UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO:

Ingeniero Agropecuario

Efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológicos y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical en la Parroquia Tarqui.

AUTORES:

Ramon Fernando Miranda Sanchez

Grace Amparo Ramirez Estrada

DIRECTOR DE PROYECTO:

Dr. Yoel Rodríguez Guerra, PhD.

PASTAZA – ECUADOR

2020

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Los egresados **MIRANDA SANCHEZ RAMON FERNANDO,** con C.I: **1724889751** y **RAMIREZ ESTRADA GRACE AMPARO,** con C.I: **2200428189**, certifican que los criterios y opiniones que constan en el Proyecto de Investigación titulado: "**Efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológicos y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical en la Parroquia Tarqui**", son de nuestra autoría y exclusiva responsabilidad.

_____

MIRANDA SANCHEZ RAMON FERNANDO

1724889751

_____

RAMIREZ ESTRADA GRACE AMPARO

2200428189

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Por medio del presente, Yo, **YOEL RODRÍGUEZ GUERRA**, con C.I: **1752785913** certifico que los egresados **MIRANDA SANCHEZ RAMON FERNANDO** y **RAMIREZ ESTRADA GRACE AMPARO**, realizaron el Proyecto de Investigación titulado: "**Efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológicos y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical en la Parroquia Tarqui**", previo a la obtención del título de Ingeniero Agropecuario bajo mi supervisión.

_____

Dr. Yoel Rodríguez Guerra, PhD.

DIRECTOR DE PROYECTO

Scanned with CamScanner

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND

CATEGORIA B

Oficio No. 142-SAU-UEA-2020

Puyo, 31 de enero de 2020

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Proyecto de Investigación correspondiente a los egresados RAMIREZ ESTRADA GRACE AMPARO con C.I. 2200428189; y MIRANDA SANCHEZ RAMÓN FERNANDO con C.I. 1724889751, con el Tema: **"Efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológico y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* Var. Cicla L. (acelga)bajo condiciones de producción vertical en la parroquia Tarqui"**, de la carrera, Ingeniería Agropecuaria. Director del proyecto PhD. Rodríguez Guerra Yoel, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 7%, Informe generado con fecha 30 de enero de 2020 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Ing. Italo Marcelo Lara Pilco MSc.
ADMINISTRADOR DEL SISTEMA ANTIPLAGIO URKUND – UEA - .

CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

El proyecto de investigación titulado: "**Efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológicos y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical en la Parroquia Tarqui**", fue aprobado por los siguientes miembros del tribunal.

_____

Dr. Javier Domínguez Brito, PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

_____

Ms. C. Sandra Soria Re

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

_____

Dra. C. María Adela Valdés

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

RESUMEN

En la actualidad, la población mundial aumenta a una tasa alarmante. En las zonas urbanas, muchas personas no tienen acceso a una alimentación adecuada debido a las limitaciones de los recursos claves como el agua y las tierras agrícolas. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológicos y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical. Se estudiaron 4 tratamientos (T1: 100% compost porcino, T2: 50% compost porcino+50 % tierra de bosque, T3: 75 % compost porcino+25 % tierra de bosque y T4 100 % tierra de bosque) bajo un diseño experimental completamente al azar. Se analizaron estadísticamente las variables: altura de la planta, número de hojas, largo de hoja, ancho de hoja, área foliar, peso de masa verde, peso de masa seca, índice de área foliar. El análisis de varianza y pruebas de rangos múltiples de Tukey al 95% de confiabilidad se hizo con el paquete estadístico StatGraphics Centurion XVI. Los resultados obtenidos corroboraron el efecto positivo del compost porcino en la respuesta morfofisiológica y productiva de la acelga, el tratamiento T1 100% compost porcino mostró la mejor respuesta estadística, superando los valores obtenidos en los demás tratamientos.

Palabras clave: acelga, cultivo vertical, compost porcino, parámetros morfo fisiológicos, rendimiento.

ABSTRACT

Nowadays, the world's population is increasing at an alarming rate. In urban areas, many people do not have access to adequate food due to the limitations of key resources such as water and agricultural land. The objective of the research was to evaluate the effect of different substrates on morphophysiological parameters and agricultural yield in *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (Swiss chard) under conditions of vertical production. Four treatments were formulated (T1: 100% swine compost, T2: 50% swine compost + 50% forest land, T3: 75% swine compost + 25% forest land and T4 100% forest land) were studied under a complete randomizer design, the variables analyzed statistically were: plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, leaf area, green mass weight, dry mass weight, leaf area index. The analysis of variance were done with the statistical package a multiple range Tukey tests at 95% reliability StatGraphics Centurion XVI. The results obtained corroborated the positive effect of pig compost on the morphophysiological and productive response of the chard, the T1 100% swine compost treatment showed the best statistical response, exceeding the values obtained in the other treatments.

Keywords: Swiss chard, vertical crop, porcine compost, physiological morpho parameters, yield.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPITULO I..... 1
1.1 INTRODUCCION.....1
1.2. JUSTIFICACION..... 2
1.3. PROBLEMA 4
1.4. OBJETIVOS.....4
1.4.1. OBJETIVO GENERAL 4
1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 4
CAPITULO II..... 5
2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA..... 5
2.1.1. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y BOTÁNICA DE LA ACELGA. 5
2.1.2. MANEJO DEL CULTIVO DE ACELGA EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN. 5
2.1.3. INFLUENCIA DE LOS CULTIVOS VERTICALES EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS CON DIFERENTES SUSTRATOS. 6
CAPITULO III..... 9
3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 9
3.1.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO.....9
3.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN. 10
3.1.3. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....,,10
3.1.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....10
3.1.5. MONTAJE DEL PROYECTO DE ACELGA EN PRODUCCIÓN VERTICAL.....11
3.1.6. MEDICIONES Y OBSERVACIONES EXPERIMENTALES. 14
3.1.7. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO.....17
CAPITULO IV..... 17
4.1. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 18

4.1.1. SUPERVIVENCIA DE PLANTA……18

4.1.2. ALTURA DE LA PLANTA A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE……19

4.1.3. NÚMERO DE HOJAS A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE…20

4.1.4. LARGO DE HOJAS A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE…....21

4.1.5. ANCHO DE HOJAS A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE……22

4.1.6. ÁREA FOLIAR A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE…….23

4.1.7. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE……24

4.1.8. PESO DE MASA VERDE A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE……25

4.1.9. PESO DE MASA SECA A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE……26

4.1.10.RENDIMIENTO AGRÍCOLA A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE…..... 27

CAPITULO V..……...……. 28

5.1. CONCLUSIONES..... 28

5.2. RECOMENDACIONES 28

CAPITULO VI……...……. 29

6.1. BIBLIOGRÁFIA 29

CAPITULO VII……32

ANEXOS……..32

CAPÍTULO I

1.1. INTRODUCCION

La acelga es una planta bianual perteneciente a la familia Chenopodiaceae, y cuyo nombre científico es *Beta vulgaris* L. var. Cicla. Las siembras pueden realizarse durante todo el año y también existe la posibilidad de realizar semillero para su posterior trasplante. (Cajamar, 2014).

La siembra, producción y comercialización de la acelga posee un potencial económico que aún no ha sido explotado en Ecuador. El cultivo para el mercado interno y externo, es un atractivo que en un futuro se podría convertir en un producto de exportación, ya que sus características y propiedades ofrecen oportunidades de desarrollo en este campo (Troya, 2014).

En el Ecuador cada vez son más los agricultores que se están dedicando a cultivar hortalizas de hoja, motivados por su manejo en pequeñas extensiones de terreno, además de presentar un período vegetativo corto, por ser un cultivo que produce buenos ingresos económicos (Córdova, 2015).

Murillo (2013), plantea que en Ecuador, las provincias más representativas para el cultivo de acelga son: Chimborazo, Tungurahua, Pichincha, Cañar, Loja, Bolívar, Carchi, Guayas, Los Ríos. La acelga tiene niveles bajos de producción ya que se realiza de forma casera, a pequeña escala y a nivel de cultivos asociados. En las provincias mencionadas, existen las condiciones apropiadas de suelo y clima para efectuar cultivos de acelga a gran escala. Es muy tolerante a la sequía, factor limitante para la mayoría de cultivos.

Según la FAO (2012), la horticultura ecuatoriana está concentrada básicamente en la sierra, tanto por sus condiciones edáficas, climáticas y sociales, como por las técnicas y sistemas de producción aplicadas; en general la agricultura para los pequeños productores, tiene una tipología de carácter "doméstico", por ser cultivos que se producen en la huerta, por la utilización de mano de obra familiar, son en parte para autoconsumo y los excedentes están dirigidos a los mercados locales. Para el caso de medianos y grandes horticultores, sus producciones son de carácter empresarial y están orientados hacia la agroindustria y a los mercados internos y externos del país.

La acelga tras la espinaca es una de las verduras más ricas en calcio y hierro. Es una verdura refrescante, laxante, diurética y digestiva. Las acelgas se pueden preparar de muchas maneras: al vapor, cocidas o salteadas, pero a la hora de cocinarlas hay que tener en cuenta

que se deben lavar en primer lugar, controlar la cantidad, vigilar la sal debido a que tienden a tomar un fuerte sabor, y no cocinarlas demasiado ya que al hacerlo liberan mayores cantidades de ácido oxálico negativo para los que sufren cálculos renales. De la acelga se consumen tanto sus hojas de color verde como la penca o tallo. Su sabor es semejante al de las espinacas, pero algo más suave. Cuando las acelgas son viejas tienden a perder sus propiedades nutritivas y a amargar, sobre todo el tallo o penca. La acelga goza de numerosas aplicaciones medicinales y alimenticias (Gómez, 2010).

