

## PRODUCCIÓN DE ACELGA (*Beta vulgaris*) EN SISTEMA VERTICAL A DIFERENTES DISTANCIAS EN AMBIENTE PROTEGIDO

### Production of acelga (*Beta vulgaris*) in vertical system at different distances in a protected environment

Luis Ruddy Candia Pacheco<sup>1</sup>; Moisés Quiroga Sossa<sup>2</sup>

#### RESUMEN

Por lo menos la mitad de la población de Bolivia vive en las áreas urbanas, esto significa que existe un crecimiento en la demanda de hortalizas, por lo que se necesita una alternativa de producción para satisfacer las necesidades del mercado, esto se puede garantizar con la implementación de carpas solares que maximicen la producción de hortalizas constituyéndose en una alternativa que permita generar ingresos adicionales familiares, asimismo, el cultivo en contenedores verticales permite producciones más intensivas de las que se tienen tradicionalmente, en ese sentido, el objetivo del trabajo fue evaluar el cultivo de acelga en el sistema vertical a diferentes distancias entre plantas en ambiente protegido. La investigación se desarrolló en un invernadero de la localidad Alto Chijini que se encuentra situado en la ciudad de El Alto. Se evaluaron cuatro tratamientos, compuesto por la distancia entre plantas de 10 cm (T2), 20 cm (T3), 30 cm (T4) en un sistema vertical y sistema horizontal (T1), estos tratamientos fueron dispuestos bajo un diseño de bloques completamente al azar con tres repeticiones. Las variables evaluadas fueron la altura de planta, longitud de la hoja, longitud del peciolo, número de hojas y el rendimiento de materia verde y seca. En todas las variables evaluadas se tuvo mejores resultados con el T1 y T4, concluyéndose que de acuerdo a las diferentes distancias entre plantas en un sistema vertical, la distancia que se recomienda en el cultivo de acelga (variedad Fordhook Giant) para un ambiente protegido es 30 cm.

**Palabras clave:** *Beta vulgaris*, sistema vertical, variables agronómicas, rendimiento.

#### ABSTRACT

At least half of the population of Bolivia lives in urban areas, this means that there is a growth in the demand for vegetables, thus, a production alternative is needed to satisfy market needs, this can be guaranteed with the implementation of greenhouses that maximize the production of vegetables constituting an alternative that allows to generate additional family income, also, the cultivation in vertical containers allows more intensive productions than those that are traditionally had, in that sense, the objective of the work was to evaluate the Swiss chard cultivation in the vertical system at different distances between plants in a protected environment. The research was carried out in a greenhouse in the Alto Chijini locality located in the city of El Alto. Four treatments were evaluated, consisting of the distance between plants of 10 cm (T2), 20 cm (T3), 30 cm (T4) in a vertical system and horizontal system (T1), these treatments were arranged under a completely block design at random with three repetitions. The variables evaluated were plant height, leaf length, petiole length, number of leaves and yield of green and dry matter. In all the evaluated variables, better results were obtained with T1 and T4, concluding that according to the different distances between plants in a vertical system, the recommended distance in Swiss chard cultivation (Ford hook Giant variety) for a protected environment is 30 cm.

**Keywords:** *Beta vulgaris*, vertical system, agronomic variables, yield.

<sup>1</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia. Irp.8326660@gmail.com

<sup>2</sup> Docente, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés, Bolivia.

## INTRODUCCIÓN

Por lo menos la mitad de la población de Bolivia vive en las áreas urbanas, esto significa que existe un crecimiento en la demanda de hortalizas, por lo que se necesita una alternativa de producción para satisfacer las necesidades del mercado, esto se puede garantizar con la implementación de carpas solares que maximicen la producción de hortalizas constituyéndose en una alternativa que permita generar ingresos adicionales familiares.

García (2013), indica que la acelga (*Beta vulgaris*) tiene un importante valor nutricional y medicinal, posee cantidades mínimas de hidratos de carbono, proteínas y grasas, dado que su mayor peso se lo debe a su elevado contenido en agua, es rica en nutrientes reguladores, sales minerales y fibra, sus hojas más externas son las más vitaminadas. En la acelga el mineral más abundante es el potasio, sin embargo, se destaca por su mayor contenido en magnesio, sodio, yodo, hierro y calcio.

El cultivo en contenedores verticales completamente abonados permite producciones más intensivas de las que se producen tradicionalmente. Los contenedores verticales permiten plantar en agujeros a diferentes niveles, constituyendo una torre muy productiva. En las mangas verticales no se siembran especies de siembra directa, sólo deben sembrarse especies de trasplante. Usando este sistema se han tenido muy buenos resultados con frutilla (*Fragaria* sp.), perejil (*Petroselinum crispum*), lechuga (*Lactuca sativa*), achicoria (*Cichorium intybus*) y plantas ornamentales de flor de porte reducido (Marulanda, 2003).

Según la FAO (2017) con la diversificación de las plantas en el sistema vertical, se reduce la proliferación de enfermedades y plagas, considerando que para que una planta se desarrolle saludablemente requiere de un espacio mínimo de 40 centímetros, entre cada especie, es fácil notar que este sistema las plantas no compiten entre sí, pues el alimento se les distribuye de acuerdo a sus necesidades.

Entre los problemas que se presentan en la producción de acelga en carpas solares de la región altiplánica, se tiene que sólo utiliza el sistema tradicional sin considerar los espacios aéreos que existen en la carpa solar, por tanto, se propone la producción de acelga en un sistema vertical con el propósito de aumentar la productividad. Es necesario maximizar la producción

en las carpas solares implementando contenedores verticales a diferentes distancias.

Es por esta razón que el objetivo del trabajo fue evaluar el cultivo de acelga en el sistema vertical a diferentes distancias entre plantas en ambiente protegido.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la zona de estudio

La localidad Alto Chijini se encuentra situado geográficamente en la ciudad de El Alto camino Viacha a los 16° 34' y 16° 53' de latitud sur y 68° 9' y 68° 22' de longitud oeste, a una altura de 3850 m s.n.m. (Plan de Desarrollo Municipal del Gobierno Autónomo Municipal El Alto, 2017).

La zona de estudio presenta una temperatura media anual de 12°C, con heladas muy frecuentes a partir del mes de mayo hasta agosto. La precipitación media anual es de 447 mm, con una distribución de las lluvias de enero a marzo disminuyendo la intensidad en los meses de abril a diciembre (Plan de Desarrollo Municipal del Gobierno Autónomo Municipal El Alto, 2017).

### Metodología

El trabajo se inició el 25 de septiembre de 2017 y concluyó el 4 de febrero de 2018. El material vegetal utilizado fue semilla de acelga de la variedad Fordhook Giant, de procedencia americana (PETOSEED) se caracterizó por ser una acelga de hojas sueltas y crespas, color verde oscuro, bastante rígidas y fuertes con peciolo muy desarrollados (Casseres, 1984).

