

INTRODUCCIÓN

El crecimiento demográfico en Bolivia aumentó entre 1960 y 2020 de 3.66 millones a 11.67 millones de habitantes, esto representa un aumento del 219.2% en 60 años, por lo tanto, los requerimientos de alimentos también han incrementado, tanto en cantidad como en calidad. Para cubrir estas necesidades, se acude al aumento de áreas de explotación, al uso eficiente de los suelos o a la aplicación de nuevas técnicas de cultivo (DatosMundial.com, s.f.).

Las hortalizas son una fuente rica en nutrientes, vitaminas y otros, los cuales aportan al cuerpo muchos beneficios como ser: reconstrucción de tejidos (proteínas), producir energía (carbohidratos), regular funciones corporales (vitaminas), tener una buena digestión (fibras), por estas cualidades las hortalizas juegan un papel importante en nuestra dieta. Los expertos recomiendan consumir como mínimo 400 gramos de hortalizas al día (World Health Organization, 2013).

La acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) es una de las hortalizas más nutritivas ya que tiene vitaminas A, B9 y K, hierro, calcio, potasio, magnesio, fibra entre otros. Permite mejorar la salud como la visión, el corazón y la piel; también evita el estreñimiento, colesterol, calambres y permite un buen desarrollo en el embarazo.

La acelga también se puede producir a través de la hidroponía que es un sistema de producción en el cual las plantas no se encuentran adheridas al suelo, sino en un sustrato inerte o en la solución nutritiva utilizada. En la solución nutritiva, se encuentran disueltos los elementos necesarios para el crecimiento de la planta.

En los últimos años se ha generalizado la implementación de cultivos hidropónicos en el país, ya que es una alternativa para incrementar la producción, pero cuenta con una problemática, los escasos estudios científicos y su poca difusión sobre esta técnica en la región, hacen de esta alternativa un tema complejo y a veces imposible de implementar en Bolivia.

JUSTIFICACIÓN

La hidroponía es un método de cultivo sin tierra que otorga un sistema eficiente para producir verduras, frutas, flores, hierbas aromáticas, ornamentales de excelente calidad y en espacios reducidos sin alterar el medio ambiente.

En un sistema hidropónico las plantas deben poseer condiciones ambientales controladas, con el fin de ayudar a la planta en un crecimiento acelerado y sano, así mismo la calidad del agua es importante, ya que es el medio, en donde la planta desarrollará todo su periodo vegetativo. El uso y aportación de fertilizantes hidrosolubles, para la conformación de soluciones nutritivas es muy importante, ya que de estos dependerán plenamente la producción y la vitalidad de la planta, por lo cual el cálculo y la aplicación racionalizada de estas es base fundamental para el crecimiento y producción del cultivo hidropónico.

La producción de acelga en sistema hidropónico es una alternativa que tiene muchas ventajas en comparación con la convencional, ya que otorga mayor calidad a la planta de una forma más amigable con el medio ambiente.

Con el crecimiento demográfico de los últimos años y la exigencia por productos de calidad, la producción de acelga en cultivo hidropónico, es una alternativa para el productor que no cuenta con una gran superficie de terreno y quiera obtener una mayor producción y de esta forma poder satisfacer las necesidades del mercado.

La siguiente investigación sobre el cultivo de acelga hidropónica en el sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente) en estructuras piramidal y horizontal, busca generar información suficiente para elegir la estructura y variedad más recomendable para una mayor producción.

Los beneficiarios de esta investigación serán los estudiantes que busquen información sobre este cultivo y también las personas que quieran emprender un negocio en cultivos hidropónicos con esta investigación tendrán las bases suficientes para llevar a cabo su emprendimiento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El aumento de la población mundial, el calentamiento global, la contaminación del agua y la desertificación de los suelos, son efectos que se está viviendo hoy en día, por lo cual, la búsqueda de nuevas técnicas de producción agrícolas, son importantes para poder obtener mayor cantidad de alimentos, sin descuidar la calidad de estos, es por eso, que, el uso de técnicas alternativas es una gran solución a esta problemática. La hidroponía viene a ser una técnica importante para combatir los problemas de la actualidad, ya que un correcto estudio de esta, dará la solución. Al no existir estudios en base a la producción hidropónica de acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla) en el país, fundamentado en el uso y aportación de los nutrientes mediante una solución nutritiva con la presencia de N, P y K, para asegurar un adecuado crecimiento y mejorar la productividad del cultivo.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Evaluar el comportamiento de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* L var. Cicla) en cultivo hidropónico con el sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente), en dos estructuras piramidal y horizontal con el fin de determinar la estructura y variedad más adecuada para el cultivo.

Objetivos Específicos

- Determinar cuál de las dos variedades de acelga tiene mejor rendimiento en cultivo hidropónico en el sistema NFT (Técnica de la Película de Nutriente).
- Determinar el comportamiento de la acelga en las dos estructuras de cultivo piramidal y horizontal.
- Determinar la estructura y la variedad más adecuadas para una mayor producción de acelga.

HIPÓTESIS

Existe diferencia significativa en el rendimiento de la acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) en cultivo hidropónico con el sistema NFT, en dos estructuras piramidal y horizontal.

CAPÍTULO I

MARCO TEORICO

1.1. CULTIVO DE LA ACELGA

1.1.1. Origen de la acelga

El origen de la acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) está vinculado a las tierras bañadas por el mar Mediterráneo, sur de Europa y norte de África. Algunos expertos consideran Italia como primera referencia para su utilización en la alimentación. También se encuentran textos que hablan del consumo de esta verdura en Mesopotamia durante el siglo IX a.C. Las acelgas han supuesto un aporte alimenticio para animales y humanos desde el Neolítico, aprovechando sus hojas y raíces. Durante la antigüedad fue habitual su consumo en Egipto, Grecia, Roma o el mundo árabe quienes fueron los primeros en iniciar su cultivo hacia el 600 a.C. (Seymour, 1980).

1.1.2. Importancia del cultivo de la acelga

Las hortalizas de hoja verde son un importante componente de una dieta saludable, ya que son una fuente importante de vitaminas, minerales y nutrimentos, es por ello que de manera internacional se promueve su consumo para mejorar la nutrición. Su consumo regular puede ayudar a prevenir enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer (Vigliola, 1985).

Las acelgas son un alimento de alto valor nutritivo y bajo aporte calórico. Contiene fibra soluble, que favorece el tránsito intestinal y previene el estreñimiento. También son un importante antioxidante rico en yodo, calcio y magnesio. Como las espinacas, esta verdura también es fuente de hierro. Destaca la presencia de vitamina C, imprescindible para poder absorber el hierro. Y pro-vitamina A, que ayuda a fortalecer huesos, piel, cabello y vista (Espinoza, 2020).

1.1.3. Descripción Taxonómica

Reino:	Vegetal
Phylum:	Telemophytae
División:	Tracheophytae
Sub división:	Anthophyta
Clase:	Angiospermae
Sub clase:	Dicotyledoneae
Grado evolutivo:	Archichlamideae
Grado de órdenes:	Corolinos
Orden:	Centrospermales
Familia:	Quenopodiaceae
Nombre científico:	Beta vulgaris L. var. cicla
Nombre común:	Acelga

Fuente: Herbario Universitario (T.B)

1.1.4. Características morfológicas

1.1.4.1. Raíz

Presenta una raíz pivotante, robusta y fibrosa, que logra un enraizamiento profundo en el suelo y que se diferencia de la remolacha porque esta no experimenta engrosamiento significativo en el sistema radicular (Infoagro, s.f.).

La acelga es una remolacha sin raíz comestible, es decir, una hortaliza que no presenta engrosamiento de la raíz como lo hace la remolacha. Las raíces pueden llegar hasta una profundidad de 90 cm en el suelo para una mejor obtención de nutrientes (Seymour, 1980).

1.1.4.2. Hojas

Las hojas constituyen la parte comestible de la planta, son grandes de forma oval tirando hacia acorazonada; tiene un peciolo o penca ancha y larga, que se prolonga en

el limbo, el color varía, según variedades, entre verde oscuro fuerte y verde claro (Franco, 2002).

Las hojas constituyen el órgano comestible junto al gran peciolo (también llamado penca) que las sostiene y que se extiende por el limbo. Son de gran tamaño y diámetro, con morfología generalmente ovalada o acorazonada y se agrupan en la base formando una roseta. Su coloración es variable que depende de la variedad, que pueden oscilar entre diferentes tonalidades de verdes, desde oscuros hasta claros, aunque también se pueden encontrar ejemplares con láminas foliares amarillas, los peciolos por su parte son de todos crema o blancos (Espinoza, 2020).

1.1.4.3. Inflorescencia y flor

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

La floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza un promedio de 1,30 m de altura. La inflorescencia esta compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El caliz es de color verdoso y esat compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos (Sánchez T. , 1999).

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

1.1.4.4. Fruto y semilla

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

Las semillas de la acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla) son muy pequeñas y están encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se la llama semilla (realmente es un fruto), que contiene de 3 a 4 semillas. En condiciones naturales la semilla mantiene su poder germinativo por unos cuatro años, pero puede conservarse hasta 10 años o más con un buen tratamiento. La cantidad de semillas producidas en una hectárea puede oscilar entre 1800 a 2000 kg (Soca, 2001, como se citó en Coila, 2017).

1.1.5. Requerimientos Edafoclimáticos

1.1.5.1. Temperatura

La acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias; le perjudica bastante los cambios bruscos de temperatura. Las variaciones bruscas de temperatura, cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie el segundo periodo de desarrollo, subiéndose a flor la planta (Flores, 2019).

La planta se hiela cuando las temperaturas son menores de -5°C y detiene su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5°C . En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27 a 33°C , con un medio óptimo entre 15 y 20°C . Las temperaturas de germinación están entre 5°C de mínima y 30 a 35°C de máxima, con un óptimo entre 18 y 22°C . (Infoagro, s.f.).

Se trata de un cultivo rústico, que se adapta a varias condiciones de clima. Resiste bien los rigores del invierno y los calores del verano, aun cuando en esta estación tiende a emitir tallos florales, a raíz de los cuales sus hojas adquieren un sabor amargo (Giacomo 2004, como se citó en Flores, 2019).

