

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



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE ACELGA (*Beta vulgaris* var. *Cicla L.*) EN
SISTEMA HIDROPÓNICO BAJO DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA
ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA.**

LUIS DANIEL SILVA PEÑA

LA PAZ- BOLIVIA

2023

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA INGENIERÍA AGRONÓMICA

EVALUACIÓN DE TRES VARIEDADES DE ACELGA (*Beta vulgaris var. Cicla L.*) EN SISTEMA HIDROPÓNICO BAJO DOS SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL DE PATACAMAYA.

Tesis de Grado presentado como requisito

parcial para optar al título de

Ingeniero Agrónomo

Presentado por:

LUIS DANIEL SILVA PEÑA

ASESOR:

Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta _____

REVISORES:

Ing. M.Sc. Fanny Bertha Arragán Tancara _____

Ing. M.Sc. Freddy Carlos Mena Herrera _____

Ing. M.Sc. William Alex Murillo Oporto _____

Aprobado

Presidente Tribunal Examinador _____

2023

DEDICATORIA

El presente trabajo de Tesis de Grado lo dedico con inmenso cariño a:

Mis padres, Marixsa Peña Ocampo y Lucio Juan carlos Silva Balcazar cuya guía, consejos y por sobre todo su amor incondicional fueron la luz e inspiración que necesité para alcanzar el presente logro, espero sinceramente poder algún día retribuir todo su esfuerzo, cariño y sacrificio.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, dar a Dios padre por haberme encaminado a elegir tan hermosa carrera y darme siempre la fuerza necesaria para seguir adelante.

A mis padres que con su cariño y apoyo incondicional son siempre el impulso que necesito para plantearme y alcanzar nuevos objetivos.

A mi universidad la poderosa U.M.S.A. siempre la mejor, gracias por abrirme las puertas al conocimiento. A mi querida facultad de agronomía mil gracias por ser parte fundamental en mi formación académica.

A mi asesor el Ing. M.Sc. Medardo Wilfredo Blanco Villacorta gracias por su constante guía, supervisión y consejos, que fueron valiosos aportes para que esta tesis llegase a buen puerto.

Gracias también a mis compañeros y amigos que fueron como una segunda familia durante el tiempo que duró nuestra formación académica.

Finalmente Agradecer también a la estación experimental de Patacamaya por haberme permitido realizar el presente trabajo en sus predios.

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.	2
2.1. Objetivo general.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.	3
3.1. Cultivo de acelga.....	3
3.1.1. Importancia	3
3.1.2. Origen	3
3.1.3. Clima y suelo.....	3
3.1.4. Clasificación taxonómica.....	4
3.1.5. Descripción botánica.....	4
3.1.6. Variedades	7
3.1.7. Requerimientos nutricionales de la acelga.....	8
3.1.8. Requerimientos climáticos de la acelga	8
3.1.9. Manejo del cultivo	10
3.2. Hidroponía	12
3.2.1. Sistemas hidropónicos	13
3.2.2. Ventajas y desventajas en el uso de la hidroponía	17
3.2.3. Solución nutritiva.....	20
4. Localización.....	29
4.1. Coordenadas geográficas	29
4.2. Clima.....	29
4.3. Temperatura	30
4.4. Precipitación	30
5. MATERIALES Y MÉTODOS	31
5.1. Materiales	31
5.1.1. Material de escritorio.....	31
5.1.2. Material biológico	31
5.1.3. Material químico.....	31
5.1.4. Material de campo.....	32
5.2. Metodología	32
5.2.1. Preparación del sustrato para almácigo.....	32

5.2.2. Siembra en almácigo	32
5.2.3. Preparación del sustrato inerte	32
5.2.4. Preparación de envases contenedores	33
5.2.5. preparación de las soluciones nutritivas	33
5.2.6. Trasplante	34
5.2.7. Cosecha	35
5.2.8. Diseño experimental	35
5.2.9. Descripción de los tratamientos	35
5.2.10. Modelo lineal aditivo.....	36
5.2.11. Croquis experimental	37
5.2.12. Variables de respuesta	38
5.2.13. Operativización de variables	38
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
6.1. Porcentaje de germinación	40
6.2. Número de hojas.....	40
6.3. Altura de planta	44
6.4. Diámetro de tallo	48
6.5. Peso fresco.	51
6.6. Largo de hoja	55
6.7. Ancho de hoja	58
6.8. Longitud de peciolo	61
6.9. Consumo de agua.....	64
7. CONCLUSIONES	68
8. RECOMENDACIONES.....	69
9. BIBLIOGRAFIA.....	70
ANEXOS.....	74

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1 Clasificación taxonómica.	4
CUADRO 2 Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga	8
CUADRO 3 Temperaturas críticas para la acelga.....	9
CUADRO 4 Componentes esenciales de la solución nutritiva	21
CUADRO 5 Niveles de la conductividad eléctrica en los cultivos.....	26
CUADRO 6 Formulación hidropónica FAO	26
CUADRO 7 Requerimientos nutricionales para el cultivo de acelga.	27
CUADRO 8 Elaboración de los requerimientos con el software Hydrobuddy	28
CUADRO 9 Descripción de tratamientos	36
CUADRO 10 Operativización de variables.....	38
CUADRO 11 Análisis de varianza para la variable número de hojas	41
CUADRO 12 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	41
CUADRO 13 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	42
CUADRO 14 Análisis de varianza para la variable altura de planta.....	44
CUADRO 15 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	45
CUADRO 16 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	46
CUADRO 17 Prueba de medias Duncan para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades de acelga	47
CUADRO 18 Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo	49
CUADRO 19 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	49
CUADRO 20 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	50
CUADRO 21 Análisis de varianza para la variable peso fresco	52
CUADRO 22 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	53
CUADRO 23 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	54
CUADRO 24 Análisis de varianza para la variable largo de hoja.....	55
CUADRO 25 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	56
CUADRO 26 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	57
CUADRO 27 Análisis de varianza para la variable ancho de hoja	58
CUADRO 28 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	59
CUADRO 29 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	60

CUADRO 30 Análisis de varianza para la variable longitud de peciolo.....	61
CUADRO 31 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	62
CUADRO 32 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	62
CUADRO 33 Análisis de varianza para la variable consumo de agua.	64
CUADRO 34 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas	65
CUADRO 35 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga	66

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 Clasificación de los sistemas hidropónicos.....	14
FIGURA 2 Cultivo en arena con maceta independiente y sistema de absorción por mecha.	17
FIGURA 3 Ubicación de la Estación Experimental Patacamaya.....	29
FIGURA 4 Disposición de los tratamientos durante la investigación.....	37

INDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 Número de hojas de la prueba Duncan de solución nutritiva	42
GRÁFICO 2 Número de hojas de la prueba Duncan de variedades de acelga.....	43
GRÁFICO 3 Altura de planta de la prueba Duncan de solución nutritiva	45
GRÁFICO 4 Altura de planta de la prueba Duncan de variedades de Acelga	46
GRÁFICO 5 Altura de planta de la prueba Duncan para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades de acelga	48
GRÁFICO 6 Diámetro de tallo de la prueba Duncan de solución nutritiva	50
GRÁFICO 7 Diámetro de tallo de la prueba Duncan de variedades de acelga.....	51
GRÁFICO 8 Peso fresco de la prueba Duncan de solución nutritiva	53
GRÁFICO 9 Peso fresco de la prueba Duncan de variedades de acelga	54
GRÁFICO 10 Largo de hojas de la prueba Duncan de solución nutritiva	56
GRÁFICO 11 Largo de hojas de la prueba Duncan de variedades de acelga	57
GRÁFICO 12 Ancho de hojas de la prueba Duncan de solución nutritiva	59
GRÁFICO 13 Ancho de hojas de la prueba Duncan de variedades de acelga	60
GRÁFICO 14 Longitud de peciolo de la prueba Duncan de solución nutritiva	62
GRÁFICO 15 Longitud de peciolo de la prueba Duncan de variedades de acelga.....	63

GRÁFICO 16 Consumo de agua de la prueba Duncan de solución nutritiva	65
GRÁFICO 17 Consumo de agua de la prueba Duncan de variedades de acelga.....	66

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Análisis físico-químico del agua de la Estación Experimental Patacamaya ..	75
ANEXO 2 Implementación del almácigo	76
ANEXO 3 Preparación de los recipientes para las unidades experimentales	79
ANEXO 4 Preparación del sustrato inerte para las unidades experimentales.	80
ANEXO 5 preparación de las soluciones nutritivas	82
ANEXO 6 Implementación del sistema por mecha	84
ANEXO 7 Desarrollo del cultivo en el sitio definitivo	85
ANEXO 8 Evaluación de variables.....	87

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo lugar en predios de la Estación Experimental de Patacamaya, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la Universidad Mayor de San Andrés, ubicado en el altiplano central de Bolivia, del Municipio de Patacamaya, que se encuentra en la Provincia Aroma del Departamento de La Paz.

Donde se evaluaron tres variedades de acelga (*beta vulgaris var. cicla*): la variedad Fordhook Giant, la variedad Large white ribbed y la variedad Ruibarbo, dichas variedades fueron evaluadas en un sistema hidropónico por mecha y bajo la influencia de dos soluciones nutritivas, por un lado, la solución nutritiva formulada por la FAO y por el otro la solución nutritiva formulada con los requerimientos nutricionales para acelga propuestos por CABEZAS.

Las variables de respuesta evaluadas fueron: porcentaje de germinación, altura de planta, número de hojas, largo de hoja, ancho de hoja, diámetro de tallo, longitud de peciolo, peso fresco y consumo de agua.

El diseño experimental empleado fue un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial, donde se asignaron 6 tratamientos con 10 repeticiones obteniendo así 60 unidades experimentales.

Los resultados obtenidos en la presente investigación demostraron que los valores estadísticos mayores se obtuvieron con el T1 perteneciente a la interacción entre la solución nutritiva FAO y la variedad FORDHOOK GIANT, presentando los siguientes valores: altura de planta 42,73 (cm.), número de hojas 11 (hojas/planta), largo de hoja 26,52 (cm.), ancho de hoja 17,28 (cm.), diámetro de tallo 1,78 (cm.), longitud de peciolo 17,5 (cm.), peso fresco 30,2 (g/planta).

Con respecto al consumo de agua bajo el sistema hidropónico por mecha el mayor consumo registrado fue de 2423,95 (ml/planta). Cifra que está muy por debajo del consumo de agua empleado en una producción de modo tradicional, siendo así una buena opción para el uso eficiente de este recurso cada vez más escaso.

SUMMARY

The present research work took place on the premises of the Patacamaya Experimental Station, belonging to the Faculty of Agronomy of the Universidad Mayor de San Andrés, located in the central highlands of Bolivia, in the Municipality of Patacamaya, which is located in the Aroma Province. of the Department of La Paz.

Where three varieties of chard (*beta vulgaris* var. *cicla*) were evaluated: the Fordhook Giant variety, the Large white ribbed variety and the Rhubarb variety, these varieties were evaluated in a hydroponic system by wick and under the influence of two nutrient solutions, for on one hand, the nutrient solution formulated by the FAO and on the other the nutrient solution formulated with the nutritional requirements for chard proposed by CABEZAS.

The response variables evaluated were: germination percentage, plant height, number of leaves, leaf length, leaf width, stem diameter, petiole length, fresh weight and water consumption.

The experimental design used was a completely randomized design with a bifactor arrangement, where 6 treatments with 10 repetitions were assigned, thus obtaining 60 experimental units.

The results obtained in this research demonstrated that the highest statistical values were obtained with T1 belonging to the interaction between the FAO nutrient solution and the FORDHOOK GIANT variety, presenting the following values: plant height 42.73 (cm.), number of leaves 11 (leaves/plant), leaf length 26.52 (cm.), leaf width 17.28 (cm.), stem diameter 1.78 (cm.), petiole length 17.5 (cm.), fresh weight 30.2 (g/plant).

Regarding water consumption under the hydroponic system per wick, the highest consumption recorded was 2423.95 (ml/plant). This figure is well below the water consumption used in traditional production, thus being a good option for the efficient use of this increasingly scarce resource.

1. INTRODUCCIÓN

Es innegable y de total dominio público el hecho de que los vegetales comúnmente conocidos como “verduras” forman una parte primordial en una alimentación sana y balanceada, y dentro de este vasto grupo alimenticio encontramos a la acelga.

La acelga (*Beta vulgaris* var. *cicla* L.) es una hortaliza originaria de Europa cuya parte comestible son las hojas, aunque también pueden consumirse los pecíolos, se le considera como una planta semiperenne y de rebrote permanente cuyo ciclo vegetativo varía entre seis y ocho meses. Posee un gran contenido de vitaminas A y C, por lo cual es una hortaliza de alto consumo a nivel nacional.

Algunas situaciones adversas o desfavorables para realizar una denominada agricultura tradicional, tales como suelos no aptos para la agricultura, agua escasa o de mala calidad, fueron algunas de las causas que estimularon a diversos investigadores a buscar alternativas para el desarrollo de las plantas. Como resultado se generó la hidroponía a nivel comercial.

La hidroponía es una tecnología para desarrollar plantas en solución nutritiva (SN) (agua y fertilizantes), con o sin el uso de un medio artificial (arena, grava, vermiculita, lana de roca, etc.) para proveer soporte mecánico a la planta.

La necesidad imperante de incrementar la producción de alimentos de origen vegetal hace de la hidroponía una buena opción para satisfacer las demandas alimentarias de la población boliviana, con la presente investigación se evaluaron las características agronómicas del cultivo de tres variedades de acelga, así como también la eficiencia en el consumo de agua bajo un sistema hidropónico por mecha.

2. OBJETIVOS.

2.1. Objetivo general

- Evaluar el cultivo de tres variedades de acelga (*beta vulgaris var. cicla*) en sistema hidropónico bajo dos soluciones nutritivas en la estación experimental de Patacamaya.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar el comportamiento en producción hidropónica de tres variedades de acelga (*beta vulgaris var. cicla*).
- Determinar la solución nutritiva con mayor rendimiento entre (solución FAO y solución CABEZAS).
- Determinar el consumo de agua durante el ciclo productivo del cultivo.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

3.1. Cultivo de acelga

3.1.1. Importancia

Flores (2007), menciona que esta hortaliza es muy apetecida y consumida sobre todo la parte de la penca como sustituto del apio, en áreas urbanas como la ciudad de La Paz, la demanda tiene un incremento paulatino debido a las propiedades favorables, tanto medicinales y nutricionales se constituyen en un importante complemento alimenticio humano porque son ricas en vitaminas y minerales.

Casseres (1984), indica que la acelga es una hortaliza de hoja, excelente fuente de vitamina, además proveen apreciables cantidades de hierro y otros minerales esenciales.