Su riqueza en fibra la hace ideal contra el estreñimiento y son muy recomendables en dietas de control de peso ya que son saciantes, nutritivas y de muy escaso aporte calórico. Es una verdura calmante ante problemas digestivos e intestinales. Tiene un efecto suavemente diurético y al mismo tiempo alivia la irritación de las vías urinarias. Contiene hierro por lo que debemos tenerla en cuenta en casos de anemia. Presenta un efecto alcalinizante, muy importante para ayudar a remineralizarnos. Además de hierro, las acelgas aportan calcio, potasio, magnesio, vitamina E, yodo, ácido fólico y un poco de vitamina B (Zambrano, 2015).

Las Huertas Urbanas Verticales (HUV) nacen como un híbrido de los jardines verticales y la agricultura urbana, siendo reconocidos los primeros desde hace unos 2500 años, principalmente con los jardines colgantes en Babilonia, y la segunda como una práctica efectuada por más de 700 millones de personas en el mundo. Los beneficios que los HUV brindan son múltiples, pero tal vez el más significativo es el hecho de consumir alimentos libres de químicos, no transgénicos, regados con agua potable y orgánicos 100% (Navarro & Peña, 2011).

1.2. JUSTIFICACION

Alemán, Bravo & Oña (2014), mencionan que en la Región Amazónica del Ecuador (RAE), Provincia de Pastaza, hay poca cultura de sembrar y consumir hortalizas y se fundamenta en que las condiciones climáticas y de suelo de la región, no son aptas para estos cultivos. Por lo cual es necesaria la introducción de nuevas formas de manejo de los sistemas de producción, tecnologías y variedades que se adapten a las condiciones climáticas locales.

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de implementar alternativas de producción para la Amazonía ecuatoriana enfocadas en el aprovechamiento de pequeños espacios en agricultura urbana, cultivos hidropónicos, organopónicos e invernaderos, con la introducción de nuevas especies agrícolas en la región. Según FAO (2017a), la agricultura

urbana y periurbana (AUP) es tan antigua como las ciudades. A pesar de los procesos de urbanización y de la lógica de las metrópolis que alejan a sus habitantes de la vida rural, este tipo de agricultura está cada vez más vigente, reinventándose para hacer grandes aportes sociales, económicos, culturales y ecológicos para la materialización de ciudades sostenibles.

Los pocos estudios realizados sobre los cultivos verticales han demostrado ser alternativas de producción más intensivas que las tradicionales, además buscan el uso eficiente del espacio, agua, luz solar y sustrato, con este sistema se obtiene una producción en menor superficie, alimentos sanos, libre de productos químicos y menor degradación de los recursos naturales (Beltrano, 2015).

Las ciudades en crecimiento relacionado con el incremento de la población son uno de los mayores desafíos del futuro, en la actualidad más del 60% de la humanidad vive en ciudades, lo cual involucra una mayor explotación de los recursos naturales, aumento acelerado en el consumo de alimentos, energía y agua, además de un incremento de la contaminación atmosférica y de los cuerpos de agua (lagos, ríos y mares), mayor contaminación de suelos, erosión y deforestación, sin olvidar el aumento alarmante de residuos sólidos y peligrosos. El aumento de las ciudades influye sobre el entorno natural, no sólo afectando ecosistemas y perdiendo diversidad biológica, sino que también impactan negativamente a la Tierra. Esto señala la necesidad de buscar alternativas para crear ciudades sostenibles. Se presentan algunas soluciones a seguir y una de ellas es la Agroecología a través de la agricultura urbana con el fin de llegar a la sustentabilidad y a una seguridad alimentaria (Cortés, 2015).

La Amazonía ecuatoriana es la región más pobre del Ecuador, en particular la provincia de Pastaza, la más grande con una extensión de 29773 km^2, lo que equivale al 66 % de la Región y el 12 % del territorio nacional. Representa una de las menos desarrolladas en el campo de la agricultura y probablemente la de mayores contrastes socioeconómicos. La producción de hortalizas en la región es muy limitada y solo se establece en invernadero. Se ha señalado que uno de los factores limitantes más relevante de la actividad productiva hortícola es el clima, y entre los más impactantes para la producción hortícola se encuentran la falta de radiación solar, la temperatura insuficiente o excesiva y el exceso o falta de humedad (Aleman, et al,. 2018). Además, que se consumen hortalizas traídas de la Sierra, por lo que la producción local favorecería a los circuitos cortos de comercialización.

1.3. PROBLEMA

¿Cómo influirán diferentes sustratos en el comportamiento morfofisiologico y productivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical en la Parroquia Tarqui?

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes sustratos sobre parámetros morfofisiológicos y rendimiento agrícola en el cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical en la Parroquia Tarqui.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Caracterizar los parámetros morfofisiologicos de la *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) bajo condiciones de producción vertical con diferentes sustratos.

Determinar el rendimiento agrícola del cultivo de *Beta vulgaris* L. var. Cicla. (acelga) con el uso de diferentes sustratos en un sistema de producción vertical.

CAPITULO II

2.1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1.1. DESCRIPCIÓN TAXONÓMICA Y BOTÁNICA DE LA ACELGA

La acelga es una planta bianual cuyo nombre científico es *Beta vulgaris* L. var. Cicla. perteneciente al reino Plantae, división Tracheophyta, subdivisión Spermatophytina, de la clase Magnoliopsida, del superorden Caryophillanae, orden Caryophyllales, familia Amaranthaceae, del genero *Beta* y especie *vulgaris* (Facility Global Biodiversity Information, 2019).

Proaño (2015), menciona que el sistema radical de la acelga es profundo y fibroso, las hojas constituyen la parte comestible y son grandes de forma oval acorazonada; tiene un pecíolo o penca ancha y larga que se prolonga en el limbo; el color varía, según las variedades, entre verde oscuro y verde claro. Los pecíolos pueden ser de color crema o blancos. 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 cinco sépalos y cinco pétalos. Presenta semillas que son muy pequeñas y están encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla y que contiene de 3 a 4 semillas.

2.1.2. MANEJO DEL CULTIVO DE ACELGA EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

Serida (2017), plantea que el cultivo de acelga prospera bien en suelos de consistencia medianamente arcillosa, profundos y frescos, ricos en materia orgánica. La temperatura óptima para el cultivo está entre los 15 y los 25º C. El pH del suelo más indicado está alrededor de 7. Tolera ligeros contenidos de sal en el suelo. La selección varietal se realiza en función de características como precocidad en la producción y recuperación al arranque de las hojas, retardo en la subida a flor, grosor y color de la penca, color de la hoja, etc.

En lo referente a la preparación del suelo se realiza una labor profunda al suelo y si se aporta estiércol, se aprovecha la labor para enterrarlo. A continuación, se dan un par de labores de cultivador, grada o fresadora, aportando el abonado de fondo en alguna de esas labores. La

siembra directa, a golpes, está siendo sustituida progresivamente por la realización previa de semilleros, en tacos de turba de 3 x 3 x 3 cm, y posterior trasplante a campo, cuando tienen tres o cuatro hojas verdaderas. La acelga responde bien al estercolado con 25 a 30 t/ha, bien descompuesto, aportado con la suficiente antelación.

El marco de plantación al aire libre es con densidad de 6 plantas/m^2, equivalente a 40 x 40 cm. En invernadero es habitual 40 x 30 cm, o aprovechando el acolchado de la lechuga, plantando 2 de cada 3 líneas. Por su abundante superficie foliar la acelga es un cultivo que demanda la presencia regular de humedad para manifestar todo su potencial de producción. La implementación de riego localizado, por micro-aspersión, además de facilitar la aplicación del agua, posibilita el suministro de minerales a lo largo del ciclo del cultivo. La recolección al aire libre inicia aproximadamente a 90 días después de la siembra; en invernadero, el periodo se reduce a 75 días. El corte se inicia cuando las hojas presentan unos 25 cm de longitud de limbo foliar, utilizando navaja o cuchillo, evitando dañar la zona de crecimiento (Serida, 2017).

2.1.3. INFLUENCIA DE LOS CULTIVOS VERTICALES EN LA PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS CON DIFERENTES SUSTRATOS

Según la FAO (2017b) 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 cm entre cada especie, es fácil notar que en este sistema las plantas no compiten entre sí, pues el alimento se les distribuye de acuerdo a sus necesidades.

En la investigación “Cultivo hidropónico en mangas verticales de dos variedades de acelga y lechuga” realizada por Sifuentes (2014), se trabajó con las siguientes variables: altura, cobertura, tasa de crecimiento relativo, clorofila, biomasa peso seco, índice de Dickson, supervivencia. Como parte de los resultados obtenidos en el trabajo, en ambas especies la variable contenido de clorofila, no presentó diferencias estadísticas significativas ($p \geq 0,05$), en relación a ninguno de los tratamientos (sustrato, variedad y orientación). En el caso de la lechuga, las variables que no tuvieron diferencias estadísticas ($p \geq 0,05$) fueron número de hojas y la tasa de crecimiento relativo (TCR). Mientras que para la acelga las variables sin diferencias significativas ($p \geq 0,05$) fueron la cobertura y biomasa. Por lo tanto, solo se

analizaron las variables que presentaron diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.05$) para las dos especies y dos variedades en cada tratamiento.

Las variables de respuesta, la altura presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para los factores sustrato, variedad y orientación. Del sustrato, el tezontle (roca roja de origen volcánico) tuvo mejores resultados en cuanto a este parámetro. La mayor altura en la lechuga con tezontle se atribuye a factores como la granulometría, utilizada en este trabajo (5-10 mm) (Sifuentes, 2014).