1.1.5.2. Humedad relativa

La mayoría de las plantas se desarrollan bien donde la humedad relativa del aire fluctúa entre un 30 y 70%, debajo de 30% las hojas y tallos se marchitan, en humedad por encima de 70% la incidencia de enfermedades es un serio problema para el cultivo (Hartmann, 1990).

1.1.5.3. Luminosidad

El cultivo de la acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) no requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de temperatura. La humedad relativa está comprendida entre 60 90% en cultivos en invernadero.

En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrollan bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne debido a la ausencia de invierno marcado en estas zonas (Infoagro, s.f.).

1.1.5.4. Suelo

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

1.1.6. Requerimientos nutricionales

Los requerimientos de nutrientes de la acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) están comprendidos entre los siguientes parámetros (Flores, 2019).

Para un rendimiento promedio de 11.2 Kg/m² requiere;

- 44 Kg/ha de N
- 9.9 Kg/ha de K

- 56.2 Kg/ha de P
- 16.8 Kg/ha de Ca

1.1.7. Variedades de acelga comerciales

1.1.7.1. Variedades de hojas crespas

Existen diversas variedades de hojas crespas entre ellas están las siguientes variedades (Rufino 2006, como se citó en flores, 2019):

- Lucullus. - Posee pencas blancas y hojas de color verde claro. Variedad muy productiva y sabrosa.
- Ruibarbo. – Pencas de color rojo oscuro y hojas verde brillante con envés rojizo.
- Amarillo de Lyon. – Es la variedad de acelga más ampliamente cultivada. Esta variedad produce hojas abundantes con las pencas de color blanco y las hojas verdes amarillentas.
- Gigante carmesí. – Hojas verde oscuro brillante. Tallo carmesí. Especialmente valiosa para comer tierna.
- Fordhook giant. – Hojas verde claro y pencas amarillas verdosas. Crece con rapidez y se adapta a muchos climas.

1.1.7.2. Variedades de hojas lisas

- Bressane. – Tiene hojas verdes, oscuras y pencas muy anchas.
- Carde Blanche. – Variedad francesa con hojas verde oscuras y pencas blancas.

Fuente: (Gutiérrez, 2000, como se citó en Flores, 2019).

1.2. HIDROPONÍA

1.2.1. Concepto de hidroponía

Etimológicamente el concepto hidroponía deriva del griego hydro (agua) y ponos (trabajo) lo cual significa literalmente trabajo o cultivo en agua. Hidroponía se define ahora como una técnica de cultivo de plantas sin uso de suelo. El cultivo hidropónico es un sistema de cultivo sin suelo en donde las plantas completan su ciclo vegetativo gracias al suministro adecuado de los requerimientos hídricos y nutricionales, a través

de la solución nutritiva. El concepto es equivalente al de “cultivos sin suelo”, y supone el conjunto de cultivo que emplean un medio inerte (orgánico o inorgánico), más el cultivo en agua (Alarcón, 2006).

1.2.2. Origen de la hidroponía

El primero registro documentado data de 1600 cuando Jan Ban Helmon, químico de origen belga registro experimentos donde concluyo que las plantas obtienen sustancias nutritivas del agua. Aunque muchos creen que el cultivo sin suelo empezó en la antigua Babilonia, con los famosos jardines colgantes que son considerados como una de las siete maravillas del mundo antiguo. También existe referencia de que en la antigua China se usaba esta técnica de cultivo específicamente en el cultivo del arroz, posteriormente el hallazgo de jeroglíficos egipcios que describen plantaciones sobre el agua a lo largo del río Nilo nos dan indicios de que el cultivo sin suelo es una técnica muy antigua.

1.2.3. Tipos de sistemas hidropónicos

1.2.3.1. Sistema recirculante o NFT

El término NFT son las iniciales de Nutrient Film Technique (la técnica de la película de nutriente). También se le conoce como sistema de recirculación continua. El principio del sistema consiste en recircular continuamente la solución por una serie de canales de PVC de forma rectangular y de color blanco, llamados canales de cultivo. En cada canal hay agujeros donde se colocan las plantas sostenidas por pequeños canastillos plásticos.

Los canales están apoyados sobre mesas o caballetes, y tienen una ligera pendiente que facilita la circulación de una solución, luego la solución es recolectada y almacenada en un tanque. Una electrobomba funciona continuamente durante las 24 horas del día (Tejerina, 2018).

1.2.3.2. Sistema raíz flotante

Es un sistema hidropónico por excelencia porque las raíces de las plantas sumergidas parcialmente en solución nutritiva. Se emplean planchas de plastofomo expandido, las

cuales flotan sobre la solución nutritiva que debe ser aireada con cierta frecuencia. La plancha actúa como soporte mecánico y cada una flota sosteniendo un determinado número de plantas. Este sistema ha sido adaptado para ser utilizado en proyectos de hidroponía social en diferentes países latinoamericanos, generalmente para cultivar hortalizas de hojas. (FOCIR,2005).

1.2.3.3. Sistema aeropónico

Este sistema consiste en colocar un cilindro de PVC u otros materiales en posición vertical, con perforaciones en las paredes laterales por donde se introducen las plantas al momento de realizar el trasplante. Las raíces crecen en la oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire. Por el interior del cilindro, una tubería distribuye de manera periódica la solución nutritiva a las raíces mediante pulverización a mediana o baja presión. Las plantas crecen bien en aeroponía debido a la excelente aireación de las raíces, dado que la concentración de oxígeno en el aire es 20 veces más elevada en relación a la concentración que existe disuelto en el agua (Infoagro, s.f.).

1.2.4. Importancia del cultivo hidropónico

Actualmente la hidroponía produce alimentos por parte de las poblaciones que habitan en regiones sin tierras fértiles para cultivar, utiliza métodos que tiene dos rasgos comunes, el líquido los nutrientes esenciales que se aportan en soluciones y el sólido para el cual se emplean materiales inertes para sostener a las plantas como ser materiales porosos, como turba, arena, grava o fibra de vidrio, cascarilla de arroz las cuales actúan como mecha y transportan la solución de nutrientes desde su lugar de almacenamiento hasta las raíces, logrando mayor densidad y elevada producción por planta, logrando así mayores cosechas por año (Myrna, 2013).

1.2.5. Estructuras

1.2.5.1. Estructura piramidal

En la producción hidropónica con el sistema NFT donde se utiliza una circulación fina con láminas de agua con nutrientes y por momentos las raíces quedan sin agua, la estructura que soportara los tubos puede ser piramidal, lo que podría resultar en mejor

aprovechamiento del espacio si se toma en cuenta factores como la luminosidad del ambiente. Los tubos cuentan con perforaciones donde irán ubicadas las plantas (FOCIR, 2005).

1.2.5.2. Estructura horizontal

La estructura horizontal consiste de una serie de tubos de PVC, llamados canales de cultivo, y en cada canal existen agujeros para la ubicación de las plantas y todo esto es sostenido por caballetes con una ligera pendiente que ayuda a la recirculación (Infoagro, s.f.).

1.2.6. Pendiente de los canales de cultivo

La pendiente longitudinal de los canales de cultivo permite el retorno de la solución nutritiva al estanque colector. Generalmente, esta oscila entre 1 y 3 %. Pendientes superiores a un 4% dificultan la absorción de agua y nutrientes por las raíces del cultivo. Además, de esta pendiente, existe la inclinación transversal cuando el sistema localiza el estanque colector a un costado. La magnitud de esta pendiente es similar al longitudinal (Coila, 2017).

1.2.7. Longitud de los canales de cultivo

Para favorecer la oxigenación de las raíces es aconsejable extender la longitud de los canales de cultivo hasta 15 m, ya que en canales de mayor tamaño se ha encontrado una disminución del oxígeno disuelto en la solución, lo que afectaría el crecimiento y desarrollo de las plantas ubicadas en el extremo terminal del canal (Cruz, 2016).

1.2.8. Altura de la lámina de la solución nutritiva

El sistema NFT consiste en recircular en forma permanente una lámina fina de solución nutritiva que permita, tanto la oxigenación de las raíces, como también el aporte de sales nutritivas y agua al cultivo durante su periodo de crecimiento. Esta lamina idealmente, no debería alcanzar una altura superior a los de 1.5 cm, para favorecer así la aireación de la solución y de las raíces. (Cruz, 2016)

1.2.9. Ventajas de la hidroponía

La hidroponía presenta un gran número de ventajas, las mismas serán descritas a continuación:

- Se requiere mucha menor cantidad de espacio para producir el mismo rendimiento del suelo.
- Gran ahorro en el consumo de agua, porque el agua se puede reciclar.
- Balance ideal de aire, agua y nutrientes.
- Limpieza e higiene en el manejo del cultivo.
- Permite una mayor densidad de población.
- Mayor precocidad de los cultivos.
- Perfecto control del pH.
- Alto porcentaje de automatización.
- Se puede cultivar en ciudades, zonas áridas y frías.
- Posibilidad de varias cosechas al año.
- Rápida recuperación de la inversión.
- Productos libres de químicos no nutrientes.
- Mayor calidad y homogeneidad en el producto.
- Reducción de los costos de producción.
- Cultivos libres de parásitos, bacterias, hongos y contaminación.
- Se reduce en gran medida la contaminación del medio ambiente y de los riesgos de erosión del suelo.

(Sánchez C. , 2004)

1.2.10. Desventajas de la hidroponía

- Costo inicial alto.
- Es necesario entrenamiento, así como conocimientos de las plantas para este sistema.
- Las enfermedades pueden propagarse rápidamente.
- La materia orgánica y los animales benéficos están ausentes.

- Las plantas reaccionan rápidamente a buenas como a malas acciones.

(Sánchez C. , 2004).

1.2.11. SOLUCIÓN NUTRITIVA PARA HIDROPONÍA

1.2.11.1. Solución nutritiva

La solución nutritiva es agua con nutrientes minerales, que se añaden a través de fertilizantes comerciales, en cantidades y proporciones de acuerdo a las necesidades de las plantas para su crecimiento y desarrollo. Una solución nutritiva consta de agua con oxígeno disuelto y de todos los nutrimentos de forma iónica, tenemos a los macronutrientes y micronutrientes (Inca, 2013).