La evaluación fue realizada en un invernadero de 39 m<sup>2</sup>, cuya ventilación fue mediante dos ventanas uno en la parte frontal, de 1.60 m de largo y 1.60 m de alto, y la otra en la parte lateral, de 1.50 m de largo y 1.50 m de alto. Se realizó la desinfección del invernadero con cal viva para evitar la existencia de algún patógeno que afecte al desarrollo de la planta.

Los materiales utilizados para establecer el sistema vertical (Figura 1) fueron cinco maderas de 2 plg de diámetro con 6 m de longitud, cuatro maderas de 3 plg de diámetro con 6 m de longitud, tubos de PVC (policloro de vinilo) de 4 plg, tapones de PVC de 4 plg, hilo de cáñamo y malla semi sombra (75%).

El sustrato de los contenedores consistió en turba (25%), tierra negra (25%), tierra del lugar (25%) y estiércol bovino (25%). La cantidad del sustrato fue 6.6 kg por contenedor, para los 54 contenedores se utilizó 356.4 kg.

Se realizó el almacigo utilizando bandejas plásticas almacigueras bajo ambiente protegido, para el preparado del sustrato se usó tierra del lugar (25%), tierra negra (25%), estiércol bovino (25%) y arena (25%), la desinfección del sustrato fue por medio físico (exponiendo al sol) evitando posibles patógenos en el suelo. El trasplante fue a los 20 días después de la siembra, cuando las plántulas tuvieron entre tres y cuatro hojas verdaderas.

El muestreo se realizó cuando las plantas alcanzaron una altura entre 5 y 10 cm; se tomó muestras al azar de las acelgas, de sus hojas centrales. Se evaluaron tres plantas por contenedor, de la parte superior, central e inferior.

La cosecha fue de las hojas externas en tres ocasiones, en horas de la mañana y el atardecer aprovechando la turgencia de las hojas. La primera cosecha fue cuando las hojas más el peciolo alcanzaron una longitud de 35 a 55 cm a los 70 días después del trasplante (Figura 2), la segunda y la tercera cosecha se realizaron con intervalos de 15 días.

La poda de acelga se realizó inmediatamente después de cada cosecha cortando las hojas más pequeñas y mal desarrolladas para favorecer el crecimiento de las hojas de mayor tamaño y la aireación entre plantas.

Para el riego en los contenedores se instaló un tubo de goteo con un diámetro de media pulgada, el cual emitió 124 ml minuto<sup>-1</sup>. El tiempo de riego al cultivo fue de tres veces por día (mañana, medio día y tarde) durante un minuto. La cantidad de agua gastada por día fue 20 L en todos los contenedores.

Para la evaluación de los datos obtenidos se empleó el diseño completamente al azar (Calzada, 1982) que se muestra en la Ecuación 1.

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ik} \quad (1)$$

Dónde:  $Y_{ij}$  = observación cualquiera;  $\mu$  = media poblacional;  $T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\varepsilon_{ik}$  = error experimental.

Se obtuvieron cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los tratamientos planteados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos evaluados.

Tratamientos	Descripción
T1	Tratamiento testigo (sistema horizontal)
T2	Distancia entre plantas de 10 cm (sistema vertical)
T3	Distancia entre plantas de 20 cm (sistema vertical)
T4	Distancia entre plantas de 30 cm (sistema vertical)

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

Altura de la planta: La toma de datos fue a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63 y 70 días después del trasplante a los contenedores, considerando la altura desde la parte basal hasta el ápice de la hoja de mayor longitud. Longitud de la hoja: las hojas comercialmente aprovechables recolectadas durante las cosechas fueron medidas desde la base del peciolo hasta el ápice del limbo.

Longitud de peciolo: Se midió desde la base del suelo, hasta la base de la lámina de hoja.

Número de hojas: se consideró la longitud comercial mínima de 25 cm.

Rendimiento de la materia verde: las hojas cosechadas por unidad experimental fueron pesadas, los datos se promediaron y ponderaron para conseguir la producción en kilogramos por metro cuadrado.

Rendimiento de la materia seca: se realizó en 500 g por cada tratamiento, los cuales se colocaron a una deshidratadora con una temperatura de 85°C durante tres tres días hasta encontrar el peso constante.



Figura 1. Vista de la producción de acelga en el sistema vertical.



Figura 2. Cultivo de acelga a los 70 días después del trasplante

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de la planta

El análisis de varianza (Tabla 2) muestra diferencias altamente significativas de altura de la planta en las

tres cosechas realizadas, con  $Pr = 0.001$ , esto significa que si hubo influencia de las distancias de entre plantas sobre la altura de planta.

Tabla 2. Análisis de varianza para la altura de planta en tres cosechas.

Cosecha	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Primera	Tratamientos	3	1557.3	519.1	241.53	0.0001	**
Segunda	Tratamientos	3	2010.18	670.06	1051.07	0.0001	**
Tercera	Tratamientos	3	1954.88	651.63	2166.07	0.0001	**

CV = coeficiente de variación = 3.57% en la primera cosecha, 1.84% en la segunda cosecha y 1.27% en la tercera cosecha; FV = fuentes de variación; GL = grados de libertad; SC = suma de cuadrados; CM = cuadrados medios; Fc = F calculado; Pr>F = probabilidad; Sig. = significancia; \*\* = altamente significativo.

#### Primera cosecha

De acuerdo al análisis de polinomios, la función cuadrática resulta altamente significativa ( $p < 0.01$ ), por lo tanto, los promedios de los tratamientos (Figura 3) proyectan la tendencia de las funciones, ratificando un ajuste cuadrático donde el T4 se ajusta en 99.62%, el T1 se ajusta en 99.56%, el T3 se ajusta en 99.17% y el T2 se ajusta en 97.88%. Asimismo, los T1 y T4 presentan mayor altura de planta con relación a los

demás tratamientos.

Huaylla (2008), menciona que una buena cosecha de hortalizas depende de la realización de las prácticas que se menciona anteriormente, buena atención permanente permitirá obtener los resultados esperados para contar a disposición de verduras frescas, abundante y a bajos costos en relación al costo del mercado, la altura de acelga comercialmente aceptable en el mercado oscila entre 30 a 60 cm.

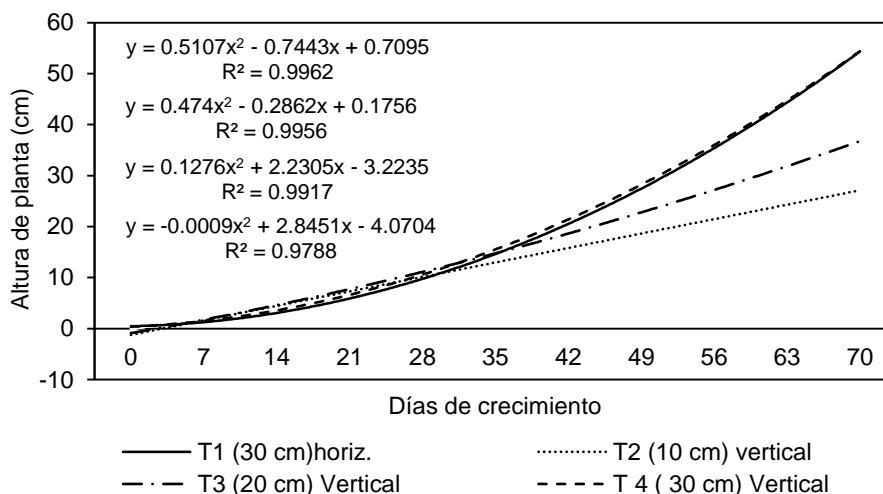


Figura 3. Crecimiento de la altura de la planta en la primera cosecha.

