

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ACELGA (*Beta vulgaris* var.
Cicla L.) CON TRES NIVELES DE FERTILIZANTE FOLIAR (VIGOR TOP)
EN AMBIENTE PROTEGIDO**

CINTHIA ALEJANDRA NUÑEZ VELASCO

La Paz – Bolivia
2016

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

**EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ACELGA (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.)
CON TRES NIVELES DE FERTILIZANTE FOLIAR (VIGOR TOP) EN AMBIENTE
PROTEGIDO**

Tesis de Grado presentado como requisito
parcial para optar el Título de:
Ingeniero Agrónomo

CINTHIA ALEJANDRA NUÑEZ VELASCO

Asesor:

Ing. Ph. D. David Cruz Choque

Ing. Willams Alex Murillo Oporto

Comité Revisor:

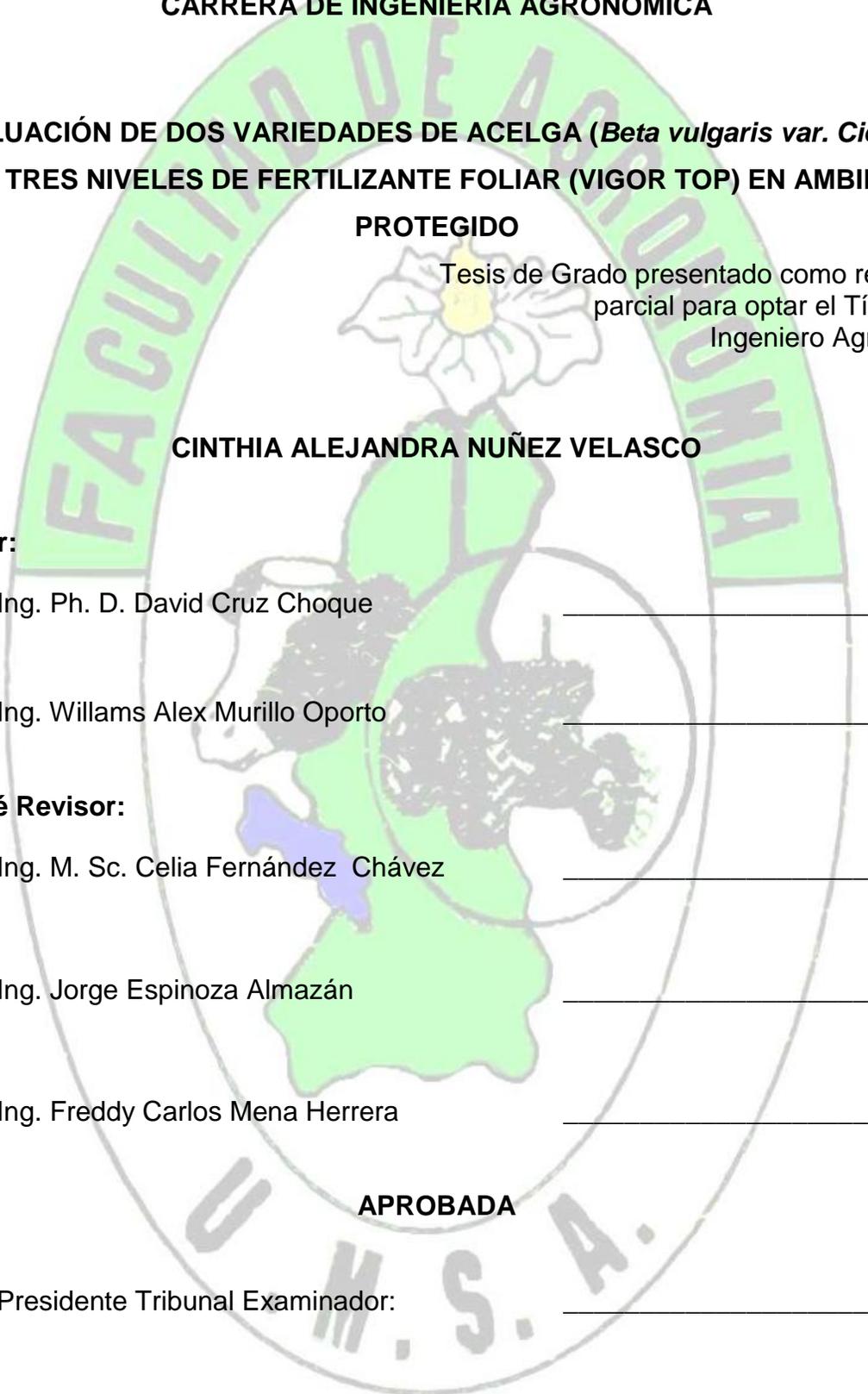
Ing. M. Sc. Celia Fernández Chávez

Ing. Jorge Espinoza Almazán

Ing. Freddy Carlos Mena Herrera

APROBADA

Presidente Tribunal Examinador:



DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación con mucho cariño y gratitud a los seres que más quiero en esta vida:

A mis padres: Pilar Velasco Tapia y Augusto Nuñez Bayo, por su plena confianza, apoyo moral y económico en mi formación profesional y en el proceso de elaboración de éste documento.

A mis hermanas: Daniela y Alejandra, por la comprensión, apoyo moral y aliento que me brindaron en los años de carrera universitaria y elaboración de la tesis.

A la razón y al motor que representan en mi vida: Eddy Mena Vargas por el apoyo incondicional y a mi querido hijito Alejandro Agustín quien fue mi aliento en todo momento.

Y a todos mis amigos (as) con los que compartimos durante la carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por guiarme y por estar conmigo en los momentos más difíciles.

A la "**Universidad Mayor de San Andrés**", a los docentes de la Facultad de Agronomía y al personal administrativo, quienes contribuyeron a mi formación profesional en todos los años de estudiante.

A la "**Estación Experimental de Cota Cota**" perteneciente a la Facultad de Agronomía, por haberme brindado espacio para realizar el trabajo de campo.

A mi familia que me brindó su apoyo y confianza en todo momento durante mi carrera hasta la realización del presente trabajo.

A mis asesores Ing. Ph. D. David Cruz Choque, Ing. Willams Alex Murillo Oporto por su tiempo y por las valiosas sugerencias que contribuyeron a la redacción del trabajo.

Al tribunal revisor: Ing. M. Sc. Celia Fernández Chávez, Ing. M. Sc. Jorge Espinoza Almazán e Ing. Freddy Carlos Mena Herrera por la colaboración brindada en la revisión y corrección que hicieron posible la conclusión del documento final.

A todos ellos mis agradecimientos más sinceros.

Cinthia Alejandra Nuñez Velasco

Contenido

RESUMEN	vii
1. INTRODUCCION	1
1.1. Antecedentes	1
1.2. Justificación.....	2
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1. Importancia de las hortalizas de hoja.....	4
3.2. Descripción del cultivo de Acelga.....	4
3.2.1. Origen	4
3.2.2. Descripción taxonómica	5
3.2.3. Fases fenológicas del cultivo	5
3.2.4. Ciclo Vegetativo	6
3.2.5. Descripción Botánica.....	6
3.2.5.1. Raíz.....	6
3.2.5.2. Tallo	7
3.2.5.3. Hojas.....	7
3.2.5.4. Flor e Inflorescencia	8
3.2.5.5. Fruto y Semilla	8
3.2.6. Variedades de Acelga	8
3.2.6.1. Variedad <i>Fordhook giant</i>	9
3.2.6.2. Variedad <i>Ruibarbo</i>	9
3.2.7. Características Nutricionales de la acelga	9
3.2.8. Requerimientos del cultivo de acelga.....	10
3.2.8.1. Temperatura.....	10
3.2.8.2. Luz y Humedad relativa.....	11

3.2.8.3. Agua.....	12
3.2.8.3. Suelo.....	12
3.2.8.4. Nutrientes.....	12
3.2.9. Manejo agronómico del cultivo.....	13
3.2.9.1. Preparación del suelo.....	13
3.2.9.2. Siembra.....	13
3.2.9.2.1. Siembra directa	13
3.2.9.2.2. Siembra en almácigo.....	14
3.2.9.2.3. Densidad de siembra	15
3.2.9.2.4. Época de Siembra.....	15
3.2.9.3. Labores culturales	15
3.2.9.3.1. Aclareo	15
3.2.9.3.2. Escarda y Aporque.....	16
3.2.9.3.3. Riego.....	16
3.2.9.3.4. Plagas y Enfermedades	17
3.2.9.3.5. Cosecha	18
3.2.9.3.6. Post cosecha.....	18
3.2.9.4. Rendimientos del Cultivo.....	19
3.3. Fertilización	19
3.3.1. Fertilización edáfica.....	20
3.3.1.1. Abonos orgánicos.....	21
3.3.1.1.1. Estiércol ovino	21
3.3.2. Fertilización foliar	22
3.3.2.1. Factores que afectan la absorción foliar.....	23
a. Factores referentes a la solución foliar	23
b. Factores ambientales	24
c. Factores referentes a la especie vegetal	25
3.3.2.2. Ventajas de la fertilización foliar	25
3.3.2.3. Limitaciones de la fertilización foliar	26
3.4. Bioinsumos Agrícolas.....	27
3.4.1. Biofertilizantes	27

3.4.1.1. Vigor top.....	28
3.5. Ambiente Protegido.....	29
3.5.1. Funciones del ambiente protegido	30
3.5.2. Tipos de ambientes protegidos	31
3.5.3. Orientación.....	31
3.5.4. Temperatura.....	32
3.5.5. Humedad relativa.....	32
3.5.6. Luminosidad.....	32
3.5.7. Ventilación	33
4. LOCALIZACIÓN	34
4.1. Ubicación Geográfica	34
4.2. Topografía y Vegetación	35
4.3. Características climáticas.....	35
5. MATERIALES Y MÉTODOS	35
5.1. Materiales.....	35
5.1.1. Material Experimental.....	35
5.1.2. Material de Campo.....	36
5.1.3. Material de Gabinete	36
5.2. Métodos	36
5.2.1. Diseño Experimental	36
5.2.1.1. Modelo Lineal Aditivo	37
5.2.1.2. Factores de Estudio	37
5.2.1.3. Croquis de la Parcela Experimental	38
5.2.1.4. Características del área experimental.....	39
5.2.2. Procedimiento de Campo.....	39
5.2.2.1. Establecimiento del área experimental.....	39
5.2.3. Variables agronómicas.....	43
5.2.3.1. Altura de Planta.....	43
5.2.3.2. Número de hojas por planta	43
5.2.3.3. Longitud de hoja a la cosecha.....	43
5.2.3.4. Peso de las hojas aprovechadas por planta.....	44

5.2.3.5. Rendimiento de materia verde (kg/m ²)	44
5.2.3.6. Costos de producción.....	44
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	45
6.1. Microclima al interior de la carpa.....	45
6.1.1. Temperaturas máximas y mínimas	45
6.1.2. Humedad Relativa.....	46
6.2. Análisis de variables fenológicas y agronómicas	47
6.2.1. Fenología del cultivo	47
6.2.2. Variables agronómicas.....	48
6.2.2.1. Altura de Planta.....	49
6.2.3. Número de hojas por planta	51
6.2.2.2. Longitud de hoja.....	56
6.2.2.3. Rendimiento de materia verde (kg/m ²).....	60
6.2.2.4. Análisis económico del cultivo.....	64
7. CONCLUSIONES	67
8. RECOMENDACIONES	69
9. BIBLIOGRAFÍA	70

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutritiva de la acelga.....	10
Cuadro 2. Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga	13
Cuadro 3. Principales plagas y enfermedades	17
Cuadro 4. Análisis físico-químico de la composición del estiércol ovino	22
Cuadro 5. Análisis físico-químico del biofertilizante Vigor top	28
Cuadro 6. Composición de Vigor Top	29
Cuadro 7. Formulación y descripción de los tratamientos.....	38
Cuadro 8. Composición química del estiércol de ovino.....	40
Cuadro 9. Características de la siembra	40
Cuadro 10. Lámina de riego (La) diario y total aplicado durante la investigación.....	41
Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de la planta	49
Cuadro 12. Prueba de Duncan para altura de planta por variedad y corte	50
Cuadro 13. Análisis de varianza para el número de hojas por planta	52
Cuadro 14. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas por planta, por variedad y corte.....	53
Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas por planta, por dosis de vigor top y corte	55
Cuadro 16. Análisis de varianza para la longitud de hoja.....	56
Cuadro 17. Prueba de Duncan para la longitud de hoja por variedad y corte	58
Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la longitud de hoja por dosis.....	59
Cuadro 19. Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde	60
Cuadro 20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento de materia verde por variedad y corte.....	62
Cuadro 21. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento de materia verde por dosis de vigor top y corte	63
Cuadro 22. Resumen de la Evaluación económica del cultivo de Acelga	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio	34
Figura 2. Croquis del área experimental (Investigación de campo, 2015).....	39
Figura 3. Intervalos de aplicación del biofertilizante foliar durante	42
Figura 4. Registro de temperaturas máximas y mínimas al interior de la carpa	45
Figura 5. Registro de la humedad relativa al interior de la carpa	46
Figura 6. Fenología del cultivo de acelga.....	47
Figura 7. Altura promedio de las plantas por variedad y corte	50
Figura 8. Número de hojas promedio de las plantas por variedad y corte	53
Figura 9. Número de hojas por planta, por dosis de vigor top y corte	55
Figura 10. Longitud de hoja por variedad y corte	57
Figura 11. Longitud de hoja por dosis de vigor top y corte.....	59
Figura 12. Rendimiento de materia verde por variedad y corte.....	61
Figura 13. Longitud de hoja por dosis de vigor top y corte.....	63

RESUMEN

EVALUACIÓN DE DOS VARIEDADES DE ACELGA (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.) CON TRES NIVELES DE FERTILIZANTE FOLIAR (VIGOR TOP) EN AMBIENTE PROTEGIDO

Las hortalizas de hoja verde son el componente importante de una dieta saludable, ya que son una fuente de vitaminas, minerales y nutrimentos, es por ello que de manera internacional se promueve su consumo para mejorar la nutrición. Sin embargo, en la producción de éste tipo de alimentos en los últimos años se ha venido incrementando el uso de productos agroquímicos, que en diversa medida, están alterando el medio ambiente, la salud humana y los sistemas productivos en general. Es así que en la presente investigación se evaluó el uso de productos naturales como el vigor top y su efecto en diferentes variedades de acelga bajo ambiente protegido, para mejorar la producción y la productividad del cultivo, aparte de obtener alimentos libres de contaminación y capaces de competir en un mercado cada vez más exigente en cuanto a cantidad y calidad. 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 kg/m^2 en las cinco cosechas con respecto a los 7.67 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^2 , 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.

ABSTRACT

EVALUATION OF TWO VARIETIES OF CAGE (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.) WITH THREE LEVELS OF FOLIAR FERTILIZER (VIGOR TOP) IN PROTECTED ENVIRONMENT

Green leafy vegetables are the important component of a healthy diet, as they are a source of vitamins, minerals and nutrients, which is why international consumption is promoted to improve nutrition. However, in the production of this type of food in recent years has been increasing the use of agrochemicals, which to a different extent, are altering the environment, human health and production systems in general. Thus the present research evaluated the use of natural products such as vigor top and its effect on different varieties of chard under protected environment, to improve the production and productivity of the crop, apart from obtaining food free of pollution and capable of compete in an increasingly demanding market in terms of quantity and quality. The research began with the establishment of the experimental area in one of the solar tents of the Cota Cota Experimental Center. Seeds of the variety *Fordhook giant* and *Ruibarbo* were used for sowing, which were submitted to doses of biofertilizer vigor top to 3%, 5% and 7%. The response variables evaluated were plant height, number of leaves per plant, length of leaf at harvest, weight of leaves harvested per plant and yields of green matter. Among the results obtained, it was observed that the growth in height of the chard plants was different for each of the varieties, however they did not show significant differences between varieties, nor between doses of the applied biofertilizer. Treatments using the *Fordhook giant* variety showed the highest number of leaves (10) and the best leaf length (26.92 cm) in relation to the treatments in which seeds of the *Ruibarbo* variety were used. The application rate at 7% of vigortop yielded a number of upper leaves (11 leaves) per plant and the largest leaf length (27.32 cm). Regarding yields, the *Fordhook giant* variety showed the best results of green matter with a total of 7.85 kg/m² in the five harvests with respect to the 7.67 kg/m² reached by the *Ruibarbo* variety in the same amount of harvests. Among the doses of application of vigor top that showed the best

yields was the dose of 7% with 8.86 kg/m², with respect to the other doses. The results of the Profit/Cost ratios were, in all cases, greater than one (1), indicating profitability in the production of chard in protected environment regardless of the variety and the doses of vigortop used, with the ratios (B/C) greater for the *Fordhook giant* variety treated with vigor top with 1.89/100 Bs, where for every 1 boliviano invested in this type of production gains 0.89/100 Bs.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Históricamente, el hombre ha desarrollado diferentes técnicas de cultivo para cumplir con las necesidades alimenticias que el incremento de la población va demandando. Es así, que en la década de los sesenta se introdujo la agricultura intensiva en ambientes atemperados, como una alternativa para contrarrestar el minifundio, los factores climáticos adversos, la falta de recursos hídricos para riego y la presencia de plagas y enfermedades.