3.1.2. Origen

Para Alonzo (2004), su origen se sitúa posiblemente en las regiones costeras de Europa, a partir de la especie *Beta marítima*, obteniéndose por un lado la acelga y por el otro la remolacha (variedad vulgaris).

El mismo autor menciona que, fueron los árabes quienes iniciaron su cultivo hacia el año 600 a.C. Tanto los griegos como los romanos conocieron y apreciaron las acelgas como alimento y como planta medicinal. En la actualidad, Europa central y meridional, y América del Norte, son las principales zonas productoras.

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

3.1.3. Clima y suelo.

Es una especie muy rústica. Soporta temperaturas muy bajas sin perder la calidad de sus hojas y también calores hasta 35° C. Si bien es un cultivo que se siembra en una

amplia gama de suelos, prefiere aquellos sueltos, ricos en materia orgánica, por esta razón se aconseja aplicar compost maduro antes de la siembra. Es una de las pocas verduras que resiste la salinidad. Como es un cultivo con una alta demanda de nitrógeno, se debe planificar su inclusión en la rotación luego de una leguminosa (arveja, habas, poroto, lenteja, etc.) Goites (2008).

3.1.4. Clasificación taxonómica

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

CUADRO 1 Clasificación taxonómica.

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

3.1.5. Descripción botánica

Ramírez (2006) afirma que, la acelga es una planta bienal y de ciclo largo que no forma raíz o de fruto comestible. En el primer año de vida es cuando se recogen las hojas, cuando son jóvenes y tiernas y se encuentran situadas al pie de la planta en forma de roseta. Durante este año, este vegetal tiende a centrar toda su producción en el desarrollo de sus hojas mientras que la raíz se encuentra poco engrosada. En el segundo año la planta empieza su floración para la producción de semilla, y engrosar su raíz

3.1.5.1. Raíz

La raíz, que como en toda planta desempeña un rol de sostén y de conducción de la savia desde el suelo hasta los demás órganos es bastante profunda y fibrosa Ramirez (2006).

Paz y Souza-Egipsy (2003) afirman que, la acelga aun siendo de la misma especie que la remolacha, difiere principalmente por tener una raíz no engrosada

Según Valadez (1993) la raíz de la acelga es bastante profunda y fibrosa.

3.1.5.2. Tallo

En cuanto al tallo Paz y Souza-Egipsy (2003) mencionan que, esta es muy poco desarrollada, pero cuando florece o empieza la semilla emite un tallo que crece hasta 1,50 metros de altura sobre las que formara las hojas, flores y semilla.

Porco (2009) afirma que, si se deja madurar la planta produce un tallo central en cuya parte superior se desarrollan las flores, de entre 3 y 5 mm de diámetro reunidas en una espiga terminal.

3.1.5.3. Hoja

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

Ramírez, (2006) afirma que las hojas son grandes y de forma oval y/o acorazonada, van de un color verde claro a oscuro según la variedad, constituyen la parte comestible; tiene un pecíolo o penca ancha y larga que se prolonga en el limbo, además pueden ser de color crema o blancos.

Los nervios foliares de la acelga roja son de un color rojo muy intenso, mientras que los del ruibarbo son verdosos tirando a un rojo apagado, ésta diferencia se aprecia mejor en el envés de las hojas. Por otra parte, las hojas de cicla L. son sentadas, con el limbo

comenzando en el fin del peciolo y en las de la acelga roja el limbo se va encajando en el peciolo de forma gradual, <http://www.agrohuerto.com> (2018)

3.1.5.4. Flor e inflorescencia

Para Ramírez (2006) la inflorescencia es una larga panícula el cual está compuesta por flores que son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres, además el cáliz es de color verdoso y está compuesto por cinco sépalos y cinco pétalos.

Valadez (1993) menciona que para que se presente la floración la acelga necesita pasar por un tiempo de temperaturas extremas (mínimas y máximas), una vez iniciada la floración el vástago floral alcanzaría 1,20 m de altura en promedio. Al tratarse de un cultivo bienal, la floración tiene lugar en el segundo ciclo, ésta comienza en la base de la inflorescencia y continua en forma ascendente.

Las flores son muy poco destacadas ya que su color verde se confunde con el resto de la planta. Para que se presente la floración necesita pasar por un período de temperaturas bajas. El vástago floral alcanza una altura promedio de 1,20 m. La inflorescencia está compuesta por una larga panícula. Las flores son sésiles y hermafroditas pudiendo aparecer solas o en grupos de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos, Muñoz (2005).

3.1.5.5. Fruto y semilla

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

Las semillas son muy pequeñas y se encuentran encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla (realmente es un fruto), en realidad es un glomérulo que comprende de dos a seis semillas Ramírez (2006).

El mismo autor indica que para la recolección de los glomérulos que a medida vayan madurando, pueden ser de forma individual o también se pueden cortar las ramas casi maduras para luego ponerlas a secar en un lugar protegido, seco, y bien ventilado. También como referencia del autor la duración germinativa media de la acelga es de seis años, sin embargo, pueden conservar, su capacidad germinativa hasta diez años o más.

3.1.6. Variedades

3.1.6.1. Variedad Fordhook Giant

La acelga Fordhook Giant produce una planta grande de hojas verde oscuro y muy arrugada, con venas amplias de color blanco. Es precoz, muy resistente al frío, los días a la madurez de esta variedad son de 55 a 60 días. Es muy apetecida en el mercado por su sabor y rendimiento García (2012).

La acelga Fordhook Giant produce una planta grande de hojas verde oscuro y muy arrugada, con venas amplias de color blanco. Es precoz, muy resistente al frío, los días a la madurez de esta variedad son de 55 a 60 días. Es muy apetecida en el mercado por su sabor y rendimiento, Giaconi (2004).

Es una planta de hojas arrugadas de color verde oscuro, con peciolo blancos y gruesos, el tallo tiene un ancho de 5 a 6 centímetros. Es productor de abundantes hojas durante toda la temporada, incluso después de heladas ligeras, las hojas tienen un sabor suavemente agradable Ramírez (2006).

3.1.6.2. Variedad Large white ribbed

La acelga Large White Ribbed produce una planta grande de hojas verde oscuro brillante, pencas muy anchas blancas. Es precoz, muy resistente al frío, los días a la madurez de esta variedad son de 58 días. Excelente para mercado fresco, llegan a tener una altura de planta de 50 a 65 centímetros. Emerald seeds (2016).

3.1.6.3. Variedad Ruibarbo

Esta variedad de acelga es bienal, de penca roja, tiene las mismas propiedades que las demás variedades de acelga. Es una planta muy vigorosa y el sabor de las hojas resulta un poco terroso y más potente que la acelga blanca. Según García (2012), la acelga roja se ha mostrado muy resistente a las enfermedades fúngicas, siendo que soporta mejor el frío que la acelga blanca, los días que transcurren hasta la cosecha de ésta variedad es de 62 días.

3.1.7. Requerimientos nutricionales de la acelga

CUADRO 2 Requerimiento de nutrientes del cultivo de acelga

Parte de la planta	Rendimiento promedio (Kg/m ²)	N (Kg/ha)	K (Kg/ha)	P (Kg/ha)	Ca (Kg/ha)
Hojas y peciolo	11,2	44	9,9	56,2	16,8

Fuente: Valadez, (1993)

La acelga desarrolla en cualquier tipo de suelo preferiblemente en suelo arcilloso y arenoso, es sensible a la acidez del suelo y desarrollándose perfectamente en suelos alcalinos, teniendo el rango de pH 6,5 a 7,5.

3.1.8. Requerimientos climáticos de la acelga

Ramírez, (1993) mencionado por Flores (2007) afirma que, es una de las hortalizas que más satisfactoriamente se adapta en el altiplano, valle y trópico prosperando a toda altitud por su amplia tolerancia a climas variados.

3.1.8.1. Temperatura

Paz y Souza-Egipsy (2003) afirma que, el clima más adecuado para el desarrollo de la acelga debe ser suave y templado, nunca caluroso, y que con estas características, se podrá obtener una mejor cosecha.

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

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

Por otra parte Ramírez (2006) menciona que, las acelgas pueden cultivarse desde zonas cálidas moderadas (1.200 m.s.n.m.), hasta áreas de clima frío; no tolera heladas y granizo (2.500 m). Necesitan preferiblemente climas suaves aunque pueden vivir en cualquier tipo de clima, siempre que no baje a los -5° C o que supere los 40° C.

La temperatura ideal de producción se sitúa entre los 15 y 18° C, aunque se vienen produciendo en lugares con climas que se sitúan entre -1°C y 38° C. Su producción es más elevada cuando el clima es fresco pero pueden aguantar y producir en lugares y climas calientes.

CUADRO 3 Temperaturas críticas para la acelga

Detiene su desarrollo	Mínimo 5° C
Germinación	Óptimo 10° C a 25° C
Desarrollo vegetativo	Óptimo 15° C a 25° C

Fuente: Serrano (1985)

3.1.8.2. Luz y humedad relativa

Muñoz (2005).el cultivo de acelga no requiere excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento de la temperatura. La humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero.

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

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

El mismo autor señala que la humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero. En algunas regiones tropicales y subtropicales se desarrolla bien, siempre y cuando esté en zonas altas y puede comportarse como perenne debido a la ausencia de inviernos marcados en estas regiones.

Aguilar (1993) indica que, el cultivo de acelga no requiere excesiva luz, además la humedad relativa está comprendida entre el 60 y 90% en cultivos en invernadero.

3.1.9. Manejo del cultivo

3.1.9.1. Siembra

Marulanda (2005), señala dos formas de siembra:

3.1.9.1.1. Siembra directa

Es el método en que las semillas se siembran en el lugar definitivo y allí permanecen desde la germinación hasta la cosecha. Esta forma de siembra directa se aplica a especies que no resisten el trasplante o porque desde el comienzo se desarrollan con mucho vigor.

3.1.9.1.2. Siembra indirecta o almácigo

Consiste en realizar la siembra en almácigos llamados también germinadores, donde son depositadas las semillas y se da en forma muy esmerada el manejo necesario para que las plantas en sus primeros días de desarrollo tengan el máximo de atención y cuidados para crecer sanas y fuertes y luego ser transplantadas al sitio definitivo.

3.1.9.2. Plagas y enfermedades

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

3.1.9.2.1. Plagas

- Pulgones

(*Aphis fabae Scop* y *Myzodes persicae Sulz*). En el envés de las hojas se desarrollan colonias, provocando un crispamiento del follaje. Control: pulverización de insecticidas sistemicos.

3.1.9.2.2. Enfermedades que atacan a las semillas

- *Phythium spp.* y *Rhizoctonia*

3.1.9.2.3. Enfermedades que atacan a las hojas

- Mildiu de la acelga

- *Pythium ultimum* Trow

- *Pythium baryanum* Hesse

3.1.9.3. Cosecha

García (2017), la longitud de las hojas es un indicador visual del momento de la cosecha (25 cm), siendo el tiempo otro parámetro, 60-70 días el primer corte y después cada 12 a 15 días. Es recomendable cortar las hojas con cuchillos o navajas bien afilados, evitando dañar el cogollo o punto de crecimiento, ya que podría provocarse la muerte de la planta.

Para la recolección hoja por hoja, se cortan a partir de la base del peciolo (penca), sin dejar, que ninguna madure en exceso, eligiendo el momento en que estén más tiernas, Rodríguez (2010). Es recomendable cortar las hojas con cuchillos o navajas bien afilados, evitando dañar el cogollo o punto de crecimiento, ya que podría provocarse la muerte de la planta. De esta forma se puede obtener una producción media de 15 kilos por metro cuadrado, Valdez (1997).

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

Gutiérrez et al. (2009) señala que la cosecha de la acelga se la realiza a los 65 días. La recolección puede realizarse cortando manualmente. Si esta hortaliza no es cortada de raíz puede seguir produciendo cada 12 a 15 días. La cosecha de las hortalizas debe realizarse por la mañana o al atardecer y no así en las horas cálidas del día, ni cuando las plantas están bañada en rocío (gotas de agua en las hojas).

3.2. Hidroponía

Según Montero (2008), Hidroponía significa cultivo en agua, pero el concepto moderno la menciona como cultivo sin suelo. Los cultivos necesitan de un sustrato que constituye el medio que les proporciona facilidad para el aprovechamiento de los nutrientes, agua, oxígeno y sostén. Astroga et al (2009), menciona que el éxito de la producción

hidropónica se basa en el conocimiento que se tenga de tres factores importantes: La planta, los nutrientes y el sustrato.

La hidroponía es una técnica joven y ha sido utilizada a nivel comercial en el último medio siglo. En este breve periodo se adaptó a diversas situaciones, desde los cultivos al aire (aeroponía) y en invernadero con tecnología avanzada. Su única restricción es el agua potable y los nutrientes Sánchez y Escalante(2013).

Para Pacheco (2010), la palabra Hidroponía se deriva etimológicamente de las siguientes voces griegas: Hydro = que significa “Agua” y Ponos = que significa “labor o trabajo”. Lo que significa literalmente trabajar o cultivar sin usar el suelo es decir teniendo como soporte de las plantas solamente el agua.

Son muchos los métodos de los cultivos hidropónicos actuales y sus variaciones ocupan otros sustratos tales como arena, grava, piedra pómez, aserrines, arcillas, cascarillas de arroz etc. a los cuales se les agrega los elementos nutrientes que comúnmente subsisten en los cultivos normales.