Las diferencias entre las variedades se atribuyen a las características fenotípicas y genéticas entre ellas. Por ejemplo, la lechuga Iceberg presenta un crecimiento arrocetado, mientras que la lechuga orejona presenta un crecimiento vertical, lo cual determina las diferencias en cobertura. En relación a la orientación de la luz, las dos variedades de lechugas, presentaron mayor altura en el NE, con una longitud de onda promedio de 420,8 μmol/m^2/s, y la orientación que presentó la menor altura fue SE con una longitud de 306,02 μmo/m^2/mg, lo cual representa para el lado NE un incremento del 27% de luz. Con relación a la cobertura de las plantas de lechuga, éstas presentaron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) en los factores variedad, sustrato y orientación, resultando el tezontle el de mejor resultados, con un incremento del 63,59% (Sifuentes, 2014).

La biomasa en general para todas las orientaciones de luz presentó diferencias significativas ($p \leq 0,05$) para el factor sustrato, resultando el tezontle, para las orientaciones NE, el que presentó plantas con una mayor biomasa, la cual resultó de un 48-64% más alta que en relación a las plantas que crecieron en las otras exposiciones solares (Sifuentes, 2014).

En la evaluación del cultivo de acelga en contenedores verticales a diferentes distancias en ambiente protegido en la localidad de Alto Chijini en el municipio de el Alto del departamento de la Paz realizado por Pacheco (2018a) se midierón las siguientes variables de respuesta: descripción variables fenológicas, variables agronómicas, longitud de hoja, longitud de pecíolo, altura de la planta , número de hojas, peso de hojas aprovechables por planta, rendimiento de la materia verde, costo total de producción del cultivo, beneficio bruto del cultivo, beneficio neto del cultivo, relación beneficio / costo (B/C).

En la evolución de algunos parámetros morfológicos de la acelga recolectada hoja a hoja realizadas por Hoyos (2005) se midierón las siguiente variables: longitud de la hoja, medida desde el extremo del pecíolo al extremo del limbo, expresada en cm; longitud del limbo, medida desde donde las alas del limbo tenían 1 cm de ancho a cada lado de la penca hasta el

extremo superior del limbo, anchura del limbo, medida en la zona más ancha, expresada en cm; anchura de la penca, tomada a 2 cm del extremo del pecíolo por donde se había separado la hoja de la planta, expresada en mm; peso de la hoja entera, expresado en g; y materia seca, determinada tras tener las hojas en una estufa a 60 ºC durante 48 horas hasta alcanzar un peso constante, expresada en porcentaje de peso seco respecto a peso fresco de la hoja entera. La medición del área foliar se hizo en las 15 hojas seleccionadas al azar de las parcelas de estudio, en la segunda recolección. Se cortaron las hojas a la altura en que las alas del limbo miden 1 cm, midiéndose por separado el área del limbo y el área de la penca con un analizador digital de imágenes (At-Delta-T), expresándolas en cm^2. El área foliar total de las hojas de acelga se obtiene sumando el área de la penca y el área del limbo. Para relacionar el área foliar con el largo y el ancho máximo del limbo, se tomaron esas medidas y, junto con los datos del área foliar se hizo la representación gráfica y se obtuvieron las rectas de regresión. Se hizo lo mismo para la relación del producto de la longitud por el ancho con su área.

CAPÍTULO III

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. UBICACIÓN DEL ENSAYO

La investigación se realizó en la finca del señor Alfredo López ubicada en la Parroquia Tarqui, Provincia de Pastaza (Figura 1), a una Latitud: 1°34'21,44'' S y Longitud: 77°56'22,55'' O, presenta una altitud 951 msnm. La parroquia Tarqui limita al Norte con las parroquias Puyo y Veracruz, al Sur con la parroquia Madre Tierra, al Este con las parroquias Pomona y Madre Tierra, al Oeste con las parroquias Madre Tierra y Shell. El clima es cálido-húmedo y la temperatura oscila entre los 18 y 24 °C (GADP, 2019).

Según García (2013), el desarrollo vegetativo del cultivo de acelga se favorece con temperaturas comprendidas entre un mínimo de 6 °C y un máximo de 27 a 33 °C, con un medio óptimo entre 15 y 25 °C. Las temperaturas de germinación están entre 5 °C de mínima y 30 a 35 °C de máxima, con un óptimo entre 18 y 22 °C.

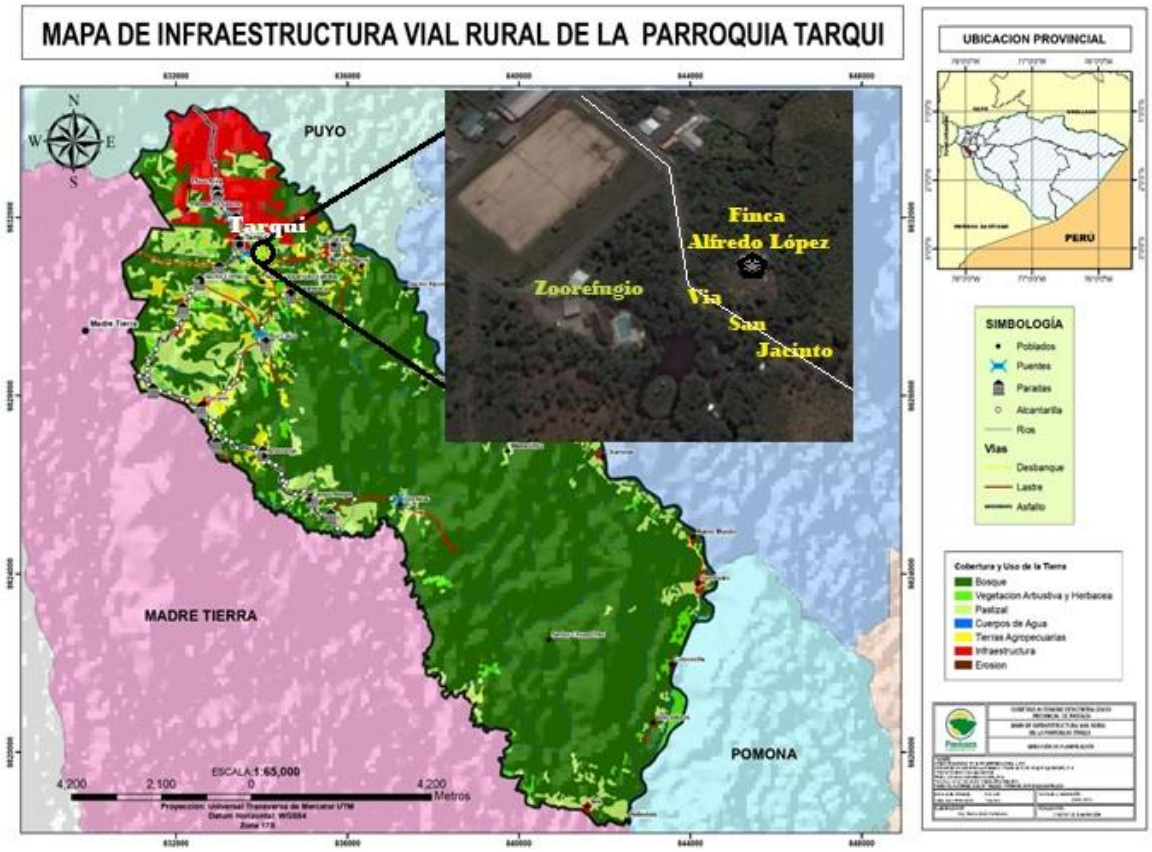


Figura 1. Ubicación de la Parroquia Tarqui (GADP, Pastaza Gobierno Provincial, 2019).

3.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de investigación empleado fue experimental, porque se orienta a caracterizar los parámetros morfofisiológicos y determinar el rendimiento agrícola del cultivo de acelga, con el uso de diferentes sustratos en un sistema de producción vertical utilizando un diseño experimental completamente al azar (DCA).

3.1.3. MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

El método de investigación utilizado también fue experimental en el cual se controlaron las variables independientes (diferentes sustratos) y se determinó el efecto en los resultados de las variables dependientes (características morfofisiologícas y rendimiento agrícola).

3.1.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Para la evaluación de los datos obtenidos se empleó el diseño de bloques al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (Tabla 1**)**. Para el desarrollo del sistema de cultivo vertical se utilizarán 16 cañas guaduas de 2,65 m de largo, en cada una se ubicaron 12 plantas para un total de 192 plantas con 15 cm de distancia una de otra y a una distancia entre caña guadua de 15 cm, las cuales serán distribuidas según el diseño, se utilizará plástico de invernadero con malla Saran como polisombra, protección de insectos plagas y caída directa del agua lluvia sobre las plantas.

Los tratamientos planteados se muestran a continuación:

- ✓ Tratamiento 1: 100% compost porcino.
- ✓ Tratamiento 2: 50 % tierra de bosque + 50 % compost porcino.
- ✓ Tratamiento 3: 75 % tierra de bosque + 25 % compost porcino.
- ✓ Tratamiento 4: 100 % tierra de bosque.

T: Tratamiento

R: Replica

RI	**100% compost porcino T1R1**	**50 % tierra de bosque + 50 % compost porcino T2R4**	**75 % tierra de bosque + 25 % compost porcino T3R3**	**100 % tierra de bosque T4R2**
RII	**100 % tierra de bosque T4R2**	**100% compost porcino T1R1**	**50 % tierra de bosque + 50 % compost porcino T2R4**	**75 % tierra de bosque + 25 % compost porcino T3R3**
RIII	**75 % tierra de bosque + 25 % compost porcino T3R3**	**100 % tierra de bosque T4R2**	**100% compost porcino T1R1**	**50 % tierra de bosque + 50 % compost porcino T2R4**
RIV	**50 % tierra de bosque + 50 % compost porcino T2R4**	**75 % tierra de bosque + 25 % compost porcino T3R3**	**100 % tierra de bosque T4R2**	**100% compost porcino T1R1**

Tabla 1. Diseño en bloques al azar para el cultivo de acelga en condiciones verticales.