Entre los cultivos que se desarrollan exitosamente en estos ambientes se encuentran las hortalizas de hoja, como la lechuga, acelga, repollo y apio. Las hortalizas son una parte importante de la alimentación, ya que brindan una gran cantidad de fibra, vitaminas y minerales, necesarias en la dieta para la salud de las personas.

La acelga, tiene su origen posiblemente en las regiones costeras de Europa, a partir de la especie *Beta marítima*, obteniéndose por un lado la acelga y por el otro la remolacha (variedad *vulgaris*). Según Alonzo (2004), fueron los árabes quienes iniciaron su cultivo hacia el año 600 a.C. Tanto los griegos como los romanos conocieron y apreciaron las acelgas como alimento y como planta medicinal.

Su introducción en América Latina tuvo lugar en el año 1806 y desde ahí la acelga ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana, aporta mayoritariamente agua y cantidades mucho menores de hidratos de carbono y proteínas, por lo que resulta poco energética, aunque constituye un alimento rico en vitaminas, sales minerales y fibra. Después de la espinaca, es la verdura más rica en calcio, además de cantidades nada despreciables de magnesio (Infoagro, 2007).

1.2. Justificación

Se estima que Bolivia cuenta con aproximadamente 7 millones de hectáreas aptas para la agricultura en todo su territorio. Sin embargo, para la gestión agrícola 2011/2012 el Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras (MDRyT) estimó un área cultivada de hortalizas de sólo 122,641 hectáreas, superficie que ha disminuido desde la gestión 2009, donde se reportó una superficie cultivada de hortalizas de 127,574 hectáreas (Crespo, 2012).

Por otra parte, las tendencias en la política agraria de Bolivia, van encaminadas hacia una producción sostenible y más respetuosa con el medio ambiente, así como a conseguir una producción agrícola más competitiva en el mercado mundial. No obstante, en los últimos años la presión de producción agrícola, debido a la creciente población y a la presión de mercado, han venido incrementando el uso de productos agroquímicos, que en diversa medida, están alterando el medio ambiente, la salud humana y los sistemas productivos en general.

En este sentido, el cultivo de acelga (*Beta vulgaris* L.) 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, hierro y otros minerales; y como planta medicinal por ser considerada emoliente, refrescante, digestiva, diurética, diaforética y nutritiva. Por otra parte, puede ser cultivada ecológicamente en ambientes protegidos utilizando bioinsumos permitiendo así obtener mayores rendimientos y alta rentabilidad en periodos cortos y en espacios físicos reducidos.

Por tanto, surge la necesidad de realizar investigaciones sobre el uso de productos naturales como el vigor top y su efecto en diferentes variedades de acelga, para mejorar la producción y la productividad del cultivo, aparte de obtener alimentos libres de contaminación y capaces de competir en un mercado cada vez más exigente en cuanto a cantidad y calidad.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. *Cicla* L.), con tres niveles de Fertilizante foliar (Vigor Top) en ambiente protegido en el Centro Experimental Cota Cota

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento agronómico de la variedad *Fordhook giant* y la variedad *Ruibarbo*.
- Estudiar el efecto de la aplicación de tres niveles diferentes del fertilizante foliar Vigor top en el rendimiento de dos variedades de acelga.
- Comparar los costos parciales de producción para cada variedad.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1. 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).

En años recientes se ha comprobado que las hortalizas de hoja pertenecientes al género *Brassica* tienen una gran cantidad de antioxidantes naturales que incluyen vitaminas, carotenoides y compuestos fenólicos. Cantidades de antioxidantes naturales en la dieta, como los flavonoides son muy importantes ya que son capaces de actuar como reductores de especies reactivas de oxígeno (ROS), por lo que pueden ayudar a disminuir enfermedades cardiovasculares y cáncer (Podsdek, 2007).

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).

3.2. Descripción del cultivo de Acelga

3.2.1. Origen

Los primeros informes que se tienen de esta hortaliza la ubican en la región del Mediterráneo y en las islas Canarias (Vavilov, 1992). Para Aitken (1987), el origen de la acelga está en las regiones de Grecia e Italia.

Sin embargo, Seymour (1980) indica que el centro de origen de esta especie se sitúa en Europa y Norte de África, siendo la región oriental del Mediterráneo su mayor centro de diversificación, según el mismo autor desde Europa ha sido llevada a diversos países del mundo y en la actualidad presenta una amplia difusión, especialmente en América y Asia.

3.2.2. Descripción taxonómica

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

División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida (dicotiledóneas)
Subclase:	Caryophyllidae
Orden:	Caryophylliales
Familia:	Chenopodiaceae
Género:	Beta
Especie:	<i>B. vulgaris var. cicla</i>
Nombre común:	Acelga
Otros nombres:	beta, betarraga blanca, selga, etc.

3.2.3. Fases fenológicas del cultivo

De acuerdo con Galván *et al.*, (2008) las fases fenológicas del cultivo de acelga (Anexo 1) 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.

3.2.4. Ciclo Vegetativo

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

3.2.5. 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).

3.2.5.1. 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).

3.2.5.2. Tallo

El tallo en la acelga está muy poco desarrollado (De la Paz *et al.*, 2003).

3.2.5.3. Hojas

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

Las variaciones morfológicas en el pecíolo dependen del uso culinario que se les proporcione, los cultivares con el pecíolo poco desarrollado pertenecen a la acelga “de corta” que se consume por sus limbos, siendo muy desarrollado, carnoso y blanco en la acelga “de pencas” aprovechada por sus pecíolos (Océano, 2001).

Según el color de la penca existen varios tipos de acelgas, entre las que se destacan son; las de pencas blancas (Anexo 2) y las que poseen pencas rojas. Estas variedades tienen prácticamente las mismas propiedades que la acelga común ya que sólo difieren en usos culinarios distintos y en el color de la penca, sin embargo existe una variedad de verdura o fruta denominada Ruibarbo (*Rheum rhabarbarum*) muy parecido a la acelga roja, que se produce sólo por el pecíolo de su hoja que es la parte comestible, ya que la hoja es tóxica y debe desecharse, igual que sucede con todas las especies de ruibarbo comestibles (<http://www.agrohuerto.com>).

Los nervios foliares de la acelga roja son de un color rojo muy intenso (Anexo 3), mientras que los del ruibarbo son verdosos tirando a un rojo apagado (Anexo 4), ésta diferencia se aprecia mejor en el envés de las hojas. Por otra parte las hojas de *Rheum rhabarbarum* son sentadas, con el limbo comenzando en el fin del pecíolo y en las de la acelga roja el limbo se va encajando en el pecíolo de forma gradual (<http://www.agrohuerto.com>).

3.2.5.4. Flor e Inflorescencia

Al tratarse de un cultivo bienal, la floración tiene lugar en el segundo ciclo, ésta comienza en la base de la inflorescencia y continua en forma ascendente. Las flores son muy poco destacadas ya que su color verde se confunde con el resto de la planta.

Para que se presente la floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1.20 m. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos (Muñoz, 2005).

3.2.5.5. Fruto y Semilla

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

3.2.6. Variedades de Acelga

Aparicio (1998), señala que dentro de las variedades de acelga hay que distinguir el color de la penca (blanca o amarilla), color de la hoja (verde oscuro, verde claro o amarillo, grosor de la penca (tamaño y grosor de la hoja; abunolado del limbo), resistencia a la subida a flor, recuperación rápida en corte de hojas y precocidad.

Para Giaconi (2004) la acelga no ha merecido gran atención de los genetistas; existen pocas variedades bien definidas. Las hay de verano y de invierno; de hojas lisas y de hojas crespas; blancas y verdes.

3.2.6.1. Variedad *Fordhook giant*

Es una planta de hojas arrugadas de color verde oscuro, con peciolo blancos y gruesos, el tallo tiene un ancho de 5 a 6 centímetros. Es productor de abundantes hojas durante toda la temporada, incluso después de heladas ligeras, las hojas tienen un sabor suavemente agradable (AFRIAGRO, 2011).

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).

3.2.6.2. Variedad *Ruibarbo*

Esta 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 esta variedad es de 62 días.

3.2.7. Características Nutricionales de la acelga

La acelga es asombrosamente alta en minerales, como calcio, hierro, magnesio, fósforo y potasio. 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 miligramos de sodio, que es lo más alto que se ha registrado en los vegetales (Bustos, 1988).

El Cuadro 1, muestra el valor nutritivo de 100 gramos de acelga fresca:

Cuadro 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

Fuente: Watt *et al.*, (1975)

3.2.8. Requerimientos del cultivo de acelga

3.2.8.1. Temperatura

La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias, las variaciones bruscas de temperatura cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie el segundo periodo de desarrollo, subiéndose a flor la planta (Huterwal, 1981).

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 huela 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).

3.2.8.2. Luz y Humedad relativa

Astarian (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, Serrano (1979) citado por 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.

3.2.8.3. 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).

3.2.8.3. Suelo

Beta vulgaris cicla 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).

3.2.8.4. Nutrientes

De acuerdo a Valadez (1993) los requerimientos nutricionales del cultivo de acelga están comprendidos entre los siguientes parámetros (Cuadro 2).

Cuadro 2. Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga

Parte de la planta	Rendimiento promedio (kg/m ²)	N (kg/ha)	K (kg/ha)	P (kg/ha)	Ca (kg/ha)
Hojas y pecíolos	11.2	44.0	9.9	58.2	16.8

Fuente: Valadez (1993)

3.2.9. Manejo agronómico del cultivo

3.2.9.1. 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 desterronador, para conseguir un terreno mullido. Es recomendable hacer una buena nivelación del terreno, sobre todo si va regar por gravedad (Flórez, 2009; Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería Océano, 2001 y Aitken 1987).

3.2.9.2. 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 (Giacconi, 2004).

3.2.9.2.1. 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).

3.2.9.2.2. 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/m² 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).

3.2.9.2.3. 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 kilo es 71400; y la población de plantas por hectárea es de 70000 (Aitken, 1987).

3.2.9.2.4. 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).

3.2.9.3. Labores culturales

3.2.9.3.1. Aclareo

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

3.2.9.3.2. 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).

3.2.9.3.3. Riego

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 (Giacconi, 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/m². En suelos con materia orgánica es suficiente un riego semanal (Aitken, 1987).

3.2.9.3.4. Plagas y Enfermedades

La facilidad del cultivo de la acelga, viene motivada porque no necesita gran cantidad de cuidados, siendo muy resistente a plagas y enfermedades (De La Paz et al., 2003).

Cuadro 3. Principales plagas y enfermedades

Insectos Plaga	Daño	Control
Minadoras de la hoja (<i>Agromyza sp. Liriomyza sativae</i>)	Hojas más bajas de la planta	Insecticidas
Tijereta (<i>Forficula auricularia</i>)	Hojas	Labores culturales
Gusano alambre (<i>Agriotis lineatum</i>)	Raíces de las plantas	Insecticidas
Mosca de la remolacha (<i>Pegomia betae</i>)	Hojas (epidermis e interior de los tejidos del limbo)	Insecticidas
Pulgón (<i>Aphis faba Sop.</i>)	Envés de la hoja	Insecticidas
Hongos	Daño	Control
Mildiu de la remolacha (<i>Peronosporas chastii Fuck.</i>)	Cambio de color y deformación de las hojas.	Pulverizaciones preventivas con Fungicidas
Sclerotinia (<i>Sclerotinia libertiana</i>)	Podredumbre de la raíz	Fungicidas
Virus	Daño	Control
Mosaico de la Remolacha Amarilleo de la remolacha Virus I del pepino	Amarilleo, rizado y manchas de color verde pálido u oscuro de las hojas.	Variedades resistentes

Fuente: Elaboración propia 2016, con base en Aitken (1987), Flores (2009) y Océano (2001)

3.2.9.3.5. 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).

3.2.9.3.6. Post cosecha

Una vez recolectadas las hojas, se colocan en manojos de un kilo que a su vez se empaquetan en conjuntos de 10 kilos. En cada manajo 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 optima 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.

3.2.9.4. Rendimientos del Cultivo

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

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

3.3. 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).

3.3.1. 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 incorporación de fertilizantes al suelo debe ser lo más cerca posible al momento de la siembra, ya que las pérdidas por lixiviación, volatilización, fijación o por paso a formas menos asimilables, están en relación directa con el tiempo, por lo tanto, entre más tiempo transcurra habrá mayores pérdidas, además, una aplicación anticipada favorece más a las malezas que al cultivo. (FAO, 2002).

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).

3.3.1.1. Abonos orgánicos

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).

3.3.1.1.1. Estiércol ovino

El estiércol está compuesto por una mezcla de paja o productos que llegan a formar las deyecciones de los animales (sólidas y líquidas) su composición se obtiene a través de un proceso de fermentación, como resultado de este proceso se forma el “estiércol hecho” con excelentes cualidades como fertilizante orgánico (Aguirre, 1997).

Gros (1986) sostiene que el estiércol de oveja es más rico que el del caballo; especialmente en ácido fosfórico y cal. Así mismo, Manrique (1981) indica que el estiércol es el desecho orgánico de los animales domésticos y sirven de abono para el suelo.

La FAO (1988) señala que el análisis físico químico del estiércol ovino descompuesto tiene la siguiente composición (Cuadro 4):

Cuadro 4. Análisis físico-químico de la composición del estiércol ovino

Parámetros	Valores
pH	8.00
MS (%)	48.00
MO (%)	54.08
N (%)	1.68
P ₂ O ₅ (%)	1.28
K ₂ O (%)	1.39
Ca (%)	1.01
Mg (%)	0.39
Relación C/N	23.08
Salinidad (mmhos/cm)	13.00

Fuente: FAO (1988)

Por su parte, Valadez (1995) indica que en 100% de materia seca el estiércol contiene: Nitrógeno = 1.73 %; P₂O₅ = 1.23 %; K₂O = 1.62 %; Ca = 1.10 %; Mg = 0.50 %; MO = 68.80 % y pH = 7.80.

3.3.2. Fertilización foliar

La fertilización foliar, también llamada apigea, no radical, extra radical, es un método por el cual se aportan nutrientes a las plantas a través de las hojas, básicamente en disoluciones acuosas, con el fin de complementar la fertilización realizada al suelo, o bien, para corregir deficiencias específicas en el mismo periodo de desarrollo del cultivo (Ortuño *et al.*, 2010).

Se define como la aplicación de fertilizantes líquidos o polvos solubles en agua, a las partes aéreas de las plantas. Las hojas tienen la capacidad de asimilar sustancias nutritivas, y lo hacen en tres pasos: penetración, absorción y translocación. La

fertilización foliar es efectiva cuando existen deficiencias de algunos elementos (CEDECO, 2002).

En las plantas, todos los nutrientes pueden ser absorbidos vía foliar con mayor o menor velocidad y en diferentes oportunidades. Esto es de tal modo así, que teóricamente la nutrición completa de la planta podría ser satisfecha por vía foliar (Ortuño *et al.*, 2010).

3.3.2.1. Factores que afectan la absorción foliar

Los factores que afectan la absorción foliar se pueden clasificar en tres grupos: factores referentes a la solución foliar, factores ambientales y factores referentes a la especie vegetal (Alcántar y Trejo, 2007).

a. Factores referentes a la solución foliar

- **pH** de la solución, es aceptado que el valor óptimo de pH de los fertilizantes foliares se encuentra en un intervalo de 3 a 5,5 se reporta que valores de pH bajos, menores a 3,0 en las soluciones foliares causan daños al follaje, aun cuando la concentración de sales de esta sea baja (Kannan, 1980 citado por Alcántar y Trejo, 2007).
- **Concentración de la solución**, la concentración en un fertilizante foliar depende de la especie, el estado de desarrollo de la planta y su estatus nutrimental. La aplicación foliar de nutrimentos puede originar concentraciones de sales en la hoja más altas que aquellas encontradas en la solución del suelo, por ello el principal problema de las aspersiones foliares es la sensibilidad de las hojas a altas concentraciones (Alcántar y Trejo, 2007).
- **Surfactantes**, es un material que facilita e intensifica la emulsión, dispersión, difusión, humectación o modifica otras propiedades de la superficie de los tejidos.

- **Tipo de Nutrimiento**, la absorción de nutrimentos está relacionada con la CIC (Capacidad de Intercambio Catiónico) de la hoja y la valencia del ion influye en el intercambio. Los iones monovalentes penetran con mayor facilidad que aquellos con mayor número de valencia. Los iones de menor diámetro penetran más rápido que los iones de mayor tamaño (Fregoni, 1986).

b. Factores ambientales

- **Temperatura** la óptima para la absorción foliar se encuentra entre 16 y 20 °C, con temperaturas mayores a 30 °C la absorción es nula, debido al incremento en la transpiración de las hojas y la concentración de la solución aplicada aumenta por la rápida evaporación, de la misma manera, bajas temperaturas inhiben la incorporación de las sustancias foliares (Gonzales y López, 1994).
- **Luz**, la luz estimula la apertura del estoma y la tasa metabólica, lo que conlleva la liberación de energía disponible para la absorción activa (Rodríguez, 1989).