1.2.11.2. Nutrientes que contiene una solución nutritiva

Son los 16 elementos esenciales, de los 14 son minerales. El carbono (C) es obtenido del dióxido de carbono (CO₂); el hidrógeno (H) y el oxígeno (O₂) son obtenidos del agua y oxígeno; a partir de estas fuentes, las plantas elaboran un gran número de moléculas orgánicas. Los macronutrientes minerales son: nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y azufre. Los micronutrientes son cloro, hierro, manganeso, boro, cobre, zinc y molibdeno (Pozo, 2018).

1.2.11.3. Oxigenación de la solución nutritiva

La solución nutritiva principalmente se oxigena al caer abruptamente sobre el remanente de solución en el estanque colector donde se produce la turbulencia. Se recomienda permitir la mayor distancia posible entre la desembocadura de la tubería colector y el nivel de solución en el estanque (Rodriguez & Chang, 2001).

1.2.11.3. pH de la solución nutritiva

El pH de la solución nutritiva se determina por la concentración de los ácidos y de las bases. El pH se define una vez que se establece la proporción relativa de los aniones y los cationes, y la concentración total de ellos en meq/l, lo cual significa que el pH es

una propiedad inherente de la composición química de la solución nutritiva y no puede cambiar independientemente (Pozo, 2018).

Para el mismo autor el pH apropiado de la solución nutritiva para el desarrollo de los cultivos se encuentra entre los valores 5,5 a 6,5 de pH, sin embargo, el pH de la solución nutritiva no es estático, ya que depende del CO₂ en el ambiente, de que la solución nutritiva se encuentre en un contenedor cubierto o descubierto, del ritmo de absorción nutrimental, de la fuente nitrogenada utilizada, etc.

El pH mide la concentración de iones de hidrogeno (H⁺) de una solución, a mayor concentración de iones de hidrógeno (H⁺) libres menor será el Ph y viceversa.

El pH es importante porque este valor permite conocer el grado de disponibilidad de los nutrientes minerales en la solución nutritiva y, por lo tanto, su disponibilidad para las plantas. Es importante mantener el pH de la solución nutritiva en un rango ligeramente ácido, de 6,0 a 6,5 dentro de una escala de 0 a 14 (Rodriguez & Chang, 2001).

Para modificar el pH de una solución nutritiva se puede añadir algún ácido o base. Cuando el pH es alcalino se agrega ácido y cuando el pH es ácido se agrega una base.

1.2.11.4. Corrección del pH de la solución

El valor del pH de la solución nutritiva debe ser mantenido entre 6.0 y 6.5. Cuando el valor del pH esta debajo de 6.0 se debe adicionar una base como el hidróxido de potasio (KOH) para elevar el pH. Cuando el pH esta sobre 7.0 adicionar un ácido; como ácido fosfórico o ácido sulfúrico para bajar el pH. Cuando se usan ácidos fuertes, estos deben diluirse con mucho cuidado, pues el contacto con la piel y los ojos pueden ocasionar serias quemaduras.

Para ajustar el pH a un rango óptimo se puede preparar soluciones diluidas de ácido. Por ejemplo, ácido fosfórico diluido al 2 % (20 ml en 1 L) o ácido sulfúrico al 3 % (30 ml en 1 L) y se agrega 1 ml por litro de solución nutritiva. El pH baja aproximadamente en un rango de 0.3 a 0.5 (Rodriguez & Chang, 2001).

1.2.11.5. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es un indicador indirecto de la concentración salina del agua y de la solución nutritiva; nos puede dar un indicio si el agua a utilizar es la adecuada y sobre la vida útil de la solución nutritiva en el sistema. Al comienzo el agua de nuestra fuente deberá contar con el nivel más bajo posible de conductividad eléctrica; son adecuados valores de 0.7-1.2 mS/cm. Luego del agregado de sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y el estado de crecimiento, por ejemplo, la lechuga tiene márgenes bajos para su desarrollo (entre 2- 2.5), el tomate tolera valores más altos (Pozo, 2018).

1.2.11.6. Presencia de sodio

El sodio tiende a acumularse rápidamente en soluciones nutritivas que a han sido preparadas con agua con alto contenido en sodio. El sodio puede incrementarse a través de suministro continuo de agua en la solución nutritiva, a menos que esta sea renovada periódicamente.

El sodio es uno de los elementos más problemáticos en los sistemas radiculares y aun en sistemas abiertos. El sodio en altas concentraciones es toxico para ciertos tóxicos para ciertos procesos en la planta. En hojas reduce la fotosíntesis y reacciones enzimáticas; sin embargo, las plantas tienen la capacidad de bloquear la absorción de sodio dentro de la hoja.

El problema real con el sodio en el sistema radicular es que es potencialmente tóxico para las plantas a altos niveles y también a bajos niveles, lo cual contribuye a elevar CE de una solución nutritiva más que el cloruro de sodio.

En sistemas hidropónicos recirculantes, niveles de 50ppm de sodio pueden ser tóxicos para cultivos como la lechuga, fresa, hierbas aromáticas, rosas y otros cultivos de flor cortada, las plantas tolerantes como el tomate, pueden soportar concentraciones mayores de 250 ppm antes que ocurra algún efecto negativo (Rodriguez & Chang, 2001).

1.2.11.7. Presencia de boro

El boro es otro elemento común en fuentes de agua y puede acumularse a niveles excesivos en sistemas hidropónicos recirculantes. Si se prepara soluciones nutritivas que contienen boro, estas deben ajustarse a la fórmula de la solución nutritiva.

Las concentraciones de boro recomendadas en una solución nutritiva para un sistema recirculante están entre 0.3 y 0.7 mg/L; sin embargo, algunas fuentes de agua pueden contener boro a estos niveles y pueden acumularse cada vez que se incrementa agua en la solución nutritiva y para evitar su acumulación, se deberá renovar las soluciones nutritivas periódicamente. Aguas con niveles mayores de 0.7 ppm de boro pueden provocar toxicidad, principalmente en cultivos sensibles al boro.

Los síntomas de toxicidad de boro incluyen el enroscamiento hacia arriba de las hojas jóvenes, llegando a ser frágiles y marrones y luego se secan, las hojas nuevas pueden ser pequeñas y pálidas. Las hojas adultas son afectadas primero, luego mueren y caen, en casos extremos con altos niveles de boro, la planta puede morir prematuramente (Rodríguez & Chang, 2001).

1.2.11.8. Carbonatos y bicarbonatos

Es recomendable que el agua este libre o contenga bajas concentraciones de carbonatos y bicarbonatos. En aguas con alto contenido de carbonatos y bicarbonatos (>5.0 meq/L), el calcio, magnesio, manganeso y el hierro tienden a precipitar y al no estar disponibles, las plantas muestran sus deficiencias (Pozo, 2018).

1.2.11.9. Relación de absorción de sodio (RAS)

El RAS es un índice que mide la acumulación de sodio en el agua, la relación se obtiene de la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

Donde Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} representan las concentraciones de los iones respectivos en miliequivalente por litro (meq/L).

1.2.11.10. Renovación de solución nutritiva

El manejo y cambio de la solución nutritiva dependerá de la composición del agua. El cambio de la solución nutritiva se realiza debido a los desbalances nutricionales. La razón principal se debe al incremento de elementos potencialmente tóxicos tales como el sodio y en menor grado de boro, manganeso y hierro. La acumulación de elementos como el sodio y boro puede ocurrir rápidamente cuando se agrega agua al tanque.

La acumulación de estos elementos puede causar serios daños al cultivo y pérdidas en el rendimiento y calidad. Una herramienta de manejo es monitorear elemento problema en la solución nutritiva para decidir cuándo descartarla y renovarla. El monitoreo puede hacerse a través de un medidor de iones específico (medidor de sodio, boro, etc.) o tomar muestras para su análisis en el laboratorio.

Si la solución nutritiva tiene la formulación correcta y si se adiciona soluciones concentradas de acuerdo al requerimiento del cultivo, es poco probable que se presente de alguna deficiencia que limite el crecimiento y desarrollo de éste.

En sistemas abiertos hay menos riesgos de un desbalance nutricional; sin embargo, en sistemas cerrados sucede todo lo contrario. La CE, el TSD (total de sales disueltas) solo indican la concentración de sales totales y no la concentración específica de cada elemento en una solución nutritiva.

Algunos de los factores que determinan cuando cambiar o no la solución nutritiva son: la calidad de agua, la fuente del fertilizante, las condiciones climáticas y el volumen de la solución nutritiva por la planta en el sistema. A menor volumen de la solución y a mayor CE del agua, mayor será la frecuencia de cambio de la solución. Como la tasa de absorción de nutrientes es más lenta en invierno que en verano, la frecuencia de cambio de la solución debe ser menor en invierno y mayor en verano (Rodríguez & Chang, 2001).

1.2.11.11. Deficiencia nutricional

La deficiencia o toxicidad produce síntomas que se pueden observar en los diferentes órganos de las plantas (hojas, tallos, raíces, frutos, etc.) los síntomas son específicos

para cada elemento, aunque algunas veces es difícil distinguir las deficiencias además de todas las plantas no muestran el mismo síntoma.