#### Segunda cosecha

De acuerdo al análisis de polinomios, la función cuadrática resulta altamente significativa ( $p < 0.01$ ), los

promedios de los tratamientos proyectan la tendencia de las funciones con un coeficiente de determinación del 100%, las mayores alturas de planta fue para el T1 y T4 (Figura 4).

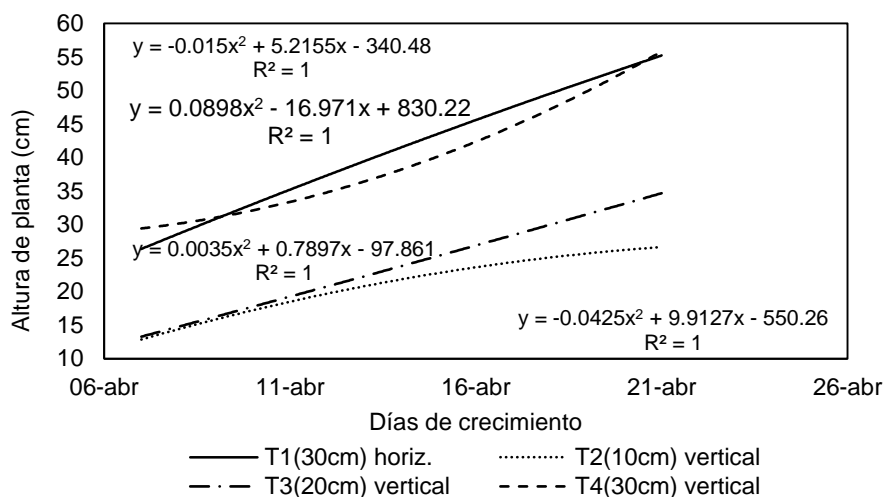


Figura 4. Crecimiento de la altura de la planta en la segunda cosecha.

Tercera cosecha

La Figura 5 muestra que los tratamientos uno y cuatro alcanzaron mayores alturas con 55.2 y 56.8 cm respectivamente, en comparación a los tratamientos T2 y T3 con 26.6 cm y 34.7 cm. Asimismo, el

coeficiente de determinación fu del 100%. Al igual que en la primera y segunda cosecha, el T1 y T4 presentó mayor altura de planta, indicando que la mejor distancia entre plantas es de 30 cm en el sistema vertical y horizontal.

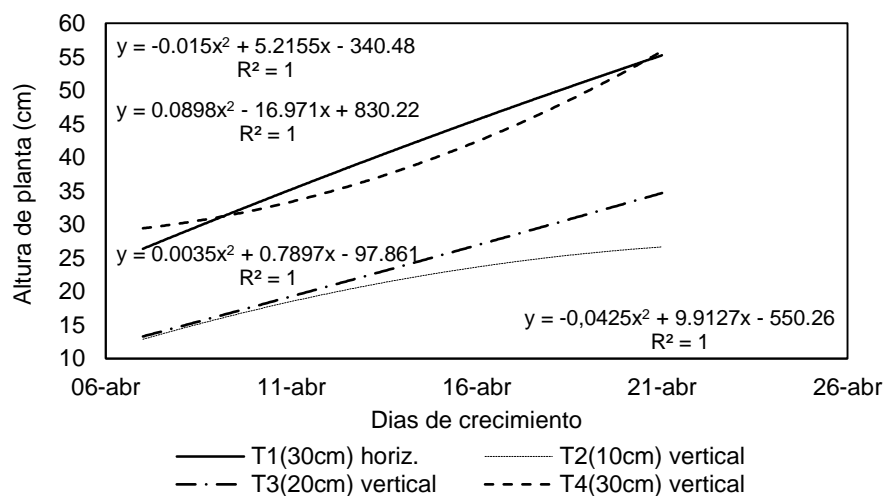


Figura 5. Crecimiento de la altura de la planta en la tercera cosecha.

Comparando las tres cosechas (Figura 6), los promedios de altura de planta no presentan alta variación en los tratamientos T1, de 52.7 cm en la primera cosecha a 56.5 cm en la segunda cosecha y T4, de 51.1 cm en la primera cosecha a 56.03 cm en

la segunda cosecha, sin embargo, se diferencian de los tratamientos T3, con 33.73 cm en la segunda cosecha a 34.87 cm en la primera cosecha y T2, con 25.4 cm en la primera cosecha a 27.73 cm en la segunda cosecha.

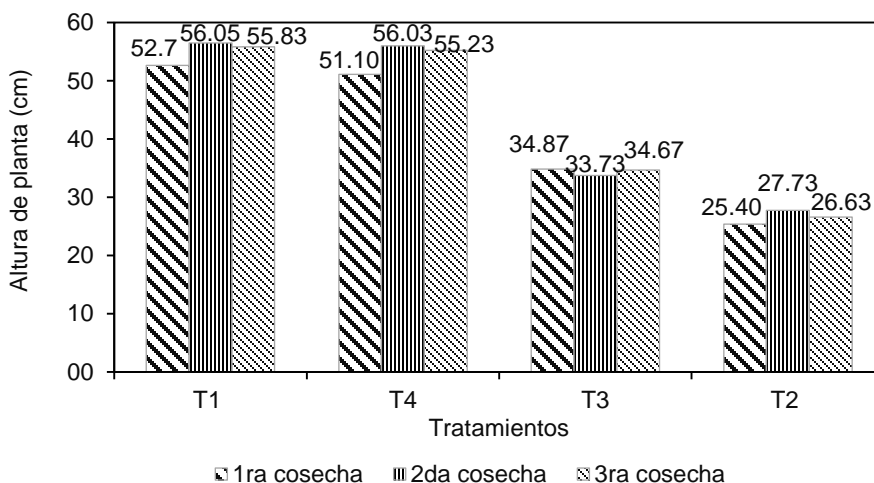


Figura 6. Promedio de altura de planta en las tres cosechas.

Al respecto Pacheco (2007), menciona que un sustrato bien preparado, provoca el alargamiento de las células de los brotes lo que provoca el crecimiento de la altura de planta.

### Longitud de la hoja

El análisis de varianza presenta significancia ( $p < 0.05$ ), señalando que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos evaluados.

Tabla 3. Análisis de varianza para la longitud de la hoja en tres cosechas.