En el caso de la intensidad de la luz, para hacerla adecuada al fotoperiodismo de las especies cultivadas, sea con el uso de materiales lucidos y traslucidos idóneo por el pasaje, la reflexión y absorción de partículas de radiaciones luminosas (Fersini, 1976).

- **Humedad relativa**, una humedad relativa alta disminuye la tasa de evaporación de la solución asperjada al follaje, además de favorecer la permeabilidad de la cutícula y disminuir el daño por quemaduras. El mejor momento para realizar aplicaciones foliares es por la mañana, cuando los estomas están abiertos, la cutícula esta hidratada por la humedad relativa alta y temperatura media, lo que favorece el incremento del metabolismo de la hoja y la absorción foliar (Wintey, 1999).
- **Viento**, el efecto principal del viento sobre la absorción foliar radica en la remoción del microclima húmedo que se forma alrededor de las superficies asperjadas, debido a lo cual la película de solución se mantiene en contacto con

aire de menor humedad relativa, por lo que la evaporación de la solución es más rápida (Silva y Rodríguez, 1995).

c. Factores referentes a la especie vegetal

- **Edad de la hoja**, la tasa de absorción foliar de la mayoría de los nutrimentos en hojas jóvenes son mayores a las hojas viejas. La absorción nutrimental baja en hojas basales (viejas) ha sido atribuida a una disminución en la actividad metabólica (Alcántar y Trejo, 2007).
- **Superficie de la hoja**, el envés de la hoja puede absorber más veces que el haz, debido a que presenta una cutícula más delgada, una mayor densidad de estomas y por su cercanía de los vasos floemáticos.
- **Etapa vegetativa**, al inicio de la etapa vegetativa (plántula) es importante la nutrición, sobre todo cuando se trata de hortalizas y ornamentales que requieren trasplante (Villegas et al. 2001).
- **Estatus Nutrimental de la Planta**, plantas con un óptimo abastecimiento nutrimental no absorben la misma cantidad de nutrimentos que aquellas que presentan deficiencias nutricionales (Estañol et al., 2005).

3.3.2.2. Ventajas de la fertilización foliar

Las ventajas de la fertilización foliar, según CEDECO (2005) se detallan a continuación:

- Es un buen recurso en situaciones de emergencia.
- Se aplican cantidades menores de fertilizante al follaje que al suelo, para alcanzar un nivel deseable de nutrientes.

- Es de gran importancia en cultivos sometidos a estrés por la acción adversa del medio en que se desarrollan, o por efectos fitosanitarios negativos como: salinidad, altos contenidos de arcilla, y altos contenidos de materia orgánica.
- Los síntomas visuales de respuesta a un elemento son más rápidos en el caso de la fertilización foliar. Es probable, por lo tanto, que en caso de aplicaciones tardías de fertilizantes sea mejor recurrir a las aplicaciones foliares que a las edáficas.
- Ayuda a las plantas a recuperarse de los efectos fitotóxicos producidos por herbicidas, inundaciones, podas y después de altas producciones.
- Por su alta solubilidad, la aplicación al follaje de fertilizantes foliares es ideal en áreas de semilleros y trasplantes. A la planta hay que alimentarla bien desde que nace. Requerirá los abonos aplicados al suelo a partir del momento en que necesita absorber nutrientes, hasta cuando tiene suficiente masa en su parte aérea para que se pueda aplicar la fertilización foliar.

3.3.2.3. Limitaciones de la fertilización foliar

Alcantar y Trejo (2007), indican que las principales limitaciones de la fertilización foliar son:

- Riesgo de Fitotoxicidad, las especies vegetales son sensibles a las aplicaciones foliares de formulaciones concentradas. Para cada nutrimento existen valores límites de concentración.
- Dosis Limitadas de Macronutrientes, el riesgo de fitotoxicidad sumado al hecho que los macronutrientes se requieren en cantidades mayores, limita la nutrición foliar.
- Requieren buen Desarrollo del Follaje, si se tiene un desarrollo limitado, la aplicación no será eficiente, los mejores resultados se obtienen mientras mayor sea el área foliar.

- Los trabajos de fertilización deben ser avalados o soportados por un análisis económico para conocer su rentabilidad, que sin duda dependerá del cultivo que se está fertilizando.

3.4. Bioinsumos Agrícolas

Los bioinsumos son productos que se obtienen a partir de diversos productos naturales, entre ellos microorganismos, extractos naturales y otros, que en su conjunción se constituyen en biocontroladores (biofungicidas, bioinsecticidas) biofertilizantes, promotores de crecimiento y vigorizantes (Ortuño et al., 2010).

Son producto del aislamiento y caracterización de cepas nativas de microorganismos benéficos que han demostrado su eficiencia, y que han sido producidos masivamente en base a formulaciones con materiales existentes en el país, por lo que se encuentran disponibles para los productores (Ortuño et al., 2010).

3.4.1. Biofertilizantes

Son el resultado de la descomposición o fermentación (mediante la acción de microorganismos) de materia orgánica disuelta en agua, transformando elementos que no podrían ser aprovechados directamente por las plantas en sustancias fácilmente asimilables por las mismas (FAO, 2013).

Hay dos tipos de biofertilizantes, los aeróbicos que se producen en presencia de oxígeno y los anaeróbicos que se elaboran en ausencia del mismo. También existen los biofertilizantes enriquecidos, cuando se les añaden compuestos o elementos minerales para tener un producto que aporte nutrientes a las plantas (FAO, 2013).

Al ser rico en minerales, aminoácidos, vitaminas y hormonas, el biofertilizante líquido también mejora el balance nutricional en la planta, haciéndola más resistente al ataque de plagas y enfermedades. Aparte, aumenta la producción, mejora la calidad

de los productos, garantizando al agricultor mayor aceptación de sus productos y precio en el mercado (PROINPA, 2007).

3.4.1.1. Vigor top

Vigor top es un biofertilizante bioestimulante promotor de crecimiento foliar líquido, que se puede utilizar en una gran diversidad de plantas (cultivos anuales, hortalizas, frutales, plantas ornamentales y otros), promueve el incremento del follaje en las plantas, disminuye la caída de las flores y estimula el cuajado de frutos, incrementando los rendimientos.

- **Composición.** Según los resultados obtenidos a través del análisis físico químico del biofertilizante realizado por IBTEN (2016), los componentes de Vigor top son (Cuadro 5):

Cuadro 5. Análisis físico-químico del biofertilizante Vigor top

Parámetros	Valores
Nitrógeno (%)	0.010
Fósforo (%)	0.001
Potasio (%)	0.025
Carbono orgánico (%)	0.775
Calcio (%)	0.005
Magnesio (%)	0.002
Hierro (ppm)	22.33
Cobre (ppm)	0.35
Manganeso (ppm)	0.32
Zinc (ppm)	2.32
Sodio (%)	0.16
pH	5.29
Conductividad eléctrica (mS/cm)	6.11

Fuente: Elaboración propia en base a IBTEN (2016)

Según PROINPA (2012), Vigor top es un abono líquido que está compuesto por ácidos orgánicos (húmicos y fúlvicos) extraídos del humus de lombriz e ingredientes complementarios, ricos en fitohormonas obtenidas del Marat (*Moringa oleífera*) complementada con brasinoloides.

Cuadro 6. Composición de Vigor Top

Composición	Porcentaje
Ácidos húmicos y fúlvicos	95%
Brasinoloide (<i>Extracto de Brassicas</i>)	4 %
Extracto de Marat (<i>Moringa Oleífera</i>)	1%
Total	100%

Fuente: PROINPA (2012)

- **Dosis.** La dosis recomendada es de 1l/20 litros de agua, se aplica después de la emergencia, al primer y segundo aporque y en la floración con una frecuencia de 7 a 14 días de acuerdo a requerimiento del cultivo (Ortuño *et al.*, 2010).

PROINPA (2012), recomienda su aplicación en cultivos anuales, después de la emergencia a 15 y 40 cm de altura aproximadamente, a una dosis de 5 l/ha (la cantidad varía dependiendo del tamaño de la planta) aplicado al follaje al inicio del cultivo y continuado cada 15 días, hasta completar entre 3 a 4 aplicaciones durante el proceso de cultivo.

3.5. 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 *et al.*, 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).

La principal diferencia entre el cultivo al aire libre y en ambiente protegido es el control del ambiente que las plantas necesitan para obtener su máximo desarrollo, el cultivo en ambiente protegido suele considerarse un caso particular de la explotación intensiva dentro del grupo de horticultura protegida (Pérez y Turón, 1997).

3.5.1. 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.

3.5.2. Tipos de ambientes protegidos

Blanco (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 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 agrofilm 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.

3.5.3. 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 y Bernart, 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.

3.5.4. 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 (Serrano 1979, citado por Estrada 2003).

3.5.5. 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 (Serrano 1979, citado por Estrada 2003).

3.5.6. 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, 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.

3.5.7. Ventilación

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

- Para abastecimiento de dióxido de carbono CO₂, 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).

4. LOCALIZACIÓN

4.1. Ubicación Geográfica

El presente estudio se realizó en el Centro Experimental Cota Cota, dependiente de la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, situada en la Provincia Murillo a 15 kilómetros del centro de la ciudad de La Paz. Geográficamente está situada entre los 16° 32' 04" Latitud Sud y 68° 03' 44" Longitud Oeste, a una altitud de 3445 m.s.n.m. (Huayllani, 2007).



Fuente: Instituto Geográfico Militar – Bolivia: Google maps (2016)

Figura 1. Ubicación geográfica del área de estudio

4.2. Topografía y Vegetación

Cota Cota tiene una topografía accidentada con pendientes regulares a fuertes, donde se realizan terraceos con fines agrícolas. Se presentan en el lugar las siguientes especies vegetales: eucalipto (*Eucalyptus globulus*), acacia (*Acacia ssp.*), queñua (*Polylepis ssp.*), retama (*Spartium junceum*), ligustro (*Ligustrum sinensis*), chillka (*Baccharis spp.*), etc. (Guzmán, 2000).

4.3. Características climáticas

Por considerarse cabecera de valle, la característica de esta región es templada a lo largo del año, presenta una temperatura máxima de 32°C, una temperatura media 11.5°C y una mínima de hasta -6°C; con una precipitación pluvial media anual de 380 mm; una Humedad relativa de 58% y una velocidad máxima promedio de los vientos de 1.4 m/s (SENAMHI, 2012).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material Experimental

- Semilla de Acelga variedad *Fordhook giant* de penca blanca, planta bienal de hojas corrugadas de color verde oscuro, con flor en inflorescencia, hermafrodita y fruto que contiene de 4 a 5 semillas de color café (Anexo 5 - A).
- Semilla de Acelga variedad *Ruibarbo* de penca roja, planta bianual de hojas lisas, con flor en inflorescencia y fruto que contiene de 4 a 5 semillas de color café (Anexo 5 - B).
- Vigor Top, producto natural biofertilizante, bioestimulante y promotor de crecimiento foliar líquido (Anexo 6).

5.1.2. Material de Campo

- Cuaderno de campo
- Marbetes
- Cámara fotográfica
- Termómetro
- Flexómetro
- Higrómetro
- Atomizador manual de 2 l.
- Balanza
- Tijera podadora
- Picota, pala, chontilla y rastrillo
- Jeringa de 10 ml.

5.1.3. Material de Gabinete

- Libreta de campo
- Material bibliográfico
- Equipo de computación
- Impresora
- Escáner

5.2. Métodos

5.2.1. Diseño Experimental

Los 24 tratamientos resultantes del arreglo factorial completo 2 x 4, correspondientes a dos variedades de acelga y cuatro dosis de Vigor top con 3 repeticiones, se asignaron a un diseño experimental de Bloques completamente al azar (Ochoa, 2009).

Los datos se sometieron a análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Duncan ($\alpha = 0.05$), con el paquete estadístico Info Stat, versión 2008.

5.2.1.1. Modelo Lineal Aditivo

El modelo lineal utilizado para un diseño de Bloques al Azar con arreglo bi-factorial es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + (\alpha\gamma)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

- Y_{ijk} = Una observación cualquiera
- μ = Media poblacional.
- β_k = Efecto del k-ésimo bloque
- α_i = Efecto del i-ésimo nivel del factor A (Dosis)
- γ_j = Efecto del j-ésimo nivel del factor B (Variedades)
- $(\alpha\gamma)_{ij}$ = Efecto del i-ésimo nivel del factor A con el j-ésimo nivel del factor B (interacción A x B)
- ϵ_{ijk} = Error experimental de la parcela

5.2.1.2. Factores de Estudio

El factor A, estuvo constituido por dos variedades de acelga y el factor B, por cuatro dosis de vigor top. Las dosis fueron convertidas de l/ha a cm^3/UE .

- **Factor A (variedades):**

V1 = *Fordhook giant*

V2 = *Ruibarbo*

- **Factor B (dosis de Vigor top):**

D0 = 0% de fertilizante

D1 = 3% de fertilizante = 0.6 cc de Vigor top/2 l de agua

D2 = 5% de fertilizante = 0.10 cc de Vigor top/2 l de agua

D3 = 7% de fertilizante = 0.14 cc de Vigor top/2 l de agua

- **Tratamientos**

En el Cuadro 7, se describe los tratamientos y su respectiva interacción.

Cuadro 7. Formulación y descripción de los tratamientos

Tratamientos	Descripción
T1 = A ₁ B ₀	Variedad Fordhook Giant sin aplicación de fertilizante
T2 = A ₁ B ₁	Variedad Fordhook Giant + 3% de fertilizante
T3 = A ₁ B ₂	Variedad Fordhook Giant + 5% de fertilizante
T4 = A ₁ B ₃	Variedad Fordhook Giant + 7% de fertilizante
T5 = A ₂ B ₀	Variedad Ruibarbo sin aplicación de fertilizante
T6 = A ₂ B ₁	Variedad Ruibarbo + 3% de fertilizante
T7 = A ₂ B ₂	Variedad Ruibarbo + 5% de fertilizante
T8 = A ₂ B ₃	Variedad Ruibarbo + 7% de fertilizante

Fuente: Investigación de campo 2015

5.2.1.3. Croquis de la Parcela Experimental

El área experimental dentro el ambiente protegido fue delimitado de acuerdo al diseño de investigación en tres bloques, constituidos cada uno por ocho unidades experimentales de 2.5 m de largo por 0.5 m de ancho, teniendo una superficie por tratamiento de 1.25 m².

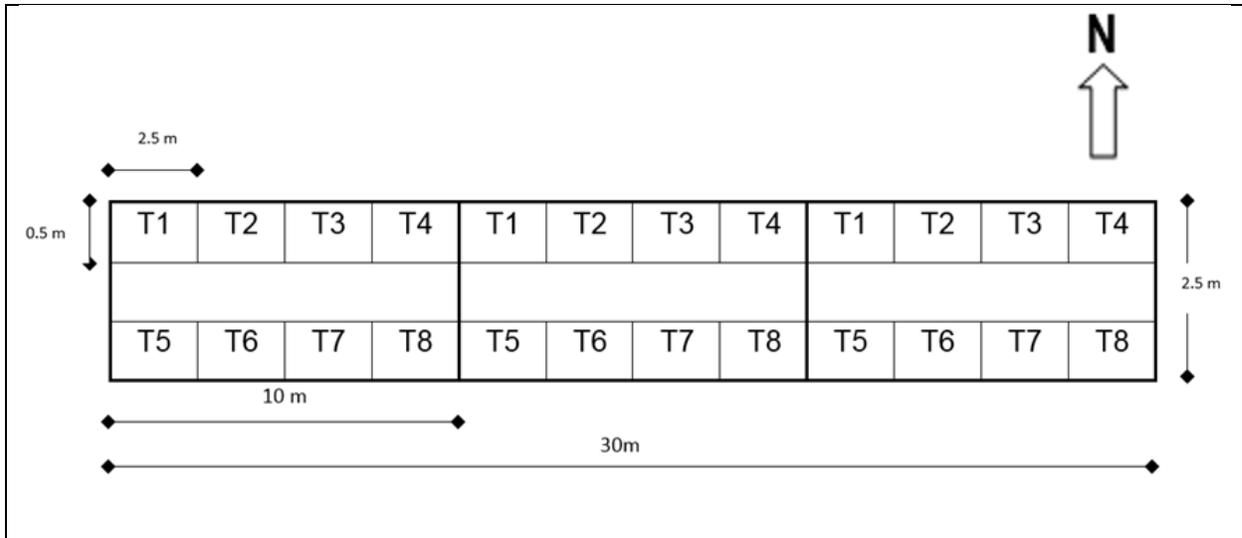


Figura 2. Croquis del área experimental (Investigación de campo, 2015)

5.2.1.4. Características del área experimental

- Tratamientos: 8
- Repeticiones: 3
- Total unidades experimentales: 24
- Área por tratamiento: $(2.5 \text{ m} \times 0.5 \text{ m}) = 1.25 \text{ m}^2$
- Área total más los pasillos: $(30 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}) = 45 \text{ m}^2$

5.2.2. Procedimiento de Campo

4.2.2.1. Establecimiento del área experimental

Se realizó en una de las carpas solares del Centro Experimental Cota Cota, realizando la secuencia:

- a. Preparación del terreno.** El trabajo de campo se inició con la remoción del suelo, la cual se realizó a 20 cm de profundidad con la ayuda de una picota, luego se procedió a la limpieza con una rastra para incorporar la materia orgánica (estiércol ovino), seguidamente se procedió al mullido y nivelado del suelo.