Cuadro N° 1 Deficiencia Nutricional

ELEMENTO	DEFICIENCIA	TOXICIDAD
Boro	Los síntomas varían según la especie a menudo suelen morir los tallos y los meristemas apicales de la raíz, los vértices de las raíces a menudo se ven descoloridos y se hinchan, las hojas muestran síntomas variados, incluyendo el engrosamiento, brillantez, rizado, marchitez, rizado, marchites y moteado clorótico.	Amarillamiento del vértice de las hojas es seguido por una necrosis progresiva de estas desde la zona basal hasta los márgenes y vértices.
Hierro	Aparece una clorosis muy pronunciada entre las nervaduras, parecida a la causada por la deficiencia de magnesio, con la diferencia de estar situada en las hojas más jóvenes.	En las condiciones naturales no se evidencia a menudo, después de las pulverizaciones aparecen algunas veces puntos necróticos.
Cobre	Esta deficiencia es rara forma natural, las hojas más jóvenes se vuelven de color verde oscuro y se enrollan, frecuentemente aparece un moteado necrótico.	Desarrollo reducido seguido por clorosis férrica, acaparamiento se reduce la formación de ramas, engrosamiento anormal de la zona de las raíces.
Zinc	Reducción de la longitud de los entrenudos y del tamaño de las hojas, los bordes de las hojas se distorsionan, algunas veces aparece una clorosis entre nervaduras.	Se observa raramente el exceso de zinc produce clorosis férrica en las plantas.
Magnesio	Aparece una clorosis entre nervaduras de las hojas, desarrollándose en el primer lugar en las hojas más viejas, la clorosis puede empezar en los márgenes de las hojas o en los vértices y progresar hacia la parte interna.	Existe poca información sobre los síntomas visuales.

Nitrógeno	Se reduce el crecimiento y las plantas generalmente se vuelven amarillas(cloróticas) a causa de la pérdida de la clorofila, especialmente las hojas más viejas, las más jóvenes permanecen verdes más tiempo, el tallo, los peciolos y las superficies de las hojas del maíz y del tomate pueden volverse purpuras.	Las plantas toman color verde oscuro, con follaje abundante, pero a menudo con un sistema muy reducido de raíces. Las papas solo forman pequeños tubérculos y retardan en la producción de flores y semillas.
Potasio	Los síntomas son primero visibles en las hojas más viejas, en las dicotiledóneas, estas hojas se vuelven inicialmente cloróticas esparcidas por toda su superficie, en muchas monocotiledóneas, los vértices y márgenes de hojas se secan rápidamente, la deficiencia de potasio desarrolla tallos débiles en el maíz.	Normalmente no existe demasiada absorción de este elemento por las plantas, el exceso de potasio puede causar deficiencia magnesio y posiblemente deficiencias de manganeso, zinc o hierro.
Fósforo	Las plantas suelen detener su desarrollo y a menudo toman un color verde oscuro. Existe una acumulación de pigmentos de antocianina, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas maduras, a menudo se retrasa el desarrollo de la planta.	Al principio no se muestra sintomatología, alguna vez las deficiencias de cobre o zinc ocurren ante el exceso de fosforo.
Calcio	El desarrollo de los tallos suele inhibirse y los extremos de las raíces pueden morir, en las hojas más jóvenes se ven afectadas antes que las viejas, volviéndose irregular y pequeñas, con márgenes del mismo tipo y moteado de las zonas cloróticas.	No existen síntomas visibles normalmente suele estar asociado con un exceso de carbonatos.

1.1.12. Rendimiento

En un trabajo de investigación se obtuvo rendimientos del cultivo de la Acelga, (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) de 8.95 tn/ha en la variedad Costa Larga y 6.42 tn/ha en la variedad Whitte Ribbied Dark (Flores, 2019).

La variedad Large White Ribbed con un nivel de fertilización foliar (20% de té de humus de lombriz), presentó el mejor resultado en con 8,1 kg/m² en comparación de las demás combinaciones, por el contrario, la combinación de la variedad Foordhook Giant con un nivel de fertilización foliar (20% de té humus de lombriz) fue la que presentó un resultado de 5,8 kg/m² (Callisaya, 2016).

La variedad Whitte Ribbied Dark con un tiempo de 3.67 horas de irrigación obtuvo un rendimiento de 11.09 Kg/m² en comparación a la variedad Foordhook Giant fue la que presentó un resultado de 5.71 kg/m² con una irrigación de 2.33 horas al día (Pacheco, 2020).

CAPÍTULO II

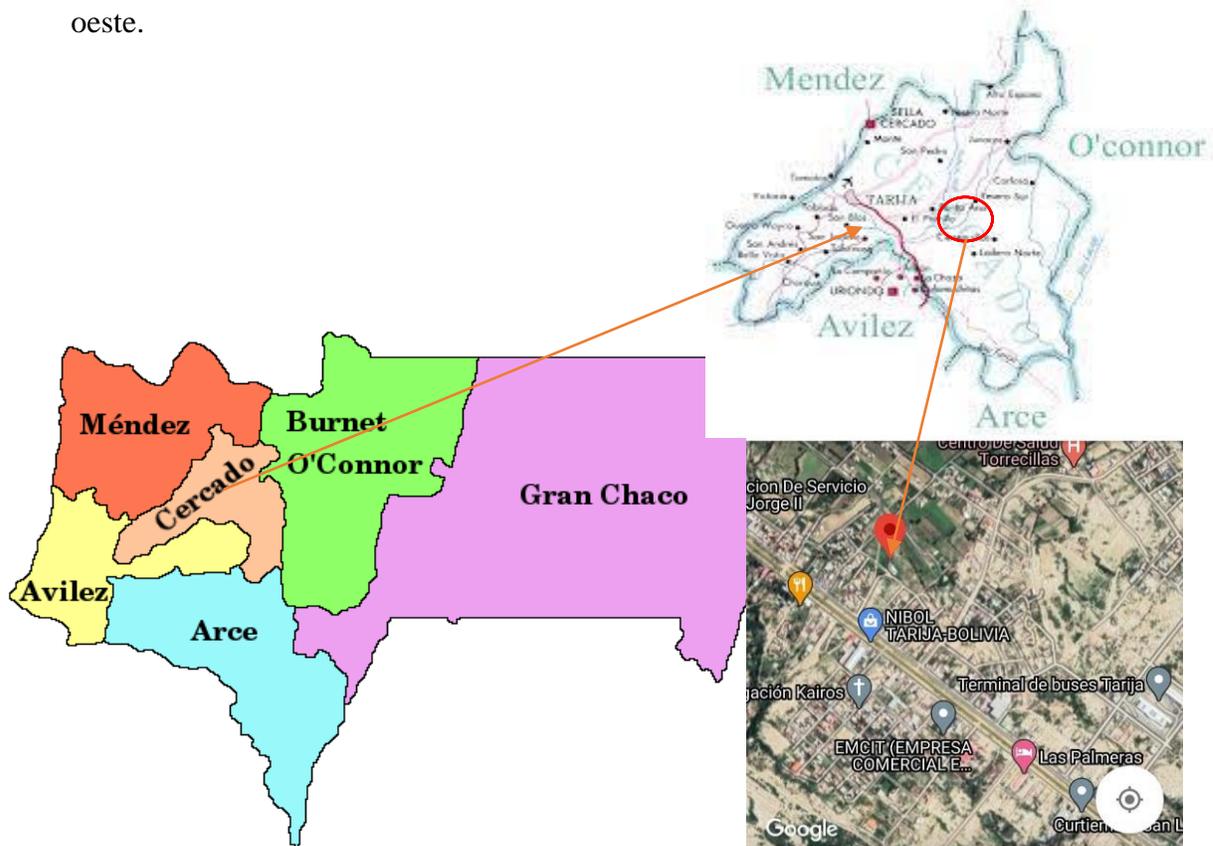
MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El presente trabajo de investigación se desarrolló en la ciudad de Tarija, en la zona del Barrio Torrecillas, Calle 1, en la propiedad particular del señor Ivar Gabino Maráz Romero, el cual se encuentra geográficamente ubicado en la provincia Cercado del departamento de Tarija.

2.1.2. Ubicación

Con las coordenadas geográficas $21^{\circ} 32'58''$ de latitud sur y $64^{\circ} 41'15.4''$ de longitud oeste.



2.2. CARACTERÍSTICAS AGROCLIMÁTICAS DE LA ZONA

2.2.1. Clima

El clima donde se realizó la investigación es semiárido templado, con veranos medianamente fuertes, el clima este determinado básicamente por la temperatura y la precipitación de la región.

2.2.2. Temperatura

La temperatura media anual es de 20.6° C.

Una de las principales características de la región es la presencia de heladas blancas que se presenta mayormente en los meses de junio hasta agosto.

2.2.3. Precipitación

La precipitación promedio es de 600 mm anuales.

La precipitación anual corresponde a los meses de octubre, noviembre, diciembre, enero, febrero, marzo y abril.

De acuerdo a los datos registrados de la zona, los meses de mayor precipitación son: diciembre enero.

2.2.4. Granizo

Es uno de los fenómenos que cuando se presenta en la zona causa enormes daños dependiendo del tamaño y la intensidad.

Este fenómeno se puede presentar en los meses de noviembre hasta febrero.

2.2.5. Edafología

Se puede decir que los suelos del valle central de Tarija varían de franco arcilloso y arenoso, con presencia de grava, y algunas partes con suelos erosionados, donde la vegetación queda reducida.

2.2.6. Vegetación

La vegetación que se presenta por la zona donde se realizó el experimento es poca, pero compuesta por diferentes especies arbóreas y malezas.

Cuadro N° 2 Malezas más comunes en zona de Torrecillas donde se realizó el experimento

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE COMÚN
Amaranthaceae	<i>Amaranthus quitensis</i>	Yuyo colorado
Compositae	<i>Bidens pilosa L.</i>	Saitilla
Solanaceae	<i>Datura ferox L.</i>	Chamico
Poaceae	<i>Cenchrus ciliaris L.</i>	Cadillo
Poaceae	<i>Cynodon dactylon L.</i>	Gramma

Cuadro N° 3 Especies arbóreas más comunes en la zona

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTÍFICO
Chañar	<i>Geophroea decorticans</i>
Churqui	<i>Vachellia caven Mol.</i>
Algarrobo	<i>Prosopis sp.</i>
Molle	<i>Schinus molle L.</i>

2.2.7. Actividad agrícola

La zona de Torrecillas aun cuenta con parcelas agrícolas donde los agricultores se dedican a cultivar los siguientes cultivos:

Cuadro N°4 Actividad Agrícola de la zona

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTÍFICO
Uva	Vitis vinifera
Papa	Solanum tubersum L.
Tomate	Lycopersicum sculentum Mill.
Cebolla	Allium cepa L.
Maíz	Zea mays L.
Haba	Vicia faba

2.3. MATERIALES

2.3.1. Material para el invernadero

- Maderas de 8 cm de grosor
- Pernos para asegurar las maderas
- Agro film
- Clavos
- Azadón
- Barreta

2.3.2. Material vegetal

El material vegetal que se usó en la presente investigación fueron semillas de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla), las cuales son:

- Whitte Ribbied Dark (hoja lisa)
- Costa Larga (hoja crespada)

2.3.3. Materiales para el almácigo

- Bandejas de germinación

- Sustrato
- Desinfectante para el sustrato (Almacigol)
- Regadera

2.3.4. Materiales para el sistema hidropónico

- 1 bomba eléctrica de ½ HP.
- 8 tubos PVC de 3 pulgadas.
- Micro tubo de 6 mm.
- 2 tubos pvc de 2 pulgadas.
- pH metro.
- Conductímetro.

