de acelga por tratamiento