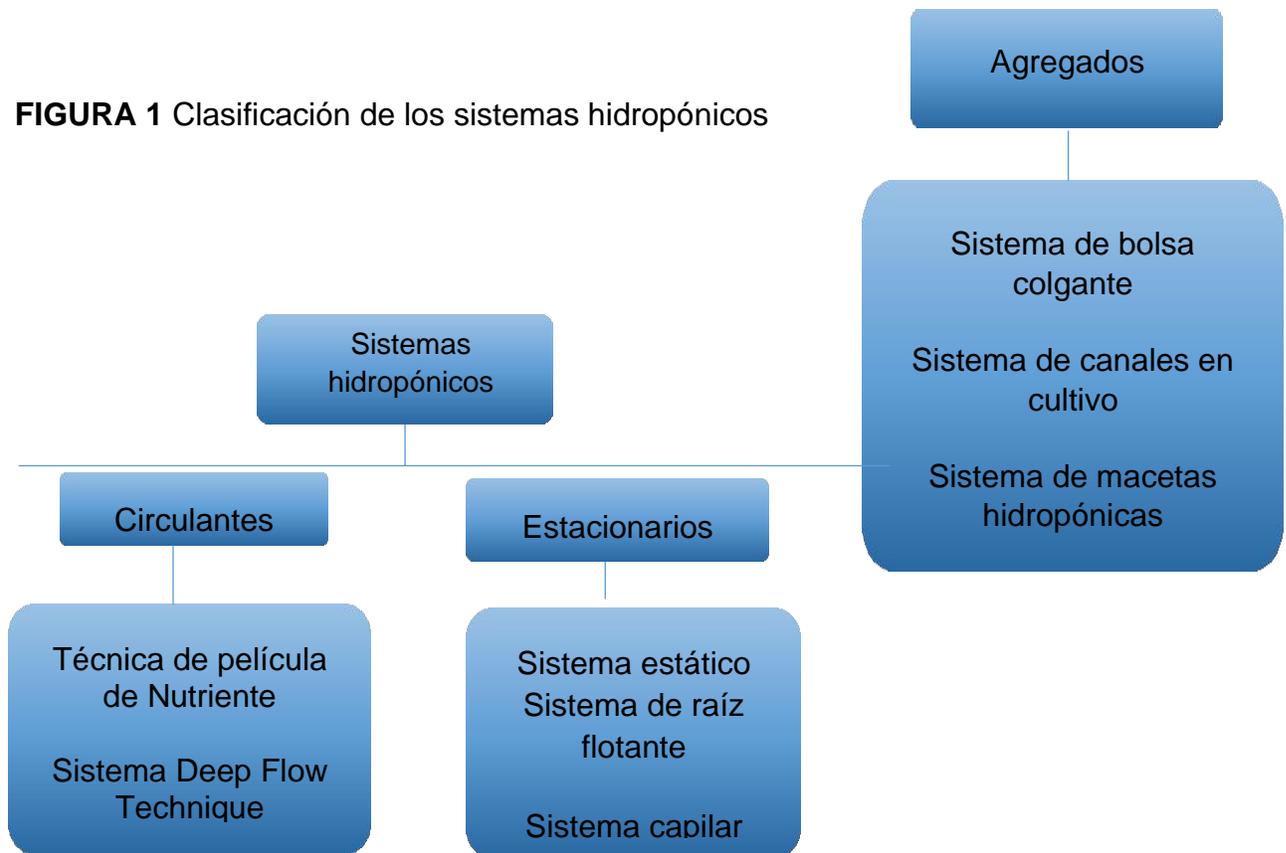
3.2.1. Sistemas hidropónicos

Un sistema hidropónico, es aquel sistema de producción en el cual las raíces de las plantas son irrigadas con una solución nutritiva y en el que, en vez de suelo, se puede usar o no un sustrato. Dentro de los sistemas existen algunas variantes dependiendo del medio de cultivo en donde se desarrollan las raíces de las plantas Bedoya (2008).

Rodríguez (2010), indica que un sistema hidropónico es un sistema aislado del suelo utilizado para cultivar diversas hortalizas, cuyo crecimiento es posible gracias al suministro adecuado de los requerimientos nutricionales que necesita dicha planta a través del agua o de una solución nutritiva. Este tipo de cultivo tiene como objetivo reducir los factores que afectan al crecimiento vegetal en relación a las características del suelo.

Los sistemas hidropónicos se clasifican en abiertos y cerrados. En los sistemas abiertos los excesos de agua salen como desechos a través de drenajes mientras que en los sistemas cerrados la solución nutritiva recircula con una mínima pérdida.

FIGURA 1 Clasificación de los sistemas hidropónicos



Fuente: Gutiérrez, Hernández y Silvano (2009)

Un cultivo hidropónico, de manera general, se puede resumir en cuatro partes esenciales.

- La planta a cultivar
- La solución nutritiva
- El recipiente en donde la planta estará en contacto con la solución
- El soporte que mediará entre la planta y la solución

Sin embargo, un sistema de cultivo hidropónico real es algo más complejo que esto. Involucra una reserva de nutrientes, sistemas de riego, aireación, temperatura, humedad y otros controles. Linares (2004)

Según su medio de cultivo, los sistemas hidropónicos se dividen en dos grandes grupos:

- **Sistemas de contacto directo con la solución nutritiva**

Es el sistema más propiamente hidropónico y el más sencillo de hacer, pero el de mayor cuidado. En él, las raíces de la planta permanecen en contacto con la mayor cantidad de solución nutritiva posible.

Sistemas medianamente sofisticados utilizan anchos tubos de PVC en hileras, o bien, canoas en donde las raíces se mantienen suspendidas sobre la solución nutritiva.

Es el sistema más extendido, en este sistema los cultivos crecen sobre un sustrato hidropónico que retiene la solución nutritiva obtenida mediante el riego.

El sustrato hidropónico tiene que ser un material biológicamente inerte y químicamente estéril, para evitar la interacción química y biológica con la solución nutritiva. Tampoco debe degradarse con facilidad, debe tener un nivel de acidez constante, retener el agua apropiadamente y permitir una adecuada aireación a las raíces, Linares (2004)

Hay que señalar que también existen sistemas mixtos, como, por ejemplo, bandejas flotantes llenas de sustrato, que absorben los nutrientes por capilaridad. Linares (2004).

También existen diferentes tipos de sistemas hidropónicos, clasificados de la siguiente manera:

- **Sistemas hidropónicos en medio líquido**

Estos sistemas no poseen sustratos para el desarrollo de los cultivos, por lo que se produce directamente sobre el agua mediante distintos sistemas que portan las plantas.

- Hidroponía de flujo profundo: NGS.
- Sistemas flotantes bandejas flotantes.
- Sistemas por lámina de agua: NFT.

- **Sistemas hidropónicos en sustrato**

En estos sistemas se cultiva utilizando sustratos inertes irrigados mediante sistemas de riego por goteo, subirrigación, capilaridad o exudación.

Cultivos en bancadas o surcos

Cultivos en saco

Cultivos en contenedores individuales o canales

Cultivos en superficie (arenados)

Cultivos en recipientes

- **Sistemas aeropónicos**

Consiste en el cultivo mediante sistemas donde la raíz permanece al aire libre, en un contenedor que la mantiene en la oscuridad, donde se aplica la solución nutritiva en forma de aerosol en forma de niebla.

- **Sistema hidropónico por mecha**

Existe un sistema sencillo de forma casera que puede diseñarse de forma semejante a otra unidad comercial, aunque a escala mucho más reducida, básicamente, consistirá en una bandeja de cultivo, un depósito de nutrientes y un sistema de riego por goteo. Uno de los sistemas de cultivo hidropónico que se utiliza hoy en día para las plantas en macetas individuales es el sistema de mecha.

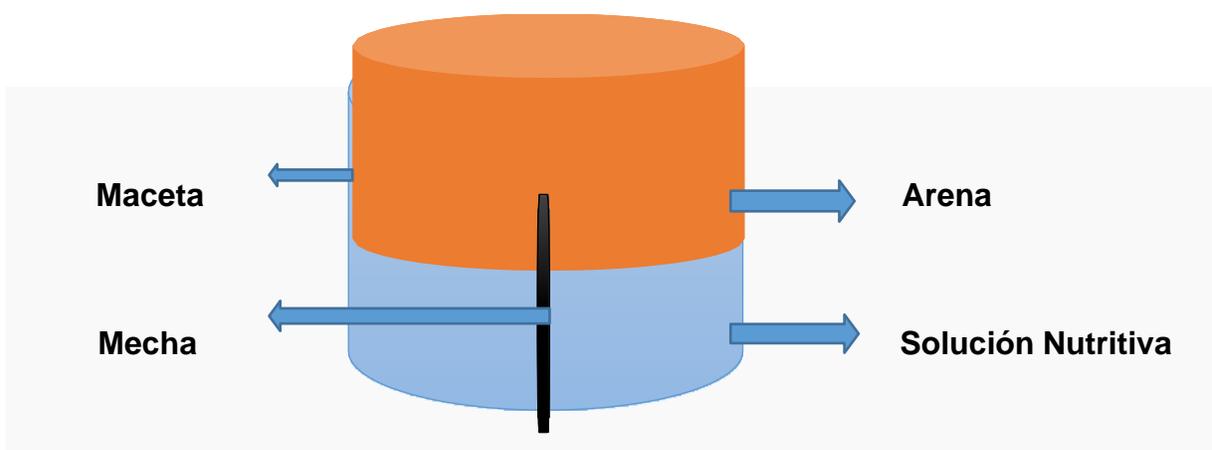
Este sistema está compuesto por una doble maceta, una de las cuales contiene el medio del cultivo, la planta y la otra la solución nutritiva. Una mecha fibrosa se coloca en la primera, aproximadamente a un tercio de su altura, quedando el otro extremo suspendido en la solución nutritiva.

Conforme el agua se va evaporando por la planta y se traslada desde el medio hacia ella, la acción capilar conduce la solución nutritiva desde el depósito hasta la zona de las raíces a través de la mecha. Al final de la mecha deberá estar abierto de forma

que sea un tejido o fibra desliada la que está presente en ambos extremos.

Debemos asegurarnos de que en ningún momento la solución del depósito este en contacto con el fondo de la maceta del cultivo, pues en este caso el exceso de agua alcanzaría la zona radicular, causando el encharcamiento. Según Ecohortum (2013).

FIGURA 2 Cultivo en arena con maceta independiente y sistema de absorción por mecha.



Fuente: Según Ecohortum (2013)

3.2.2. Ventajas y desventajas en el uso de la hidroponía

3.2.2.1. Ventajas

Bedoya (2008), Indica que las ventajas de los cultivos hidropónicos son múltiples con respecto a los cultivos clásicos en tierra.

- **Nutrición completa:** Consiste en un adecuado manejo de los componentes nutritivos para las plantas; los cuales están dosificados de manera eficiente a través de porcentajes estrictos.
- **Ahorro de espacios:** Permite la utilización de espacios urbanos pequeños tales como: patios, soleras, balcones, paredes, etc.
- **Humedad constante:** Los cultivos hidropónicos mantienen una humedad constante en las raíces lo que les permite soportar mejor las inclemencias del clima.

- **No presentan contaminación:** Los cultivos hidropónicos ostentan menores porcentajes de contaminación ambiental debido a que se obtienen productos exentos de agroquímicos.
- **Facilidad en el trasplante:** Los almácigos pueden ser transplantados en varias oportunidades lo cual eleva la productividad.
- **No necesita rotación de cultivos:** Las técnicas de estos cultivos no hacen necesario las rotaciones de los cultivos pues un mismo substrato o medio de cultivo puede reciclarse y poder volver a ser utilizado eficientemente.
- **Permite una Mejor planificación:** Permite planificar con mayor eficacia las siembras y las cosechas en función de las expectativas del mercado.
- **Ahorro de tiempo:** En general estos sistemas requieren de un menor número de horas de trabajo que los sistemas convencionales de producción, ya que pueden automatizarse. Estas técnicas permiten obtener las cosechas en un intervalo de tiempo menor con respecto los cultivos comunes.
- **Menor consumo de agua:** Los consumos de agua para los cultivos hidropónicos fluctúan entre 2 a 4 litros por m².
- **Ahorro de mano de obra e insumos:** Permite ahorrar en pagos de salarios a personal, y economiza semilla y material de siembra.
- **Mayor rendimiento:** El número de plantas a cultivar por cada metro cuadrado es mayor en tanto que ostentaran una mayor productividad debido al alto consumo de energía solar que permite la obtención de frutos vigorosos y suculentos.
- **Productos con calidad de exportación:** La calidad de los productos obtenidos son de condiciones excelentes, con óptimo sabor, textura, y tamaño.

3.2.2.2. Desventajas

Linares (2004) opina que las principales desventajas que se presentan al implementar un sistema hidropónico para la producción de hortalizas son:

- **Costo inicial alto**

Este tipo de sistemas presentan un costo inicial alto, que varían dependiendo del sistema elegido y del control que se desee tener sobre el módulo de producción. Si vamos a sistemas donde se controla la temperatura, humedad y luz del lugar del crecimiento del cultivo, tendremos mayores grados de inversión en equipos de medición y control.

Por otro lado, sistemas que requieran un aporte energético, como los sistemas circulantes, diferirán en los costos de aquellos sistemas flotantes o estáticos.

- **Se requieren conocimientos de fisiología y nutrición**

Este tipo de producciones demandan una mayor especialización del productor, exigiéndole un grado mayor de conocimientos respecto al funcionamiento del cultivo y de la nutrición de este. Repentinos cambios de temperatura o ventilación tendrán respuesta directa en el cultivo, sobre todo en ambientes protegidos.

- **Desbalances nutricionales causan inmediato efecto en el cultivo**

Al no existir suelo se pierde la capacidad buffer de este frente a excesos o alteraciones en el suministro de nutrientes, es por ello que de forma inmediata se presentan los síntomas tanto de excesos como de déficits nutricionales. El productor deberá estar muy atento al equilibrio de la formula nutricional y sus cambios durante el ciclo.

- **Requerimientos de agua de buena calidad**

Así como en los sistemas tradicionales de producción se necesita un suelo de adecuadas condiciones para la producción, en los sistemas hidropónicos se requiere agua de buena calidad, sobre todo libre de contaminantes y de excesivas sales con un pH cercano a la neutralidad. Aguas comúnmente duras cargadas de excesos de sales significan el desarrollo de formulaciones especiales, cuando no son limitantes del proceso productivo.

3.2.3. Solución nutritiva

La solución nutritiva se define como un conjunto de compuestos y formulaciones que contienen los elementos esenciales disueltos en el agua, que las plantas necesitan para su desarrollo, Según FAO (2007).

Una solución nutritiva es aquella solución donde encontramos nutrientes minerales disueltos en agua. Las sales deben de tener alta solubilidad y elevado grado de pureza, esto nos permite que las sales fertilizantes permanezcan en la solución para ser tomadas por las plantas, Acosta (2009).

Linares (2004). menciona que, la nutrición de las plantas en hidroponía, se brinda a través de una solución nutritiva balanceada y equilibrada que se formula a partir de un análisis de agua, la especie vegetal a cultivar, su etapa fenológica y las condiciones ambientales que se tengan. La solución nutritiva es un conjunto de sales minerales disueltas en el agua, que puede variar su proporción dependiendo de la especie y la etapa fenológica de la planta.

Según Santos y Rios (2016), una solución nutritiva se define como una disolución acuosa que contiene oxígeno y parte o la totalidad de todos los nutrientes completamente disociados en forma disponible para la planta.

Los mismos autores señalan que los nutrientes son tomados por la planta disueltos en agua en forma de iones: cationes si tienen carga positiva y aniones si la tienen negativa. La planta toma esos nutrientes en unos rangos de concentración más o menos amplios.

CUADRO 4 Componentes esenciales de la solución nutritiva

Macronutrientes	Micronutrientes
Nitrógeno (N)	Hierro (Fe)
Potasio (K)	Cloro (Cl)
Azufre (S)	Manganeso (Mn)
Fosforo (P)	Boro (B)
Calcio (Ca)	Cobre (Cu)
Magnesio (Mg)	Zinc (Zn)
Carbono (C)	Molibdeno (Mo)
Hidrogeno (H)	
Oxigeno (O)	

Fuente: Izquierdo (2003).