2.3.5. Material de campo

- Libreta de campo
- Cámara fotográfica
- Calculadora
- Cinta métrica

2.3.6. Equipos

- Computadora
- Balanza

2.4. METODOLOGÍA

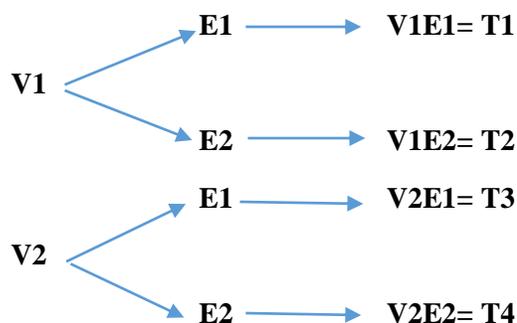
2.4.1. Diseño experimental

Para realizar el análisis estadístico del presente trabajo, se aplicó el diseño experimental completamente aleatorio con un arreglo bifactorial (2x2) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones haciendo un total de 16 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada por 12 plantas.

2.4.2. Factores

En la presente investigación se consideró dos factores, el V y el E; el factor V contiene dos niveles que son las variedades, la acelga White Ribbied Dark y Costa Larga, el factor E tiene dos niveles que son las estructuras piramidal y horizontal, para lo cual sería un total de cuatro tratamientos.

Factor V: Variedades de acelga	Factor E: Tipos de estructuras
V1: White Ribbied Dark	E1: Piramidal
V2: Costa Larga	E2: Horizontal



2.4.3. Tratamientos

T1; V1E1; Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal

T2; V1E2; Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal

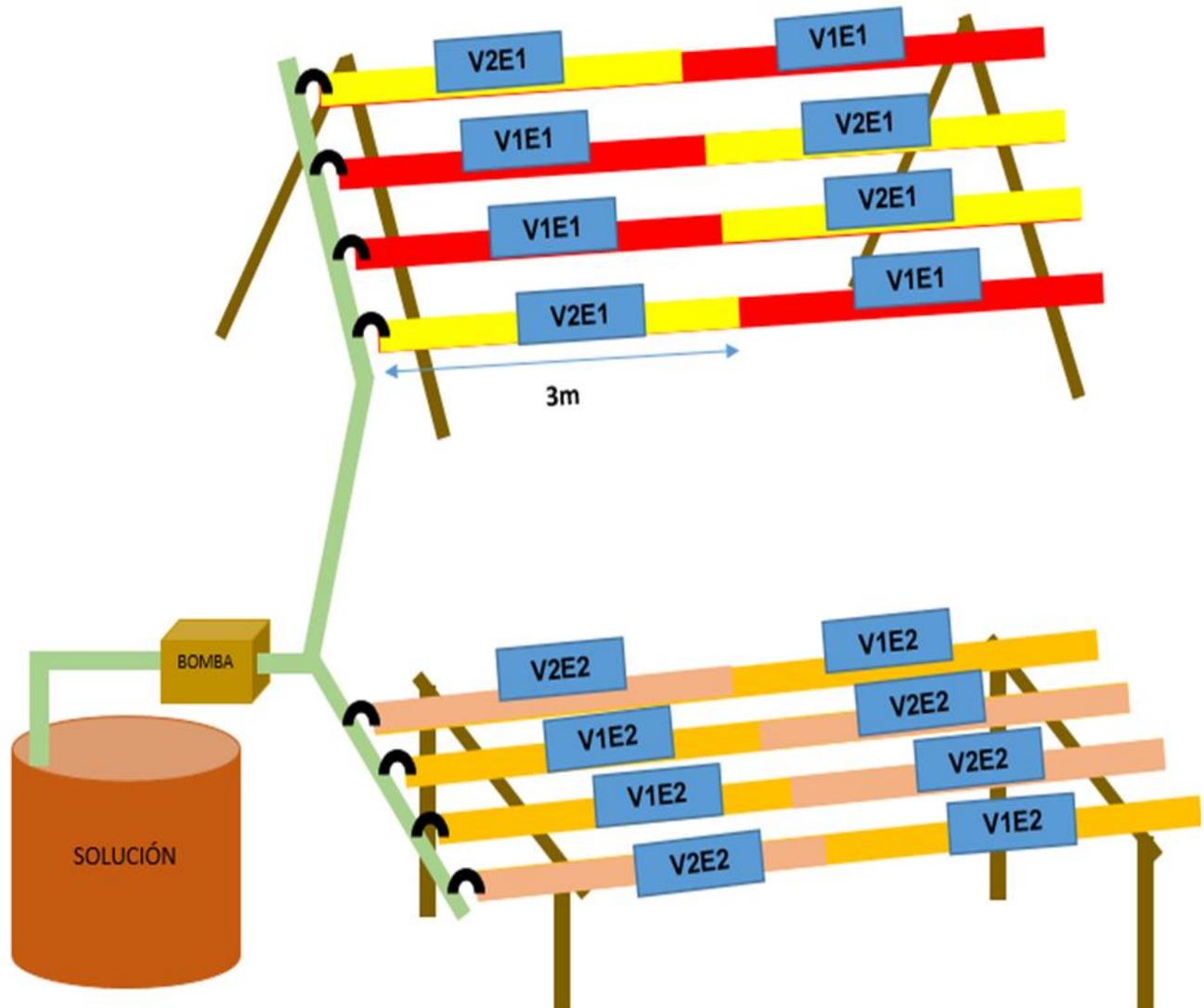
T3; V2E1; Variedad Costa Larga en estructura piramidal

T4; V2E2; Variedad Costa Larga en estructura horizontal

2.4.4. Unidad experimental

El área para cada unidad experimental del sistema hidropónico NFT fue de 3 metros lineales de un tubo, con una producción de 12 plantas de acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla), la distancia de planta a planta es de 25 cm.

2.4.5. Diseño del experimento



2.4.6. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

La investigación comenzó con la construcción del invernadero que se inició en el mes de septiembre y posteriormente con la construcción del sistema hidropónico de las dos estructuras; piramidal y horizontal.

En el mes de octubre se implementó el almácigo de las variedades de acelga (*Beta vulgaris* L. var. cicla) White Ribbied Dark y Costa Larga.

La cosecha se realizó a los cuarenta y cinco días después del trasplante al sistema hidropónico, seguido del levantamiento total de los datos.

2.4.6.1. Construcción del invernadero

Para realizar el presente trabajo se construyó un invernadero con una sola caída de agua, con unas dimensiones de 3.50 metros de ancho por 7,30 metros de largo. Con medidas de 3.50 metros de alto y con una pendiente del 23 %.

Para la construcción se utilizó 6 palos de 15 cm de diámetro para los pilares, para las vigas se utilizó madera de 5 x 2 pulgadas, para el techo se usó listones de 2 x 3 pulgadas.



Figura N°1. Construcción del invernadero

2.4.6.2. Construcción e instalación del sistema NFT

a) Excavación para el tanque de agua de 200 litros

Se realizó la excavación de suelo para que el tanque de agua se encuentre a nivel del suelo.



Figura N° 2. Excavación para el tanque que almacena la solución

b) Construcción de la estructura piramidal

Para construir la estructura piramidal se usó 3 puntales de 8 cm de diámetro para los pilares a una distancia de 3 metros entre ellos, en la parte superior de los puntales se clavó una viga transversal de 2 x 3 pulgadas de 6 metros de largo. A esta viga se clavó 4 listones de 2 x 2 pulgadas a una distancia de 2 metros entre ellos, en los cuales se fijaron los tubos de cultivo.

La estructura piramidal tiene una altura de 1.60 m y un ancho en la base de 0.75 m.



Figura N° 3. Estructura piramidal

c) Construcción de la estructura horizontal

Para la estructura horizontal se construyó cuatro soportes para los tubos los cuales estaban a una distancia de 2 metros entre ellos.

Para los soportes se utilizó listones de 2 x 3 pulgadas para las bases y un listón transversal de 2 x 2 pulgadas y 1.10 de largo, donde se fijaron los tubos de cultivo.



Figura N° 4. Estructura horizontal

d) Construcción de los canales de cultivo

Para los canales de cultivo, se utilizó tubos PVC de 3 pulgadas, que fueron perforados a 25 cm de distancia con diámetro de 5 cm.

Los tubos perforados fueron asegurados a las estructuras de madera con alambre galvanizado, con una distancia entre tubos de 25 cm de eje a eje.



Figura N°5. Perforación de los tubos de pvc

e) Tanque colector

Se instaló un tanque de 200 L sobre el cual se armó la bomba, con una tubería de PVC de 1 pulgada para la succión y para la salida se usó tubería de PVC de $\frac{1}{2}$ para el sistema de distribución de nutrientes.



Figura N°6. Tanque colector de la solución nutritiva

f) Instalación del sistema de distribución

El ramal principal del sistema se instaló con cañería de PVC de $\frac{1}{2}$ pulgada desde la bomba hasta las estructuras, con un ramal de distribución a los canales de cultivo hecho con poli tubo de $\frac{1}{2}$ pulgada, con unos emisores para cada tubo de micro tubo.



Figura N°7. Instalación del sistema de distribución

g) Instalación del sistema de retorno

Para el sistema de retorno se utilizó tubos PVC de 2 pulgadas, unidos a los canales de cultivo por reducciones de 3 a 2 pulgadas y codos de 2 pulgadas.