Cosecha	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Primera	Tratamientos	3	505.44	168.48	92.40	0.0001	**
Segunda	Tratamientos	3	599.26	199.75	381.08	0.0001	**
Tercera	Tratamientos	3	574.06	191.35	669.46	0.0001	**

CV = 6.74% en la primera cosecha, 3.39% en la segunda cosecha y 2.48% en la tercera cosecha.

### Primera cosecha

De acuerdo al análisis de polinomios, la función cuadrática resulta altamente significativa ( $p < 0.01$ ), el

ajuste cuadrático para el T4 fue 98.21%, 97.25% para el T1, 96.74% para el T3 y 96.10% para el T2 (Figura 7). Se muestra que los T1 y T4 mostraron mayor longitud de hoja con relación a los demás tratamientos.

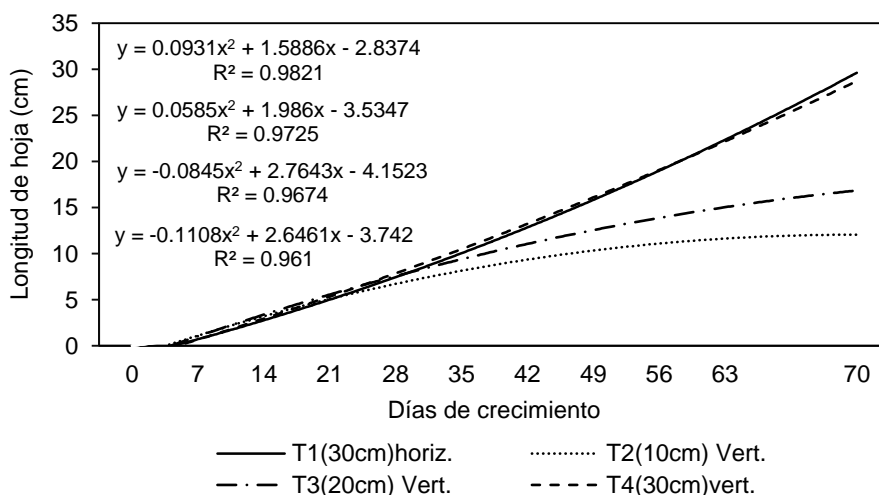


Figura 7. Longitud de la hoja en la primera cosecha.

*Segunda cosecha*

De acuerdo al análisis de polinomios, la función cuadrática resulta altamente significativa ( $p < 0.01$ ), el

ajuste cuadrático en todos los tratamientos fue del 100% (Figura 8). La mayor longitud de la hoja fue para el T1 seguido del T4, cuyos valores fueron superiores al T2 y T3.

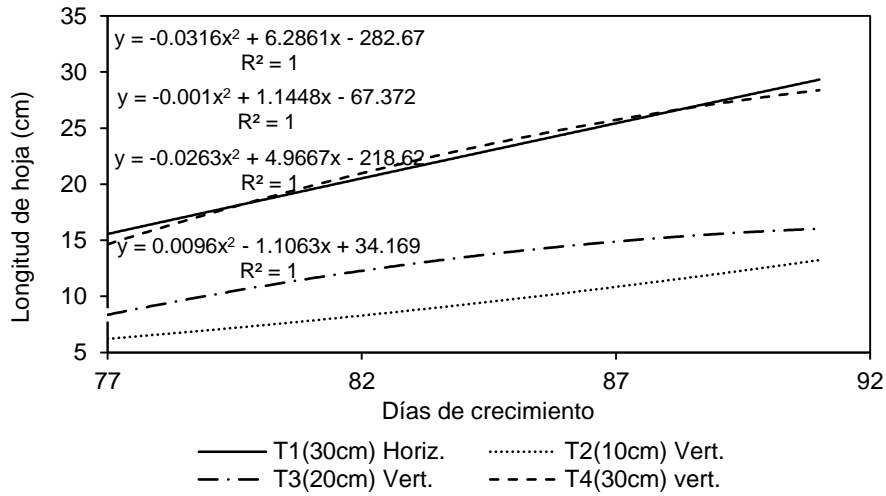


Figura 8. Longitud de la hoja en la segunda cosecha.

*Tercera cosecha*

El análisis de polinomios muestra que la función cuadrática es altamente significativa ( $p < 0.01$ ), por lo tanto, los promedios de los tratamientos dispersados

en la Figura 9 proyectan un ajuste cuadrático del 100%. Al igual que en la primera y segunda cosecha, el T1 y T4 obtuvieron los valores más altos en longitud de hoja con 30 cm de distancia entre plantas.

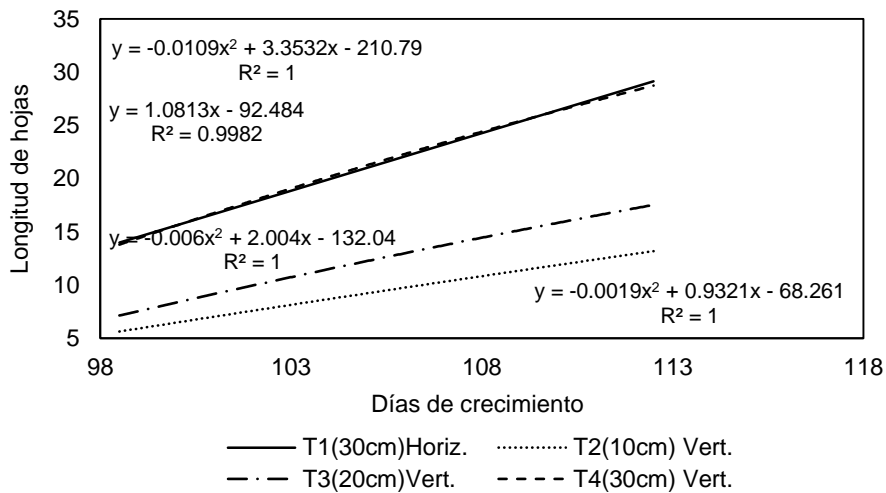


Figura 9. Longitud de la hoja en la tercera cosecha.

La longitud de hoja de acelga varió en función a las distancias de siembra en contenedores verticales. Los promedios de los T1 y T4 son superiores a los T3 y T2, todos los tratamientos tienen un comportamiento similar en las tres cosechas, incrementando la longitud para cada cosecha. En la primera cosecha la longitud

de hoja en promedio fue de 27.70 cm para el T1, 24.90 cm para el T4, 15.9 para el T3 y 11.7 cm para el T2, estas longitudes incrementaron en la segunda y tercera cosecha, siendo para esta última de 28.43 cm para el T1, 28.23 cm para el T4, 17.03 cm para el T3 y 12.67 cm para el T2 (Figura 10).