3.2.3.1. Temperatura de la solución nutritiva

Fernández (2017), Indica que, la temperatura de la solución afecta varias variables importantes. La solubilidad del oxígeno cambia en función de la temperatura, disminuyendo a medida que aumenta la temperatura, por lo que a medida que aumenta la temperatura, la disponibilidad de oxígeno para las raíces de las plantas comienza a disminuir.

Sin embargo, a medida que aumenta la temperatura, aumenta la velocidad de las reacciones químicas en las raíces de las plantas, por lo que aumenta la frecuencia respiratoria a medida que aumenta la temperatura.

Por lo tanto, la temperatura ideal es siempre un compromiso entre esta disminución en la disponibilidad de oxígeno y el aumento en la tasa metabólica que se da por las temperaturas más altas. Debido a esta razón, para casi todas las especies de plantas cultivadas comercialmente, las temperaturas óptimas de la solución estarán en el rango de 15-30 °C (59-86 °F).

Linares (2004). Indica que, la temperatura radicular es muy importante para la mayoría de cultivos, ya que, si no se encuentra en su temperatura ideal, las plantas detendrán su crecimiento y en algunos casos, se puede manifestar deficiencias nutrimentales.

De manera general, la temperatura de las raíces no debe bajar de 13 °C ni estar sobre los 30 °C, puede variar dependiendo del cultivo el rango, por ejemplo, la lechuga crece mejor a temperaturas radiculares más bajas de ese rango, mientras que el pepino crece mejor a temperaturas radiculares más altas.

Barry 2000, sostiene que la temperatura de la solución es un punto crítico, si la solución es muy fría, la tasa metabólica de la raíz baja y la absorción de nutrientes también, esto tiene un efecto de retardo en el crecimiento de la planta por debajo de lo deseado, también existen problemas cuando la temperatura es muy alto lo cual afecta la absorción mineral, el mejor rango de temperatura esta entre 18 y 25 °C para la mayoría de los cultivos.

Sin embargo, Gilsanz (2007) indica que el valor óptimo de temperatura debería encontrarse en un entorno de 10 – 15 °C. Aireación de la solución nutritiva

Según Gilsanz (2007), se debe tener en cuenta las siguientes consideraciones para una solución nutritiva. La presencia de oxígeno en la solución nutritiva es estrictamente necesaria para el desarrollo de la planta y el crecimiento de las raíces. Para el normal crecimiento de las plantas se requieren valores mínimos de oxígeno de 8-9 mg O₂ /lt de solución nutritiva.

Estos valores pueden ser logrados y/o aumentados a través de distintos mecanismos como la inclusión de agitadores, recirculación de la solución, agregado de oxígeno puro al sistema.

Según Andreau, Giménez y Beltrano (2015), el oxígeno es aportado por la solución y por el aire que rodea a gran parte de las raíces, que se dificulta con el aumento de temperatura, ya que el consumo se duplica con el aumento de la temperatura, ya que el consumo se duplica con el aumento de 10 °C, mientras que la disolución del oxígeno en la solución baja de 9,6 a 7,8 mg/L para 20 y 30 °C respectivamente.

Según Lara (2008): Una importante condición para el éxito de los Cultivos Hidropónicos es la respiración de las raíces. Estas, al igual que cualquier otro organismo formado por células vivas, necesitan Oxígeno para respirar y este oxígeno les tiene que llegar desde

la superficie a través de los poros abiertos del sustrato. La adecuada selección del medio de siembra optimiza el acceso del Oxígeno a cada una de las raíces de la planta.

3.2.3.2. Calidad del agua para la solución nutritiva

Gilsanz (2007). menciona que, todas las fuentes de agua naturales contienen algunas impurezas, algunas son benéficas para el crecimiento de las plantas y otras son perjudiciales; si se pretende iniciar un proyecto de hidroponía de tamaño comercial, se debe hacer un análisis químico del agua que se vaya a usar como fuente para evitar posibles problemas nutricionales.

El análisis debe contemplar cuando menos: – Sólidos totales (idealmente no debe sobrepasar los 250 ppm, si el valor es de 3000 ppm no deberá usarse). – Dureza (para ajustar los niveles de calcio y magnesio en la solución nutritiva). – Metales pesados (deben estar libres de sulfuros y cloros ya que en ciertas cantidades son tóxicos para las plantas).

En los sistemas hidropónicos la calidad del agua es esencial tanto desde el punto de vista microbiológico como en su calidad química. El agua deberá estar exenta de contaminantes microbianos que de alguna manera puedan ser un perjuicio para la salud humana, ya que no debemos olvidar que producimos hortalizas que van a ser consumidas en fresco.

Respecto a la calidad química, deberán usarse aguas con bajos contenidos de sales. Los contenidos elevados de calcio o magnesio (mayores a 30 ppm en cada caso), obligarán a realizar correcciones en la formulación de la solución nutritiva. Por su parte, elementos como sodio o cloro en forma excesiva podrán ser tóxicos para la planta Gilsanz (2007).

Según Lara (2008), El agua Para la preparación de las soluciones nutritivas se puede utilizar agua de pozo, de lluvia bien limpia, purificada, de acueducto urbano, o destilada. El agua de arroyos o de ríos debe asegurar una limpia pureza en lo referente a materiales orgánicos, así como un contenido no muy elevado de sales minerales.

En zonas de pocas lluvias se han ido incrementando los Cultivos Hidropónicos como

medio para el ahorro de agua, principalmente cuando ésta se obtiene desalinizando agua de mar de pozos muy salobres.

3.2.3.3. Alcalinidad o acidez (pH) de la solución

GroHo (2017), menciona que, durante el proceso de absorción de nutrientes las raíces de las plantas van alterando el pH de la solución nutritiva. Este pH significa la acidez o basicidad de la solución nutritiva.

Las plantas tienen su desarrollo máximo entre pH 5,5 a 6,5 ya medida que crecen ellas alteran ese pH de la solución nutritiva. Por esta razón, diariamente, después de completar el volumen de la solución con agua, el pH de la solución debe medirse. Si está fuera de este rango de 5,5 a 6,5, deberá ajustarse con ácido si está por encima de 6.5 y, si se encuentra por debajo de 5,5, deberá ajustarse con hidróxido.

Para ajustar el pH, agregar ácidos y bases a su solución nutritiva. Añada un poco cada vez y mida con su medidor. Los ácidos comunes utilizados para disminuir el pH incluyen ácido sulfúrico, ácido fosfórico, ácido cítrico y ácido nítrico. Para aumentar su pH, el hidróxido de potasio y el hidróxido de sodio se utilizan comúnmente.

Es importante considerar qué ácidos y bases utiliza para ajustar el pH, pues agregarán nutrientes a la solución. Por ejemplo, el ácido nítrico añadirá el nitrógeno y el ácido fosfórico añadirá fósforo GroHo, (2018).

De acuerdo con Resh (1997), el rango óptimo de pH para la mayoría de cultivos que crecen en un medio sin suelo es 5,8 a 6,4 debido a que en este rango los micronutrientes son suficientemente solubles para satisfacer las necesidades de la planta, sin poseer una solubilidad excesiva que los convierta en tóxicos.

Según Gilsanz (2007), los valores de pH entre 5,5 y 7,0 presentan la mayor disponibilidad de nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes para las plantas. Fuera de este rango las formas en que se pueden encontrar los nutrientes resultan inaccesibles para ser absorbidos por la planta, por lo que es fundamental mantener el rango de pH.

3.2.3.4. Conductividad Eléctrica (CE) de la solución

La conductividad eléctrica es un indicador 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 la fuente deberá contar con un nivel más bajo posible de conductividad eléctrica, son adecuados valores de 0,7 – 1,2 ms/cm.

Luego del agregado de las sales, al formular la solución, la conductividad dependerá del cultivo y el estado del crecimiento, por ejemplo, la lechuga tiene márgenes bajos para su desarrollo (entre 1,8 – 2,5), el tomate tolera valores más altos. Al tener valores más altos de sales disueltas en la solución, la absorción de nutrientes por la planta se ve limitada, repercutiendo en el normal desarrollo del cultivo. Gilsanz, (2007).

Según Resh (1997), la medida de conductividad es usada para determinar los sólidos disueltos en agua. La cantidad de sólidos disueltos en ppm o mg/l es directamente proporcional a la conductividad en mMho por unidad de volumen. La conductividad eléctrica (EC) aumenta no solo por la cantidad de sales disueltas, sino también por la composición de la solución de nutrientes y la calidad de agua.

Según Fernández (2009), la conductividad eléctrica puede decirle si su solución ha perdido nutrientes o agua debido a la evaporación, si las mediciones se realizan exactamente al mismo valor de pH. La C.E. debe medirse cuando se prepara la solución y tres veces al día después de eso. Si la C.E. de su solución es demasiado alta, puede agregar agua para reducirla al valor original.

Si la C.E. se vuelve demasiado baja (70% del valor original), no debe agregar nutrientes. Esto significa que su solución ha cambiado sustancialmente en la composición de la planta y debe desecharse y debe prepararse una nueva.

CUADRO 5 Niveles de la conductividad eléctrica en los cultivos

Cultivo	Conductividad eléctrica (ds/m)
Lechuga	2,0
Espinaca	2,0
Tomate	2,5
Frutilla	1,0
Apio	1,8

Fuente: Gilsanz (2007).

3.2.3.5. Solución hidropónica FAO

Esta solución hidropónica fue elaborada el año 2012, indica que una solución en hidroponía aporta todos los elementos esenciales a las plantas que se cultiva, estos elementos son H, O, N, K, Zn, Mg, S, Fe, Cu, Mn, B y Mo. Según FAO (2012).

CUADRO 6 Formulación hidropónica FAO

Fertilizante	Tipo de nutriente	Concentración (g/L)
Nitrato de calcio	Macro	0,42
Nitrato de potasio	Macro	0,22
Fosfato mono amónico	Macro	0,06
Sulfato de magnesio	Micro	0,09
Sulfato de manganeso	Micro	$4,6 \times 10^{-4}$
Quelatos de hierro	Micro	0,01
Ácido Bórico	Micro	$1,24 \times 10^{-3}$
Sulfato de cobre	Micro	$9,60 \times 10^{-5}$
Sulfato de zinc	Micro	$2,40 \times 10^{-4}$
Molibdato de amonio	Micro	$4,0 \times 10^{-6}$

Fuente: FAO (2012)

3.2.3.6. Solución hidropónica Cabezas

CUADRO 7 Requerimientos nutricionales para el cultivo de acelga.

Elemento	Símbolo	Requerimiento ppm = mg/L
Nitrógeno	N-N03 N-NH4+ (7-15%)	190
Fosforo	P	40
Potasio	K	220
Calcio	Ca	150
Magnesio	Mg	50
Azufre	S	70
Hierro	Fe	2
Manganeso	Mn	1
Boro	Bo	0,5
Zinc	Zn	0,15
Cobre	Cu	0,1
Molibdeno	Mo	0,05

Una vez obtenidos los datos de requerimientos nutricionales, se llevaron dichos datos al software hydrobuddy, el cual nos proporcionó los siguientes resultados:

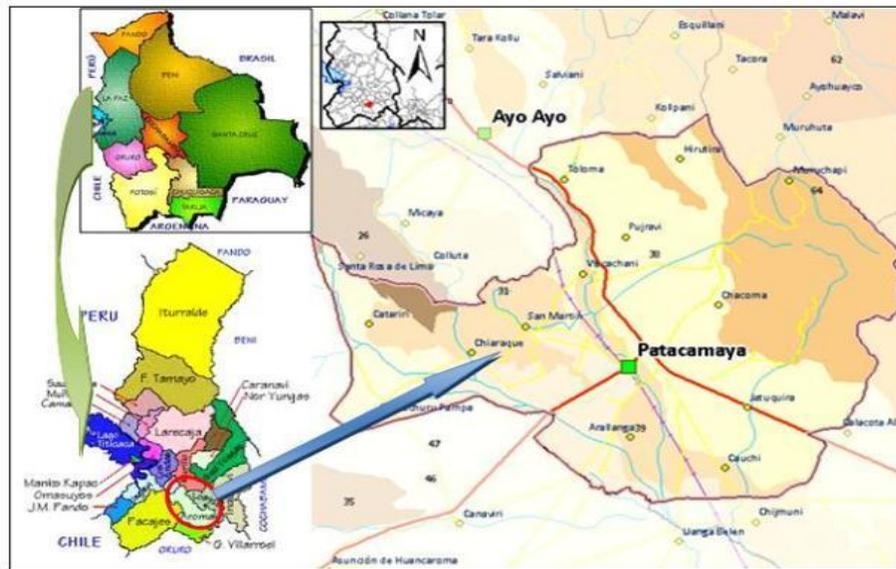
CUADRO 8 Elaboración de los requerimientos con el software Hydrobuddy

CABEZAS		
ELEMENTO	PORCENTAJE DE RIQUEZA	CANTIDAD(gr.)
Solución concentrada A		
Nitrato de potasio	13% (N-NO ₃);46% K ₂ O	1046,81
Fosfato mono amónico	12%(N-NH ₄) 61% P ₂ O ₅	69,54
Solución concentrada B		
Sulfato de magnesio	16% MgO; 13%S	457,89
Hierro EDTA	13% Fe	62,69
Sulfato de manganeso	Mn 32,0%;46,0% SO ₃	3,15
Solución concentrada C		
Nitrato de calcio	15,5(N-NO ₃);26%CaO	837,12

4. Localización

El presente trabajo de investigación se lo realizó en la Estación Experimental de Patacamaya, perteneciente a la Facultad de Agronomía de la UMSA, dicho predio se encuentra ubicado en la carretera interdepartamental La Paz – Oruro al sud este de la capital del Departamento de La Paz a una altura promedio de 3796 msnm.

FIGURA 3 Ubicación de la Estación Experimental Patacamaya



4.1. Coordenadas geográficas

El Centro Experimental de Patacamaya se encuentra ubicado en coordenadas $67^{\circ}56'38,20''$ Longitud Oeste y $17^{\circ}15'41,15''$ Latitud Sur, a una distancia de 101 km desde la ciudad de La Paz. Presenta una temperatura anual de $11,2^{\circ}\text{C}$ con una mínima media de $0,8^{\circ}\text{C}$ en los meses de abril a junio y una media máxima de $17,9^{\circ}\text{C}$ registrada en los meses de octubre a noviembre y una precipitación de 102,2 mm promedio. Alanoca (2017).