El estiércol ovino utilizado como materia orgánica contaba con las siguientes características (Cuadro 8):

Cuadro 8. Composición química del estiércol de ovino

Nutrientes	%
Humedad	10.0
Nitrógeno total	1.01
P ₂ O ₅	1.04
K ₂ O ₅	1.10
Materia orgánica	18.19
pH	Ácido

Fuente: Chilon (1997).

- b. Siembra.** La siembra se realizó en forma directa, dejando tres semillas de acelga por golpe (Anexo 7), previa apertura de surcos, con el fin de garantizar el mayor porcentaje de germinación y emergencia. Las características del sembrado en el área experimental se describen en el cuadro 9.

Cuadro 9. Características de la siembra

Descripción	Valor
Distancia entre platabandas (cm)	40
Distancia entre plantas (cm)	25
Profundidad de surcos (cm)	2
Número de plantas/UE	20
Número de semillas por golpe	3
Número de plantas totales	288

Fuente: Investigación de campo 2015

c. Riego. El riego se realizó bajo sistema por goteo instalado en la carpa y comenzó con la siembra de las semillas, con una frecuencia detallada en el siguiente cuadro (10):

Cuadro 10. Lámina de riego (La) diario y total aplicado durante la investigación

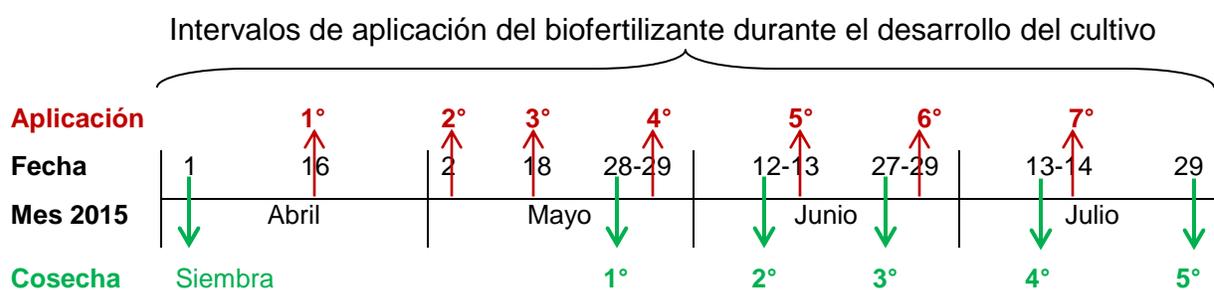
Actividad	Fecha	Nº días	La (mm/día)	La (mm)
Siembra	01 Abril	-	-	-
Crecimiento	-	-	3.5	66.5
Cosecha 1	28 Mayo	58	3.5	136.5
Cosecha 2	12 Junio	15	3.5	56
Cosecha 3	27 Junio	15	3.5	56
Cosecha 4	13 Julio	15	3.5	56
Cosecha 5	29 Julio	15	3.5	56
Total		118		427

Fuente: Investigación de campo 2015

La lámina de riego aplicado en las diferentes etapas de desarrollo del cultivo de acelga estuvo alrededor de los 3.5 mm/día (cuadro 10); lo que alcanzó a un total de 427 mm para el total del periodo de investigación. El riego aplicado en las diferentes etapas consideró solamente los niveles de agua del suelo fácilmente aprovechable para este tipo de cultivos, es decir niveles hidro físicos entre Capacidad de Campo y Fracción de Agotamiento de agua disponible del Suelo (límite aprovechable de agua sin restricción) es de 0.20 para el cultivo de acelga (Fuentes, 1998).

d. Raleo. Se hizo de forma manual, se inició cuando la acelga presentó de tres a cuatro hojas verdaderas. Esta actividad se llevó a cabo con el objetivo de dar al cultivo una densidad apropiada, evitando de ese modo la competencia entre plantas.

- e. Control de malezas.** El desmalezado se realizó semanalmente durante el crecimiento de la acelga por que las malezas por su adaptación se difunden y multiplican con facilidad. Este proceso se hizo manualmente, sacándolas desde la raíz para evitar la competencia por nutrientes, luz y agua con el cultivo.
- f. Control de plagas y enfermedades.** Durante el desarrollo del cultivo se presentaron dos plagas, la primera larvas de *Consigna* (*Consigna consiga*) las cuales se controlaron al cabo de tres recolecciones manuales de las mismas y Pulgones verdes (*Aphis sp.*) que no recibieron ningún tratamiento más que la mantención limpia del cultivo ya que la incidencia en ambos casos fue mínima.
- g. Aplicación de biofertilizante.** La frecuencia de aplicación del biofertilizante al cultivo de acelga se realizó cada 15 días de acuerdo a lo recomendado por Ortuño et al., (2010). Las fechas e intervalos de aplicación durante la Gestión 2015, se detallan en la Figura 3.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 3. Intervalos de aplicación del biofertilizante foliar durante el desarrollo del cultivo

La solución fue aplicada con un atomizador manual con una capacidad de 2 l. La cantidad de solución para cada aplicación fue calculada previamente de acuerdo a lo propuesto en la presente investigación (Anexo 8).

h. Cosecha. A lo largo del experimento se realizaron cinco cosechas, la primera cuando las láminas de hoja más el peciolo alcanzaron una altura mayor a 45 cm; este corte se efectuó a los 58 días después de la siembra, las cuatro cosechas posteriores se hicieron con intervalos de 15 días. Ésta acción se llevó a cabo de forma manual, tomado la base del peciolo con los dedos pulgar e índice, para luego realizar un movimiento firme de 90° de izquierda a derecha hasta desprender la hoja del cuello de la planta (Anexo 9).

5.2.3. Variables agronómicas

5.2.3.1. Altura de Planta

La altura de planta fue medida en cm, desde la base hasta el ápice de la hoja de mayor longitud (Anexo 10-A), durante ésta actividad se tuvo cuidado de no lastimar o romper las hojas para evitar pérdidas posteriores.

5.2.3.2. Número de hojas por planta

Para ésta variable se contabilizó el número total de hojas aprovechadas por planta al momento de cada una de las cosechas y para todas las muestras.

5.2.3.3. Longitud de hoja a la cosecha

Ésta medida se tomó de las hojas comercialmente aprovechables recolectadas durante las cosechas midiéndolas desde la base del peciolo hasta el ápice del limbo, procedimiento que se efectuó con un flexómetro graduado en centímetros (Anexo 10-B).

5.2.3.4. Peso de las hojas aprovechadas por planta

Después de cada cosecha se pesaron las hojas comercialmente aprovechadas de cada planta y de todas las muestras. Los datos se registraron en gramos.

5.2.3.5. Rendimiento de materia verde (kg/m²)

Para obtener los datos de rendimiento se pesaron las hojas cosechadas de cada unidad experimental con una balanza electrónica (Anexo 11), estos datos se promediaron y ponderaron para conseguir la producción en kg/m².

5.2.3.6. Costos de producción

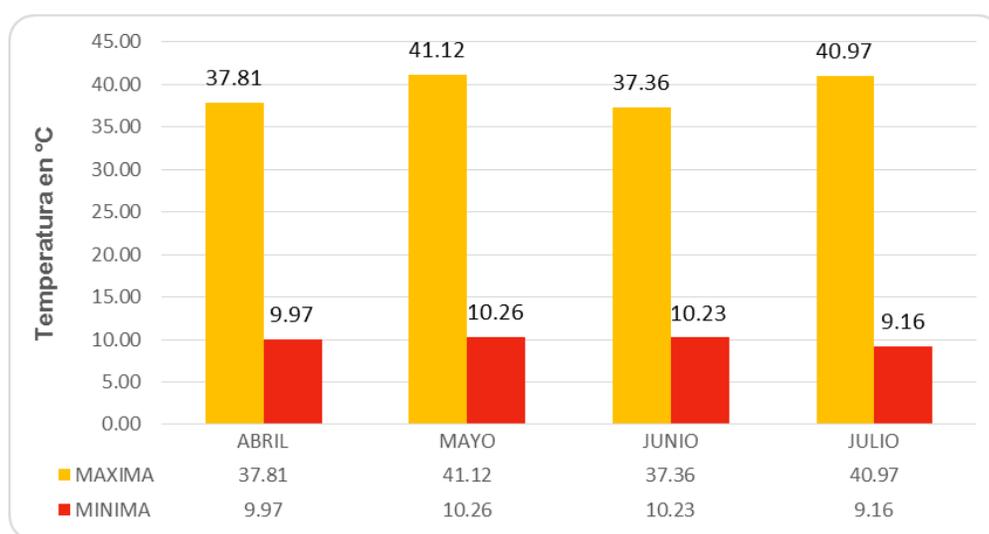
Se evaluaron por medio de cálculos aritméticos por los cuáles se comparó los ingresos generados, versus los costos realizados en un ciclo de producción. Por lo que se determinaron los Ingresos, Costos y Beneficios Netos para cada una de las variedades.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Microclima al interior de la carpa

6.1.1. Temperaturas máximas y mínimas

La Figura (4) nos muestra la temperatura máxima y mínima registrada en la carpa (interior), la máxima llegó a un valor de 41.12 °C registrado el mes de mayo de 2015, siendo la temperatura mínima de 9.16 °C reportado el mes de julio del mismo año.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 4. Registro de temperaturas máximas y mínimas al interior de la carpa

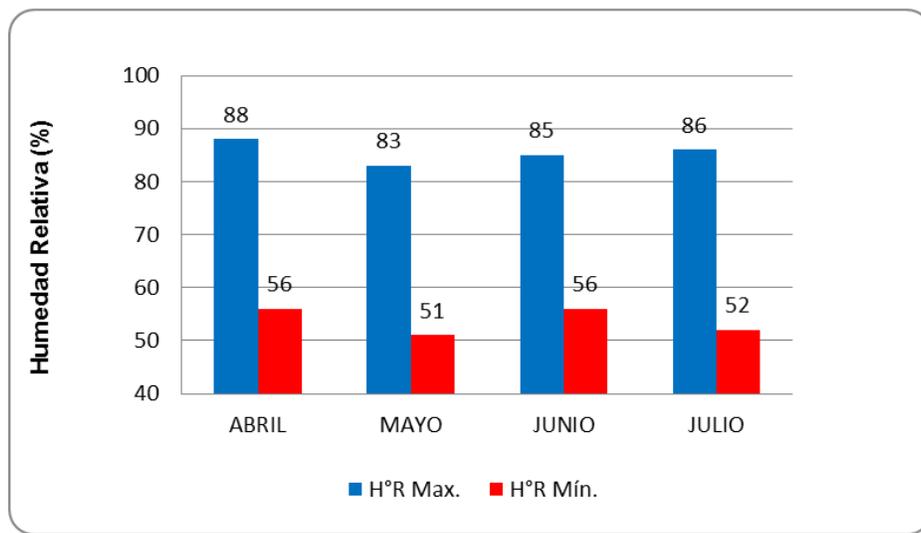
La temperatura media en general fue de 24.60 °C, dato que habría favorecido al establecimiento del cultivo pues coincide con lo afirmado por Yuste (1997) y Mier (2010) quienes indican que la temperatura óptima para la germinación de las semillas de acelga debe estar en torno a los 25 °C.

Por otra parte, éste valor (24,61 °C) está por encima de lo sugerido por Casseres (1981), Martínez et al., (2003) y Barbado (2003) quienes señalan que la temperatura óptima para el desarrollo de la acelga está entre los 13°C y los 18°C. Sin embargo Giaconi (1993) y De La Paz *et al.*, (2003) sostienen que este cultivo se adapta a

variadas condiciones climáticas y que resiste bien los rigores del invierno y los calores del verano.

6.1.2. Humedad Relativa

La Figura 5, nos presenta una comparación de valores de humedad relativa de los meses de abril, mayo, junio y julio respectivamente, con diferencias no significativas entre los valores; la HR máxima alcanza un valor de 88% (abril) y la HR mínima llega a 56% (abril y junio), en la gestión 2015. El mayor %HR, coincide con la época de siembra y la germinación, debido al riego y la temperatura dentro del invernadero.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 5. Registro de la humedad relativa al interior de la carpa

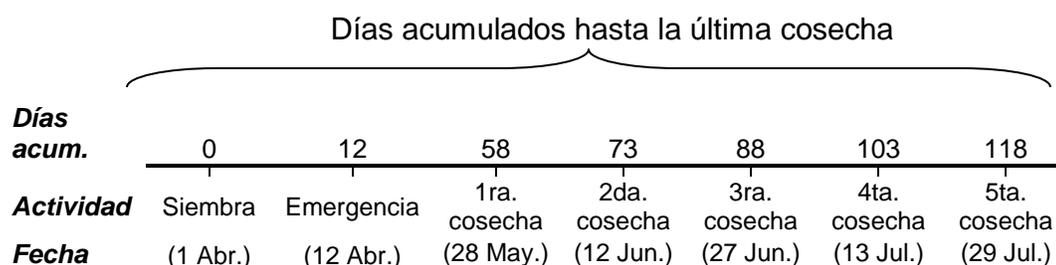
De esta figura se extrae que el promedio de humedad relativa para el ciclo de cultivo fue de 69%, humedad que al ser constante ayudó tanto en la germinación como en el crecimiento de la acelga durante el estudio. Además, este dato está dentro de lo recomendado por Astarian (2000), quién destaca que la humedad relativa para cultivos en invernadero debe estar comprendida entre el 60% y 90%.

Al respecto, Serrano (1979) citado por 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.

6.2. Análisis de variables fenológicas y agronómicas

6.2.1. Fenología del cultivo

La descripción fenológica del cultivo de acelga se detalla en la Figura 6, ésta muestra el número de días desde la siembra hasta la emergencia, el número de días transcurridos a la primera cosecha, a la segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha, además de los días acumulados desde la siembra hasta la última recolección.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 6. Fenología del cultivo de acelga

Dado que la siembra se realizó el 1 de abril, se observó que después de 12 días más del 50% de las semillas sembradas habían emergido por lo que se tomó éste dato como el número de días a la emergencia. Desde ese momento pasaron 46 días para notar que las hojas empezaron a mostrar cambios en su coloración signo que nos ayudó a determinar ese momento como el día de la primera cosecha, posteriormente se dio un intervalo de 15 días para realizar las siguientes cosechas, acumulando un total de 118 días hasta la quinta cosecha realizada el 29 de julio de 2015 para ambas variedades.

Respecto de los días a la primera cosecha (58), la variedad *Ruibarbo* se cosechó antes de lo indicado por García (2012) quien afirma que ésta acelga debe cosecharse a los 62 días después de la siembra. En el caso de la variedad *Fordhook giant*, la cosecha se realizó cuatro días después de lo registrado por Villalba (2013), quién al hacer siembra directa con la misma variedad, alcanzó un total de 54 días para su primera cosecha. No obstante, AFRIAGRO (2011) indica que en suelos fértiles y profundos la misma variedad se cosecha a los 65 días después de la siembra.

Por otra parte, los días a la primera cosecha obtenidos en ésta investigación no coinciden con Avalos (2008) quién al evaluar dos variedades de acelga bajo dosis de abonamiento con biol porcino en carpa solar reportó 80 días para la primera siega de la variedad *Fordhook giant*.

Con relación al tiempo entre la segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha (15 días) para ambas variedades, están dentro de lo recomendado por Giaconi (2004), Porco y Terrazas (2009) quienes sugieren que éstas recolecciones pueden llevarse a cabo con intervalos de 15 a 20 días cuando la planta presente indicadores visuales propios de la cosecha.

6.2.2. Variables agronómicas

Con los datos obtenidos a la quinta cosecha y para explicar el efecto de los niveles de vigor top en dos variedades de acelga, se procedió a realizar los análisis de varianza y prueba de rango múltiple de Duncan ($p \leq 0.05$), obteniendo los siguientes resultados:

6.2.2.1. Altura de Planta

Con relación a la altura de planta el Cuadro 11, refleja los valores del análisis de varianza (ANVA), desde la primera hasta la quinta cosecha, no habiendo diferencias significativas entre los bloques. Sin embargo, éste análisis detectó diferencias significativas entre las variedades *Fordhook Giant* y *Ruibarbo* en la primera y en la última cosecha. Se asume, que las diferencias entre variedades para altura de la planta son debidas a las características genéticas de cada una de las variedades utilizadas, aunque no hayan sido evidentes en la segunda, tercera y cuarta recolección.