3.1.5. MONTAJE DEL PROYECTO DE ACELGA EN PRODUCCIÓN VERTICAL

3.1.5.1. Construcción del sistema vertical

Una vez que se determinó el área para la investigación, se procedió a realizar trabajos de limpieza y adecuación del terreno (Figura 2). Se utilizaron 16 cañas de 2,65 m las cuales fueron obtenidas de la finca del señor Alfredo López (Figura 3). Se efectuó una abertura a lo largo de la caña guadua para el llenado del sustrato y ubicación de las plantas, además de orificios para facilitar la salida del exceso del agua (Figura 4**)**. El sistema vertical se colocó en dirección este a oeste para captar mayor número de horas luz (Figura 5).



Figura 2. Limpieza y adecuación del terrero para el diseño del sistema vertical.
Fuente: Autores 2019.



Figura 3. Corte de caña guadua para la construcción del sistema vertical.
Fuente: Autores 2019.



Figura 4. Abertura de la caña a lo largo para la colocación de los diferentes sustratos y plántulas de acelga.
Fuente: Autores 2019.



Figura 5. Implementación del sistema vertical.
Fuente: Autores 2019.

3.1.5.2. Recolección y preparación del sustrato

Los diferentes sustratos fueron obtenidos en la finca del señor Alfredo López, la cantidad de sustrato utilizado estuvo en relación al volumen de la caña guadua, aproximadamente se emplearon 8 kg por caña guadua, con un total de 128 kg en todo el sistema, en función a los tratamientos utilizados con el uso de una balanza analógica. Cabe mencionar que se utilizaron 20 kg de sustrato adicionales para el aporque de las mismas en el sistema vertical debido al desarrollo vegetal durante el proceso de investigación.

3.1.5.3. Trasplante de plantas al sistema vertical

Para la implementación de ésta hortaliza se trasplantó a 15 cm de distancia, 12 plantas por caña guadua con un total de 192 plantas (Figura 6). Es importante mencionar que no se realizó siembra directa, pues las plantas fueron compradas, con lo cual se aseguró la germinación en condiciones idóneas, reduciendo el número de plantas muertas luego del trasplante.



Figura 6. Trasplante de plantas de acelga al sistema vertical el 27 de octubre del 2019. Fuente: Autores 2019.

3.1.6. MEDICIONES Y OBSERVACIONES EXPERIMENTALES

- ✓ **Supervivencia de plantas:** número de plantas vivas que se adaptaron a los sustratos, se contaron y se determinó el % en relación al total de plantas después de los 53 dias.
- ✓ **Altura de la planta (cm):** Se midió desde la superficie del sustrato hasta la yema apical, con una regla o flexómetro con precisión ±1mm (Figura 7).



Figura 7. Toma de datos, altura de la planta (cm), a los 12 días después de trasplante. Fuente: Autores 2019.

- ✓ **Número de hojas:** Método de conteo de hojas verdaderas (Figura 7).



Figura 8. Conteo del número de hojas por planta, a los 12 días después de trasplante. Fuente: Autores 2019.

- ✓ **Largo de hojas con y sin pecíolo (cm)**: La medición se realizó utilizando una regla (Figura 8).



Figura 9. Toma de datos, largo de la hoja (cm), a los 12 días después de trasplante.
Fuente: Autores 2019.

- ✓ **Ancho de hojas (cm):** La medición se realizó utilizando una regla en la parte central de la hoja (Figura 9).



Figura 10. Toma de datos, ancho de las hojas (cm), a los 12 días después de trasplante.
Fuente: Autores 2019.

- ✓ **Área foliar (cm^2):** Se determina previamente el factor o coeficiente de área foliar el cultivo de acuerdo a la relación del área foliar de la hoja por el largo y ancho de la hoja.
- ✓ **Peso de masa verde (g/planta):** Esta variable se evaluó en la cosecha para cada cultivo y por tratamiento, el procedimiento es tomar la planta entera y con el uso de una balanza analítica, apuntar el peso obtenido por tratamiento y réplica.
- ✓ **Peso de masa seca (g/planta):** Se utilizó el material que fue seleccionado para el peso masa verde el cual se deshidrató a una temperatura de 45° C durante 24 horas (Figura 11).



Figura 11. Peso de materia seca (g/planta), a los 12 días después de trasplante.
Fuente: Autores 2019.

- ✓ **Índice de área foliar (IAF).** Es la expresión numérica adimensional resultado de la división aritmética del área foliar de la planta (cm^2) entre el área que ocupa de sustrato sobre el cual se encuentra establecido (cm^2).
- ✓ **Rendimiento agrícola (kg/m^2).** Es la relación de la producción total del cultivo cosechado sobre el área de terreno utilizado (Figura 12).



Figura 12. Pesaje de las plantas de acelga, a los 53 días después de trasplante

Fuente: Autores 2019.

3.1.7. PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO

En el procesamiento de datos obtenidos en la evaluación de los parámetros morfofisiológicos se realizó después del trasplante con intervalos de 7 días, los datos se registraron en una hoja de campo y se procesaron en el software Statgraphics Centurion XVI. Todas las variables evaluadas fueron sometidas al análisis de varianza (ANOVA) y la separación de medias, en las variables que resultaron estadísticamente significativa se realizó la prueba de rango múltiple Tukey a un nivel de significancia de ($p \geq 0,05$).

CAPÍTULO IV

4.1. RESULTADOS ESPERADOS

4.1.1. SUPERVIVENCIA DE PLANTAS

En el desarrollo de la investigación se utilizaron 192 plantas en el sistema vertical, de las cuales quedaron 184 plantas al final del experimento con un 95,83% de supervivencia, cabe mencionar que la disminución de plantas fue causada por el aumento de insectos plaga que ataco al sistema vertical. En la Figura 13 se observa que el tratamiento T4 (100% tierra de bosque) presenta el menor número de plantas vivas al final de la investigación, seguido del tratamiento T2 (50% compost porcino + 50% tierra de bosque) y T3 (75% compost porcino + 25% tierra de bosque). Siendo en tratamiento T1 (100% compost porcino) el que presenta el mayor número de plantas vivas.

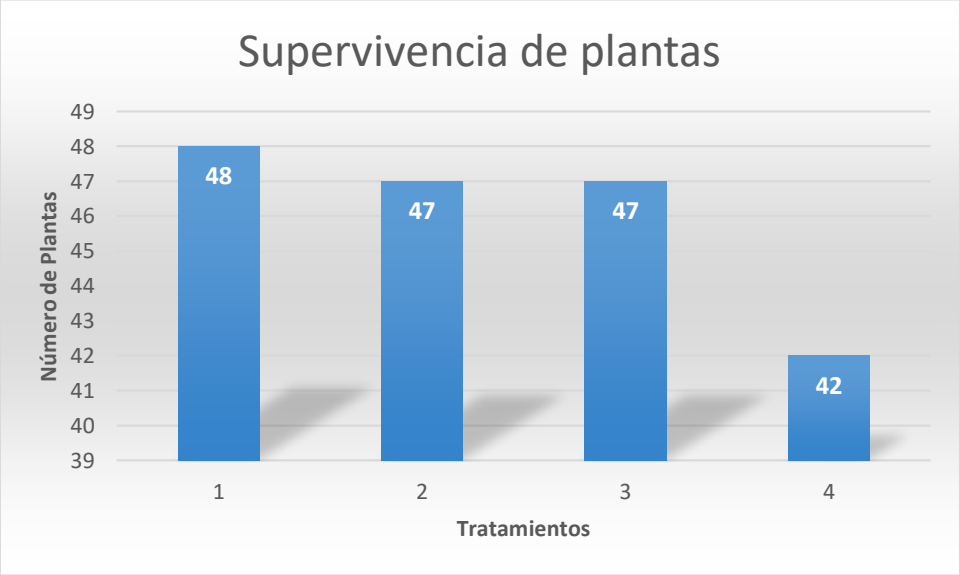


Figura 13. Supervivencia de plantas por tratamiento.

Siendo estos sustratos propicios a la adaptabilidad de las posturas de acelga en condiciones de producción vertical, utilizando para esta caña guadua en las cuales se pudo visualizar un desarrollo adecuado de esta variedad. Estos datos concuerdan a lo planteado por Sifuentes (2014), el cual expresa que para el cultivo de acelga en Mexico bajo condiciones de cultivo hidropónico en mangas verticales obtuvo tasas de supervivencias del 97% para el sustrato agrolita y un 92,7% en el sustrato tezontleuras.

4.1.2. ALTURA DE LA PLANTA A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 14 se puede observar el comportamiento en altura del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos desde los 12 días hasta los 53 días después del trasplante (ddt). En el Anexo 1 se encuentran los ANOVAs para la variable altura, los cuales indican que no existió diferencia significativa entre los tratamientos estudiados a los 12 días después del trasplante. Observándose en la figura 14 que el tratamiento de mayor altura promedio, correspondió al T3 con 3,61 cm. En cambio, a los 53 días se visualiza diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4, además de los tratamientos T2 y T4 siendo el de mayor altura el T1 con 21,76 cm y de menor altura promedio el T4 con 12,74 cm a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Estos resultados pueden estar dados por las características del compost, que le aporta a la planta los nutrientes necesarios desde su establecimiento hasta la cosecha. Estos datos no corresponden a los planteado por Pacheco (2018b), el cual expresa que para el cultivo de acelga en Bolivia bajo condiciones de produccion vertical a diferentes distancias en ambiente protegido, las alturas varian de 5 a 8 cm a los 21 días y de 20 a 30 cm a los 50 ddt para los diferentes tratamiento. Esto puede deberse al diferente uso de sustrato el cual consistió en tierra del lugar (25%), tierra negra (25%), estiércol bovino (25%) y arena (25%).