4.2. Clima

El clima de esta región altiplánica es semiárido, se caracteriza por presentar una estación seca que comprende desde el mes de abril a septiembre, generalmente en estos meses

el productor se dedica a la actividad pecuaria, y en la estación húmeda de octubre a marzo, meses en los cuales existe mayor actividad agrícola.

4.3. Temperatura

Las fluctuaciones de temperaturas promedio por mes, registra una mayor temperatura entre los meses de octubre a diciembre, llegando a alcanzar promedios de 13,96 °C. En los meses de mayo, junio y Julio se presentan las temperaturas más bajas del año obteniéndose registros inferiores al 0 °C.

4.4. Precipitación

La precipitación pluvial varía entre 350 mm a 480 mm, el promedio para el municipio de Patacamaya es de 389,19 mm. La época húmeda de acuerdo a los datos registrados se encuentra entre los meses de octubre a marzo y la época seca de abril a septiembre. El valor de la evapotranspiración (ET_o) fluctúa entre 73 mm y 148 mm, para los meses de junio y noviembre respectivamente ZONISIG (1998).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Materiales

5.1.1. Material de escritorio

- Cuaderno de registro
- Lápiz, bolígrafo o marcador
- Computadora
- Regla
- Tijera
- Cámara fotográfica

5.1.2. Material biológico

- Semillas de tres variedades de acelga.
- Variedad Fordhook giant
- Variedad Large White ribbed
- Variedad Ruibarbo
- Cascarilla de arroz
- Aserrín

5.1.3. Material químico

- Nitrato de potasio
- Fosfato mono amónico
- Sulfato de magnesio
- Hierro EDTA
- Sulfato de manganeso
- Nitrato de calcio

5.1.4. Material de campo

- Cámara fotográfica
- Botellas plásticas de tres litros
- Mechas de algodón
- Pintura de color negro
- brochas
- carretilla
- pala
- manguera
- Rastrillo
- Phmetro
- Termómetro
- Conductivímetro

5.2. Metodología

5.2.1. Preparación del sustrato para almácigo

Para el almácigo se utilizó arena previamente cernida y desinfectada con hipoclorito de sodio al 1%.

5.2.2. Siembra en almácigo

La siembra del almácigo se la realizó en vasos plásticos los cuales se llenaron con arena previamente cernida y desinfectada, para dicho almácigo se emplearon semillas de las tres variedades de acelga que fueron objeto del presente trabajo de investigación y se dispuso de una semilla por vaso esto para facilitar la toma de datos del porcentaje de germinación y su futuro trasplante.

5.2.3. Preparación del sustrato inerte

Para la preparación del sustrato inerte se emplearon tres elementos: arenilla, cascarilla de arroz y aserrín. Todos debidamente desinfectados con hipoclorito de sodio al 1%, en

el caso de la cascarilla de arroz, esta pasó por un proceso de fermentación remojando la misma en agua durante tres semanas, esto para aumentar su capacidad de retención de humedad, posterior a ello también se procedió con su correspondiente desinfección.

Finalmente se dispuso de estos tres elementos en una proporción de: 40% de cascarilla de arroz, 40% de arenilla y 20% de aserrín mezcla que sirvió como sustrato para cada unidad experimental.

5.2.4. Preparación de envases contenedores

En la presente investigación se recolectó y reutilizaron botellas (Pet) comúnmente conocidas como botellas de plástico de capacidad de 3 litros para servir de contenedores para cada unidad experimental, dichas botellas fueron lavadas, cortadas a la mitad y pintadas de color negro con el objetivo de evitar la presencia o proliferación de algas o musgos durante el experimento, las mitades de abajo de las botellas sirvieron como recipiente para las soluciones nutritivas, mientras que la parte superior de dichas botellas sirvieron como recipiente del sustrato inerte y del sistema de mecha propiamente dicho.

5.2.5. preparación de las soluciones nutritivas

Para el presente trabajo se prepararon dos soluciones nutritivas una perteneciente a la FAO y otra solución formulada por CABEZAS ambas soluciones se formularon tomando en cuenta datos de la calidad de agua del lugar y requerimientos nutricionales del cultivo de acelga.

- El procedimiento para la preparación de ambas soluciones nutritivas fue el mismo, las únicas variantes fueron las cantidades de insumos químicos empelados.
- Los datos de requerimiento nutricional para el cultivo de acelga se los llevó al programa Hydrobuddy, el cual nos proporcionó las cantidades exactas de los fertilizantes con los cuales se prepararon las soluciones nutritivas.

- Para ambas soluciones nutritivas se emplearon los siguientes componentes:

Sulfato de manganeso

Fosfato mono amónico

Nitrato de potasio

Nitrato de calcio

Sulfato de magnesio

Hierro EDTA

- Preparación solución A:

En un recipiente se dispusieron de 3 litros de agua y se agregó el nitrato de potasio, el cual se agitó hasta que quedó disuelto. En otro recipiente de 1 litro se vertió el fosfato mono amónico y se lo mezcló hasta que se disolviera. Una vez disueltos ambos compuestos, se los mezcló y se agregó agua hasta llegar a un volumen final de 5 litros.

- Preparación solución B:

En un recipiente se dispusieron de 1.5 litros de agua en los cuales se vertió y diluyó por completo el sulfato de magnesio. En un segundo recipiente se dispusieron de 2.5 litros de agua y se vertió el hierro EDTA, se lo mezcló hasta que se disolviera totalmente. En un tercer recipiente se echaron 0.5 litros de agua y se vació el sulfato de manganeso. Una vez disueltos los fertilizantes, se lo juntó y se completó con agua hasta llegar a un volumen de 5 litros.

- Preparación solución C:

En un recipiente se dispusieron de 3 litros de agua y se vació el nitrato de calcio, se lo agitó hasta que quedó totalmente disuelto; una vez disuelto se completó con agua hasta los 5 litros.

5.2.6. Trasplante

El trasplante desde las unidades de almácigo al lugar definitivo, es decir a cada unidad experimental se lo realizó cuando las plántulas alcanzaron un tamaño significativo tomando en cuenta la aparición de 3 a 5 hojas verdaderas, a 20 días desde su siembra.

5.2.7. Cosecha

La cosecha se la realizó a los 60 días posteriores a la siembra, cuando las hojas exteriores alcanzaron minimamente los 20 cm.

5.2.8. Diseño experimental

Para la evaluación del presente trabajo de investigación se aplicó un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial donde el factor A esta representado por las soluciones nutritivas y el factor B por las variedades de acelga, conformado por 6 tratamientos y 10 repeticiones de cada uno de ellos distribuidos de forma aleatoria.

Factor A: SOLUCIÓN NUTRITIVA.

a_1 = Solución hidropónica FAO

a_2 = Solución hidropónica CABEZAS

Factor B: VARIEDADES DE ACELGA.

b_1 = Variedad Fordhook Giant

b_2 = Variedad Large White Ribbed

b_3 = Variedad ruibarbo

5.2.9. Descripción de los tratamientos

T1 = $a_1 \times b_1$ = Solución hidropónica FAO, variedad Fordhook Giant

T2 = $a_1 \times b_2$ = Solución hidropónica FAO, variedad Large White ribbed

T3 = $a_1 \times b_3$ = Solución hidropónica FAO, variedad Ruibarbo

T4 = $a_2 \times b_1$ = Solución hidropónica CABEZAS, variedad Fordhook Giant

T5 = $a_2 \times b_2$ = Solución hidropónica CABEZAS, variedad Large White ribbed

T6 = $a_2 \times b_3$ = Solución hidropónica CABEZAS, variedad Ruibarbo

CUADRO 9 Descripción de tratamientos

FACTOR A SOLUCIÓN HIDROPÓNICA	FACTOR B VARIEDADES	TRATAMIENTOS	COMBINACIONES
Solución hidropónica FAO	Fordhook Giant	T1	a1 b1
Solución hidropónica FAO	Large White Ribbed	T2	a1 b2
Solución hidropónica FAO	Ruibarbo	T3	a1 b3
Solución Hidropónica CABEZAS	Fordhook Giant	T4	a2 b1
Solución hidropónica CABEZAS	Large White Ribbed	T5	a2 b2
Solución hidropónica CABEZAS	Ruibarbo	T6	a2 b3

5.2.10. Modelo lineal aditivo

El diseño completamente al azar (DCA) consiste en la asignación de los tratamientos a cada unidad experimental en forma completamente aleatoria, es conveniente que las unidades experimentales sean lo más homogéneas posibles.

Se utilizó un DCA con arreglo bi – factorial.

$$X_{ijk} = \mu + a_i + \beta_j + (a\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

X_{ijk} = Una observación.

μ = Media general

a_i = Efecto fijo de la i – esima nivel del factor A (solución nutritiva)

β_j = Efecto fijo de la j – esima nivel del factor B (variedad de acelga)

$(a\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción de la i – esimo nivel del factor B, con el j – esimonivel del factor B (solución nutritiva x variedad de acelga)

ϵ_{ij} = error experimental asociado a la ijk – esimo unidad experimental.

5.2.11. Croquis experimental

FIGURA 4 Disposición de los tratamientos durante la investigación

T3	T1	T4
T6	T5	T3
T4	T5	T6
T1	T2	T3
T5	T4	T6
T2	T5	T1
T3	T1	T5
T6	T5	T4
T5	T2	T1
T2	T3	T4
T1	T3	T1
T1	T6	T1
T4	T2	T5
T6	T3	T6
T4	T3	T4
T2	T1	T6
T2	T6	T6
T4	T2	T4
T3	T2	T5
T3	T2	T5

5.2.12. Variables de respuesta

Las variables de respuesta evaluadas fueron:

- Porcentaje de germinación
- Altura de planta
- Numero de hojas
- Largo de hoja
- Ancho de hoja
- Diámetro de tallo
- Longitud de peciolo
- Peso fresco
- Consumo de agua

5.2.13. Operativización de variables

CUADRO 10 Operativización de variables.

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	UNIDAD DE MEDIDA	INSTRUMENTOS	TOMA DE DATOS
Porcentaje de germinación	Es el análisis de la semilla, propiamente dicho el número de semillas que germinan con éxito	porcentaje	Se almacenaron 100 semillas de cada especie	Se realizó antes de colocar los plantines en el sitio definitivo del experimento
Altura de planta	La altura de una planta es la distancia más corta entre el límite más alto de los tejidos fotosintéticos principales de esa planta (excluyendo las inflorescencias) y el nivel del suelo,	centímetros	Se utilizaron materiales tales como Regla y/o cinta métrica	Se tomaron estos datos momentos previos a la cosecha

Numero de hojas	Es la cantidad de hojas que posee la planta a partir del trasplante	unidades	Se lo realizó por simple conteo	Se realizó previo a la cosecha
Largo de hoja	Es la mayor de las dos dimensiones principales que presentan las hojas	centímetros	Se utilizaron materiales tales como Regla y/o cinta métrica	Se realizó previo a la cosecha
Ancho de hoja	Es la menor de las dos dimensiones principales que presentan las hojas	centímetros	Se utilizaron materiales tales como Regla y/o cinta métrica	Se realizó previo a la cosecha
Diámetro de tallo	Es la línea recta que une dos puntos de la circunferencia que describe el tallo de la planta	centímetros	Se utilizaron materiales tales como Regla y/o cinta métrica	Se realizó previo a la cosecha
Longitud de peciolo	Es la dimensión de la línea recta que describe el peciolo	centímetros	Se utilizaron materiales tales como Regla y/o cinta métrica	Se realizó previo a la cosecha
Peso fresco	Es el peso que tiene la planta al momento de su cosecha	gramos	Se hizo un pesaje utilizando una balanza de precisión	Se realizó después de la cosecha
Consumo de agua	Es la cantidad de agua consumida por la planta desde el trasplante hasta la cosecha	mililitros	Se utilizaron materiales volumétricos tales como matraz y/o probeta	Se tomaron datos de forma semanal

Fuente: Elaboración propia

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables agronómicas

6.1. Porcentaje de germinación

En lo que respecta al porcentaje de germinación de las tres variedades de acelga que fueron objeto de estudio en el presente trabajo de investigación se obtuvieron los siguientes resultados:

- La variedad Large White Ribbed presentó un porcentaje de germinación del 95%
- La variedad Magenta Sunset obtuvo un porcentaje de germinación del 85%
- La variedad fordhook Giant alcanzó un porcentaje de germinación del 82%

Para determinar el porcentaje de germinación, se recomienda utilizar semillas puras, lo cual garantizará la germinación de la mayoría de las semillas, tal como indica la FAO (1991).

Los resultados obtenidos de las tres variedades de acelga muestran que el porcentaje de germinación fue alta principalmente para la variedad Large White Ribbed, esto indica que se generaron las condiciones adecuadas para su germinación en cuanto a humedad y temperatura.

6.2. Número de hojas

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “número de hojas” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 11 Análisis de varianza para la variable número de hojas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	70,42	1	70	139	< 0,001	**
VARIEDADES	25,03	2	13	25	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	0,23	2	0	0	0,795	NS
Error	27,3	54	1			
Total	122,98	59				
CV= 7,12						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en el número de hojas.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto al número de hojas.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades ésta resultó ser no significativa, esto nos señala que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 7,12% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

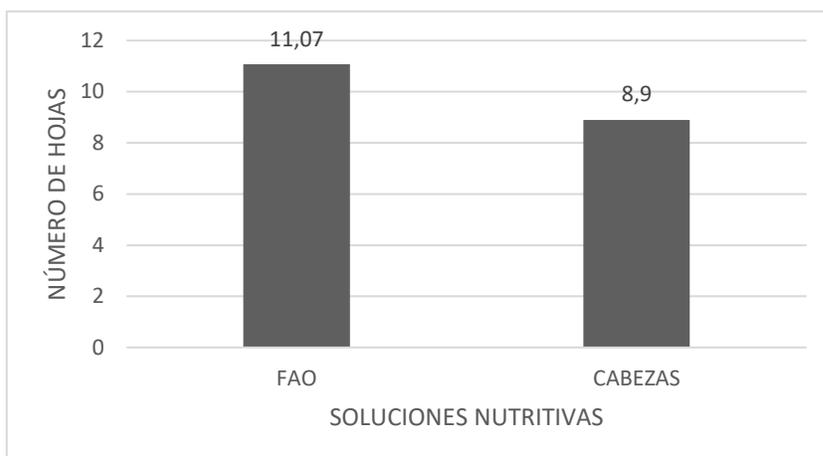
CUADRO 12 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	11,07	30	0,13	A	
CABEZAS	8,9	30	0,13		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 12 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de número de hojas.