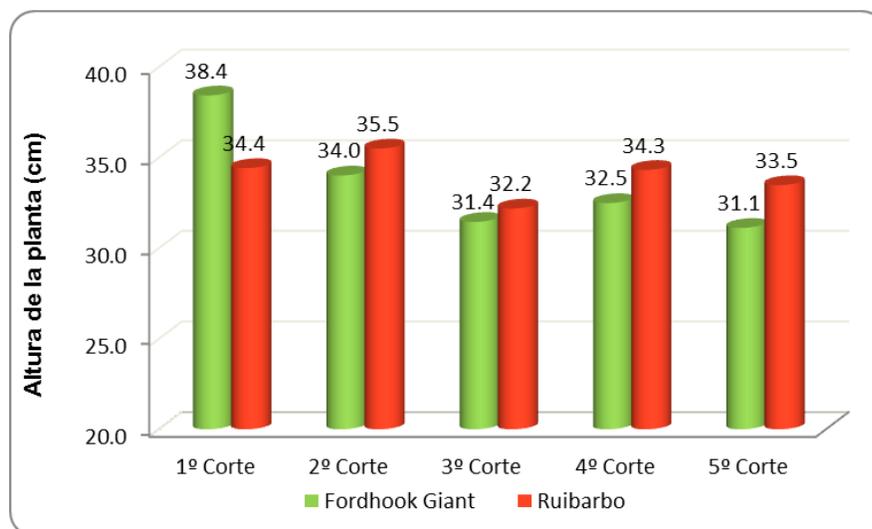
Cuadro 11. Análisis de varianza para la altura de la planta a la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha

Valores de probabilidad de significancia Pr > F						
FV	GL	1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.4216 NS	0.1821 NS	0.0720 NS	0.1847 NS	0.1333 NS
Variedad	1	0.0472 *	0.1553 NS	0.5194 NS	0.0549 NS	0.0175 *
Dosis Vigortop	3	0.4705 NS	0.5035 NS	0.3146 NS	0.6818 NS	0.4440 NS
Variedad*Dosis	3	0.7219 NS	0.2683 NS	0.6980 NS	0.3563 NS	0.7697 NS
C.V. (%)		12.40	7.02	8.55	6.42	6.63

(*): Significativo NS: No significativo

Fuente: Investigación de campo 2015

La Figura 7 muestra de forma general el crecimiento vertical de las dos variedades de acelga a lo largo del ciclo de cultivo, en ella se observa que la variedad *Ruibarbo* tendió a sobresalir durante todo el proceso de crecimiento manteniéndose en un rango de 32.2 a 35.5 cm de altura, mientras que la variedad *Fordhook giant* alcanzó su altura máxima con 38.4 cm, valor que disminuyó a 34.0, 31.4, 32.5 y 31.1 cm para los cortes 2, 3, 4 y 5 respectivamente.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 7. Altura promedio de las plantas por variedad y corte

La prueba de Duncan al 5% presentado en el Cuadro 12, corrobora las diferencias significativas entre las alturas alcanzadas por las dos variedades en la primera y en la quinta cosecha. La variedad *Fordhook giant* en éste estudio alcanzó un promedio a la primera recolección de 38.42 cm., mayor respecto de la variedad *Ruibarbo* que alcanzó 34.41 cm., alturas que no se ajustan con lo afirmado por Flores (2007) quién indica que la variedad *Fordhook giant* presenta una altura superior con respecto a otras variedades de acelga ya que tiene un porte más erecto por el cual alcanza mayor longitud vertical.

Cuadro 12. Prueba de Duncan para altura de planta por variedad y corte

Variedades	Altura de la planta (cm)				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
<i>Fordhook Giant</i>	38.42 A	34.00 A	31.44 A	32.48 A	31.11 B
<i>Ruibarbo</i>	34.41 B	35.49 A	32.18 A	34.31 A	33.47 A

Fuente: Investigación de campo 2015

La misma prueba (Cuadro 12), muestra que a la quinta cosecha *Ruibarbo* registró una altura de 33.47 cm, mientras que *Fordhook Giant* llegó a medir 31.11 cm, valores invertidos con relación a la primera cosecha, lo que nos hace suponer que a pesar de no encontrarse diferencias significativas en las dosis aplicadas de vigor top, éstas influyeron de forma positiva en el crecimiento longitudinal de la variedad *Ruibarbo* debido al contenido húmico del producto. Siendo que Ramos (2000) en el estudio de aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes, comprobó que todos los tratamientos con sustancias húmicas aumentaron el valor del crecimiento de las plantas respecto al control.

Al respecto, Guminsky et al., (1983) indica que el efecto estimulante de las sustancias húmicas sobre el crecimiento de las plantas está relacionado con el aumento de la absorción de macronutrientes.

5.2.3. Número de hojas por planta

El ANVA para el número de hojas por planta de acelga nos muestra diferencias altamente significativas entre las variedades *Fordhook Giant* y *Ruibarbo* (cuadro 13), en todos los cortes a excepción del tercero donde no se detectó diferencias entre las variedades utilizadas. El mismo análisis, también encontró diferencias significativas y altamente significativas entre las dosis de vigor top aplicados al cultivo así como en la interacción variedad por dosis del bioinsumo.

Ante éstos resultados, asumimos que las diferencias detectadas en el caso de las variedades se deben a los caracteres genéticos y propios de cada una de las semillas, mientras que las diferencias en las dosis son debidas al efecto de las concentraciones del biofertilizante utilizado en éste estudio.

Cuadro 13. Análisis de varianza para el número de hojas por planta a la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha

FV	Valores de probabilidad de significancia Pr > F					
	GL	1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.0659 NS	0.4842 NS	0.4318 NS	0.4121 NS	0.7862 NS
Variedad	1	0.0006 **	0.0362 *	0.1234 NS	0.0001 **	0.0148 *
Dosis Vigortop	3	0.0241 *	0.0006 **	0.0006 **	0.0001 **	0.0006 **
Variedad*Dosis	3	0.1063 NS	0.0005 **	0.0005 **	0.0001 **	0.0002 **
C.V. (%)		6.28	6.37	6.71	6.33	7.18

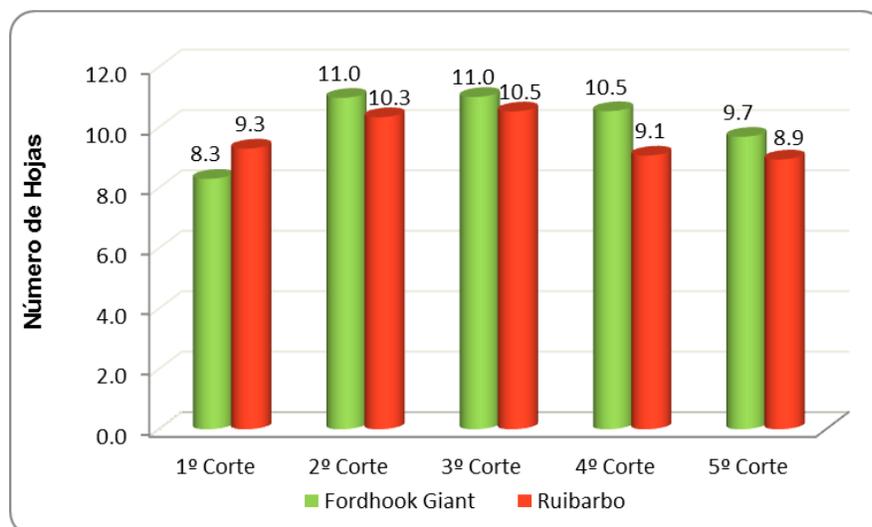
(*): Significativo

(**): Altamente significativo

(NS): No significativo

Fuente: Investigación de campo 2015

La Figura 8, grafica el comportamiento de cada una de las variedades respecto del número de hojas a lo largo del periodo vegetativo de la acelga. Ésta figura evidencia que la variedad *Fordhook giant* superó en número a la variedad *Ruibarbo* en todo el ciclo de cultivo excepto al primer corte, donde la variedad presentó en promedio 8 hojas para después subir a 11 hojas a los cortes 2 y 3 y bajar a 10 hojas en los cortes 4 y 5 respectivamente. Por su parte, la variedad *Ruibarbo* presentó 9 hojas al primer corte, elevándose a un promedio de 10 en el segundo y tercer corte para bajar nuevamente a 9 hojas en el cuarto y quinto corte. Independientemente de la variedad, la Figura también muestra que al segundo y tercer corte la acelga presenta un mayor número de hojas respecto de los demás cortes.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 8. Número de hojas promedio de las plantas por variedad y corte

La prueba de Duncan (cuadro 14) para el número de hojas por planta, por variedad y corte, ratificó diferencias estadísticas entre la variedad *Fordhook giant* y la variedad *Ruibarbo*. Como se puede observar, a la primera cosecha *Ruibarbo* superó a *Fordhook giant* con una media de 9 hojas frente a las 8 hojas promedio de ésta última. Sin embargo, a la segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha *Fordhook giant* superó a *Ruibarbo* con una unidad, siendo el número total de hojas para ésta variedad 10, 11, 10 y 9 en las cosechas 2, 3, 4 y 5 respectivamente.

Cuadro 14. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas por planta, por variedad y corte

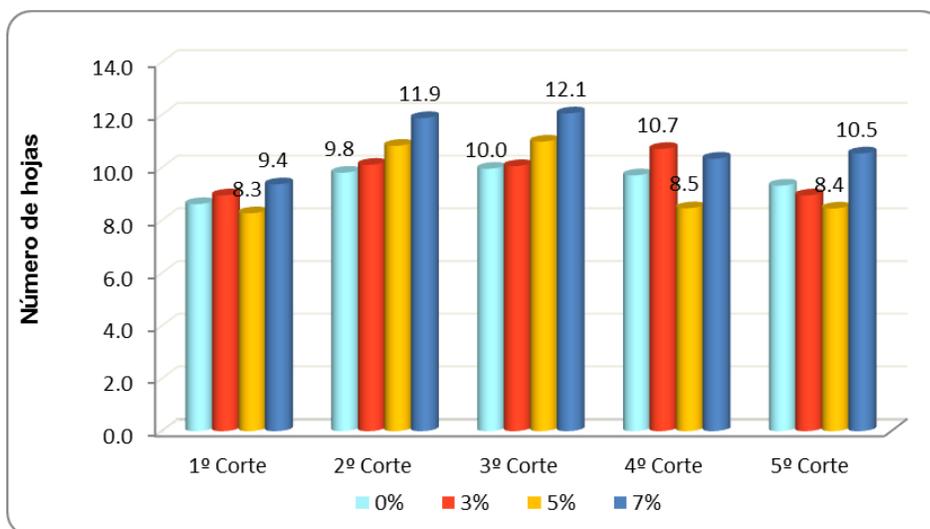
Variedades	Número de hojas				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
<i>Fordhook Giant</i>	8.29 B	10.97 A	11.00 A	10.53 A	9.68 A
<i>Ruibarbo</i>	9.29 A	10.33 B	10.52 A	9.06 B	8.93 B

Fuente: Investigación de campo 2015

Siendo que las diferencias en cuanto a variedades se las atribuye principalmente a la información genética de cada una de éstas, hay que tomar en cuenta que la aplicación del fertilizante foliar también influyó en el desarrollo y cantidad de hojas por el aporte de nutrientes que fueron bien asimilados por ambas variedades.

Si bien los datos de superioridad de *Fordhook giant* frente a otras variedades de acelga coinciden con lo encontrado por Huacani (2013), no concuerdan con el promedio total de hojas (5) que consiguió al evaluar la respuesta agronómica de dos variedades de acelga al abonamiento orgánico en ambiente protegido, siendo 50% menor a lo alcanzado en este ensayo con un promedio de 10 hojas.

La Figura 9, evidencia el efecto de las dosis de vigor top en la variable número de hojas por planta. Ésta Figura denota que a lo largo del cultivo la dosis de aplicación al 7% obtuvo los mejores resultados con 9 hojas a la primera cosecha, 12 hojas a la segunda y tercera cosecha y 10 hojas en las cosechas cuarta y quinta. La dosis de aplicación al 3% sólo presentó mayor número de hojas en la cuarta recolección, mostrándose variable en la primera, segunda tercera y quinta recolección, siendo los tratamientos que recibieron la dosis de 5% las que contaron con un número menor de hojas (8) en tres de los cinco cortes y se situaron en segundo lugar en los restantes dos cortes con 11 hojas.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 9. Número de hojas por planta, por dosis de vigor top y corte

El cuadro 15 expresa la respuesta del cultivo de acelga para el número de hojas por planta, por dosis de vigor top y corte. En él se observa que a lo largo de las cinco cosechas se reportaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización foliar, siendo la de mejor respuesta la dosis de aplicación al 7% respecto de las dosis 3%, 0% y 5% en orden descendente. Éstos resultados demuestran que el biofertilizante vigor top en sus diferentes concentraciones influyen en el desarrollo de las hojas y su cantidad en la planta.

Cuadro 15. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el número de hojas por planta, por dosis de vigor top y corte

Dosis de Vigor top (%)	Número de hojas				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
0	8.61 B	9.80 C	9.95 C	9.70 B	9.31 B
3	8.94 AB	10.10 BC	10.05 C	10.70 A	8.94 B
5	8.26 B	10.82 B	10.98 B	8.45 C	8.44 B
7	9.36 A	11.87 A	12.05 A	10.33 AB	10.53 A

Fuente: Investigación de campo 2015

En este sentido, se asume que la dosis al 7% contiene la cantidad apropiada de nutrientes que la planta asimila, utiliza y refleja posteriormente en su desarrollo. Al respecto, Alcantar y Trejo (2007) indican que el uso de fertilizantes foliares en cantidades adecuadas, provee a las plantas los nutrientes que requieren como suplemento a la fertilización del suelo favoreciendo así la productividad del cultivo.

6.2.2.2. Longitud de hoja

El ANVA (cuadro 16) nos muestra que no existen diferencias significativas entre bloques, lo que indica que las condiciones de temperatura, humedad y radiación dentro del vivero se mantuvieron uniformes al igual que el manejo del cultivo. Tampoco se encontraron diferencias en la interacción variedad por dosis, ni entre las variedades *Fordhook Giant* y *Ruibarbo* a excepción de la segunda cosecha, donde se observó diferencias significativas para dicha variable.

En cuanto a las dosis de vigor top utilizadas, no se presentaron diferencias significativas en cuatro de los cinco cortes, siendo la quinta recolección la que expresó diferencias altamente significativas atribuidas a las concentraciones de vigortop aplicadas en esta investigación.

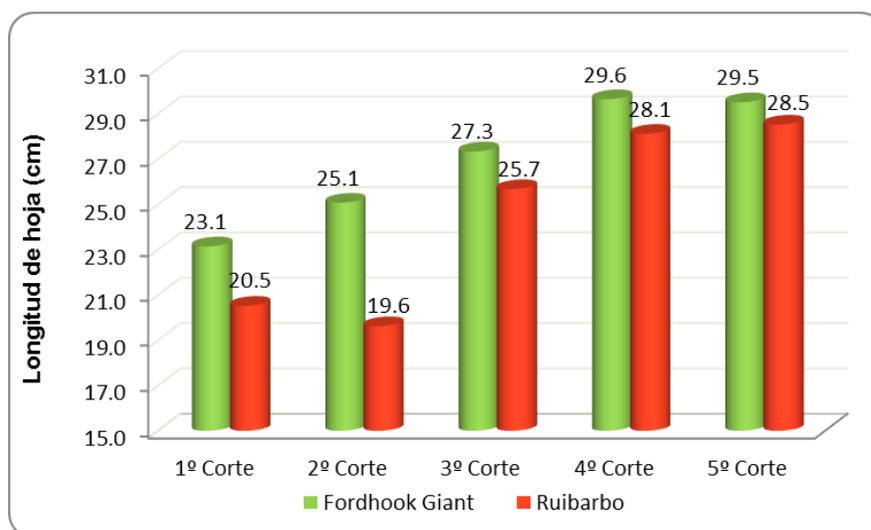
Cuadro 16. Análisis de varianza para la longitud de hoja a la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha

FV	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F				
		1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.2542 NS	0.7932 NS	0.7630 NS	0.5170 NS	0.1830 NS
Variedad	1	0.2118 NS	0.0144 *	0.3768 NS	0.2244 NS	0.4115 NS
Dosis Vigortop	3	0.8828 NS	0.9293 NS	0.2778 NS	0.1159 NS	0.0002 **
Variedad*Dosis	3	0.8513 NS	0.9905 NS	0.4161 NS	0.1895 NS	0.0520 NS
C.V. (%)		22.55	21.41	15.92.55	10.23	9.72

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

Fuente: Investigación de campo 2015

La siguiente figura (10) expone el promedio de la longitud de hoja para cada variedad, estos resultados reflejan que *Fordhook giant* reportó las mayores longitudes con 29.6 y 29.5 cm alcanzados en la cuarta y quinta cosecha, seguido del tercer, segundo y primer corte con 27.3, 25.1 y 23.1 cm respectivamente, mientras que la variedad *Ruibarbo* presentó longitudes menores con un promedio de 20.5, 19.6, 25.7, 28.1 y 28.5 cm para las cosechas 1, 2, 3, 4 y 5 en el mismo orden. Cabe notar, que las dos variedades fueron aumentando la longitud de hoja con el paso del tiempo y de las cosechas para concluir con sus máximos valores al culmine del experimento.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 10. Longitud de hoja por variedad y corte

La prueba Duncan para la longitud de hoja por variedad (cuadro 17) ratifica las diferencias significativas halladas por el análisis de varianza, siendo la variedad *Fordhook giant* con 25.07 cm estadísticamente superior en longitud a la variedad *Ruibarbo* que obtuvo un promedio de 19.62 cm en la segunda cosecha. Diferencias, que aparte de las características varietales de las semillas utilizadas son debidas posiblemente a la asimilación del biofertilizante vigor top, que fue menor en ese momento para la variedad *Ruibarbo* frente a la *Fordhook giant* que mantuvo un

incremento constante en longitud desde la primera hasta la última cosecha, siendo por tanto ésta variedad la que aprovecha mejor los nutrientes otorgados por el fertilizante foliar.