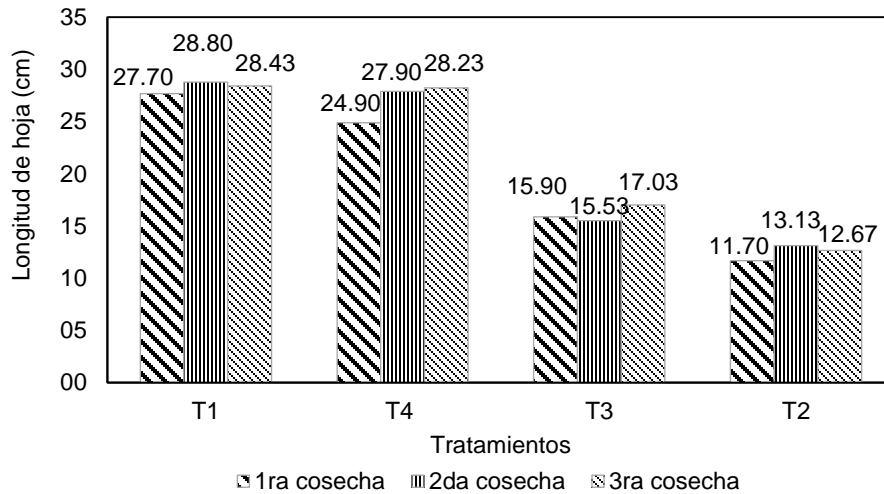


Figura 10. Longitud de la hoja en tres cosechas.

Mamani (2015), menciona que el incremento de la longitud de la hoja en las cosechas puede deberse a la variación climática de la época que favorece positivamente en la fisiología de la planta, dichas variaciones se deben al cambio de estación (invierno - primavera) que se expresarían en más horas sol y aumento de la temperatura. Para su investigación en el cultivo de acelga en el municipio de El Alto en los meses de Enero a Julio, obtuvo longitudes de hoja para la primera cosecha de 40.99 y 40.03 cm, el primero fue

bajo tratamiento con humus de lombriz y el otro con nitrato de amonio.

**Longitud del peciolo**

El análisis de varianza para la longitud de peciolo presenta significancia ( $p < 0.05$ ) en los tratamientos en las tres cosechas, expresando que hubo diferencias altamente significativas (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis de varianza para la longitud del peciolo en tres cosechas.

Cosecha	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Primera	Tratamientos	3	301.38	100.46	179.13	<0.0001	**
Segunda	Tratamientos	3	415.83	138.61	6160.43	<0.0001	**
Tercera	Tratamientos	3	409.95	136.65	1708.12	<0.0001	**

CV = 3.57% en la primera cosecha, 0.68% en la segunda cosecha y 1.32% en la tercera cosecha.

**Primera cosecha**

De acuerdo al análisis de polinomios, la función cuadrática fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ), los promedios de los tratamientos proyectan la tendencia

con un ajuste cuadrático del 97.86% para el T4, 97.77% para el T1, 97.87% para el T3 y del 96.83% para el T2. El T1 y T4 tuvieron las longitudes más altas de longitud de peciolo (Figura 11).

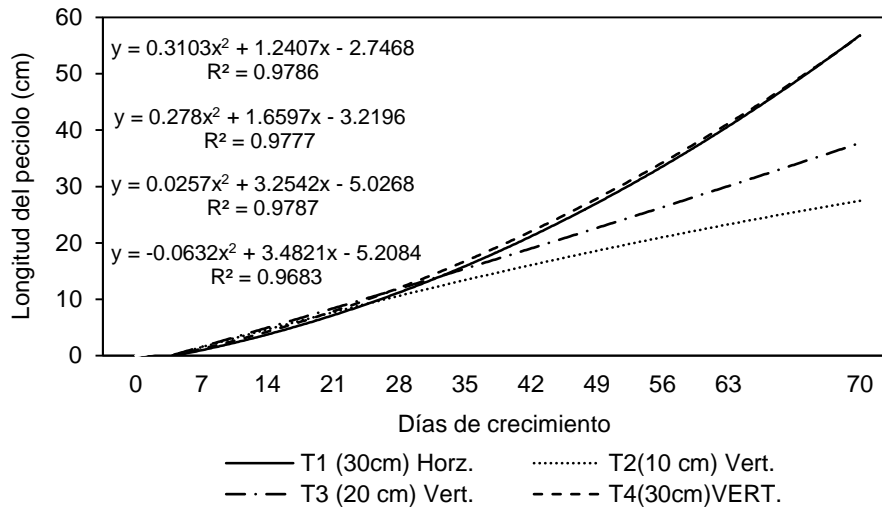


Figura 11. Longitud del peciolo para la primera cosecha.

*Segunda cosecha*

De acuerdo al análisis de polinomios (Figura 12), la función cuadrática fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ), los promedios de los tratamientos proyectan la

tendencia con ajuste cuadrático, donde todos los tratamientos se ajustan en 100%. Asimismo, la longitud más alta fue para el T4 seguido del T1, las longitudes más bajas fueron para el T2 y T3.

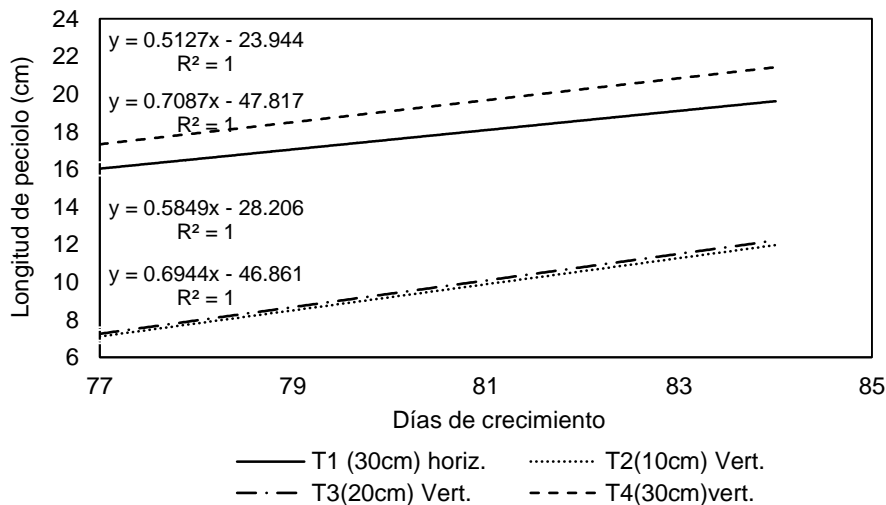


Figura 12. Longitud del peciolo para la segunda cosecha.

*Tercera cosecha*

El análisis de polinomios, muestra que la función cuadrática fue altamente significativa ( $p < 0.01$ ), los

promedios de los tratamientos proyectaron una tendencia con un ajuste del 100%. La longitud del peciolo fue mayor para el T4 y T1 (Figura 13).