GRÁFICO 1 Número de hojas de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable número de hojas, como se observa en el gráfico 1, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en el número de hojas en el cultivo de acelga, donde la solución nutritiva perteneciente a la FAO obtuvo un promedio de 11,07 hojas, frente a un promedio de 8,9 perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

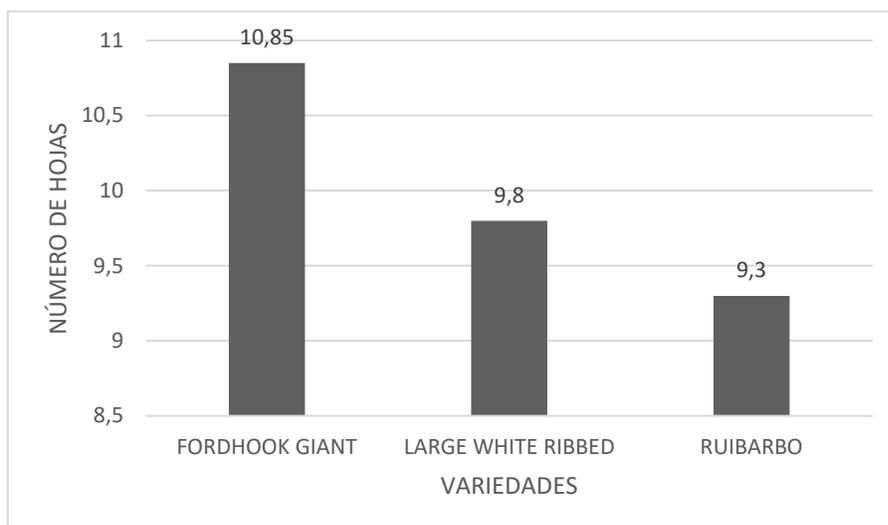
CUADRO 13 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	10,85	20	0,16	A		
LARGE WHITE RIBBED	9,8	20	0,16		B	
RUIBARBO	9,3	20	0,16			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 13 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de número de hojas.

GRÁFICO 2 Número de hojas de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable número de hojas, como se observa en el gráfico 2, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en el número de hojas, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 10,58 hojas, la variedad LARGE WHITE RIBBED con un promedio de 9,8, y por último la variedad RUIBARBO con un promedio de 9,3 hojas.

Estos datos concuerdan con los conseguidos por Chipana (2018), en su investigación sobre producción hidropónica como alternativa a la problemática de escasez de agua en dos variedades del cultivo de acelga, datos que coinciden tanto en la superioridad estadística de la variedad FORDHOOK GIANT como en el promedio de hojas obtenido en dicho estudio.

Es evidente que las diferencias entre variedades se deben principalmente a un aspecto de información genética, sin embargo también debemos tomar en cuenta la influencia que tuvieron ambas soluciones nutritivas en el desarrollo y cantidad de hojas.

6.3. Altura de planta

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “Altura de planta” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 14 Análisis de varianza para la variable altura de planta

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	211,69	1	212	125	< 0,001	**
VARIEDADES	435,62	2	218	129	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	35,36	2	18	10	< 0,001	**
Error	91,11	54	2			
Total	773,77	59				
CV= 3,31						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en la altura de planta, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto a la altura de planta.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades, esta resultó ser de igual manera altamente significativa, esto nos señala que ambos factores tienen alta influencia en la variable de respuesta Altura de planta.

El coeficiente de variación es de 3,31% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

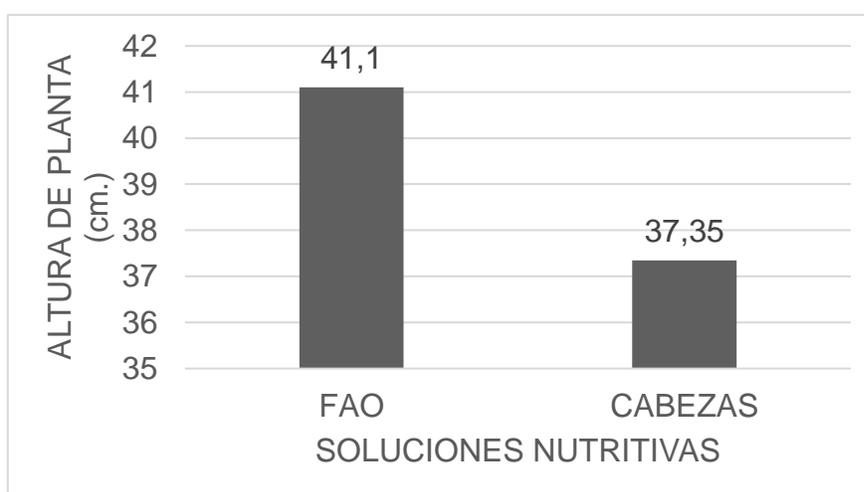
CUADRO 15 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	41,1	30	0,24	A	
CABEZAS	37,35	30	0,24		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 15 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de altura de planta.

GRÁFICO 3 Altura de planta de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable altura de planta, como se observa en el gráfico 3, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable altura de planta en el cultivo de acelga, obteniendo la solución nutritiva perteneciente a la FAO. un promedio de 41,1 (cm.) de altura, frente a un promedio de 37,35 (cm.) de altura logrados con la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

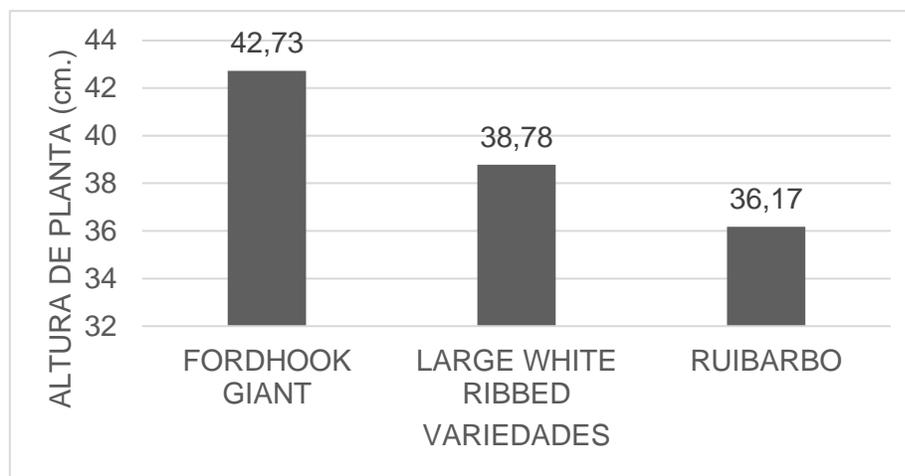
CUADRO 16 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	42,73	20	0,29	A		
LARGE WHITE RIBBED	38,78	20	0,29		B	
RUIBARBO	36,17	20	0,29			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 16 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de altura de planta.

GRÁFICO 4 Altura de planta de la prueba Duncan de variedades de Acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable altura de planta, como se observa en el gráfico 4, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable altura de planta, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 42,73 (cm.) de altura, la variedad LARGE WHITE RIBBED con un promedio de 38,78 (cm.) de altura, y por último tenemos a la variedad RUIBARBO con un promedio de 36,17 (cm.) de altura.

Estos datos concuerdan con Florez (2009), quien indica que la variedad Fordhook giant presenta una altura superior con respecto a otras variedades de acelga ya que tiene un porte más erecto por el cual alcanza mayor longitud vertical.

Concuerdan también con los datos obtenidos por Nuñez (2016). En su investigación de dos variedades de acelga con tres niveles de fertilizante foliar, donde la variedad Fordhook Giant superó estadísticamente con un promedio de 38,42 (cm.) a la variedad Ruibarbo que alcanzó 34,41 (cm.).

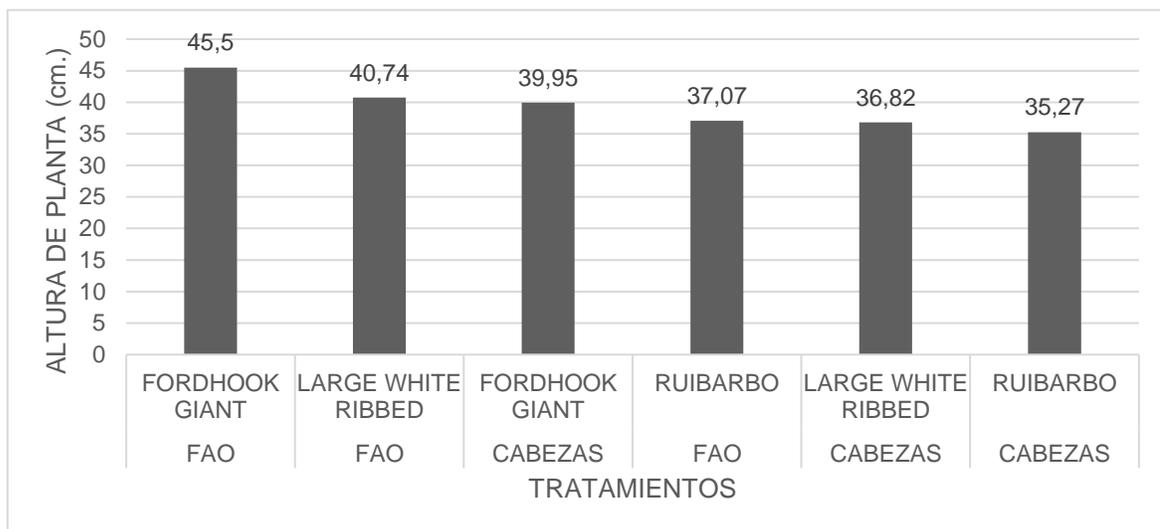
CUADRO 17 Prueba de medias Duncan para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades de acelga

SOLUCIONES	VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan			
FAO	FORDHOOK GIANT	45,5	10	0,41	A			
FAO	LARGE WHITE RIBBED	40,74	10	0,41		B		
CABEZAS	FORDHOOK GIANT	39,95	10	0,41		B		
FAO	RUIBARBO	37,07	10	0,41			C	
CABEZAS	LARGE WHITE RIBBED	36,82	10	0,41			C	
CABEZAS	RUIBARBO	35,27	10	0,41				D

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 17 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de altura de planta.

GRÁFICO 5 Altura de planta de la prueba Duncan para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable altura de planta, como se observa en el gráfico 5, los resultados obtenidos son los siguientes:

Se puede apreciar la presencia de cuatro grupos diferenciados, donde el tratamiento 1 (FAO - FORDHOOK GIANT) es el que se destacó en la variable altura de planta, siendo los grupos considerados como homogéneos los formados por los tratamientos (2, y 3), y los tratamientos (4 y 5), finalmente el tratamiento 6 fué el que presentó la menor altura de planta, significativamente inferior al resto de los tratamientos.

6.4. Diámetro de tallo

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “Diámetro de tallo” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 18 Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	21,84	1	22	47	< 0,001	**
VARIEDADES	43,75	2	22	47	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	1,59	2	1	2	0,19	NS
Error	25,04	54	0			
Total	92,22	59				
CV = 6,74						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en el diámetro de tallo, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto al diámetro de tallo.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades, ésta resultó ser no significativa, lo cual nos señala que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 6,74% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

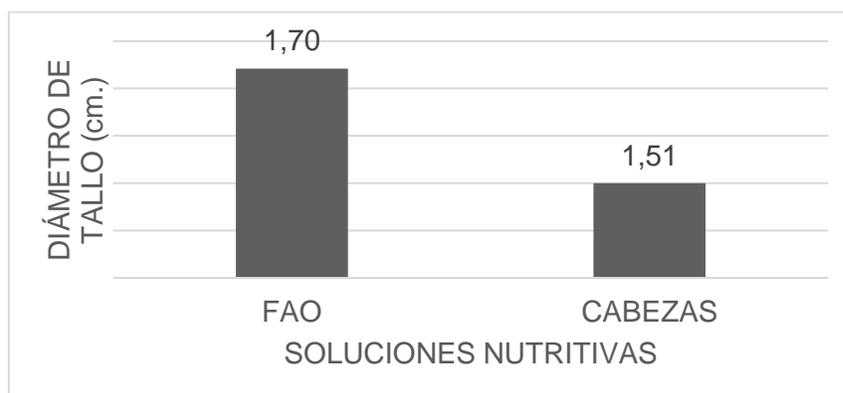
CUADRO 19 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	1,70	30	0,1	A	
CABEZAS	1,51	30	0,1		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 19 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de diámetro de tallo.

GRÁFICO 6 Diámetro de tallo de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable diámetro de tallo, como se observa en el gráfico 6, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en el diámetro de tallo en el cultivo de acelga, donde la solución nutritiva perteneciente a la FAO. obtuvo un promedio de 1,70 (cm.), frente a un promedio de 1,51 (cm.) perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

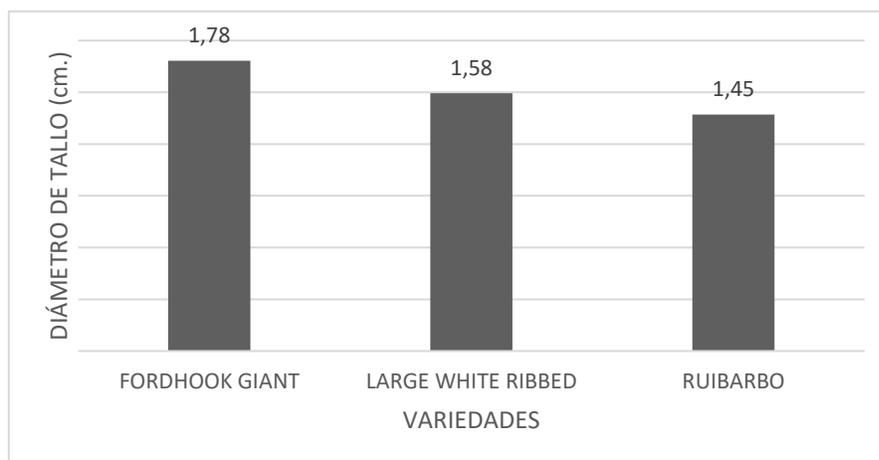
CUADRO 20 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	1,78	20	0,2	A		
LARGE WHITE RIBBED	1,58	20	0,2		B	
RUIBARBO	1,45	20	0,2			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 20 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de diámetro de tallo.

GRÁFICO 7 Diámetro de tallo de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable diámetro de tallo, como se observa en el gráfico 7, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable diámetro de tallo, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 1,78 (cm.), por su parte la variedad LARGE WHITE RIBBED obtuvo un promedio de 1,58 (cm.), y finalmente se tuvo a la variedad RUIBARBO con un promedio de 1,45 (cm.).

Datos sobre esta variable de respuesta son los que reporta Bolivar (2017), en su investigación Evaluación del efecto de mulch en tres variedades de acelga (*beta vulgaris var. cicla l.*) en ambiente atemperado en el centro experimental de cota cota, donde expone valores de 24,40 μ (micras) para la variedad Large White ribbed, 19,86 μ (micras) para la variedad Fordhook Giant y 19,45 μ (micras) para la variedad Magenta sunset.