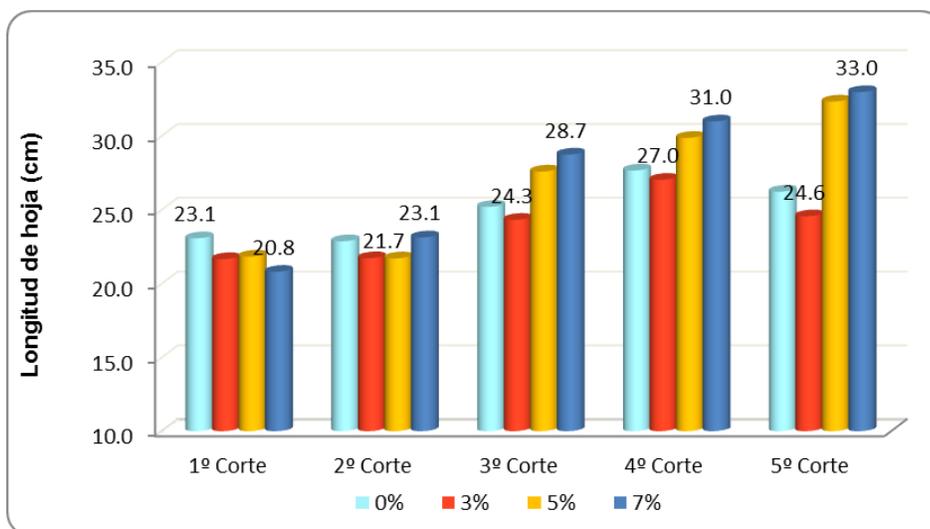
Cuadro 17. Prueba de Duncan para la longitud de hoja por variedad y corte

Variedades	Longitud de hoja (cm)				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
<i>Fordhook Giant</i>	23.14 A	25.07 A	27.33 A	29.64 A	29.50 A
<i>Ruibarbo</i>	20.52 A	19.62 B	25.67 A	28.11 A	28.52 A

Fuente: Investigación de campo 2015

Los resultados obtenidos en la presente investigación para la longitud de hoja de la variedad *Fordhook giant* alcanzaron un promedio máximo de 29.5 cm, medida que está por debajo de los hallados por Avalos (2008) y Huacani (2013) quienes reportaron promedios de 49.5 y 50 cm de longitud para la misma variedad al evaluar en el primer caso dos variedades de acelga bajo dosis de abonamiento con biol porcino y la respuesta agronómica de variedades de acelga al abonamiento orgánico en el segundo caso.

La Figura 11, muestra el crecimiento longitudinal de la hoja con relación a la cantidad de vigor top recibido hasta la quinta cosecha, observándose de forma general un incremento paulatino y constante con el paso del tiempo y de las cosechas. Además, se puede notar que a excepción del primer corte la dosis que obtuvo los mejores resultados para la variable en estudio fue la de 7% con un promedio máximo alcanzado al quinto corte de 33 cm, seguido del cuarto, tercer, segundo y primer corte con 31, 28.7, 23.1 y 20.8 cm., muy similar a la dosis proporcionada al 5% que obtuvo su mejor longitud también a la quinta recolección con 32 cm, seguido de los cortes 4 con 30 cm, 3 con 28 cm y 2 y 1 con 22 cm cada uno. La dosis al 3% obtuvo menores longitudes, reportando como máximo valor 27 cm alcanzados en la cuarta cosecha, seguido de 24.6, 24.3, 21.7 y 21.6 cm para las cosechas quinta, tercera, segunda y primera respectivamente.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 11. Longitud de hoja por dosis de vigor top y corte

La prueba Duncan al 5% para la longitud de hoja (cuadro 18) detectó diferencias significativas entre dosis de aplicación en la quinta cosecha, observándose que las diferencias entre las dosis proporcionadas al 7% (32.96) y al 5% (32.96) no son estadísticamente diferentes entre sí, pero ambas se muestran diferenciadas de las dosis 0% (26.22) y 3% (24.55). Por tanto podemos aseverar que la aplicación del vigortop a distintas dosis influye en el crecimiento de las hojas, causando efectos sobre la división celular que a su vez estimulan el crecimiento de la planta de acelga.

Cuadro 18. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para la longitud de hoja por dosis de vigor top y corte

Dosis de Vigor top (%)	Longitud de hoja (cm)				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
0	23.06 A	22.86 A	25.19 A	27.65 A	26.22 B
3	21.65 A	21.71 A	24.31 A	27.02 A	24.55 B
5	21.82 A	21.70 A	27.58 A	29.86 A	32.32 A
7	20.79 A	23.12 A	28.73 A	30.97 A	32.96 A

Fuente: Investigación de campo 2015

El efecto positivo del biofertilizante foliar vigor top se puede confirmar en otras investigaciones. Ramos (2000) determinó que los ácidos húmicos y fúlvicos (componentes del vigortop) aumentaron el valor del crecimiento de las plantas de tomate respecto al su control, debido a que estos ácidos producen un incremento en la fotosíntesis.

6.2.2.3. Rendimiento de materia verde (kg/m²)

El análisis de varianza para el rendimiento de materia verde (Cuadro 19), no encontró diferencias significativas entre bloques lo que indica que el manejo del experimento fue homogéneo en todos los casos. Éste análisis tampoco detectó diferencias entre los rendimientos de las variedades *Fordhook giant* y *Ruibarbo* para la primera, tercera y quinta cosecha, siendo la segunda y cuarta cosecha las que se mostraron diferentes en los rendimientos. Contrariamente a éstos resultados, se presentaron diferencias altamente significativas entre las dosis de vigor top utilizados así como en la interacción variedad por dosis del biofertilizante en todas y cada una de las cosechas realizadas.

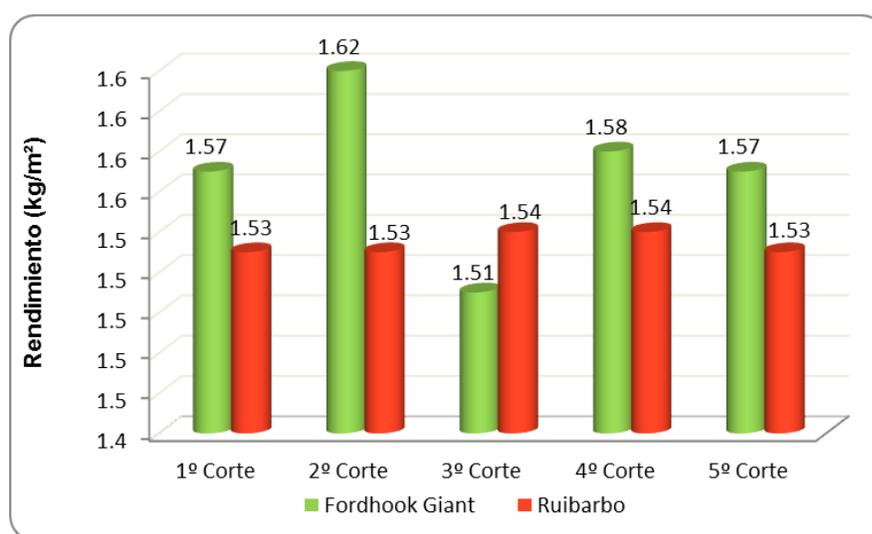
Cuadro 19. Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde a la primera, segunda, tercera, cuarta y quinta cosecha

FV	GL	Valores de probabilidad de significancia Pr > F				
		1ra. cosecha	2da. cosecha	3ra. cosecha	4ta. cosecha	5ta. cosecha
Bloques	2	0.4660 NS	0.8976 NS	0.4682 NS	0.5194 NS	0.4660 NS
Variedad	1	0.1260 NS	0.0443 *	0.3623 NS	0.0199 *	0.1260 NS
Dosis Vigortop	3	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **
Variedad*Dosis	3	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **	0.0001 **
C.V. (%)		3.55	5.86	4.84	2.49	3.55

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

Fuente: Investigación de campo 2015

De acuerdo a la figura 12, las respuestas en rendimiento de materia verde para ambas variedades fue similar, superando con una leve diferencia numérica la variedad *Fordhook giant* a la variedad *Ruibarbo*. La misma figura expresa que la diferencia en peso para cada una de las variedades y en cada una de las cosechas es mínima y en gramos, siendo la *Fordhook giant* la que alcanzó un rendimiento mayor con 1.62 kg/m² en la segunda cosecha, frente a la *Ruibarbo* que reportó un peso máximo de 1.54 kg/m² en las cosechas 3 y 4 respectivamente.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 12. Rendimiento de materia verde por variedad y corte

La prueba Duncan del cuadro 20, evidencia que la diferencia entre los rendimientos medios de la variedad *Fordhook giant* son significativas respecto de la variedad *Ruibarbo* en las cosechas 2 y 4. Diferencias atribuidas una vez más a las características de orden genético, cuya información se expresó a lo largo del ciclo de cultivo de cada una de las variedades.

Cuadro 20. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento de materia verde por variedad y corte

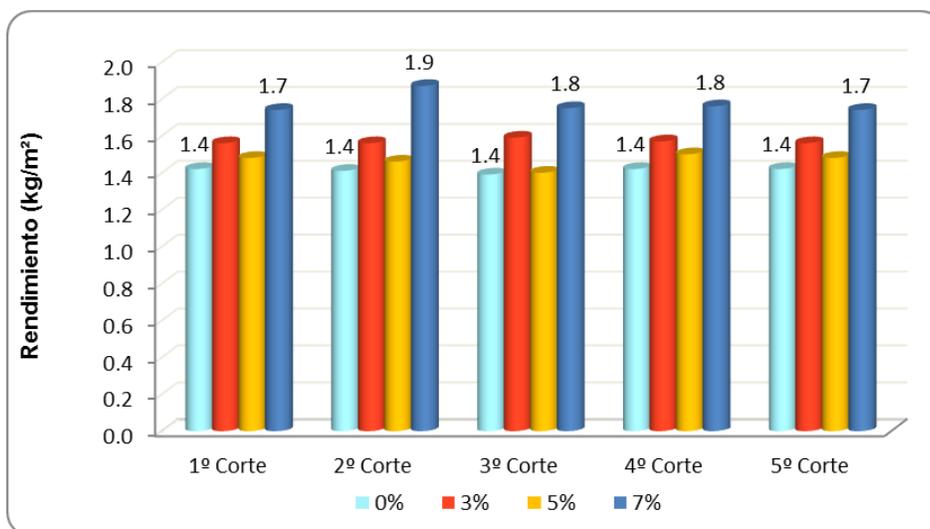
Variedades	Rendimiento (kg/m ²)				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
<i>Fordhook Giant</i>	1.57 A	1.62 A	1.51 A	1.58 A	1.57 A
<i>Ruibarbo</i>	1.53 A	1.53 B	1.54 A	1.54 B	1.53 A

Fuente: Investigación de campo 2015

Evidentemente la variedad *Fordhook giant* dio mejores resultados en cuanto a los rendimientos de materia verde con un total de 7.85 kg/m² en las cinco cosechas con respecto a los 7.67 kg/m² alcanzados por la variedad *Ruibarbo* en la misma cantidad de cosechas. Éstos datos no coinciden con lo reportado por Von Boeck (2000) quien indica un rendimiento máximo para dicha variedad de 18,15 kg/m² en cinco cortes (3,63 kg/m² por cosecha) bajo aplicación de diferentes dosis de humus de lombriz y un periodo de evaluación de 143 días.

Por otra parte, tampoco entran en el rango de Hartman (1990), quien sostiene que en ambiente atemperado los rendimientos de la acelga varían de 4 a 5 kg/m² por cada cosecha, y a campo abierto sin protección éstas se encuentran entre 3 a 4 kg/ m².

En la figura 13, se observa que los máximos rendimientos de materia verde fueron los correspondientes a los tratamientos en los que se utilizó fertilizante foliar vigor top al 7% con 1.8 kg/m² por cosecha, seguido de los tratamientos en los que se aplicó una dosis al 3% con un promedio de 1.56 kg/m², al 5% con 1.46 kg/m² y al 0% con 1.4 kg/m² por corte. Cabe notar en la misma gráfica, que los tratamientos que no recibieron el fertilizante foliar obtuvieron los más bajos rendimientos en todas y cada una de las cosechas.



Fuente: Investigación de campo 2015

Figura 13. Longitud de hoja por dosis de vigor top y corte

Realizada la prueba de comparación de medias Duncan para la variable rendimiento de materia verde por dosis de fertilizante y cote (cuadro 21), se observó que existen diferencias significativas en el rendimiento total de la dosis al 7% (8.86 kg/m²), respecto de la dosis de aplicación al 3% (7.84 kg/m²), al 5% (7.32 kg/m²) y al 0% (7.06 kg/m²).

Cuadro 21. Prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$) para el rendimiento de materia verde por dosis de vigor top y corte

Dosis de Vigor top (%)	Rendimiento (kg/m ²)				
	Cosecha 1	Cosecha 2	Cosecha 3	Cosecha 4	Cosecha 5
0	1.42 C	1.41 C	1.39 C	1.42 D	1.42 C
3	1.56 B	1.56 B	1.59 B	1.57 B	1.56 B
5	1.48 C	1.46 BC	1.40 C	1.50 C	1.48 C
7	1.74 A	1.87 A	1.75 A	1.76 A	1.74 A

Fuente: Investigación de campo 2015

Éstos resultados evidencian que la fertilización foliar con vigor top influyó de forma positiva tanto en el crecimiento como en la producción de la acelga, lo que se refleja en los rendimientos de cada uno de los tratamientos que recibieron el biofertilizante con respecto al testigo que fue el que reportó la menor producción. Por tanto, se asume que además de las condiciones proporcionadas por el ambiente protegido (temperatura, luz y humedad) que favorecieron a la absorción de la solución de vigor top, los nutrientes contenidos en ésta han favorecido a la formación de materia verde.

Al respecto, Chambi (2005) señala que la calidad del rendimiento aumenta con relación al contenido de ácidos fúlvicos (componentes de vigor top) los cuales favorecen al desarrollo de las plantas, lo que se expresa en el peso de hojas de acelga.

Por otra parte, Avalos (2008) al evaluar dos variedades de acelga bajo dosis de abonamiento con biol porcino presentó al segundo corte un máximo de 1.6 kg/m² en materia verde, peso similar al encontrado como máximo en ésta investigación con 1.87 kg/m² para el mismo corte. Por su parte, Chambi (2005) afirma que el rendimiento de acelga varía de 0.8 a 1.65 kg/m² dependiendo de la dosis de humus de lombriz utilizado.

6.2.2.4. Análisis económico del cultivo

El análisis económico en el presente trabajo (cuadro 22), permitió evaluar los costos parciales de producción para la variedad *Fordhook giant* y para la variedad *Ruibarbo*, así como los ingresos para cada una de las variedades. Para facilitar los cálculos, el análisis se hizo en base a una unidad productiva, representada por una platabanda, para lo cual se tomó en cuenta las variedades producidas, insumos utilizados, rendimientos, precio en el mercado y mano de obra empleado para el proceso (Anexos 13, 14, 15 y 16).

Cuadro 22. Resumen de la Evaluación económica del cultivo de Acelga

Variedad de Acelga		Costo total Bs/platabanda	Ingreso total Bs/platabanda	Utilidad Bs/platabanda	B/C Bs.
<i>Fordhook giant</i>	Sin biofertilizante	536.16	901.50	365.34	1.68
	Con biofertilizante	563.72	1065.00	501.28	1.89
<i>Ruibarbo</i>	Sin biofertilizante	536.16	757.50	221.34	1.41
	Con biofertilizante	563.72	946.50	382.78	1.68

Fuente: Elaboración propia (2016)

En el contenido del cuadro 22, se observan los costos de inversión para los tratamientos sin biofertilizante con un valor que asciende a 536.16/100 Bs por platabanda para ambas variedades a diferencia de los tratamientos que contaron con la aplicación del biofertilizante, donde los costos de producción sumaron 563.72/100 Bs por platabanda, debido principalmente a los costos del fertilizante foliar vigor top.

Los ingresos por la venta de acelga se muestran diferentes para cada una de las variedades, para los tratamientos que recibieron el biofertilizante y para los tratamientos que estuvieron exentos de éste insumo, debido a los rendimientos obtenidos en cada uno de los casos, sobresaliendo la variedad *Fordhook giant* con la aplicación de vigor top con 1065.00/100 Bs por platabanda respecto a la variedad *Ruibarbo* sin aplicación del insumo foliar con 757.50/100 Bs por platabanda.