Figura N° 8. Sistema de retorno

2.4.6.3. Desinfección del sustrato

Para desinfectar el sustrato se utilizó almacigol en una dosis de 10 gr por 20 litros.



Figura N° 9. Desinfección del sustrato

2.4.6.4. Almacigo

El almacigo de las dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) se realizó el 5 de octubre del 2022 al aire libre, en unas bandejas de 128 alveolos, se agregó el sustrato desinfectado con almacigol en las bandejas, luego se colocaron una semilla por alveolo, posteriormente se cubrió con una tapa delgada de sustrato, posteriormente se regó suavemente evitando que descubran las semillas, para mantener la humedad se regó día por medio hasta la germinación de las mismas.



Figura N° 10. Implementación del almacigo

2.4.6.5. Análisis de agua

Para el trabajo de investigación se utilizó el agua potable de la zona, para lo cual se llevó una muestra del agua al laboratorio para realizar un análisis que determinara si el agua era apta o no para su uso en hidroponía.

2.4.6.6. Relación de absorción de sodio (RAS)

El RAS es un índice que mide la acumulación de sodio en el agua. La relación se obtiene de la siguiente fórmula:

$$RAS = \frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{+2} + Mg^{+2}}{2}}}$$

Cuadro N° 5. Clasificación del agua en relación de absorción de sodio (RAS)

RAS	Clasificación	Nivel del problema
<10	Clase S1	Agua baja en sodio, que puede utilizarse para riego en la mayoría de los cultivos y suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.
10-18	Clase S2	Se requiere utilizar en suelos de textura gruesa se requiere aplicaciones frecuentes de yeso agrícola
18-26	Clase S3	Alto en sodio puede producir niveles tóxicos, se requiere buen drenaje
>26	Clase S4	Inadecuada para uso en riego, la aplicación de yeso agrícola puede ser anti económica

2.4.6.7. Conductividad eléctrica (CE)

CE: 0.40 ds/m

Cuadro N° 6. Interpretación del nivel de la conductividad eléctrica

CE del Agua ds/m	Grado del problema
<0.5	Prácticamente libre de sales
0.5 – 1.0	Ligero
1.0 – 1.5	Moderado
1.5 – 2.0	Importante
2.0 – 2.5	Severo
2.5 – 3.0	Muy severo
>3	Graves

Cuadro N°7. Concentración total de sales

CE en ds/m	Clasificación	Nivel del problema
<0.25	C1	Agua de baja salinidad
0.25 – 0.75	C2	Agua de salinidad media
0.75 – 2.25	C3	Agua con alta salinidad
>2.25	C4	Agua con muy alta salinidad

2.4.6.8. Preparación de la solución nutritiva

En este trabajo se realizó un análisis de agua donde los resultados demostró que el agua contiene niveles muy bajos de nutrientes por lo que no se los tomó en cuenta para la formulación de la solución nutritiva.

En este trabajo de investigación se utilizó la formulación hidropónica La Molina que esta formulada para hortalizas de hojas.

La solución hidropónica La Molina fue formulada después de varios años de investigación en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Con el propósito de difundir la hidroponía, se eligieron para su preparación, fertilizantes de fácil accesibilidad.

En hidroponía es común la aplicación de dos soluciones concentradas, denominadas A y B. La solución concentrada A contiene nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; la solución concentrada B aporta magnesio, azufre, hierro, cloro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

Cuadro N° 8. Concentración de la solución nutritiva preparada de La Molina

200 ppm K	1.0 ppm Fe
190 ppm N	0.50 ppm Mn
150 ppm Ca	0.50 ppm B
70 ppm S	0.15 ppm Zn
45 ppm Mg	0.10 ppm Cu
35 ppm P	0.05 ppm Mo

2.4.6.9. Preparación de la solución concentrada A

Aporta a las plantas los elementos nutritivos que ellas consumen en mayores proporciones.

Al momento de preparar los fertilizantes de la solución A no se deben mezclar con los fertilizantes de la solución B.

Los fertilizantes utilizados para la solución A para 200 litros son:

- Nitrato de Calcio 138 gr
- Nitrato de Potasio 107 gr

- Fosfato monoamónico 46.2 gr



Figura N° 11. Fertilizantes para la solución nutritiva A

2.4.6.10. Preparación de la solución concentrada B

Aporta los elementos que son requeridos en menor cantidad, pero que son esenciales para que la planta pueda desarrollar normalmente los procesos fisiológicos.

Los fertilizantes utilizados para la solución B para 200 litros son:

- Sulfato de Magnesio 44 gr
- Fetrilon combi 5 gr
- Ácido Bórico 0.5 gr



Figura N°12. Fertilizantes para la solución nutritiva B

2.4.6.11. Trasplante

El trasplante se realizará aproximadamente a los 20 días del almacigo cuando las plantas alrededor de 2 hojas verdaderas.

Para colocarlos en el canal de cultivo se las colocó con esponja en unos canastillos para que se puedan sujetar.



Figura N° 13. Trasplante a los tubos de cultivo

2.4.6.12. Cuidado de la solución nutritiva

Para que la absorción de los nutrientes sea adecuada se debe estar revisando constantemente el pH de la solución, la conductividad eléctrica y la temperatura.



Figura N°14. Medición de Ph

2.4.6.13. Corrección del Ph

El ph inicial del agua fue de 7.59 después de haber preparado la solución se volvió a medir el pH donde el valor fue de 6.72, para corregir el Ph y llevarlo a los rangos óptimos de 5.5 a 6.5 se usó una solución diluida de ácido fosfórico.

Para la solución diluida de ácido se usó 20ml de ácido fosfórico en 1 litro de agua de la cual se agregó 1 ml por litro de la solución nutritiva.

Después de haber aplicado el ácido diluido el Ph fue de 5.80 valor que se encuentra dentro de los rangos aceptables para hidroponía. El ph se monitoreaba cada semana y se corregía si así lo necesitaba.

2.4.6.14. Conductividad Eléctrica

Cuando se agregan los fertilizantes para preparar la solución nutritiva, la CE de la solución no debe exceder de 2.0 ms/cm, de lo contrario el crecimiento de las plantas se puede ver afectado.

La CE de la solución se mantenía entre los rangos de 1.44 a 1.60 ms/cm, por lo cual no fue necesario corregir.

2.4.6.15. Cosecha

Cuando la acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) alcance su mayor tamaño, que según la bibliografía es a los 60 días aproximadamente se procede a la cosecha.



Figura N°15. Acelga en momento de la cosecha

2.4.6.16. Evaluación

La evaluación y toma de datos se realizaron al momento de la cosecha a los 45 días del trasplante.



Figura N°16. Toma de datos

2.5. VARIABLES DE RESPUESTA

Para el presente trabajo de estudio se tuvo en cuenta las siguientes variables:

2.5.1. Altura de la planta

Para determinar la altura de la planta, se realizaron la medición de las plantas desde el cuello de la planta hasta la parte final de la hoja, utilizando una cinta métrica. La medición se la realizó a los 30 días y el día de la cosecha.

2.5.2. Número de hojas por planta

Se procedió al conteo directo de las hojas bien desarrolladas, de cada planta, esto trascurrido los 45 días del trasplante al sistema hidropónico, el conteo se realizó manualmente de ambas variedades.

2.5.3. Ancho de la hoja

Se tomó la medida del ancho de las hojas en el día 45 después del trasplante de ambas variedades de acelga, usando una cinta métrica.

2.5.4. Peso de la planta

Para determinar el rendimiento se realizó el pesaje de cada planta de ambas variedades, la medición se realizó el día de la cosecha, usando una balanza.

2.5.5. Largo de raíces

Para determinar el largo de la raíz, se realizó la medición de las plantas desde el cuello de la planta hasta la parte final de la raíz, utilizando una cinta métrica. La medición se realizó el día de la cosecha.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la presente investigación se tiene los siguientes resultados:

3.1. CALIDAD DEL AGUA

Cuadro N° 9. Datos de los iones para el cálculo del RAS

ELEMENTO	UNIDAD	CANTIDAD
Sodio	meq/L	3.04
Calcio	meq/L	0.65
Magnesio	meq/L	0.27

3.1.1. Relación de Absorción de Sodio

RAS = 4.52 (Clase S1): Agua baja en sodio, que puede utilizarse para riego en la mayoría de los cultivos y suelos, con poca probabilidad de alcanzar niveles peligrosos de sodio intercambiable.

3.1.2. Conductividad Electrica

CE = 0.40 ds/m (Clase C2): Agua de salinidad media, que puede utilizarse siempre y cuando haya cierto lavado. Plantas moderadamente tolerantes a sales, pueden producir casi en todos los casos

3.2. ALTURA DE LA PLANTA A LOS 30 DIAS

Se evaluó la altura de la planta de las dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla) en las diferentes estructuras, arrojando los siguientes datos:

Cuadro N° 10. Altura de la planta a los 30 días (cm)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (V1E1)	15.80	16.00	15.50	17.00	64.30	16.08
T2 (V1E2)	15.20	16.40	17.00	19.00	67.60	16.90
T3 (V2E1)	14.80	15.70	13.50	16.50	60.50	15.13
T4 (V2E2)	18.00	17.30	13.70	14.80	63.80	15.95
SUMA	63.80	65.40	59.70	67.30	256.20	

El cuadro N° 10 muestra las diferentes medias para la variable de la altura de la planta a los 30 días, donde se observa que las mejores alturas llegaron a ser en los tratamientos T2 (Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal) con 16.90 cm como promedio y T1 (variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) con 16.08 como promedio, después se encuentra el tratamiento T4 (Variedad Costa larga en estructura horizontal) con un promedio de 15.95 cm y por último el tratamiento T3 (Variedad Costa Larga en estructura piramidal) con 15.13 cm como promedio.