6.5. Peso fresco.

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta "Peso fresco" en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 21 Análisis de varianza para la variable peso fresco

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	68,27	1	68	53	< 0,001	**
VARIEDADES	928,13	2	464	361	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	4,13	2	2	2	0,21	NS
Error	69,4	54	1			
Total	1069,9	59				
CV= 4,42						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en el peso fresco, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto al peso fresco.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades, ésta resultó ser no significativa, lo cual nos indica que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 4,42% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

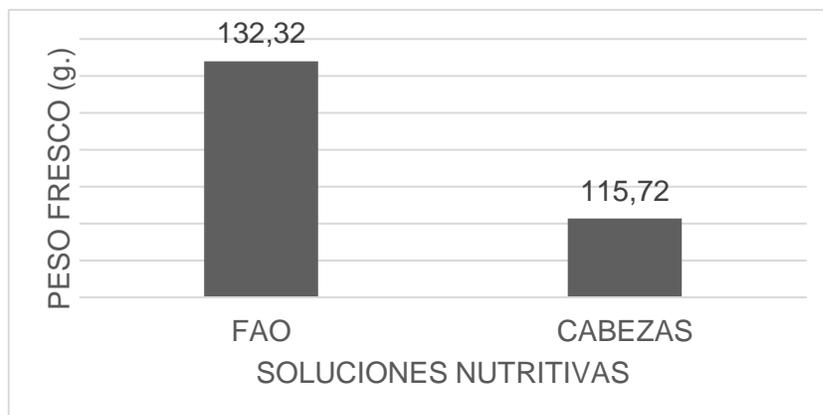
CUADRO 22 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	132,32	30	0,21	A	
CABEZAS	115,72	30	0,21		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 22 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de peso fresco.

GRÁFICO 8 Peso fresco de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable peso fresco, como se observa en el gráfico 8, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable peso fresco en el cultivo de acelga, la solución nutritiva perteneciente a la FAO. obtuvo un promedio de 132,32 (g.), frente a un promedio de 115,72 (g.) perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

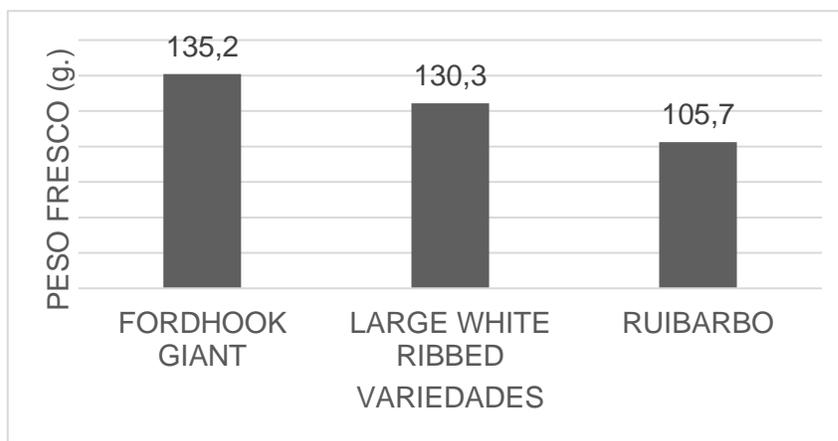
CUADRO 23 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	135,2	20	0,25	A		
LARGE WHITE RIBBED	130,3	20	0,25		B	
RUIBARBO	105,7	20	0,25			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 23 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de peso fresco.

GRÁFICO 9 Peso fresco de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable peso fresco, como se observa en el gráfico 9, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable peso fresco, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 135,2 (g.), quedando por encima de la variedad LARGE WHITE RIBBED que obtuvo un promedio de 130,3 (g.), y también de la variedad RUIBARBO con un promedio de 105,7 (g.)

Datos que se aproximan a los expuestos por calisaya (2016), en su trabajo titulado: "Evaluación de dos variedades de acelga bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico

en sistema NFT, en Cota Cota” donde refiere que la variedad Large White Ribbed alcanzó una media de 148 (g.), mientras que la variedad Fordhook giant obtuvo 99 (g.) en promedio.

6.6. Largo de hoja

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “Largo de hoja” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 24 Análisis de varianza para la variable largo de hoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	38,24	1	38	12	< 0,001	**
VARIEDADES	341,45	2	171	52	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	2,57	2	1	0	0,677	NS
Error	176,5	54	3			
Total	558,76	59				
CV= 7,49						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en el largo de hoja, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto al largo de hojas.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades esta resultó ser no significativa, esto nos señala que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 7,49% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

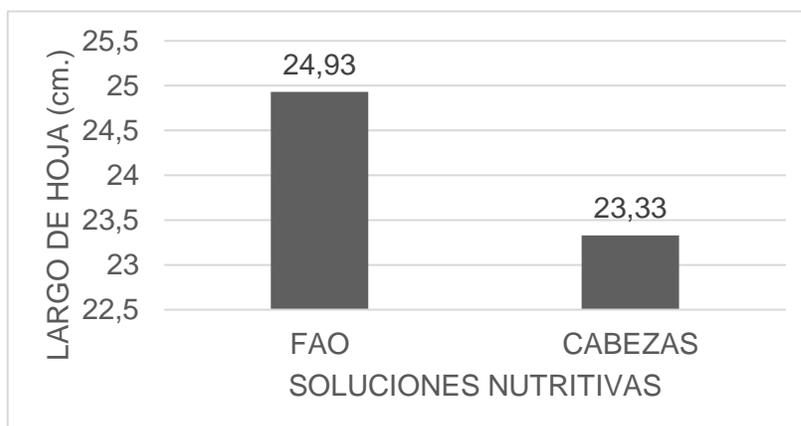
CUADRO 25 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	24,93	30	0,33	A	
CABEZAS	23,33	30	0,33		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 25 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de largo de hoja.

GRÁFICO 10 Largo de hojas de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable largo de hojas, como se observa en el gráfico 10, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable largo de hojas en el cultivo de acelga, la solución nutritiva perteneciente a la FAO. alcanzó un promedio de 24,93 (cm.), frente a un promedio de 23,3 (cm.) perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

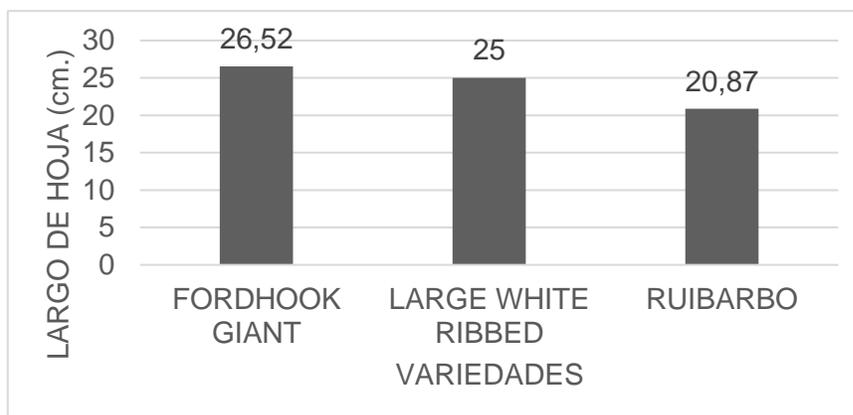
CUADRO 26 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIEDADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	26,52	20	0,4	A		
LARGE WHITE RIBBED	25	20	0,4		B	
RUIBARBO	20,87	20	0,4			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 26 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de largo de hoja.

GRÁFICO 11 Largo de hojas de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable largo de hojas, como se observa en el gráfico 11, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable largo de hojas, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 26,52 (cm.), la variedad LARGE WHITE RIBBED con un promedio de 25 (cm.), y por último tenemos a la variedad RUIBARBO con un promedio de 20,87 (cm.).

Para la variedad longitud de hoja Moya (2022). En su trabajo de investigación titulado Evaluación de la producción hidropónica de tres variedades de acelga (*beta vulgaris* var. *cicla I.*), en tres densidades de siembra con la técnica de raíz flotante, en el centro

experimental cota cota, reportó los siguientes datos: 28,27 (cm.) de longitud de hoja para la variedad Fordhook Giant, 28,38 (cm.) de longitud de hoja para la variedad Large White Ribbed y 26,91 (cm.) para la variedad Magenta sunset, valores cercanos a los obtenidos con la presente investigación.

6.7. Ancho de hoja

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “Ancho de hoja” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 27 Análisis de varianza para la variable ancho de hoja

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	69,98	1	70	48	< 0,001	**
VARIEDADES	110,63	2	55	38	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	3,37	2	2	1	0,324	NS
Error	79,08	54	1			
Total	263,06	59				
CV = 7,76						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en el ancho de hojas, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto al ancho de hojas.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades esta resultó ser no significativa, esto nos señala que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 7,76% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

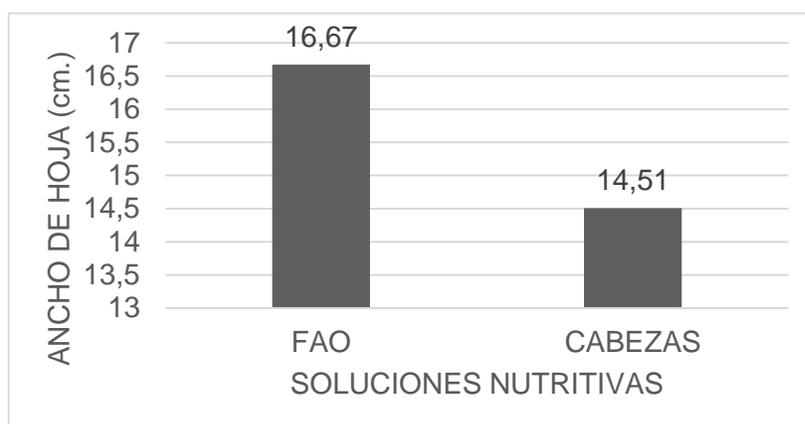
CUADRO 28 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	16,67	30	0,22	A	
CABEZAS	14,51	30	0,22		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 28 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de ancho de hoja.

GRÁFICO 12 Ancho de hojas de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable ancho de hojas, como se observa en el gráfico 12, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable ancho de hojas en el cultivo de acelga, la solución nutritiva perteneciente a la FAO. Obtuvo un promedio de 16,67 (cm.), frente a un promedio de 14,51 (cm.) perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

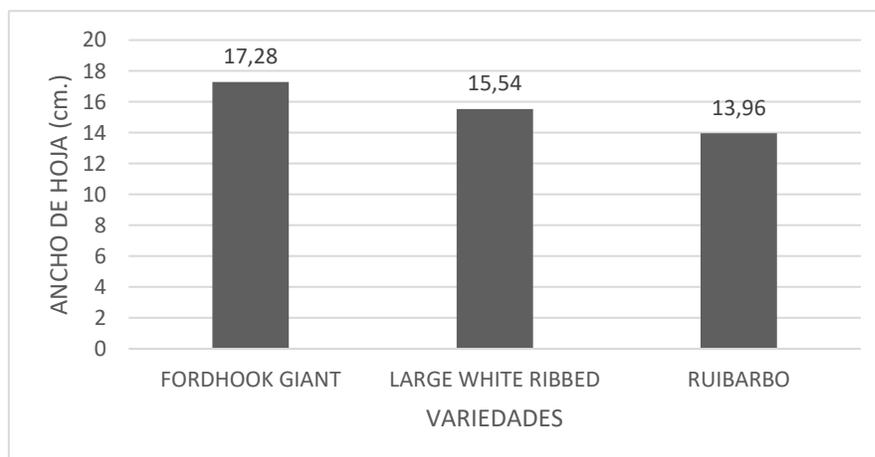
CUADRO 29 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIEDADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	17,28	20	0,27	A		
LARGE WHITE RIBBED	15,54	20	0,27		B	
RUIBARBO	13,96	20	0,27			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 29 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de ancho de hoja.

GRÁFICO 13 Ancho de hojas de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable ancho de hojas, como se observa en el gráfico 13, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable ancho de hojas, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 17,28 (cm.), la variedad LARGE WHITE RIBBED con un promedio de 15,54 (cm.), y por último la variedad RUIBARBO con un promedio de 13,96 (cm.).

El estudio realizado por calisaya (2016), titulado: “Evaluación de dos variedades de acelga bajo tres niveles de fertilizante foliar orgánico en sistema NFT, en Cota Cota” muestra datos para la variable ancho de hoja que van desde los 11,12 a los 12,96 (cm.)

en dicho trabajo se evaluaron a la variedad Fordhook giant y a la variedad Large white ribbed.

6.8. Longitud de peciolo

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “Longitud de peciolo” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 30 Análisis de varianza para la variable longitud de peciolo

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	54,53	1	55	134	< 0,001	**
VARIEDADES	169,23	2	85	208	<0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	0,81	2	0	1	0,377	NS
Error	22,01	54	0			
Total	246,58	59				
CV = 4,12						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en la longitud de peciolo, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto a la longitud de peciolo.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades esta resultó ser no significativa, esto nos señala que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 4,12% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

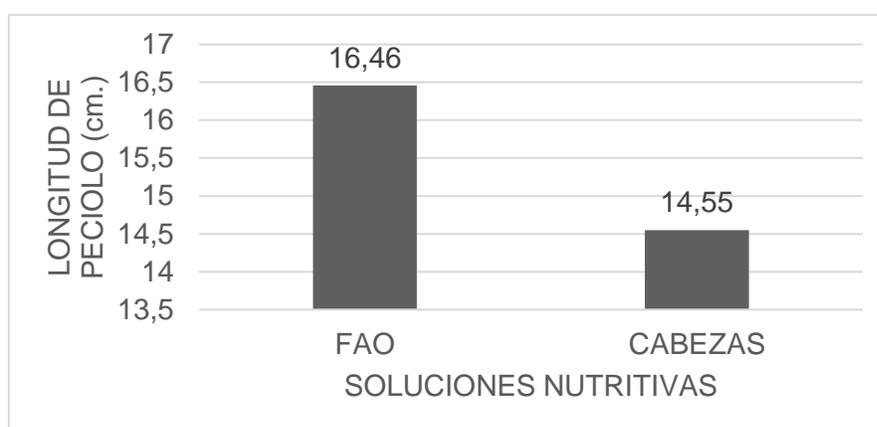
CUADRO 31 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	16,46	30	0,12	A	
CABEZAS	14,55	30	0,12		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 31 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de longitud de peciolo.