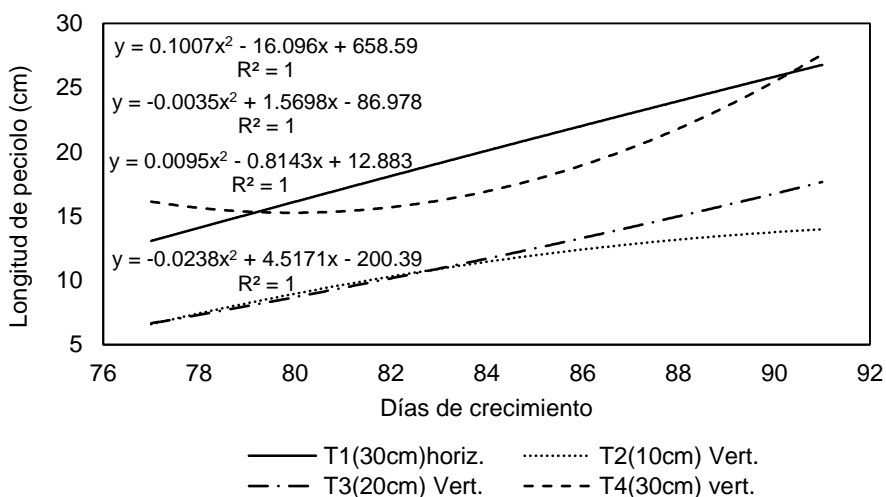


Figura 13. Longitud del peciolo para la tercera cosecha.

La longitud de peciolo en la primera cosecha fue de 25.0 cm para el T1, 26.2 cm para el T4, 18.97 cm para el T3 y 13.7 cm para el T2, estos promedios fueron incrementando para el T1, T4 y T2, sin embargo,

embargo, disminuyó para el T3. Se observó que el T1 y T4 obtuvieron los resultados más altos en cuanto a longitud del peciolo (Figura 14).

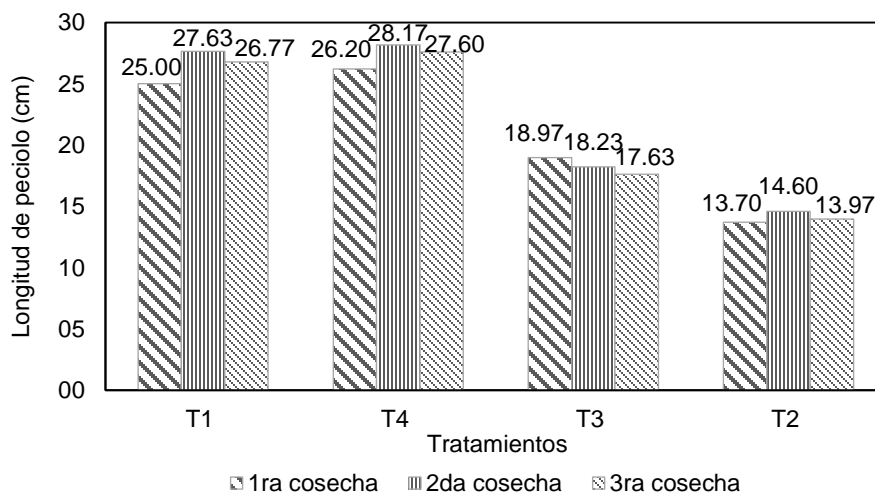


Figura 14. Longitud del peciolo en tres cosechas.

Callisaya (2016), en la evaluación de la interacción entre los factores variedades y niveles de fertilización foliar obtuvo un resultado no significativo, esto indica que las diferentes combinaciones de variedades y niveles de fertilización foliar no represento tener un efecto directo con respecto a la longitud de peciolo en el cultivo de acelga.

Al no existir más trabajos para comparar esta diferencia se razona que, a podas sucesivas el efecto es mayor en el crecimiento del peciolo y a mayor tiempo, el resultado muestra menor crecimiento,

debido posiblemente a no existir un estímulo en la absorción de nutrientes, los que son aprovechados directamente por las hojas centrales.

### Número de hojas

El análisis de varianza presenta significancia ( $p < 0,05$ ) en los tratamientos en las tres cosechas, con diferencias altamente significativas en la primera y segunda cosecha, y diferencias no significativas en la tercera cosecha (Tabla 5).

Tabla 5. Análisis de varianza para el número de hojas en tres cosechas.

Cosecha	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Primera	Tratamientos	3	0.11	0.04	0.80	<0.0001	**
Segunda	Tratamientos	3	0.61	0.20	2.39	<0.0001	**
Tercera	Tratamientos	3	0.11	0.04	0.44	<0.0001	NS

CV = 3.41% en la primera cosecha, 4.42% en la segunda cosecha y 4.13% en la tercera cosecha.

*Primera cosecha*

De acuerdo al análisis de polinomios, el crecimiento de número de hojas tiene una función cuadrática, tiene un

ajuste cuadrático de 87.82% para el T4, 86.14% para el T1, 85.15% para el T3 y 86.87% para el T2 (Figura 15).

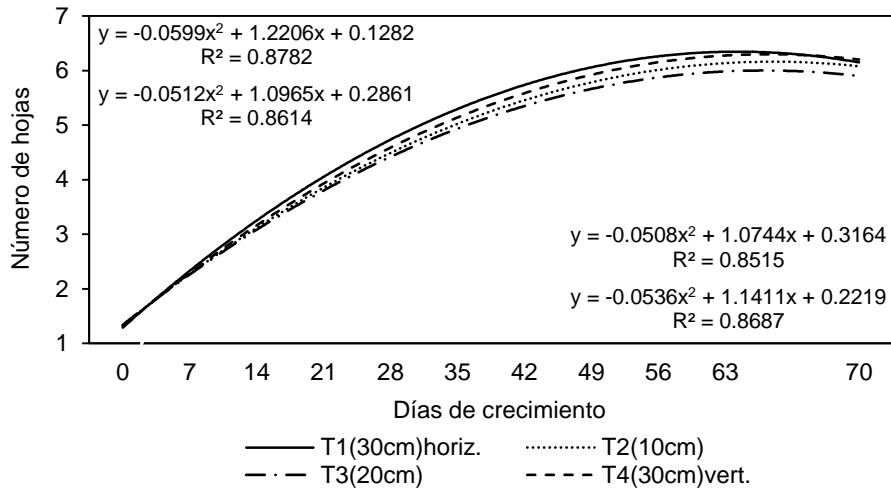


Figura 15. Número de hojas en la primera cosecha.

*Segunda cosecha*

De acuerdo al análisis de polinomios, el crecimiento

de número de hojas tiene una función cuadrática, mostrando un ajuste del 100% (Figura 16).