Cuadro N° 11. Interacción variedad/estructura para la altura de planta a 30 días en cm

FACTOR V	FACTOR E		SUMA	MEDIA
	E1	E2		
V1	64.30	67.60	131.90	16.49
V2	60.50	63.80	124.30	15.54
SUMA	124.80	131.40	256.20	
MEDIA	15.6	16.43		

En el cuadro de interacción variedad/estructura de la altura a los 30 días se puede observar que la V1 (Whitte Ribbiad Dark) obtuvo el mejor promedio con una altura de 16.49 cm en comparación con la V2 (Costa Larga) con un promedio de 15.54 cm.

Mientras que en la estructura se observa, que la estructura E2 (horizontal) obtuvo la mejor altura con un promedio de 16.43 cm y la E1 (Piramidal) obtuvo un promedio de 15.6 cm de altura.

Cuadro N° 12. Análisis de varianza para la altura a los 30 días

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	Ftab 0.01
Total	15	32.54				
Tratamientos	3	6.33	2.11	0.97	3.49	5.95
Factor V	1	3.61	3.61	1.65	4.75	9.33
Factor E	1	2.72	2.72	1.25	4.75	9.33
Int V x E	1	0.00	0.00	0.00	4.75	9.33
Error	12	26.20	2.18			

En el cuadro N° 12 de análisis de varianza para la altura de la planta a los 30 días se puede observar que no existe diferencia significativa al 5% y al 1%.

3.3. ALTURA DE LA PLANTA AL MOMENTO DE LA COSECHA

Se evaluó la altura de la planta de las dos variedades y diferentes estructuras, para la medición se utilizó una cinta métrica arrojando los siguientes datos:

Cuadro N° 13. Medias de altura de la planta al momento de la cosecha

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (V1E1)	30.91	28.70	33.67	26.10	119.38	29.84
T2 (V1E2)	29.18	25.00	30.25	32.17	116.60	29.15
T3 (V2E1)	31.00	26.90	32.58	26.38	116.86	29.21
T4 (V2E2)	30.92	27.42	32.82	31.27	122.42	30.61
SUMA	122.01	108.02	129.32	115.91	475.26	

Al obtener estos resultados (Cuadro N°13) se observa que el tratamiento con mayor altura es T4 (Variedad Costa Larga en estructura horizontal) con 30.61 centímetros como promedio, en segundo lugar, el tratamiento T1 (Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) con 29.84 centímetros como promedio, después se encuentra el tratamiento T3 (Variedad Costa Larga en estructura piramidal) con un promedio de 29.21 cm y por último el tratamiento T2 (Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal) con 29.15 cm como promedio.

La variedad White Ribbied Dark alcanzó una media de 29.84 cm de alto y la variedad Costa Larga una media de 30.61 cm de alto, alturas que son menores a lo afirmado por Flores (2019), quien indica que la variedad White Ribbiued Dark obtiene altura de 31.13 cm y la variedad Costa Larga obtiene altura de 33.83 cm de alto.

Cuadro N° 14. Interacción de Variedad/Estructura al momento de la cosecha

FACTOR V	FACTOR E		SUMA	MEDIA
	E1	E2		
V1	119.38	116.60	235.97	29.50
V2	116.86	122.42	239.28	29.91
SUMA	236.23	239.02	475.26	
MEDIA	29.53	29.88		

La interacción entre variedad y estructura nos muestra los siguientes resultados, en el factor variedad la V2 (Costa Larga) tiene un mayor promedio de 29.91 cm, con respecto a la V1 (Whitte Ribdied Dark) que obtuvo un promedio de 29.50 cm de promedio.

En el factor estructura, la estructura E2 (Horizontal) obtuvo un promedio de 29,88 cm de promedio y la E1 (Piramidal) obtuvo un promedio de 29.53 cm de altura de la planta.

Cuadro N° 15. Análisis de varianza para la altura de planta al momento de la cosecha

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	Ftab 0.01
Total	15	107.69				
Tratamientos	3	5.52	1.84	0.22	3.49	5.95
Factor V	1	0.68	0.68	0.08	4.75	9.33
Factor E	1	0.49	0.49	0.06	4.75	9.33
Int V x E	1	4.35	4.35	0.51	4.75	9.33
Error	12	102.17	8.51			

Una vez realizado el análisis de varianza (Cuadro N° 15) se puede concluir que no existe diferencias estadísticas significativas al 5% de probabilidad ni al 1% entre los tratamientos de las dos variedades White Ribbied Dark y Costa larga en las dos estructuras piramidal y horizontal.

3.4. NÚMERO DE HOJAS POR PLANTA

Se evaluó el número de hojas por planta de las dos variedades y diferente estructura al momento de la cosecha tomando en cuenta las hojas más desarrolladas, se obtuvo los siguientes datos:

Cuadro N° 16. Número de hojas por planta

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (V1E1)	11.91	9.40	12.64	9.60	43.55	10.89
T2 (V1E2)	9.42	10.00	8.36	9.17	36.95	9.24
T3 (V2E1)	10.36	10.40	10.42	8.33	39.51	9.88
T4 (V2E2)	9.42	8.82	10.00	12.42	40.65	10.16
SUMA	41.11	38.62	41.42	39.52	160.66	

Al obtener estos resultados (Cuadro N°16) se observa que el tratamiento con mayor número de hojas es T1 (Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) con 11 hojas como promedio, en segundo lugar, están los tratamientos T3 (Variedad Costa Larga en estructura piramidal) y T4 (Variedad Costa Larga en estructura horizontal) con un promedio de 10 hojas y por último el tratamiento con menor hojas por planta es el T2 (Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal) con 9 hojas por planta.

Según Callisaya (2016), obtuvo un promedio de 7 hojas/plantas en la variedad White Ribbied Dark y 6 hojas/planta en la variedad Fordhook Giant, siendo inferiores a los resultados obtenidos en este trabajo de investigación.

Cuadro N° 17. Interacción Variedad/Estructura número de hojas por planta

FACTOR V	FACTOR E		SUMA	MEDIA
	E1	E2		
V1	43.55	36.95	80.49	10.06
V2	39.51	40.65	80.17	10.02
SUMA	83.06	77.60	160.66	
MEDIA	10.38	9.70		

En el cuadro de interacción de variedad y estructura se puede observar que la V1 (White Ribbied Dark) tiene un promedio de 10.06 que es mayor al promedio de la V2 (Costa Larga) que obtuvo 10.02.

En cuanto al factor estructura se puede indicar que la E1 (Piramidal) obtuvo el mayor promedio con 10.38 como media y la E2 (Horizontal) tiene un promedio de 9.70.

Cuadro N° 18. Análisis de varianza para el número de hojas por planta

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	Ftab 0.01
Total	15	25.62				
Tratamientos	3	5.61	1.87	1.12	3.49	5.95
Factor V	1	0.01	0.01	0.00	4.75	9.33
Factor E	1	1.86	1.86	1.12	4.75	9.33
Int V x E	1	3.74	3.74	2.24	4.75	9.33
Error	12	20.01	1.67			

Después de haberse realizado el análisis de varianza (Cuadro N°18) se puede concluir que no existe diferencias estadísticas significativas al 5 y 1 % de probabilidad entre los tratamientos, en los factores variedad, estructura.

3.5. ANCHO DE LA HOJA

Cuadro N° 19. Ancho de la hoja (cm)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (V1E1)	15.48	16.60	15.29	12.03	59.40	14.85
T2 (V1E2)	15.88	15.50	14.19	13.78	59.34	14.84
T3 (V2E1)	12.47	13.56	14.98	13.53	54.54	13.64
T4 (V2E2)	15.09	17.16	15.47	14.84	62.56	15.64
SUMA	58.92	62.82	59.93	54.19	235.85	

En el Cuadro N° 19 se observar que el tratamiento con mayor tamaño de ancho de las hojas es el tratamiento T4 (Variedad Costa Larga en estructura horizontal) con un promedio de 15.64 cm como promedio, en segundo lugar, los tratamientos T1 (Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) y T2 (Variedad Whitte Ribbied Dark en estructura horizontal) con un promedio de 14.8 cm de ancho y por último el tratamiento T3 (Variedad Costa Larga en estructura piramidal) con un promedio de 13.6 cm de ancho de la hoja.

Cuadro N° 20. Interacción Variedad/Estructura ancho de hojas

FACTOR V	FACTOR E		SUMA	MEDIA
	E1	E2		
V1	59.40	59.34	118.74	14.84
V2	54.54	62.56	117.11	14.64
SUMA	113.94	121.91	235.85	
MEDIA	14.24	15.24		

La interacción entre variedad y estructura nos muestra los siguientes resultados, en el factor estructura E2 (Horizontal) tiene un mayor promedio de 15.24 cm en comparación con la E1 (Piramidal) que obtuvo un promedio de 14.24 cm de ancho de hoja.

En el factor variedad se puede indicar que la V1 (Whitte Ribbied Dark) tiene un promedio de 14.84 cm mayor a la V2 (Costa Larga) que tiene tubo un promedio de 14.64 cm.

Cuadro N° 21. Análisis de varianza para el ancho de las hojas

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	Ftab 0.01
Total	15	29.30				
Tratamientos	3	8.20	2.73	1.56	3.49	5.95
Factor V	1	0.17	0.17	0.10	4.75	9.33
Factor E	1	3.97	3.97	2.26	4.75	9.33
Int V x E	1	4.07	4.07	2.32	4.75	9.33
Error	12	21.09	1.76			

Después de haber realizado el análisis de varianza (Cuadro N°21) se puede concluir que no existe diferencia significativa al 5% y 1% en la variable del ancho de las hojas en las dos variedades y las dos estructuras.

3.6. PESO DE LA PLANTA

Cuadro N° 22. Medias de peso por planta (gr)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (V1E1)	222.75	226.17	254.25	231.64	934.80	233.70
T2 (V1E2)	231.92	215.45	201.27	208.42	857.06	214.27
T3 (V2E1)	215.17	235.5	237.17	243.75	931.58	232.90
T4 (V2E2)	227.83	222.42	209.17	238.5	897.92	224.48
SUMA	897.67	899.54	901.86	922.30	3621.36	

En el cuadro N°22 se observa que el tratamiento con un mayor peso por planta es el T1 (Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) con 233.70 gramos como promedio por planta, en segundo lugar, está el tratamiento T3(Variedad Costa Larga en estructura piramidal) con 232.90 gramos como promedio, en tercer lugar, está el tratamiento T4 (Variedad Costa Larga en estructura horizontal) con 224.48 gramos como promedio y por ultimo está el tratamiento T2 (Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal) con 214.27 gramos como promedio por planta.