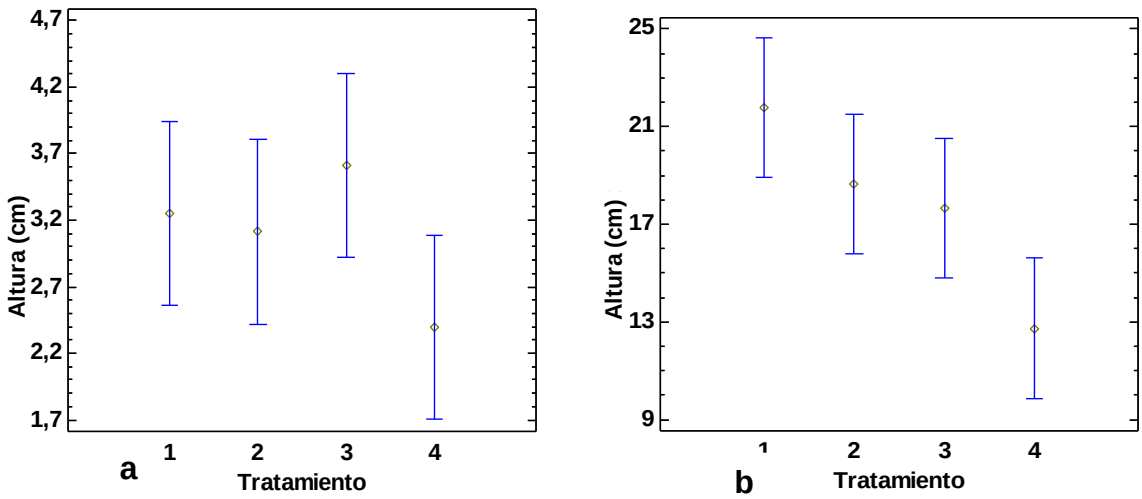


Figura 14. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable altura de plantas de acelga (cm) por tratamientos, a. 12 días después del trasplante y b. 53 días después de trasplante.

4.1.3. NÚMERO DE HOJAS A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 15 se puede observar que el comportamiento en cuanto al número de hojas del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos desde los 12 días hasta los 53 días después del trasplante. En el Anexo 2 contiene los ANOVAs para la variable número de hojas, los cuales indican que a los 12 días después del trasplante no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados. Visualizándose en la figura 15 que los tratamientos T1 y T3 presentaron el mayor número de hojas promedio 2,5. A los 53 ddt tampoco se observan diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, sin embargo, el tratamiento con mayor número de hojas promedio es el T2 con 4,9 y el de menor número de hojas promedio fue T4 con 4,25 a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Estos resultados pueden estar influenciados por las condiciones climáticas de la zona desde su establecimiento hasta la cosecha. Los valores no concuerdan con Zambrano (2016) el cual expresa que para el cultivo de acelga en Ecuador bajo condiciones de sistema hidropónico obtuvo a partir de los 15 días despues del trasplante un numero promedio de hojas que varía de 4,37 a 5,15 y 11,91 a 12,16 a los 45 ddt para las variedades T1 (Fordhook Giant), T2 (Large Ribbed White) y T3 (Verde Bressane).

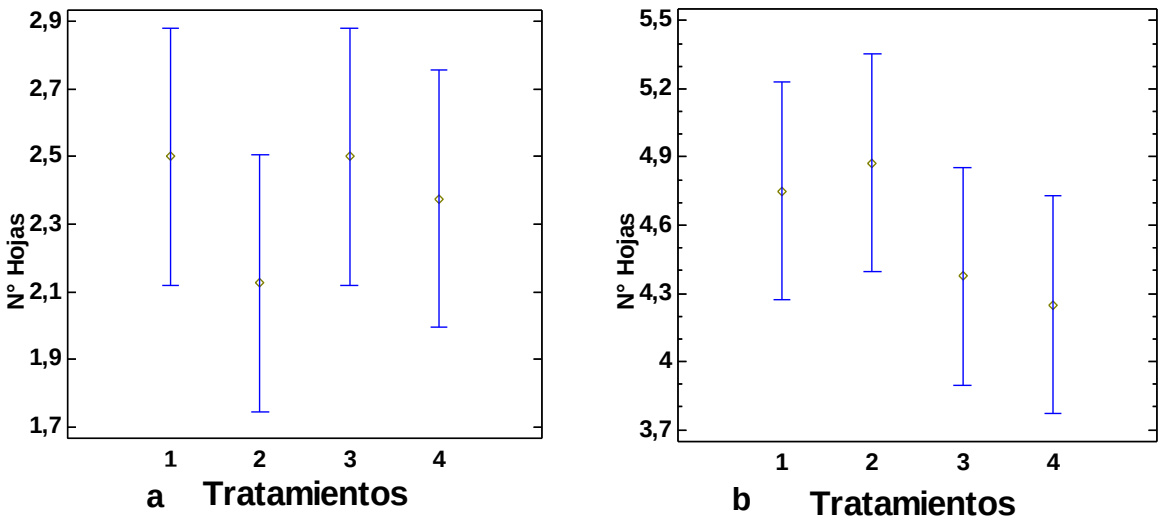


Figura 15. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable número de hojas de plantas de acelga por tratamientos, a. 12 días después del trasplante y b. 53 días después de trasplante.

4.1.4. LARGO DE HOJAS A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 16 se puede observar que el comportamiento del largo de hojas de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos desde los 12 días hasta los 53 días después del trasplante. En el Anexo 3 se consignan lo ANOVAs para la variable largo de hoja sin pecíolo, los cuales mostraron que existen diferencias significativas a los 12 ddt entre los tratamientos T1 y T4, visualizándose que el tratamiento con mayor largo de hoja sin pecíolo promedio corresponde al T1 con 2,40 cm y el de menor longitud promedio de hojas fue T4 con 1,55 cm. A los 53 ddt se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos estudiados T1 y T4, siendo el tratamiento con mayor largo promedio de hojas T1 con 11,17 cm y el de menor longitud de hojas sin pecíolo fue T4 con 7,29 cm a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Estos resultados pueden estar dados por el periodo de iluminación que el cultivo necesita durante el desarrollo vegetativo. Estos datos no corresponden a lo planteado por Troya (2014) quien expresa que para el cultivo de acelga en Ecuador bajo condiciones de sistema hidropónico de raiz flotante obtuvo a partir de los 30 ddt un largo promedio de hojas que varía de 5,6 a 8,4 cm y a partir de los 60 ddt un largo promedio de hojas que osciló de 32,1 a 47,1 cm para las variedades T1 (Fordhook Giant), T2 (Bali acelga).

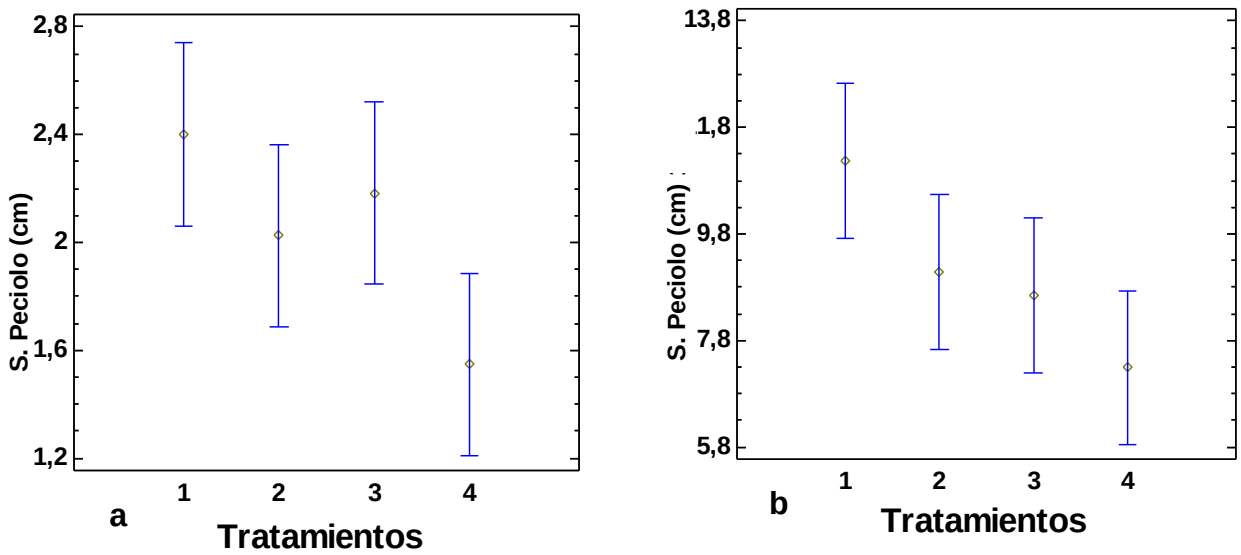


Figura 16. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable largo de la hoja sin pecíolo (cm) por tratamientos, a. 12 días después del trasplante y b. 53 días después de trasplante.

4.1.5. ANCHO DE HOJAS A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 17 se puede observar el comportamiento del ancho promedio de hojas del cultivo de acelga en producción vertical con diferentes sustratos desde los 12 días hasta los 53 días después del trasplante. El Anexo 4 contiene los ANOVAs para la variable ancho de hojas, que destacan la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4, T2 y T4, además, T3 y T4, siendo el tratamiento de mayor ancho promedio de hojas T1 con 1,37 cm y T4 con 0,69 cm el tratamiento de menor ancho de hoja. A los 53 ddt se visualiza diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T3, además de los tratamientos T1 y T4, siendo el de mayor ancho promedio de hoja el T1 con 6,03 cm y el T4 con 4,04 cm el de menor ancho promedio a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Estos resultados pueden estar dados por el sistema de producción vertical con una distancia de 15 cm entre plantas durante todo el ciclo productivo de la acelga. Estos datos no concuerdan con Aduviri (2016) quien menciona que para el cultivo de acelga en Bolivia bajo condiciones de fertilizacion foliar orgánica en sistema hidropónico obtuvo a partir de los 62 ddt un ancho promedio de hojas que varía de 12,67 a 12,96 cm para los tratamientos N1, N2 y N3 (20%, 40% y 60% de té de humus de lombriz respectivamente).