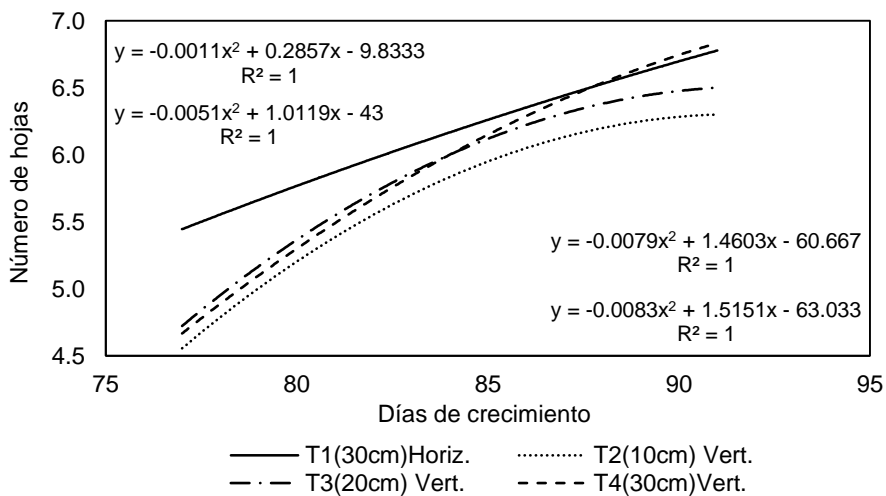


Figura 16. Número de hojas en la segunda cosecha.

Tercera cosecha

Los promedios de los tratamientos proyectan la tendencia con un ajuste del 100% (Figura 17), en

promedio el número de hojas por cada tratamiento fue de 6.83 para el T1, 7.1 para el T2, 6.93 para el T3 y 6.97 para el T4.

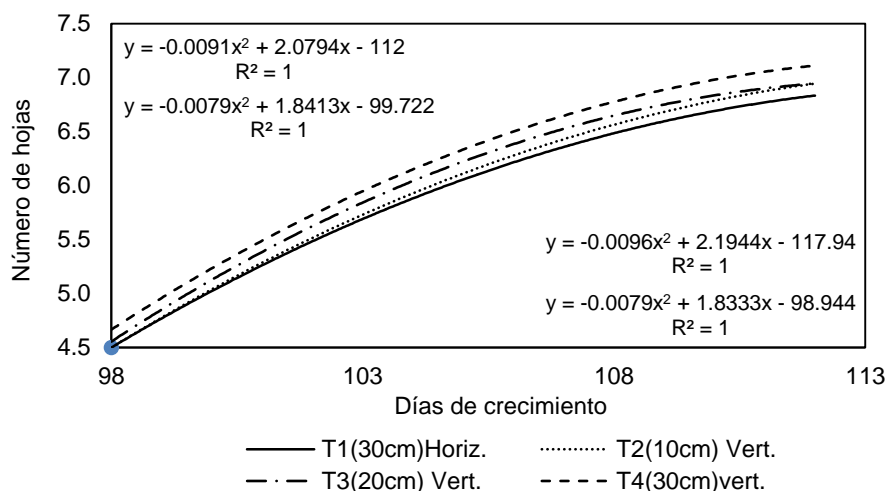


Figura 17. Número de hojas en la tercera cosecha.

En las tres cosechas y para todos los tratamientos se observó incremento en el número de hojas, siendo en la primera cosecha de 6.40 para el T1, 6.40 para el T4, 6.13 para el T3 y 6.27 para el T2, que fue

incrementando a 6.83 para el T1, 7.10 para el T4, 6.96 para el T3 y 6.97 para el T2 en la tercera cosecha (Figura 18).

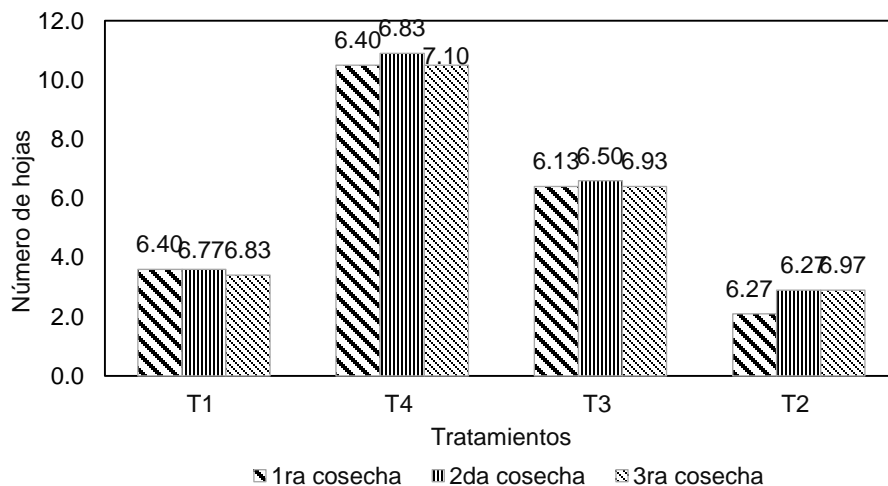


Figura 18. Número de hojas en tres cosechas.

Según Flores (2007), la frecuencia de poda de cada 15 días no presenta diferencias con relación a frecuencia 30 días, pero ambos difieren de la frecuencia 45 días, lo que no indica que es mejor trabajar con las primeras podas. Mamani (2015), observó disminución del número de hojas para la segunda y tercera cosecha, ocasionado porque la planta utilizó la mayor cantidad de nutrientes en la primera etapa de crecimiento y

desarrollo del cultivo, disminuyendo cada vez más la cantidad de nutrientes y reduciendo la multiplicación de las hojas.

Terés y Arrieta (1995) indican que el tamaño y distribución de las partículas alteran las propiedades físicas del sustrato, las que a su vez modifican las relaciones agua-aire y por lo tanto el crecimiento y

biomasa de la planta y estimula al desarrollo del primordio foliar para el crecimiento de las hojas.

**Rendimiento de la materia verde**

El análisis de varianza presenta significancia ( $p < 0.05$ )

en los tratamientos en las tres cosechas, con diferencias altamente significativas (Tabla 6), esto debido a las diferentes densidades de siembra que se emplearon en la investigación del cultivo de acelga.

Tabla 6. Análisis de varianza para el rendimiento de la materia verde en tres cosechas.

Cosecha	FV	GL	SC	CM	Fc	Pr>F	Sig.
Primera	Tratamientos	3	120.44	40.15	295.57	0.0001	**
Segunda	Tratamientos	3	119.25	39.75	794.99	0.0001	**
Tercera	Tratamientos	3	108.57	36.19	105.66	0.0001	**

CV = 6.25% en la primera cosecha, 3.75% en la segunda cosecha y 10.08% en la tercera cosecha.

El rendimiento en materia verde fue mayor para el T4 con 10.5 kg m<sup>-2</sup> en la primera cosecha, 10.9 kg m<sup>-2</sup> en la segunda cosecha y 10.5 kg m<sup>-2</sup> para la tercera

cosecha, mientras que con la aplicación del T2 se obtuvo valores menores de 2.1 kg m<sup>-2</sup> para la primera cosecha, 2.9 kg m<sup>-2</sup> para la segunda y tercera cosecha.