Sobre la base de éstas determinaciones las mejores utilidades fueron presentadas por la variedad *Fordhook giant*, con una utilidad de 501.28/100 Bs sobre el capital invertido, seguido de la variedad *Ruibarbo* que alcanzó 382.78/100 Bs de utilidad, ambas con la aplicación del biofertilizante vigortop.

Las relaciones de Beneficio/Costo en todos los casos fueron mayores a uno (1), lo que indica rentabilidad para las dos variedades de acelga producidas bajo ambiente protegido. Por otra parte, éstas relaciones (B/C) son mayores en el caso de 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. La relación B/C menor fue la que alcanzó la variedad *Ruibarbo* sin adición de vigor top con 1.41/100 Bs, mostrándose similares en resultados con 1.68/100 Bs de B/C la *Ruibarbo* tratada con vigortop y *Fordhook giant* sin la aplicación de vigor top.

7. CONCLUSIONES

- Según datos registrados al interior de la carpa durante la investigación, la temperatura máxima alcanzada fue de 41.12 °C, la mínima de 9.16 °C con un promedio de 24.60 °C, temperatura que favoreció tanto al establecimiento del cultivo como al desarrollo de éste, pues coincide con lo afirmado por varios autores que indican que de forma general el cultivo de acelga se comporta bien en temperaturas entre 13°C y 25°C.
- El promedio de humedad relativa para el ciclo de cultivo fue de 69%, humedad que al ser constante ayudó en la germinación y en el crecimiento de la acelga pues no se presentaron problemas de marchites de las hojas y tampoco enfermedades.
- El número de días a la emergencia para las dos variedades se constató a los 12 días después de la siembra, desde ese momento pasaron 46 días más para la primera cosecha, la cual se realizó a los 58 días. Los cortes posteriores se hicieron con un intervalo de 15 días para culminar con la quinta cosecha a los 118 días.
- El crecimiento en altura de las plantas fue diferente para cada una de las variedades, siendo superior *Ruibarbo* por mantener un rango de crecimiento ascendente de 32.2 a 35.5 cm frente a la variedad *Fordhook giant* que alcanzó su altura máxima sólo a la primera recolección con 38.4 cm, valor que disminuyó a 34.0, 31.4, 32.5 y 31.1 cm para los cortes 2, 3, 4 y 5 respectivamente.
- El número de hojas obtenidas fue superior en la variedad *Fordhook giant* que logró un promedio de 10, con respecto a la variedad *Ruibarbo* que obtuvo un promedio de 9 hojas. Siendo la dosis de aplicación al 7% de vigortop la que consiguió un número de hojas superior (11) por planta.

- La longitud de hoja en los tratamientos en los que se utilizó la variedad *Fordhook giant* alcanzaron un promedio de 26.92 cm, con relación a los tratamientos en los cuales se utilizó semillas de la variedad *Ruibarbo* que obtuvieron un promedio de 24.48 cm de largo. La dosis de vigortop que obtuvo los mejores resultados para la variable en estudio fue la de 7% con un promedio de 27.32 cm.
- La variedad *Fordhook giant* presentó los mejores resultados en cuanto a los rendimientos de materia verde con un total de 7.85 kg/m² en las cinco cosechas con respecto a los 7.67 kg/m² 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/m², respecto de las demás dosis.
- Las relaciones de 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. Sin embargo, las relaciones (B/C) son mayores en el caso de 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. La relación B/C menor fue la que alcanzó la variedad *Ruibarbo* sin adición de vigor top con 1.41/100 Bs, mostrándose similares en resultados con 1.68/100 Bs de B/C la *Ruibarbo* tratada con vigortop y *Fordhook giant* sin la aplicación de vigor top.

8. RECOMENDACIONES

- Para incrementar la producción de acelga bajo ambiente protegido se recomienda utilizar la variedad *Fordhook giant* con la adición de fertilizante foliar vigor top al 7%, por mostrar en ésta investigación los mejores resultados en cuanto a número de hojas, longitud de hoja y rendimiento.
- Como alternativa para usos culinarios distintos, se recomienda producir la variedad *Ruibarbo*, ya que aparte de presentar las mismas propiedades de las variedades conocidas, el color de la penca le confiere a la planta un carácter ornamental que podría elevar su precio en el mercado.
- Se recomienda, realizar otras investigaciones con dosis superiores al 7% con la variedad *Fordhook giant* y la variedad *Ruibarbo*, siendo que en este estudio mostraron resultados muy cercanos en cuanto a rendimiento.
- Finalmente, se recomienda utilizar bioinsumos, para contribuir a la disminución del uso de agroquímicos, proteger la salud de los agricultores y consumidores y generar sistemas productivos ecológicos y sostenibles.

9. BIBLIOGRAFÍA

AFRIAGRO. 2011. Technical Report, Swiss chard. Klein Karoo Seed marketing. Consultado el 10 de marzo 2015. Disponible en: [www. Seedmarketig.co.za](http://www.Seedmarketig.co.za).

AGUIRRE, Q., 1997. Los Huertos Familiares de Milpo una experiencia en la zona alta de los Andes de Perú para la conservación del Medio Ambiente, Lima - Perú. p. 55.

AGROHUERTO. 2015. Acelgas: Cultivo y curiosidades. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado 1 de abr. 2016. Disponible en: <http://www.agrohuerto.com/acelgascultivoycuriosidades>

AITKEN SOUX, J. 1987. Manual Agrícola. S.E. La Paz, Bolivia. 13 – 14 pp.

ALCÁNTAR, G. y TREJO, L. 2007. Nutrición de cultivos. Editorial Mundi- Prensa. México D.F. – México. 438 pp.

ALONZO, A. 2004. Colegio de Postgraduado. Producción de Col, Coliflor, acelga, apio y lechuga. La Paz, Bolivia. Consultado 14 de septiembre de 2015. Disponible en <http://www.google.com>.

APARICIO, V. 1998. 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.

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.
- BERNART, C., 1996. Invernaderos Editorial Aedos Barcelona - España 1ra. Edición. pp. 25 - 42.
- BLANCO, L.; GONZALES, J. Y AUGSTBURGER, H. 1999. Invernaderos campesinos en Bolivia. 2da Ed. COSUDE La Paz, Bolivia. pp. 81-95.
- BUSTOS, M. 1988. Corporación Andina de Fomento. Manual técnico del cultivo de acelga. Quito Ecuador, pp. 32
- 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.
- CASSERES, E. 1981. Producción de hortalizas. IICA. 3ra. Edición. San José, Costa Rica. 387 p.
- CHAMBI J. 2005. Efecto del humus de lombriz en el cultivo de acelga bajo carpa solar. Pasantía de Grado. Universidad Mayor San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 90 p.
- CHILON E. 1997. Manual de Edafología: Practicas de campo y laboratorio. Editorial CIDAT. La Paz, Bolivia. 256 p.
- CRESCO, F. 2012. Desempeño del Sector Agropecuario en Bolivia. Informe anual sobre desempeño de la Economía Boliviana en la gestión 2011. Fundación Milenio. La Paz – Bolivia.

DE LA PAZ, A. Y SOUZA – EGIPSY, V. 2003. La huerta fértil; Guía de verduras y hortalizas con raíces, tallos y hojas comestibles. Editorial Libsa, Madrid, España. 48 – 49 pp.

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.

ESTAÑOL, B.; RODRÍGUEZ, M.; VOLKE, H.; ZAVALITA – MEJIA, P.; SÁNCHEZ, G. y PEÑA, V. 2005. Estudio preliminar sobre manejo nutricional y aplicación de nematicidad para el control de la infección por nematodos de papa. Editorial Terra. 477 485 pp.

ESTRADA, J., 2003. Técnicas de producción para hortalizas, CEDEFOA - Centro de desarrollo y fomento a la auto – ayuda. La Paz, Bolivia. pp. 10-13.

FAO. 1988. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 1er. Seminario Nacional sobre Fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes en Bolivia. pp. 75-82.

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.

FERSINI, A. 1976. Horticultura práctica. Edición Diana, México. 102 p.

FLORES, J. 1996. Manual de carpas solares. Editorial Mundi-Prensa. Madrid España. 72 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.
- FLOREZ J. 2009. Agricultura ecológica, manual y guía didáctica. Editorial Mundi – Prensa. Primera Edición, Madrid, España. 395p.
- FRANCO, S. 2002. Hidroponía, cultivos sin tierra. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado 12 de abr. 2015. Disponible en: <http://www.maristas.com.ar/champagnat/poli/biologia/hidrop.htm>
- FREGONI, M. 1986. Some aspectos of epigeal nutrition of grapevines. In: A. Alexander (ed.). Foliar fertilization. Proceedings of the first international Symposium of Foliar Fertilization. Shering agrochemical Division . Berlín, Alemania. 206 – 213 pp.
- GAJON. 1996, El cultivo de acelga. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. Madrid, España. 322 p.
- GARCIA, 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.
- GARCIA, 2012. 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.

- GONZALES, G. y LOPEZ, A. 1994. La aplicación de fertilizantes foliares potásicos, ácido giberelico y su relación con las bajas temperaturas en la producción de crisantemo (*Chrisantemum morifolium Ramat*) en el municipio de Texcoco, México. Tesis de Grado. Universidad de Granma. Cuba. 20 p.
- GROS, A., 1986. Guía práctica de la fertilización enmiendas orgánicas Editorial Mundi Prensa 7ma. Edición Reimpresa en Madrid, España. p. 556.
- GUZMAN, M., 1993. Construcción y Manejo de Invernaderos (memorias UMSA) La Paz – Bolivia. pp. 3 – 7.
- GUZMAN A. 2000. Comportamiento agronómico de tres variedades de cebolla (*Allium cepa L.*) con la aplicación de cuatro abonos orgánicos en la zona de Cota Cota. Tesis de Grado. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia pp. 24-25.
- GUMINISKY, S.; SULEJ, J. y GLABISZEWSKI, J. 1983. Influence of sodium humate on the uptake of some ions by tomato seedlings. Acta Societatis Botanicorum Poloniae. Polonia. 52, 149 – 164 pp.
- HARTMAN, L. 1990. Invernaderos y ambientes atemperados, FADES. 1ra edición. La Paz, Bolivia, Editorial CECYM. 127 p.
- HUACANI, H. 2013. Respuesta Agronómica de variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla) al abonamiento orgánico en condiciones de ambiente protegido en el municipio de El Alto. Tesis de Grado. U.M.S.A. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 81 p.
- HUTERWAL, G. 1981. Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra, Buenos Aires, Argentina. Editorial Albatros, 59 p.

INFOAGRO, 2007. El cultivo de tomillo. Consultado 27 de Marzo de 2015. Disponible en: <http://www.infoagro.com/aromaticas/tomillo.htm>

IBTEN. 2016. Ministerio de Hidrocarburos y Energía. Instituto Boliviano de Ciencia y Tecnología Nuclear. Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares. Unidad de Análisis y Calidad ambiental. Análisis Físico Químico de Abonos. La Paz, Bolivia. 1 p.

MAROTO, J. V., 1995. Horticultura Herbácea Especial, 4ta. Edición, Editorial Mundi – Prensa, Madrid. pp. 268 – 271.

MANRIQUE, E. 1981. Los pigmentos fotosintéticos, algo más que la captación de la luz para la fotosíntesis. Ecosistemas 12. Asociación Española de Ecología Terrestre. España. Ecosistemas, vol. XII, núm. 1, enero-abril, 2003, pp. 1-11

MARTINEZ, J., BERNART, C. ANDRES, J. 1997. Invernaderos Editorial Aedos, Barcelona – España 1ra. Edición. pp. 25 – 42.

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.

MIER, M. 2010. Evaluación de la respuesta a la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en la producción del cultivo de la acelga. Tesis de Grado; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica del Norte. Cachi, Ecuador. 54 p.

MUÑOZ, A. 2005. Polinización de cultivos. Editorial Mundi – Prensa Libros. Madrid, España. 232 p.

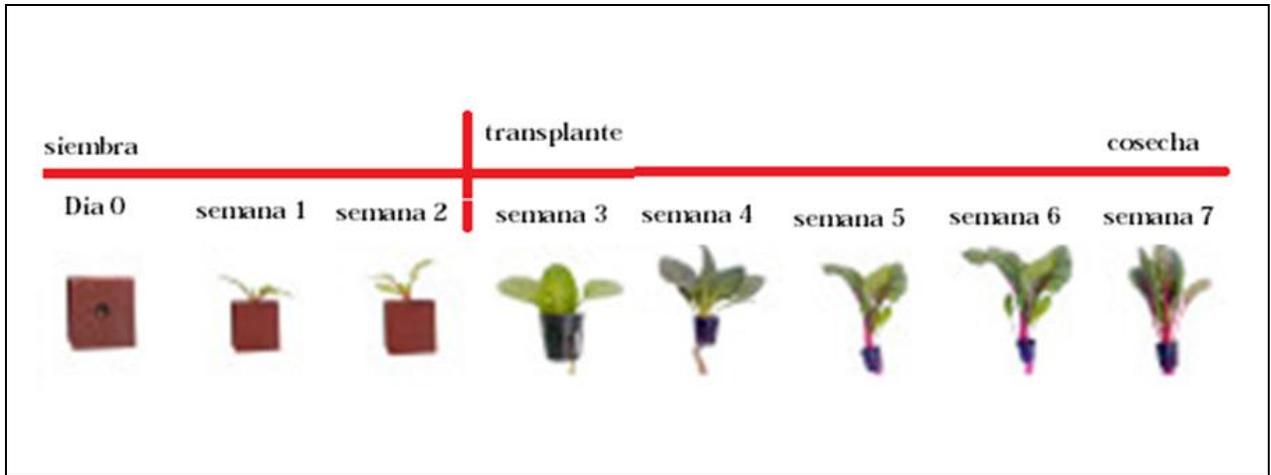
OCEANO. 2001. Enciclopedia práctica de la Agricultura y la Ganadería. Editorial Océano – Centrum. Barcelona, España.

- OCHOA, R. 2009. Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 263 p.
- OCHOA, R. 2009. Diseños Experimentales. Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 263 p.
- ORTUÑO, N.; NAVA, O. y MENESES E. 2010. Catálogo de bioinsumos, para mejorar la productividad de los cultivos ecológicos y convencionales. PROINPA La Paz, Bolivia. 80 p.
- PEREZ, M. TURON, 1997. Biblioteca de Agricultura de Abonos e Invernaderos. 1ra. Edición España, Idea Books. p. 768.
- PODSEDEK, A. 2007. Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LTW-Food Science Technol.* 40 (1): 1-11.
- 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.
- PROINPA. 2012. Folleto informativo de Vigortop. Promoción e Investigación de Productos Andinos (PROINPA). Oruro, Bolivia. 1 - 2 p.
- RAMOS, R 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis de doctorado. Alicante, España. Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante. 335 p.
- RODRIGUEZ, S. 1989. Fertilizantes, Nutrición Vegetal. Editorial AGT. Editor. México D.F. México. 24 - 25 pp.

- RODRIGUEZ, R.W. 2007. Formulación de recomendaciones para la fertilización de los cultivos agrícolas, una versión técnica / imprenta red & Blue. Cochabamba, Bolivia. 98 p.
- ROJAS, W. 2006. Apuntes de Botánica Sistemática. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz, Bolivia. 45 pp.
- 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 fertile. Editorial Selector. Madrid, España. 203 p.
- SENAMHI. 2012. Centro Nacional de Meteorología e Hidrología. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado el 25 de nov. Disponible en: <http://www.senamhi.gob.bo/meteorologia/boletinmensualprecipitacion>
- SERVICIOS MÚLTIPLES DE TECNOLOGÍAS APROPIADAS. 1993. Guía de manejo de Cultivos protegidos. Departamento de Desarrollo rural de Servicios múltiples de tecnologías apropiadas (SEMTA).La Paz, Bolivia. 211 p.
- SEYMOUR, 1980. El Horticultor auto suficiente, Primera Edición. Editorial AEDOS, España. pp. 160- 161.
- 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.

- VALADEZ, L., 1995. 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. p. 50.
- VAVILOV, N. 1992. Estudios sobre el origen de las plantas cultivadas. ACME, Buenos Aires, Argentina.
- VIGLIOLA, M. 1985. Manual de Horticultura. Cátedra de Horticultura. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Agronomía. Argentina. 235 p.
- WATT, B. 1975. Composition of foods. Agrc. Handbook. N° 8. Dept. of Agriculture. Washington.
- WINTEY, G. 1999. Foliar fertilizers. American Fruit Grower. Estado de la Florida, Estados Unidos de Norteamérica. 35 – 38 pp.
- YUSTE, P. 1997. Biblioteca de la horticultura. Tomo III. Editorial Idea Bocks S.A. Barcelona, España 605 – 606 pp.