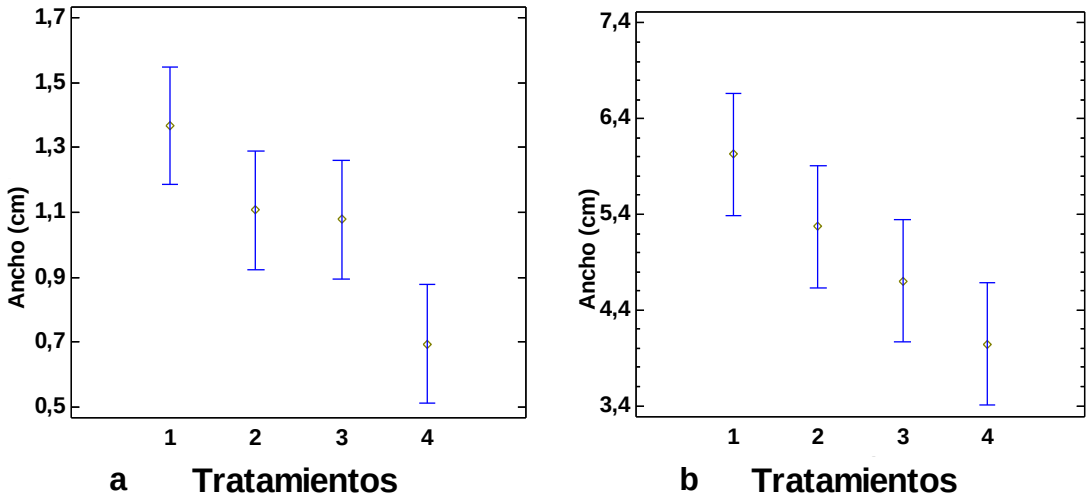


Figura 17. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable ancho de la hoja (cm) por tratamientos, a. 12 días después del trasplante y b. 53 días después de trasplante.

4.1.6. ÁREA FOLIAR A LOS 12 Y 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 18 se puede observar que el comportamiento en cuanto al área foliar del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos desde los 12 días hasta los 53 días después del trasplante. En el Anexo 5 se encuentran los ANOVAs para la variable área foliar, que señala que existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4, además de los tratamientos T3 y T4, siendo el tratamiento con mayor área foliar promedio T1 con 5,99 cm^2 y el de menor área foliar promedio T4 con 1,83 cm^2. A partir de los 53 días después del trasplante se presenta diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4, siendo el tratamiento T1 con 245,16 cm^2 el de mayor área foliar promedio y T4 con 101,47 cm^2 el tratamiento de menor área foliar promedio a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$.

Estos resultados pueden estar dados por las características agroclimáticas de la zona las cuales influyen directamente en el desarrollo vegetal de la acelga desde su establecimiento hasta la cosecha. Estos valores no concuerdan con Aduviri (2016) quien menciona que para el cultivo de acelga en Bolivia bajo condiciones de fertilizacion foliar organica en sistema hidropónico obtuvo a partir de los 62 ddt un área foliar promedio que varían de 393,45 a 466,88 cm^2 para las variedades V1 y V2 (Fordhoock Giant y Large White Ribbed).

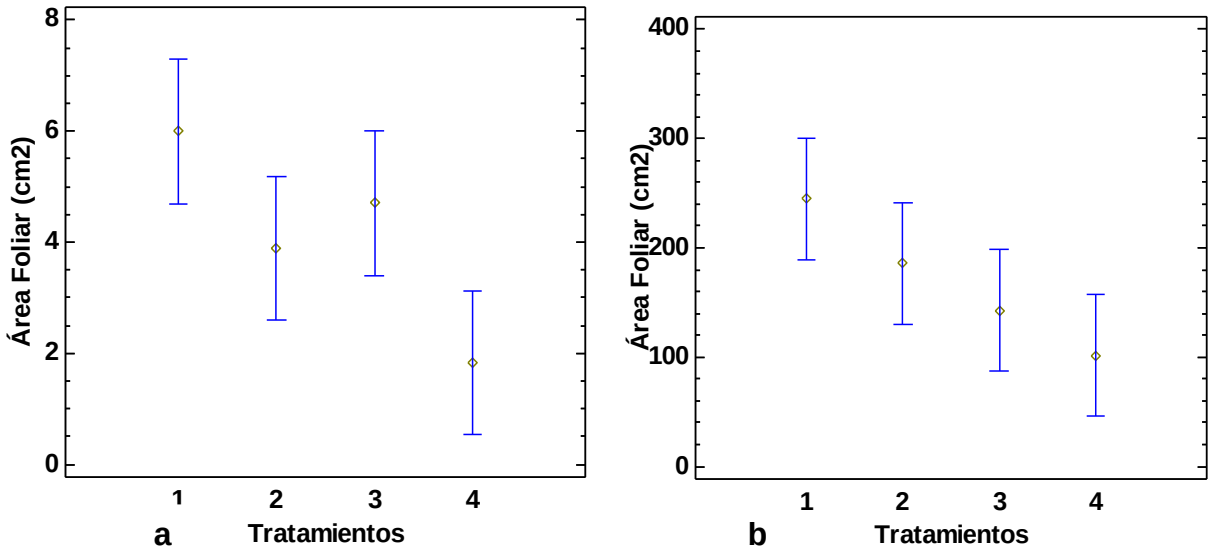


Figura 18. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable área foliar (cm^2) por tratamientos, a. 12 días después del trasplante y b. 53 días después de trasplante.

4.1.7. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR (IAF) A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 21 se muestra el comportamiento del índice de área foliar del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos a los 53 días después del trasplante. En el Anexo 6 se consignaron el ANOVA para la variable índice a área foliar, el cual indica que existen diferencias significativas entre los tratamientos T1 y T4, siendo el tratamiento T1 el de mayor IAF 1,08 y el T4 con 0,45 el de menor IAF a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Según Díaz (2008) el IAF de las variedades varió de acuerdo con las condiciones ambientales que se presentaron en cada región durante el desarrollo del cultivo, manejo agronómico por parte de los productores y la interacción ambiente por manejo en cada localidad.

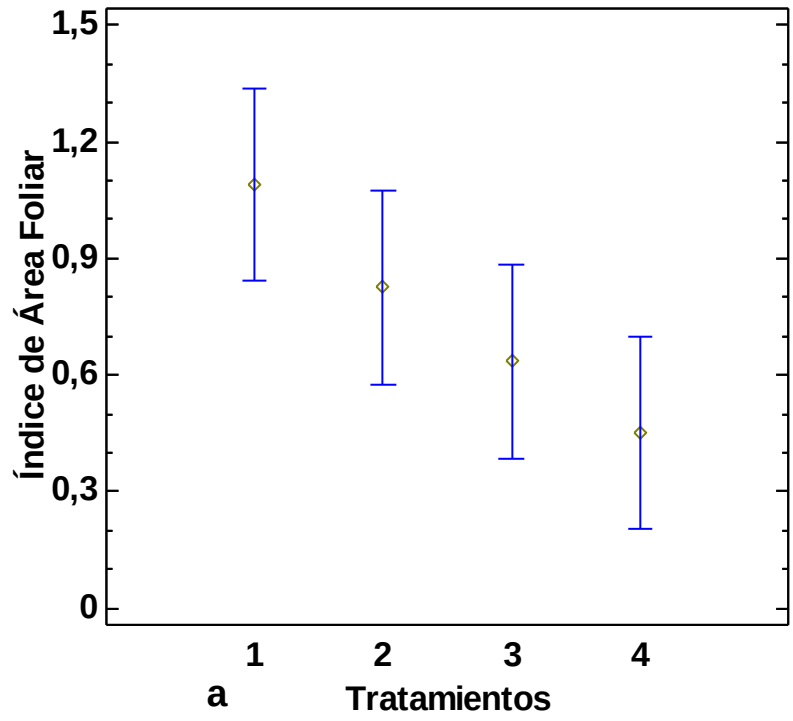


Figura 21. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable índice de área foliar por tratamientos, a. 53 días después de trasplante.

4.1.8. PESO DE MASA VERDE A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 19 se puede observar que el comportamiento en cuanto al peso de materia verde del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos a los 53 días. En el Anexo 7 se encuentra el ANOVA para la variable peso de masa verde, el cual muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados a los 53 días después del trasplante, observándose que el tratamiento de mayor peso de masa verde corresponde al T2 con 18,43 g/planta y el T4 con 8,3 g/planta el tratamiento de menor peso de masa verde a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Estos resultados pueden estar dado por las características del compost, que le aporta a la planta los nutrientes necesarios desde su establecimiento hasta la cosecha. Según Barrientos, Castillo & García (2015) en su análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero, mencionan que la acumulación y distribución de biomasa en los vegetales son características genotípicas fácilmente afectadas por el ambiente y su interacción.