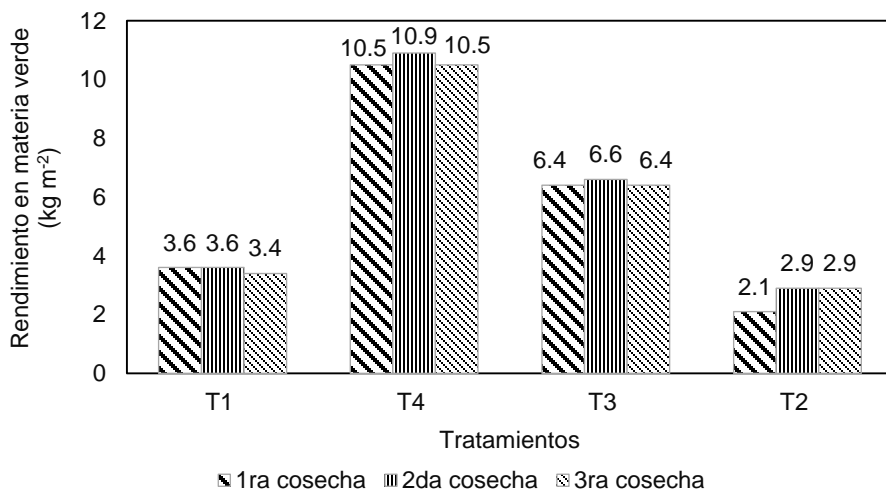


Figura 19. Rendimiento de la materia verde en tres cosechas.

**Rendimiento de la materia seca**

Se determinó que la cantidad de agua que tuvo el cultivo de acelga fue de 92.2%, con 7.8% de materia seca para el T1, asimismo, el contenido de materia seca para el T2 fue de 8.8%, 9.0% para el T3 y 10.4% para el T4 (Figura 20), este último tratamiento tuvo

mayor contenido de materia seca, atribuible a la distancia entre plantas, que permitió mayor cantidad de radiación solar al no tener la conglomeración entre plantas durante su desarrollo, mientras que en los demás tratamientos las plantas se obstaculizaron entre sí para la captación de la luz solar.

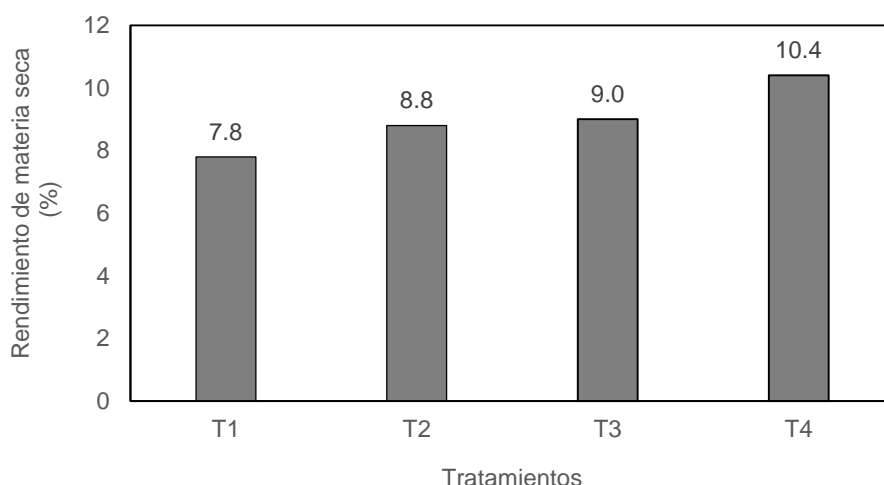


Figura 20. Rendimiento de materia seca.

## CONCLUSIONES

Se observó similitud en la altura de planta para los tratamientos T1 y T4, siendo de 52.70 cm para el T1 y 51.10 para el T4 en la primera cosecha, que incrementó para la segunda cosecha y disminuyó en la tercera cosecha. Los valores más bajos se obtuvieron para el T3 y T2 con 34.87 y 25.40 cm respectivamente en la primera cosecha.

Para la longitud de la hoja, se tuvo variación entre los tratamientos evaluados, con 27.7 cm para el T1 y 11.70 cm para el T2 en la primera cosecha, se halló incremento hasta la tercera cosecha de 28.43 cm para el T1 y 12.67 para el T2.

La longitud de peciolo indica que, el mejor tratamiento fue el T4 que llegó a obtener 28.17 cm en la segunda cosecha, seguido del T1 con 27.63 cm para la misma cosecha, el tratamiento que tuvo menor longitud de peciolo fue el T2 con 13.70 cm en la primera cosecha y 14.60 cm en la segunda cosecha.

En cuanto al número de hojas, en todos los tratamientos se obtuvo entre 6 y 7 hojas, sin embargo hubo diferencias significativas en su tamaño.

La materia verde obtenida fue superior para el T4 que tuvo una variación entre 10.5 kg m<sup>-2</sup> para la primera y tercera cosecha a 10.9 kg m<sup>-2</sup> para la segunda cosecha. Los valores inferiores fueron obtenidos para el T1 y T2. Asimismo, el T4 obtuvo mayor porcentaje de materia seca con 10.4%, el T1 obtuvo el menor porcentaje de materia seca con 7.8%.

De acuerdo a las diferentes distancias entre plantas en un sistema vertical, la distancia que se recomienda en el cultivo de acelga (variedad Fordhook Giant) para un ambiente protegido es 30 cm.

## BIBLIOGRAFÍA

Calzada, J. 1982. Métodos estadísticos para la investigación. Editorial Jurídica. Tercera Edición. Lima, Perú. 643 p.

Callisaya, P. 2016. Evaluación de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla L.), bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico en sistema hidropónico NTF, en Cota Cota. Tesis de Licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 124 p.

Casseres, E. 1984. Producción de hortalizas. Tercera edición. San José, Costa Rica. 387 p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). (2017). Guía para construcción de invernaderos Fito toldos. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-as968s.pdf>. Consultado el 08 febrero 2017.

Flores, A. 2007. Efecto de frecuencias de poda en dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla L.) en ambiente protegido. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 138 p.

García, M. 2013. El cultivo de acelga. Disponible en

[https://alojamientos.uva.es/guia\\_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf](https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf). Consultado el 6 febrero 2017.

Huaylla, F. 2008. Manual de manejo de cultivos hortícolas en invernaderos y campo abierto. Oruro, Bolivia. Proyecto FOPSA.

Mamani, M. 2015. Efecto de la fertilización química y orgánica en la productividad del cultivo de acelga (*Beta vulgaris* Var. Cicla) en el Centro Experimental de Patacamaya. Tesis de licenciatura. La Paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 126 p.

Marulanda, C. 2003. Hidroponía familiar en Colombia desde el eje cafetalero. Colombia. pp. 52-55.

Pacheco, G. A. 2007. Mejorador de suelos y complemento de la fertilización México. pp. 2.

Plan de Desarrollo Municipal de El Alto. 2017. Gobierno Autónomo Municipal de El Alto. La Paz, Bolivia. 501 p.

Terés, V., Arrieta, A. 1995. A method for evaluation of air volumes in substrates. Acta Hortic. 401: pp. 41-48.

Artículo recibido en: 4 de febrero 2018

Aceptado en: 5 de octubre 2018