Anexo 1. Fases Fenológicas de la Acelga



Anexo 2. Acelga de penca blanca (*Fordhook giant*)



Anexo 3. Acelga de penca roja (*Ruibarbo*)



Anexo 4. Ruibarbo (*Rheum rhabarbarum*)



Anexo 5. Semillas de Acelga



A) Fordhook giant



B) Ruibarbo

Anexo 6. Fertilizante foliar vigor top



Anexo 7. Elaboración de surcos y siembra



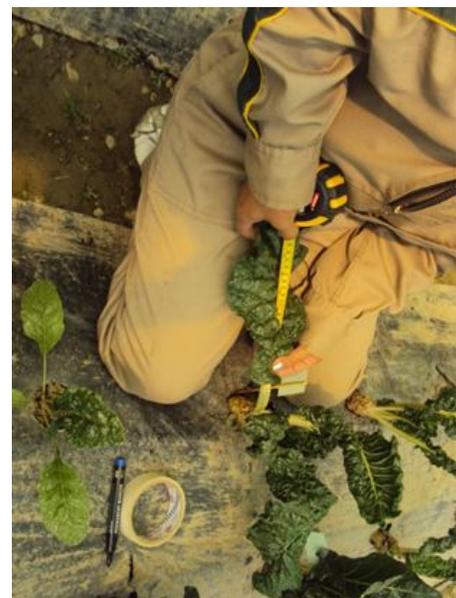
Anexo 8. Dosis y aplicación de la solución



Anexo 9. Cosecha



Anexo 10. Toma de datos



10-A. Altura de planta

10-B. Longitud de hoja

Anexo 11. Pesaje de las hojas cosechadas



Anexo 12. Empaque



Anexo 13. Costos de producción para la variedad *Fordhook giant* sin vigor top

A.COSTOS DE INVERSIÓN									
Detalle	Unitario	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (en años)	Unidad de subdivisión	Cantidad (m2/año)	Depreciación (Bs.)	Depreciación (\$US)
Carpa solar	pieza	1	46220	46220	4	Contenedor	500	23.11	3.32
Herramientas	pieza	20	20	400	10	parcela	500	0.08	0.01
Mochila Aspersora	pieza	1	250	250	10	parcela	500	0.05	0.007
TOTAL								23.24	3.337
B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR PLATA BANDA									
B.1. COSTOS VARIABLES									
Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo total	Ciclos por año	Costo Total /Año (Bs.)	costo Total/Año (\$US)		
Semilla	onza	2	16	32	1	16	2.28		
Estiercol	m3	0.5	50	25	1	75	10.71		
Agua	m3	1.46	3	4.41	1	13.23	1.89		
Control fitosanitario	golbal	1	50	50	1	150	21.42		
Agua para aplicación de Vigortop	m3	0.006	3	0.018	1	0.054	0.008		
SUBTOTAL B1						270.284	38.588		
B.2. COSTOS FIJOS									
Detalle	Unidad	Cantidad	Nº de ciclo	Costo unitario (Bs)	Total Año (Bs.)	Total Año (\$US)			
Siembra	horas	7	1	40	120	17.14			
Labores Culturales	horas	20	1	15	45	6.42			
Cosecha y post - cosecha	horas	12	1	15	45	6.42			
Aplicación de Vigor Top	horas	0.3	1	5	5	0.71			
SUBTOTAL B2					215	30.69			
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN									
DETALLE	BOLIVIANOS	DOLARES							
Costo de Inversion	23.24	3.34							
Costo Variables	270.28	38.59							
Costos Fijos	215.00	30.69							
Costos de Produccion	508.52	72.62							
Imprevistos (10%)	27.63	3.95							
COSTO TOTAL	536.15	76.56							
CALCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO									
RENDIMIENTO (Kg/pb)	INGRESO BRUTO				COSTO TOTAL		B/C		
	Precio Unitario (Bs/Kg)	Precio total por ciclo	Ingreso por año (Bs.)	Ingreso por año (\$US)	Bolivianos	Dolares			
60.1	5	300.5	901.5	128.785714	536.16	76.59	1.68		

Anexo 14. Costos de producción para la variedad *Fordhook giant* con vigor top

A. COSTOS DE INVERSIÓN									
Detalle	Unitario	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (en años)	Unidad de subdivisión	Cantidad (m2/año)	Depreciación (Bs.)	Depreciación (\$US)
Carpa solar	pieza	1	46220	46220	4	Contenedor	500	23.11	3.32
Herramientas	pieza	20	20	400	10	parcela	500	0.08	0.01
Mochila Aspersora	pieza	1	250	250	10	parcela	500	0.05	0.007
TOTAL								23.24	3.337
B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR PLATA BANDA									
B.1. COSTOS VARIABLES									
Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo total	Ciclos por año	Costo Total /Año (Bs.)	costo Total/Año (\$US)		
Semilla	onza	2	16	32	1	16	2.28		
Estiercol	m3	0.5	50	25	1	75	10.71		
Agua	m3	1.46	3	4.41	1	13.23	1.89		
Control fitosanitario	golbal	1	50	50	1	150	21.42		
Vigortop	litro	1	16	16	1	16	2.28		
Agua para aplicación de Vigortop	m3	0.006	3	0.018	1	0.054	0.008		
SUBTOTAL B1						270.284	38.588		
B.2. COSTOS FIJOS									
Detalle	Unidad	Cantidad	Nº de ciclo	Costo unitario (Bs)	Total Año (Bs.)	Total Año (\$US)			
Siembra	horas	7	1	40	120	17.14			
Labores Culturales	horas	20	1	15	45	6.42			
Cosecha y post - cosecha	horas	12	1	15	45	6.42			
Aplicación de Vigor Top	horas	0.3	1	5	5	0.71			
SUBTOTAL B2					215	30.69			
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN									
DETALLE	BOLIVIANOS	DOLARES							
Costo de inversión	23.24	3.34							
Costo Variables	270.28	38.59							
Costos Fijos	215.00	30.69							
Costos de Producción	508.52	72.62							
Imprevistos (10%)	55.20	7.89							
COSTO TOTAL	563.72	80.50							
CALCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO									
INGRESO BRUTO					COSTO TOTAL		B/C		
RENDIMIENTO (Kg/pb)	Precio Unitario (Bs/Kg)	Precio total por ciclo	Ingreso por año (Bs.)	Ingreso por año (\$US)	Bolivianos	Dolares			
71	5	355.0	1065	152.14	563.72	80.53	1.89		

Anexo 15. Costos de producción para la variedad *Ruibarbo* sin vigor top

A. COSTOS DE INVERSIÓN									
Detalle	Unitario	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (en años)	Unidad de subdivisión	Cantidad (m2/año)	Depreciación (Bs.)	Depreciación (\$US)
Carpa solar	pieza	1	46220	46220	4	Contenedor	500	23.11	3.32
Herramientas	pieza	20	20	400	10	parcela	500	0.08	0.01
Mochila Aspersora	pieza	1	250	250	10	parcela	500	0.05	0.007
TOTAL								23.24	3.337
B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR PLATA BANDA									
B.1. COSTOS VARIABLES									
Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo total	Ciclos por año	Costo Total /Año (Bs.)	costo Total/Año (\$US)		
Semilla	onza	2	16	32	1	16	2.28		
Estiercol	m3	0.5	50	25	1	75	10.71		
Agua	m3	1.46	3	4.41	1	13.23	1.89		
Control fitosanitario	golbal	1	50	50	1	150	21.42		
Agua para aplicación de Vigortop	m3	0.006	3	0.018	1	0.054	0.008		
SUBTOTAL B1						254.28	36.3		
B.2. COSTOS FIJOS									
Detalle	Unidad	Cantidad	Nº de ciclo	Costo unitario (Bs)	Total Año (Bs.)	Total Año (\$US)			
Siembra	horas	7	1	40	120	17.14			
Labores Culturales	horas	20	1	15	45	6.42			
Cosecha y post - cosecha	horas	12	1	15	45	6.42			
Aplicación de Vigor Top	horas	0.3	1	5	5	0.71			
SUBTOTAL B2					215	30.69			
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN									
DETALLE	BOLIVIANOS	DOLARES							
Costo de Inversion	23.24	3.34							
Costo Variables	270.28	38.59							
Costos Fijos	215.00	30.69							
Costos de Produccion	508.52	72.62							
Imprevistos (10%)	27.64	3.95							
COSTO TOTAL	536.16	76.56							
CALCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO									
INGRESO BRUTO					COSTO TOTAL		B/C		
RENDIMIENTO (Kg/pb)	Precio Unitario (Bs/Kg)	Precio total por ciclo	Ingreso por año (Bs.)	Ingreso por año (\$US)	Bolivianos	Dolares			
50.5	5	252.5	757.5	108.21	536.16	76.59	1.41		

Anexo 16. Costos de producción para la variedad *Ruibarbo* sin vigor top

A. COSTOS DE INVERSIÓN									
Detalle	Unitario	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo Total (Bs.)	Vida útil (en años)	Unidad de subdivisión	Cantidad (m2/año)	Depreciación (Bs.)	Depreciación (\$US)
Carpa solar	pieza	1	46220	46220	4	Contenedor	500	23.11	3.32
Herramientas	pieza	20	20	400	10	parcela	500	0.08	0.01
Mochila Aspersora	pieza	1	250	250	10	parcela	500	0.05	0.007
TOTAL								23.24	3.337
B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR PLATA BANDA									
B.1. COSTOS VARIABLES									
Detalle	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (Bs.)	Costo total	Ciclos por año	Costo Total /Año (Bs.)	costo Total/Año (\$US)		
Semilla	onza	2	16	32	1	16	2.28		
Estiercol	m3	0.5	50	25	1	75	10.71		
Agua	m3	1.46	3	4.41	1	13.23	1.89		
Control fitosanitario	golbal	1	50	50	1	150	21.42		
Vigortop	litro	1	16	16	1	16	2.28		
Agua para aplicación de Vigortop	m3	0.006	3	0.018	1	0.054	0.008		
SUBTOTAL B1						270.284	38.588		
B.2. COSTOS FIJOS									
Detalle	Unidad	Cantidad	Nº de ciclo	Costo unitario (Bs)	Total Año (Bs.)	Total Año (\$US)			
Siembra	horas	7	1	40	120	17.14			
Labores Culturales	horas	20	1	15	45	6.42			
Cosecha y post - cosecha	horas	12	1	15	45	6.42			
Aplicación de Vigor Top	horas	0.3	1	5	5	0.71			
SUBTOTAL B2					215	30.69			
COSTOS TOTALES DE PRODUCCIÓN									
DETALLE	BOLIVIANOS	DOLARES							
Costo de Inversion	23.24	3.34							
Costo Variables	270.28	38.59							
Costos Fijos	215.00	30.69							
Costos de Produccion	508.52	72.62							
Imprevistos (10%)	55.20	7.89							
COSTO TOTAL	563.72	80.50							
CALCULO DE LA RELACIÓN BENEFICIO/COSTO									
INGRESO BRUTO					COSTO TOTAL		B/C		
RENDIMIENTO (Kg/pb)	Precio Unitario (Bs/Kg)	Precio total por ciclo	Ingreso por año (Bs.)	Ingreso por año (\$US)	Bolivianos	Dolares			
63.1	5	315.5	946.5	135.21	563.72	80.53	1.68		

Anexo 17. Análisis Físico - Químico del fertilizante foliar (Vigor top)



MINISTERIO DE HIDROCARBUROS Y ENERGÍA

INSTITUTO BOLIVIANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA NUCLEAR
CENTRO DE INVESTIGACIONES Y APLICACIONES NUCLEARES
UNIDAD DE ANÁLISIS Y CALIDAD AMBIENTAL

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DE ABONOS

INTERESADO : ALEJANDRA NUÑEZ VELASCO
PROCEDENCIA : Departamento LA PAZ,
Provincia MURILLO

N° SOLICITUD: 157 / 2016
FECHA DE RECEPCION : 16 / Febrero / 2016
FECHA DE ENTREGA : 8 / Abril / 2016

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES

PRODUCTO : MUESTRA DE FERTILIZANTE

N° Lab.	PARAMETRO	Resultado	Unidades	Método
735-01 /2016	Nitrógeno	0.010	% N	Kjeldahl
735-02 /2016	Fósforo	0.001	% P	Espectrofotometría UV-Visible
735-03 /2016	Potasio	0.025	% K	Emisión atómica
735-04 /2016	Carbono orgánico	0.775	%	Walkley Black
735-05 /2016	Calcio	0.005	% Ca	Absorción atómica
735-06 /2016	Magnesio	0.002	% Mg	Absorción atómica
735-07 /2016	Hierro	22.33	ppm Fe	Absorción atómica
735-08 /2016	Cobre	0.35	ppm Cu	Absorción atómica
735-09 /2016	Manganeso	0.32	ppm Mn	Absorción atómica
735-10 /2016	Zinc	2.32	ppm Zn	Absorción atómica
735-11 /2016	Sodio	0.16	% Na	Emisión atómica
735-12 /2016	pH (1 : 5)	5.29	-	Potenciometría
735-13 /2016	Conductividad eléctrica	6.11	mS / cm	Potenciometría

OBSERVACIONES.- Resultados en base húmeda.



RESPONSABLE DE LABORATORIO
JORGE CHUMBARA C.

Anexo 18. Análisis de aguas

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



Informe de Ensayo: A 75/15

Página 1 de 1

INFORME DE ENSAYO DE AGUAS A75/15

Cliente:	FACULTAD DE AGRONOMÍA - UMSA
Solicitante:	Sra. Nuñez Velasco Cinthia Alejandra
Dirección del cliente:	Calle Jose Maria Santibañez, Zona Villa Copacabana
Procedencia de la muestra:	Centro Experimental de Cota Cota
	Provincia: Murillo
	Departamento: La Paz
Punto de muestreo:	Grifo de Corpa de Horticultura - Fac. Agronomía
Responsable del muestreo:	Sra. Nuñez Velasco Cinthia Alejandra
Fecha de muestreo:	10 de junio de 2015
Hora de muestreo:	10:15
Fecha de recepción de la muestra:	10 de junio de 2015
Fecha de ejecución del ensayo:	Del 10 al 26 de junio, 2015
Caracterización de la muestra:	agua de grifo
Tipo de muestra:	Simple
Envase:	Botella PET
Código LCA:	75-1
Código original:	A-1

Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	A-1 75-1
pH	EPA 150.1		1 - 14	8,3
Conductividad eléctrica	EPA 120.1	µS/cm	1,0	88
Cloruros	SM-4500-Cl-B	mg Cl/l	0,020	1,1
Sulfatos	SM 4500-SO4-E	mg/l	1,0	16
Sodio	EPA 273.1	mg/l	0,019	2,7
Potasio	EPA 258.1	mg/l	0,21	0,65
Calcio	EPA 215.1	mg/l	0,32	1,1
Magnesio	EPA 242.1	mg/l	0,18	2,5
Dureza total	SM 2340 - B	mg CaCO ₃ /l	2,0	38
Fósforo total	EPA 365.2	P-PO ₄ ³⁻ mg/l	0,010	< 0,010
Nitrógeno total	EPA 351.1	mg/l	0,30	< 0,30

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

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

La Paz, julio 14 de 2015




Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental



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

Anexo 19. Análisis Físico - Químico de suelos

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



Informe de Ensayo: S03/16

Página 2 de 2

INFORME DE ENSAYO EN SUELOS S 03/16

Cliente: FACULTAD DE AGRONOMÍA

Dirección del cliente: C/30 de Cota Cota - Campus universitario
La Paz

Procedencia de la muestra: Provincia: Murillo
Departamento: La Paz
Carpas agrícolas - Cota Cota

Punto de muestreo: Univ. Joel Moises Mamani Huanca

Responsable del muestreo: 10 de febrero de 2016

Fecha de muestreo: 10:30

Hora de muestreo: 10 de febrero de 2016

Fecha de recepción de la muestra: Del 10 al 22 de febrero, 2016

Fecha de ejecución del ensayo: Suelo

Caracterización de la muestra: Simple

Tipo de muestra: Bolsa plástica

Envase: 3 - 2

Código LCA: M2 -CECC-01

Código original de muestra:



Resultado de Análisis

Parámetro	Método	Unidad	Límite de determinación	M2 -CECC-01 3 - 2
pH acuoso	ISRIC 4		1 - 4	5,9
Conductividad eléctrica	ASPT 6	µS/cm	1,0	993
Acidez intercambiable	ISRIC 11	cmolc/kg	0,050	0,071
Sodio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	0,31
Potasio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,0053	0,32
Calcio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,016	11
Magnesio intercambiable	ISRIC 9	cmolc/kg	0,00083	4,2
Fósforo disponible (P)	ISRIC 14-3	P/mg*kg-1	1,5	71
Nitrógeno total	ISRIC 6	%	0,0014	0,29
Textura				
Arena	DIN 18 123	%	2,5	40
Limo	DIN 18 123	%	1,1	34
Arcilla	DIN 18 123	%	1,1	26
Clase textural	DIN 18 123			Franco

- International Soil Reference and Information Center (ISRIC)
- Análisis de Suelos y Plantas tropicales (ASTP)

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

La Paz, marzo 21 de 2016

Ing. Jaime Chincheros Paniagua
Responsable Laboratorio de Calidad Ambiental

CC.: Archivo
JChfca



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