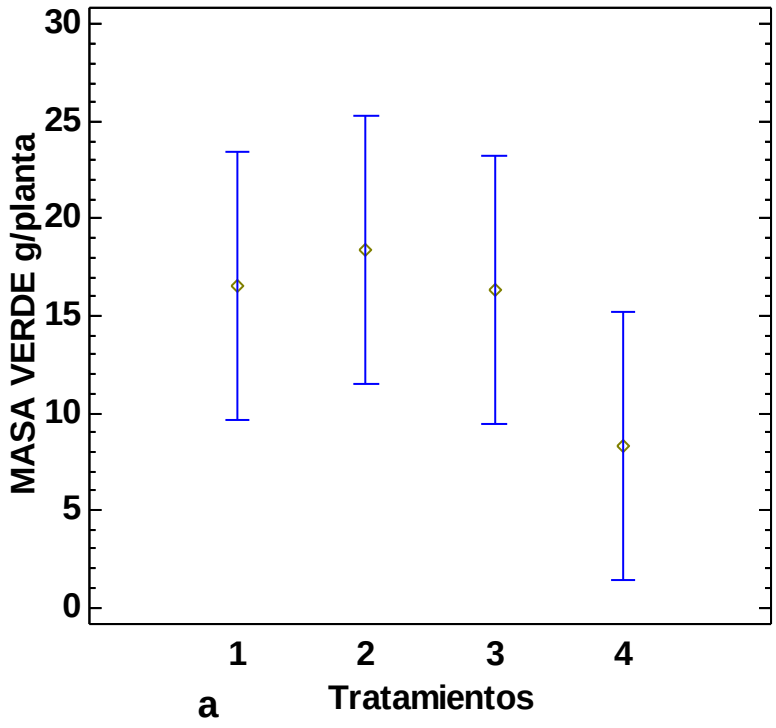


Figura 19. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable masa verde (g/planta) por tratamientos, a. 53 días después de trasplante.

4.1.9. PESO DE MASA SECA A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 20 se puede observar el comportamiento en cuanto al peso de masa seca del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos a los 53 días después del trasplante. En el Anexo 8 consta el ANOVA para la variable peso de masa seca, el cual señala que no existen diferencias significativas entre los tratamientos estudiados a los 53 días después del trasplante, visualizándose que el tratamiento T2 con 0,89 g/planta es el de mayor peso de masa seca y el T4 con 0,43 g/planta el de menor peso de masa seca a un nivel de significancia de $p \leq 0,05$. Al comparar el resultado con el análisis de masa verde se determina que las plantas T1 presenta 95,05% de humedad, T2 95,17% de humedad, T3 95,28% de humedad y T4 94,81% de humedad.

Los resultados pueden estar dado por la variedad de acelga utilizada durante la investigación. Estos datos son superiores a lo planteado por Pacheco (2018b) quien menciona que para el cultivo de acelga en Bolivia bajo contenedores verticales a diferentes distancias en ambiente protegido obtuvo a los 50 días despues del trasplante 92,2% de contenido de agua.

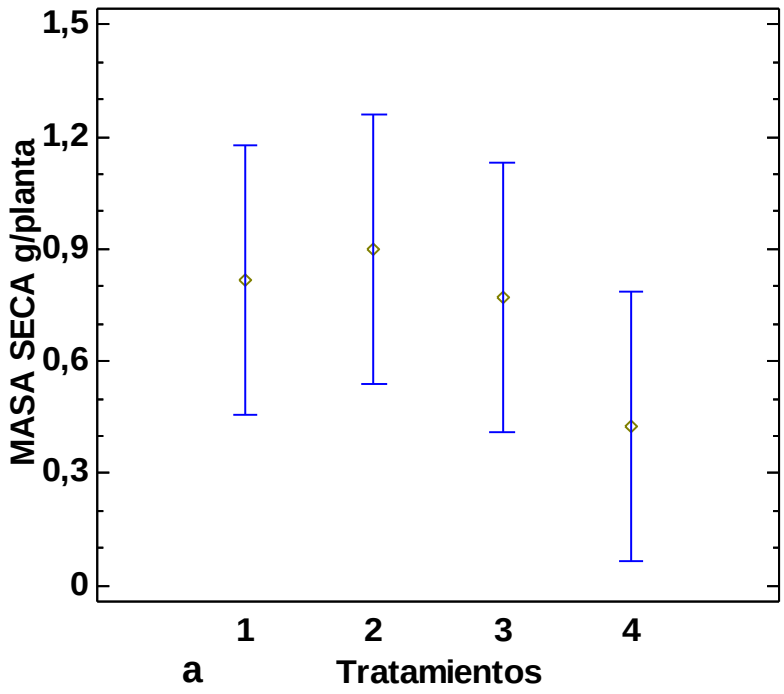


Figura 20. Prueba de rango múltiple Tukey $p \leq 0,05$ para la variable masa seca (g/planta) por tratamientos, a. 53 días después de trasplante.

4.1.10. RENDIMIENTO AGRÍCOLA A LOS 53 DÍAS DESPUÉS DEL TRASPLANTE

En la Figura 22 se puede observar el comportamiento en cuanto al rendimiento agrícola del cultivo de acelga en producción vertical con el uso de diferentes sustratos a los 53 días después del trasplante se presentan diferencias significativas entre los tratamientos estudiados, además se visualiza que tratamiento con mayor rendimiento agrícola corresponde al T2 con un peso de 0,82 kg/m^2 (8,2 t/ha), seguido por el tratamiento T3 con un peso de 0,73 kg/m^2 (7,3 t/ha). Siendo el tratamiento T4 el de menor peso 0,37 kg/m^2 (3,2 t/ha).

Los valores pueden estar dado por la cantidad de sustrato utilizado para el desarrollo de las plantas y por el área neta para el desarrollo de la planta. Estos datos no concuerdan con Troya (2014) quien menciona que para el cultivo de acelga en Ecuador bajo condiciones de sistema hidropónico de raíz flotante obtuvo a partir de los 60 ddt un rendimiento que varía entre 0,10 a 0,26 kg/m^2 para las variedades de acelga T1 (Fordhook Giant) y T2 (Bali acelga).

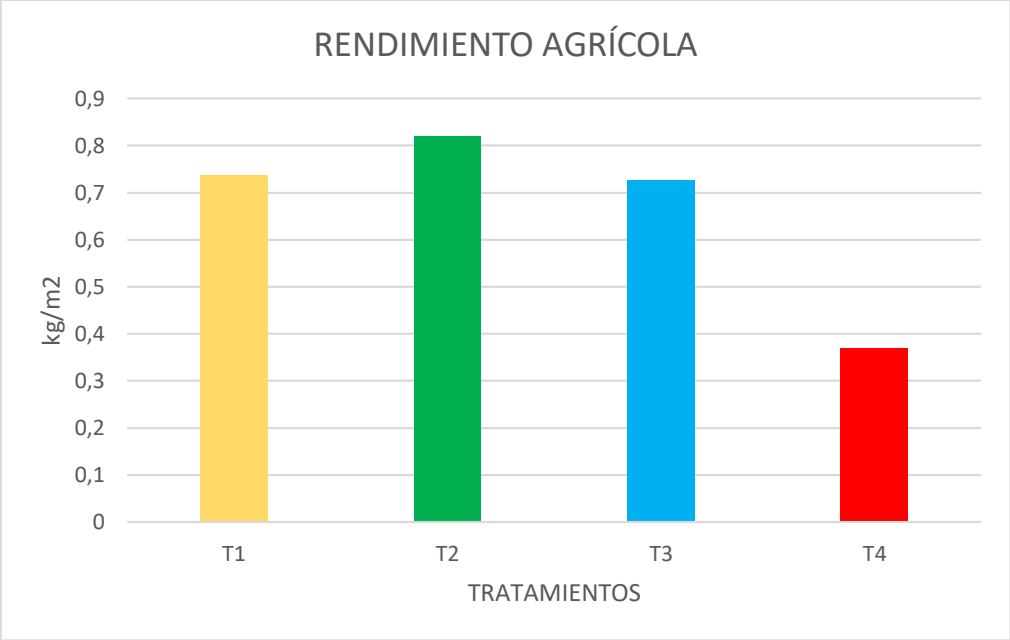


Figura 22. Rendimiento agrícola kg/m^2 por tratamientos a los 53 días después del trasplante.

CAPÍTULO V

5.1. CONCLUSIONES

- Con el uso de abonos orgánicos en la producción vertical de acelga se obtuvo una supervivencia de 95,83%.
- El tratamiento de mejor comportamiento en la producción vertical de acelga resulto ser el T1, utilizando compost porcino, para los indicadores de altura (21,76 cm), largo de hojas (11,17 cm), ancho de hojas (6,03 cm), área foliar (245,16 cm^2) y IAF (1,08).
- Para la producción del cultivo objeto de estudio en cuanto a parámetros fisiológicos resulto ser el T2 con un rendimiento de 0,82 kg/m^2.

5.2. RECOMENDACIONES

- Estudiar incidencia de plagas y enfermedades en la producción vertical del cultivo de acelga y control biológico con *Trichoderma sp*.
- Utilizar materiales que permitan una mayor capacidad de sustrato para evaluar el comportamiento morfofisiológico de la acelga en el sitio establecido.
- Comprobar la fertilización química en el desarrollo del cultivo bajo condiciones amazónica controladas en producción vertical.

CAPÍTULO VI

6.1. BIBLIOGRÁFIA

Aduviri, P. (2016). *Evaluación de dos variedades de acelga (Beta vulgaris* L. var. Cicla.*), bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico en sistema hidropónico NFT, en COTA COTA* (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Alemán, R., Domínguez, J., Rodríguez, Y., Soria, S., Torres, R., César, J.,.. Alba, J. (2018). Indicadores morfofisiológicos y productivos del pimiento sembrado en invernadero y a campo abierto en las condiciones de la Amazonía ecuatoriana. *Centro Agricola*, *45*(1), 14-16.

Alemán, R., Bravo. C., & Oña. M. (2014). Posibilidades de producir hortalizas en la Región Amazónica del Ecuador, provincia Pastaza. *Centro Agrícola*, *41*(1), 71-76.

Barrientos, H., Castillo, C., & García, M. (2015). Análisis de crecimiento funcional, acumulación de biomasa y translocación de materia seca de ocho hortalizas cultivadas en invernadero. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *2*(1), 7-86.

Beltrano, J. (2015). *Cultivos en Hidroponía.* Disponible en http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1. Recuperado el 15 de Septiembre de 2019.

Cajamar. (2014). *Cultivo de acelga.* Disponible en https://www.cajamar.es/pdf/bd/agroalimentario/innovacion/investigacion/documentos-y-programas/boletin-huerto-102-1496654218.pdf. Recuperado el 05 de Octubre de 2019.