Estos resultados son superiores a lo afirmado por Callisaya (2016), que obtuvo un promedio de 170 gr/planta en la Variedad White Ribbied Dark y 130.18 gr/planta en la variedad Fordhook Giant.

Cuadro N° 23. Interacción Variedad/Estructura de peso de la planta

FACTOR V	FACTOR E		SUMA	MEDIA
	E1	E2		
V1	934.80	857.06	1,791.86	223.98
V2	931.58	897.92	1,829.50	228.69
SUMA	1,866.39	1,754.98	3,621.36	
MEDIA	233.30	219.37		

En el cuadro de la interacción se puede observar que en el factor variedad la V2 (Costa Larga) obtuvo un mejor rendimiento en gr/planta de 228.69 gramos siendo superior que la V1 (Whitte Ribbied Dark) que obtuvo un promedio de 223.98 gramos.

En cuanto al factor estructura la E1 (Piramidal) obtuvo un mejor rendimiento de 233.30 gr/planta en comparación a la E2 (Horizontal) que obtuvo un promedio de 219.37 gr/planta.

Cuadro N° 24. Análisis de varianza para el peso por planta

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	Ftab 0.01
Total	15	3,008.63				
Tratamientos	3	985.70	328.57	1.95	3.49	5.95
Factor V	1	88.53	88.53	0.53	4.75	9.33
Factor E	1	775.75	775.75	4.60	4.75	9.33
Int V x E	1	121.42	121.42	0.72	4.75	9.33
Error	12	2,022.93	168.58			

Los resultados en el cuadro N° 24 muestran que no existen diferencia significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, en los factores variedad, estructura.

3.7. TAMAÑO DE RAIZ

Cuadro N° 25. Medias de largo de raíz (cm)

TRATAMIENTOS	REPETICIONES				SUMA	MEDIA
	I	II	III	IV		
T1 (V1E1)	29.6	32.4	32.17	30.08	124.25	31.06
T2 (V1E2)	26.79	27.36	29.79	28.5	112.45	28.11
T3 (V2E1)	31.4	28.92	30.53	34.25	125.09	31.27
T4 (V2E2)	27.17	28.71	31.21	33.17	120.25	30.06
SUMA	114.96	117.39	123.69	126.00	482.04	

El Cuadro N°25 muestra las medias de los tratamientos en tamaño de raíz donde se puede observar que los tratamientos T1 (Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) y T3 (Variedad costa Larga en estructura piramidal) tienen el mayor tamaño de raíz con 31 cm como media, seguido se encuentra el tratamiento T4 (Variedad Costa Larga en estructura horizontal) con un tamaño de 30 cm de promedio, por ultimo está el tratamiento T2 (Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal) con una media de 28.11 cm.

Cuadro N° 26. Interacción Variedad/Estructura para el tamaño de raíz

FACTOR V	FACTOR E		SUMA	MEDIA
	E1	E2		
V1	124.25	112.45	236.70	29.59
V2	125.09	120.25	245.34	30.67
SUMA	249.34	232.70	482.04	
MEDIA	31.17	29.09		

En el cuadro de interacción variedad estructura se observa que la V2 (Costa Larga) tiene mayor tamaño de raíz con un promedio de 30.67 cm y la V1 (Whitte Ribbied Dark) obtuvo un menor promedio de 29.59 cm de tamaño.

En cuanto al factor estructura la E1 (piramidal) obtuvo un promedio de 31.17 y la E2 (Horizontal) obtuvo un promedio de 29.09 cm.

Teniendo en cuenta estos resultados se procede a realizar un análisis estadístico o análisis de varianza.

Cuadro N° 27. Análisis de varianza de tamaño de raíz

FV	GL	SC	CM	Fcal	Ftab 0.05	Ftab 0.01
Total	15	72.55				
Tratamientos	3	25.01	8.34	2.10	3.49	5.95
Factor V	1	4.67	4.67	1.18	4.75	9.33
Factor E	1	17.32	17.32	4.37	4.75	9.33
Int V x E	1	3.03	3.03	0.76	4.75	9.33
Error	12	47.54	3.96			

El Cuadro N°27 muestra que no existe diferencia estadística altamente significativa al 5% y al 1% de probabilidad entre los diferentes tratamientos, factor variedad y factor estructura.

3.8. HOJA DE COSTOS

	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO (Bs)	TOTAL (Bs)
Materiales				
Puntales	Unidad	6	15	90
Vigas	Unidad	2	50	100
Listones	Unidad	6	10	60
Alambre	Kilo	3	10	30
Clavos	Kilo	2	8	16
Agrofilm	Metro	28	30	840
Bomba electrica	Unidad	1	250	250
Tubos PVC 3"	Unidad	12	40	480
Tubos PVC 2"	Unidad	2	30	60
Microtubo	Metro	3	3.5	10.5
Tuberia de 1.5"	Unidad	2	40	80
Semillas V1	Onza	1	15	15
Semillas V2	Onza	1	15	15
Bandejas de Germinación	Unidad	2	9	18
Sustrato Universal	Bolsa	1	25	25
Desinfectante (Almacigol)	Sobre	1	30	30
Canastillos	Unidad	192	0.7	134.4
Esponja	Metro	1.5	10	15
Succionador para Bomba	Unidad	1	35	35
TOTAL				2303.9

3.9. ANÁLISIS DE BENEFICIO COSTO

Cuadro N° 28. Beneficio Bruto

El beneficio bruto se calcula multiplicando el rendimiento del invernadero, por el precio de la acelga hidropónica, para el cálculo del beneficio bruto anual se multiplico el beneficio bruto de una campaña, por el número de campañas al año.

Items	Cantidad
Precio (Bs/Planta)	3
Producción Total (Plantas)	192
Beneficio Bruto por Campaña	576
Número de Campañas Año	8
Beneficio Bruto Año (Bs)	4608

Cuadro N° 29. Costos Variables por Año

Los costos variables son los costos relacionados con los insumos comprados, la mano de obra utilizada para las actividades productivas.

Items	Cantidad
Insumos	115
Mano de Obra	70
Total Costos Variables/Campaña	185
Número de Campañas Año	8
Total Costos Variables Año (Bs)	1480

Cuadro N° 30. Costos Fijos por Año

Items	Cantidad
Costo Invernadero (Bs/Año)	1136
Costo Sistema Hidropónico (Bs/Año)	1125.5
Mano de Obra (Bs/Año)	490
Total Costos Fijos Año (Bs)	2751.5

Cuadro N° 31. Costo Totales por Año

Es la sumatoria de los costos de producción o variables y los costos fijos

Items	Cantidad
Total Costos Variables Año (Bs)	1480
Total Costos Fijos Año (Bs)	2751.5
Total Costos Año (Bs)	4231.5

Cuadro N° 32. Beneficio Neto Anual

Los beneficios netos nos reflejan ingresos obtenidos luego de restar los costos totales.

Items	Cantidad
Beneficio Bruto (Bs/Año)	4608
Total Costos (Bs/Año)	4231.5
Beneficio Neto (Bs/Año)	376.5

Cuadro N° 33. Relación Beneficio Costo

Es la relación que existe entre los beneficios brutos sobre los costos de producción.

Items	Cantidad
Beneficio Bruto (Bs/Año)	4608
Total Costos (Bs/Año)	4231.5
Beneficio Costo (Bs/Año)	1.1

Realizado el análisis de relación de Beneficio/Costo, en base a los costos fijos y variables de producción por año.

Dicho análisis demuestra que; la relación Beneficio/Costo es mayor que 1 ($B/C > 1$), en consecuencia, se puede decir que el proyecto es económicamente rentable.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

Dando respuesta a los objetivos planteados en el presente trabajo de investigación se tiene las siguientes conclusiones:

- Se evaluó el comportamiento de ambas variedades de acelga (*Beta vulgaris L. var. Cicla.*) White Ribbied Dark y Costa Larga en las dos estructuras piramidal y horizontal fueron casi similares, no teniendo diferencias significativas en las variables respuestas al 5% y 1% de probabilidad.
- El tratamiento V1E1 (Variedad White Ribbied Dark en estructura piramidal) obtuvo el mejor rendimiento con 233.70 gramos por planta como promedio, siendo superior al tratamiento V1E2 (Variedad White Ribbied Dark en estructura horizontal) con un promedio de 214.27 gramos por planta.
- Al terminar de evaluar los datos de las variables respuestas se puede concluir que el comportamiento de ambas variedades White Ribbied Dark y Costa Larga en las estructuras piramidal y horizontal fue similar sin diferencias estadísticamente significativas, aunque se observó que la variedad White Ribbied Dark tiene un mejor promedio en la estructura piramidal y que la variedad Costa Larga tiene un mejor promedio en la estructura horizontal.
- Después de haber realizado el análisis estadístico y no haber encontrado diferencias estadísticas se puede concluir que ambas estructuras son recomendables para producir el cultivo de la acelga (*Beta vulgaris L. var. Cicla.*), la interacción entre las variedades mostro que la variedad V2 (Costa Larga) obtuvo un rendimiento de 228.69 gr y la V1 (White Ribbied Dark) un rendimiento de 223.98 cm.

4.2. RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación:

“Evaluación del comportamiento de dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla.) en cultivo hidropónico con el sistema NFT, en dos estructuras piramidal y horizontal en condiciones de invernadero”, se llegó a las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda producir el cultivo en estructura piramidal ya que se ahorra más espacio en el invernadero.
- Debido a los buenos resultados se recomienda cultivar acelga hidropónica como una alternativa más para el agricultor.
- Se recomienda estar monitoreando la solución de forma seguida para evitar daños al cultivo.
- Se recomienda realizar un análisis de agua para saber si el agua que se desea utilizar es apta para la hidroponía.
- Se recomienda seguir con las investigaciones sobre el cultivo de la acelga hidropónica, como por ejemplo investigar sobre soluciones o ambientes (campo abierto).