Córdova, T. (2015). *Uso de estiércol caprino y bocashi en el cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla Pers). en el colegio de bachillerato Puyango de la Parroquia Alamor* (tesis de grado). Universidad Nacional de Loja, Paltas, Ecuador.

Cortés, J. (2015). El crecimiento urbano de las ciudades: enfoques desarrollista, autoritario, neoliberal y sustentable. *Paradigma económico*, 71(1), 127-149. Disponible en https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5926288. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019.

Díaz, E. (2008). Relación entre Índice de Área Foliar y Rendimiento en frijol bajo condiciones de Secano. *Agricultura Tecológica, 34*(1), 15-16.

Facility Global Biodiversity Information. (2019). *Taxonomía acelga*. Disponible en https://www.gbif.org/null. Recuperado el 02 de Octubre de 2019.

FAO. (2017a). *Ciudades para la vida: agricultura urbana y soberanía en el siglo XXI.* Disponible en http://www.fao.org/3/a-i7050s.pdf. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019.

FAO. (2017b). *Guía para construcción de invernaderos Fito toldos*. Disponible en http://www.fao.org/3/a-as968s.pdf. Recuperado el 24 de Noviembre de 2019.

FAO. (2012). *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura*. Diponible en www.fao.org/ag/agn/pflreporten/Ecuador/Importancereport.doc. Recuperado el 18 de Septiembre de 2019.

GADP. (2019). *Información de la provincia de Pastaza*. Disponible en https://pastaza.gob.ec/pastaza/informacion/informacion-de-la-provincia-de-pastaza/. Recuperado el 01 de Octubre de 2019.

García, M. (2013). *El cultivo de la acelga.* Disponible en https://alojamientos.uva.es/guia_docente/uploads/2013/446/42109/1/Documento.pdf. Recuperado el 05 de Octubre de 2019.

Gómez, M. (2010). *Guía de las Mejores Frutas y Hortalizas.* Disponible en http://www.frutas-hortalizas.com/pdf_SP10/guiafh2010.pdf. Recuperado el 12 de Octubre de 2019.

Hoyos, P. (2005). *Evolución de algunos parámetros morfológicos de la acelga recolectada hoja a hoja.* Disponible en http://www.aida-itea.org/index.php/revista/contenidos?idArt=189&lang=esp. Recuperado el 12 de Septiembre de 2019.

Murillo, L. (2013). *Respuesta del cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla) a la aplicación del sistema de Riego Deficitario Controlado en la zona de Babahoyo* (tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

Navarro, F. & Peña, L. (2011). *Vertical designs and agriculture joined for food production in the modules for urban vertical gardens.* Disponible en http://repositorios.rumbo.edu.co/handle/123456789/130111?show=full. Recuperado el 23 de Noviembre de 2019.

Pacheco, L. (2018a). *Evaluación del cultivo de acelga (Beta vulgaris var. cicla) en contenedores verticales a diferentes distacias en ambiente protegido en la localida de Alto Chijini en el Municipio de el Alto de departamento de la Paz* (tesis de grado). Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia.

Pacheco, L. R. (2018b). Producción de acelga (Beta vulgaris) en sistema vertical a diferentes distancias en ambiente protegido. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, *5*(2), 101-116.

Proaño, F. (2015). *Respuesta del cultivo de acelga (Beta vulgaris var. Cicla* L.*) a la fertilización orgánica foliar* (tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

Servicio Regional de Investigacion y Desarrollo Agroalimentario, SERIDA. (2017). Cultivo de la acelga. *Tecnología Agroalimentaria Boletín Informativo 19*(1), 15-16. Disponible en http://www.serida.org/pdfs/7101.pdf. Recuperado el 18 de Noviembre del 2019.

Sifuentes, H. (2014). *Cultivo hidropónicoen mangas verticales de dos variedades de acelga y lechuga* (tesis de grado). Universidad Nacional Autónoma de México, México.

Troya, R. (2014). *Adaptación y comportamiento agronómico de dos variedades de acelga (Beta vulgaris), sembradas mediante sistema hidropónico de raíz flotante, en la zona de Babahoyo* (tesis de grado). Universidad Técnica de Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

Zambrano, J. (2015). *Recetario para la soberaná alimentaria.* Disponible en http://www.elperroylarana.gob.ve/recetario-para-la-soberania-alimentaria/. Recuperado el 22 de Noviembre de 2019.

Zambrano, J. (2016). *Evaluación de tres variedades de acelga (Beta vulgaris L.) cultivadas en el sistema hidropónico* (tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

CAPÍTULO VII

ANEXOS.

Anexo 1. Análisis estadístico en cuanto a la altura de la acelga a los 12 y 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para Altura (cm) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	6,20125	3	2,06708	2,01	0,1348
Intra grupos	28,7375	28	1,02634		
Total (Corr.)	34,9387	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Altura (cm) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	2,4	X
2	8	3,1125	X
1	8	3,25	X
3	8	3,6125	X

Tabla ANOVA para Altura (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	336,104	3	112,035	6,37	0,0020
Intra grupos	492,495	28	17,5891		
Total (Corr.)	828,599	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Altura (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamiento	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	12,7375	X
3	8	17,6375	XX
2	8	18,6375	X
1	8	21,7625	X

Anexo 2. Análisis estadístico en cuanto al número de hojas en la acelga a los 12 y 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para N° Hojas por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	0,75	3	0,25	0,80	0,5043
Intra grupos	8,75	28	0,3125		
Total (Corr.)	9,5	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para N° Hojas por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
2	8	2,125	X
4	8	2,375	X
3	8	2,5	X
1	8	2,5	X

Tabla ANOVA para N° Hojas por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	2,125	3	0,708333	1,44	0,2515
Intra grupos	13,75	28	0,491071		
Total (Corr.)	15,875	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para N° Hojas por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	4,25	X
3	8	4,375	X
1	8	4,75	X
2	8	4,875	X

Anexo 3. Análisis estadístico en cuanto al largo de hojas en la acelga a los 12 y 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para S. Pecíolo (cm) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	3,15881	3	1,05294	4,25	0,0135
Intra grupos	6,93309	28	0,24761		
Total (Corr.)	10,0919	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para S. Pecíolo (cm) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	1,5475	X
2	8	2,025	XX
3	8	2,18375	XX
1	8	2,4025	X

Tabla ANOVA para S. Pecíolo (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	62,1172	3	20,7057	4,58	0,0099
Intra grupos	126,564	28	4,52013		
Total (Corr.)	188,681	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para S. Pecíolo (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	7,29	X
3	8	8,64875	XX
2	8	9,0825	XX
1	8	11,1725	X

Anexo 4. Análisis estadístico en cuanto al ancho de hojas de la acelga a los 12 y 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para Ancho (cm) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	1,85031	3	0,616771	8,60	0,0003
Intra grupos	2,00917	28	0,0717562		
Total (Corr.)	3,85949	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ancho (cm) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	0,69375	X
3	8	1,07875	X
2	8	1,1075	X
1	8	1,3675	X

Tabla ANOVA para Ancho (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	17,0469	3	5,68229	6,53	0,0017
Intra grupos	24,3686	28	0,870308		
Total (Corr.)	41,4155	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ancho (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	4,0425	X
3	8	4,70375	X
2	8	5,27125	XX
1	8	6,02625	X

Anexo 5. Análisis estadístico en cuanto al área foliar de la acelga a los 12 y 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para Área Foliar (cm2) por Tratamientos a los 12 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	73,1958	3	24,3986	6,81	0,0014
Intra grupos	100,336	28	3,58342		
Total (Corr.)	173,531	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ancho (cm) por Tratamientos a los 12 días después de trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	1,82922	X
2	8	3,88069	XX
3	8	4,70094	X
1	8	5,99309	X

Tabla ANOVA para Área Foliar (cm2) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	90616,5	3	30205,5	4,52	0,0105
Intra grupos	187124,	28	6682,99		
Total (Corr.)	277740,	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Ancho (cm) por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	101,468	X
3	8	142,786	XX
2	8	185,705	XX
1	8	245,161	X

Anexo 6. Análisis estadístico en cuanto al índice de área foliar de la acelga a los 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para Índice de Área Foliar por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	1,78996	3	0,596652	4,52	0,0105
Intra grupos	3,69627	28	0,13201		
Total (Corr.)	5,48623	31			

Pruebas de Múltiple Rangos para Índice de Área Foliar por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	8	0,450968	X
3	8	0,634606	XX
2	8	0,825354	XX
1	8	1,0896	X

Anexo 7. Análisis estadístico en cuanto a la materia verde de la acelga a los 53 días en producción vertical.

Tabla ANOVA para MASA VERDE g/planta por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	243,267	3	81,0891	1,88	0,1875
Intra grupos	518,71	12	43,2258		
Total (Corr.)	761,977	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para MASA VERDE g/planta por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	4	8,3	X
3	4	16,32	X
1	4	16,5725	X
2	4	18,4275	X

Anexo 8. Análisis estadístico en cuanto a la materia seca de la acelga a los 53 días en producción vertical

Tabla ANOVA para MASA SECA g/planta por Tratamientos a los 53 días después del trasplante

Fuente	*Suma de Cuadrados*	*Gl*	*Cuadrado Medio*	*Razón-F*	*Valor-P*
Entre grupos	0,51345	3	0,17115	1,46	0,2758
Intra grupos	1,41105	12	0,117588		
Total (Corr.)	1,9245	15			

Pruebas de Múltiple Rangos para MASA SECA g/planta por Tratamientos

Método: 95,0 porcentaje Tukey HSD

Tratamientos	*Casos*	*Media*	*Grupos Homogéneos*
4	4	0,4275	X
3	4	0,77	X
1	4	0,815	X
2	4	0,8975	X