GRÁFICO 14 Longitud de peciolo de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable longitud de peciolo, como se observa en el gráfico 14, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable longitud de peciolo en el cultivo de acelga, la solución nutritiva perteneciente a la FAO. Con un promedio de 16,46 (cm.), frente a un promedio de 14,54 (cm.) perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

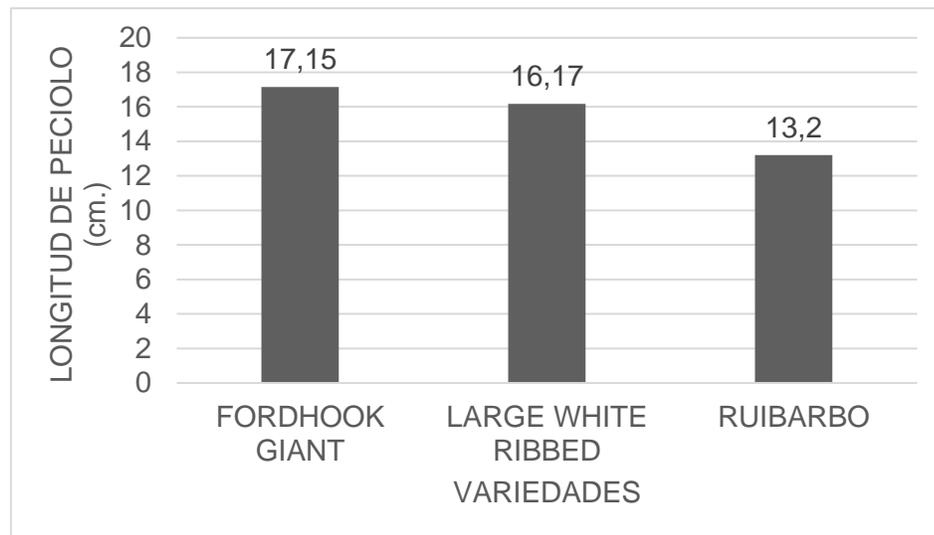
CUADRO 32 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	17,15	20	0,14	A		
LARGE WHITE RIBBED	16,17	20	0,14		B	
RUIBARBO	13,2	20	0,14			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 32 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de longitud de peciolo.

GRÁFICO 15 Longitud de peciolo de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable longitud de peciolo, como se observa en el gráfico 15, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable longitud de peciolo, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 17,15 (cm.), la variedad LARGE WHITE RIBBED con un promedio de 16,17 (cm.), y por último la variedad RUIBARBO con un promedio de 13,2 (cm.).

Los datos obtenidos en la presente investigación son cercanos a los obtenidos por Moya (2022). En su trabajo de investigación titulado Evaluación de la producción hidropónica de tres variedades de acelga (*beta vulgaris* var. *cicla* l.), en tres densidades de siembra con la técnica de raíz flotante, en el centro experimental cota cota, quien reportó los

siguientes datos: 17,95 (cm.) para la variedad Fordhook Giant, 18,14 (cm.) para la variedad Large White Ribbed y 15,83 (cm.) para la variedad Magenta sunset.

6.9. Consumo de agua.

Realizado el análisis de varianza para evaluar la variable de respuesta “consumo de agua” en el cultivo de acelga por efecto de dos soluciones nutritivas en tres variedades del cultivo se obtuvieron los siguientes resultados:

CUADRO 33 Análisis de varianza para la variable consumo de agua.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	
SOLUCIONES	93536,02	1	93536	6200	< 0,001	**
VARIEDADES	1790,53	2	895	59	< 0,001	**
SOLUCIONES*VARIEDADES	118,93	2	59	4	0,025	NS
Error	814,7	54	15			
Total	96260,18	59				
CV= 4,16						

** Altamente significativo al 1%

* Significativo al 5%

NS: No significativo

Para el factor de soluciones nutritivas se encontró que las diferencias estadísticas son altamente significativas, lo cual nos indica que dichas soluciones tienen fuerte influencia en el consumo de agua, en el cultivo de acelga.

Por su parte para el factor de variedades, de igual manera se obtuvieron diferencias altamente significativas, esto indica que las tres diferentes variedades de acelga se distinguen en los promedios obtenidos con respecto al consumo de agua.

A su vez para la interacción entre soluciones nutritivas y variedades esta resultó ser no significativa, esto nos señala que ambos factores actúan independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación es de 4,16% indicando, que los datos del análisis estadístico son confiables, por encontrarse dentro de los rangos permisibles de variabilidad; además indica un buen planteamiento y manejo experimental.

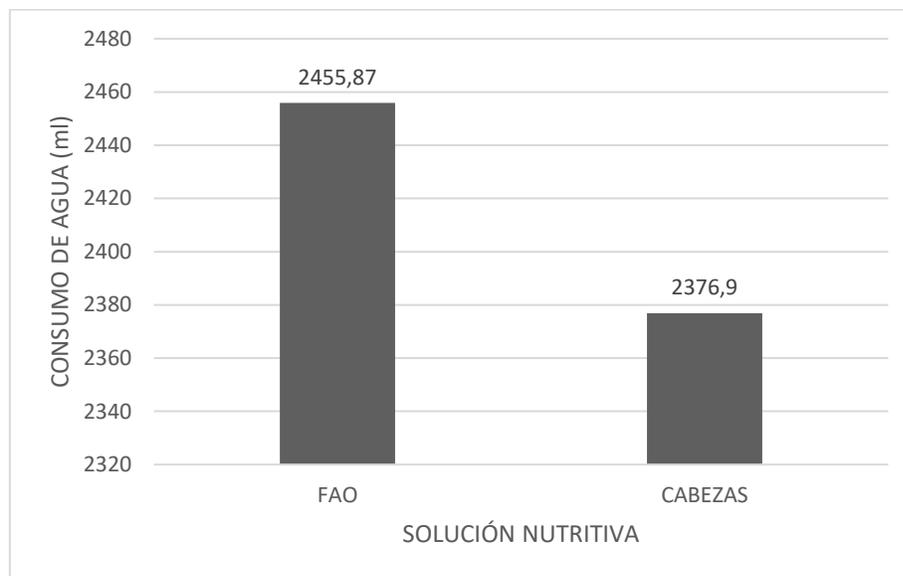
CUADRO 34 Prueba de medias Duncan para soluciones nutritivas

SOLUCIONES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan	
FAO	2455,87	30	0,71	A	
CABEZAS	2376,9	30	0,71		B

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 34 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de consumo de agua.

GRÁFICO 16 Consumo de agua de la prueba Duncan de solución nutritiva



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable consumo de agua, como se observa en el gráfico 16, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las soluciones nutritivas aplicadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable consumo de agua en el cultivo de acelga, la solución nutritiva perteneciente a la FAO. Obtuvo un consumo de agua promedio de 2455,87 (ml.), frente a un promedio de 2376,9 (ml.) de consumo de agua perteneciente a la solución nutritiva formulada por CABEZAS.

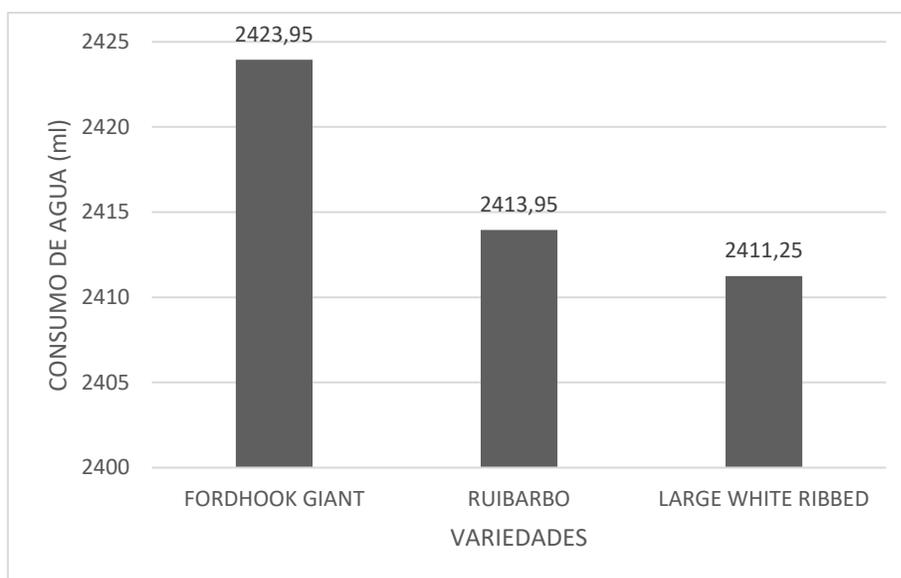
CUADRO 35 Prueba de medias Duncan para variedades de acelga

VARIETADES	Medias	n	E.E.	Agrupamiento Duncan		
FORDHOOK GIANT	2423,95	20	0,87	A		
RUIBARBO	2413,95	20	0,87		B	
LARGE WHITE RIBBED	2411,25	20	0,87			C

Medias con una letra en común no son significativamente diferentes.

El cuadro 35 presenta las comparaciones mediante la prueba Duncan a un nivel de significancia del 5 % para los promedios de consumo de agua.

GRÁFICO 17 Consumo de agua de la prueba Duncan de variedades de acelga



Fuente: Elaboración propia.

Realizada la comparación de medias por el método Duncan, para la variable consumo de agua, como se observa en el gráfico 17, los resultados obtenidos son los siguientes:

Las Variedades del cultivo de acelga empleadas en los tratamientos tuvieron un efecto diferente en la variable consumo de agua, destacándose la variedad FORDHOOK GIANT con un promedio de 2423,95 (ml.) de consumo, la variedad RUIBARBO con un promedio de 2413,95 (ml.), y por último la variedad LARGE WHITE RIBBED RUIBARBO con un promedio de 2411,25 (ml.).

Estos datos se acercan a los obtenidos por Chipana (2018). En su investigación, producción hidropónica como alternativa a la problemática de la escases de agua, en dos variedades del cultivo de acelga, donde expone un consumo de agua por planta de 2 litros para la variedad Fordhook giant y 2,25 litros de consumo de agua por planta para la variedad Verde Costa.

7. CONCLUSIONES

Tomando en cuenta los objetivos planteados, las evaluaciones de campo y los resultados obtenidos en la presente investigación, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Durante el desarrollo de la presente investigación no se observó la incidencia de enfermedades en ninguna de las tres variedades sujetas a estudio, esto se atribuye al uso de un sustrato inerte previamente desinfectado.
- La variedad de acelga Fordhook Giant se destacó en promedio en todas las variables de respuesta evaluadas obteniendo diferencias altamente significativas.
- La solución nutritiva que reportó mayores rendimientos en las tres variedades de acelga (Fordhook Giant, Large White Ribbed y ruibarbo), fue la solución nutritiva formulada por la FAO.
- Habiendo medido la cantidad de agua empleada para el cultivo de las tres variedades de acelga en un sistema hidropónico por mecha y comparándola con un sistema de riego tradicional se concluye que el ahorro de agua es altamente significativo, siendo una gran alternativa al problema cada vez mas latente de escases de agua.

8. RECOMENDACIONES.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se hacen las siguientes recomendaciones:

- Para obtener un mejor rendimiento de acelga y de buena calidad, mediante un sistema Hidropónico, se recomienda utilizar la formulación nutricional que es elaborada por “FAO” ya que obtuvo buenos resultados en las variables Agronómicas.
- La variedad FORDHOOK GIANT, es la más recomendable ya que se adaptó mejor a las condiciones que se presentaron en el contexto donde se realizó la investigación
- En el caso del almácigo es recomendable que el sustrato donde se realice sea lo más parecido al sustrato que se empleará en el lugar definitivo, esto con el propósito de disminuir el estrés al que están sometidos los plantines al momento de su trasplante.
- Para evitar la presencia de algas en el recipiente que contiene la solución nutritiva se recomiendan recipientes que no permitan la presencia de luz, en el caso del presente experimento se pintaron dichos recipientes de color negro.
- Se recomienda una correcta oxigenación de la solución nutritiva esto para mantener estables los valores de la conductividad eléctrica, mismo valor que debe ser el adecuado para permitir una correcta asimilación de los nutrientes por parte de la raíz del cultivo.

9. BIBLIOGRAFIA

ACOSTA, M. (2009). Soluciones nutritivas. Consultado 02 de febrero 2023 Infoagro. Recuperado de <http://www.infoagro.go.cr/Infoagro/HojasDivulgativas/Soluciones%20Nutritivas.pdf>

AFRIAGRO. 2011. Technical Report, Swiss chard. Klein Karoo Seed marketing. Consultado el 17 de febrero 2022. Disponible en: [www. Seedmarketig.co.za](http://www.Seedmarketig.co.za).

AGROHUERTO. 2015. Acelgas: Cultivo y curiosidades. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado 1 de abril 2023. Disponible en: <http://www.agrohuerto.com/acelgascultivoycuriosidades>

AGUILAR, O. 1993. Guía de manejo de cultivos protegidos. Cartillas didácticas realizadas por SEMTA (Servicios Múltiples de Tecnologías Apropriadas). La Paz – BOLIVIA. PP. 9 – 88.

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

ANDREAU, R., GIMÉNEZ, D. Y BELTRANO, J. (2015). Modificación artificial del ambiente: Cultivos protegidos. En: BELTRANO, J. y GIMENEZ, D. O. (Eds.). Cultivo en hidroponía (pp. 140-166). Buenos Aires, Argentina: Edulp (Editorial de la Universidad de la Plata). Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/46752/Documento_completo.pdf?sequence=1

ASTEARÁN, I., MARTÍNEZ, J. 2000. Alimentos y propiedades. Segunda Edición. Mc Graw Hill. Interamericana. España. Madrid.

ASTORGA, T., B. BOUQUET, Y G. CHINCHINILLA. (2009). cultivos sin Suelo. Cartago, Costa Rica. 120 p.

BEDOYA, J. 2008. Sistemas de producción hidropónica. Almería, España: Mundiprensa. 250p.

CABEZAS, R. 2017. Hidroponía: una guía para aprender de manera rápida. 1 ed. Cochabamba, Bolivia, s. e. 103 p.

CASSERES, E. 1981. Producción de hortalizas. IICA. 3ra. Edición. San José, Costa Rica. 387 p.

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

ECOHORTUM, 2013 Manejo de sistemas mixtos en hidroponía, condiciones básicas para la instalación de sistemas mixtos. Perú – guía p. 159

FAO, 2011. Cultivos hidropónicos, formulación de soluciones nutritivas, p. 325

FAVELA, E., PRECIADO, P., & BENAVIDES, A. (2006). Manual para la preparación de las soluciones nutritivas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

FERNÁNDEZ, D. Consultado el 22 de marzo 2023. Preguntas frecuentes - Conductividad eléctrica (EC) en hidroponía [Archivo de blog]. Disponible en: <https://scienceinhydroponics.com/2009/02/faq-electrical-conductivity-ec-inhydroponics.htm>

FERNÁNDEZ, D. Consultado 22 de marzo 2023. ¿Cuál es la temperatura ideal de solución nutritiva en hidroponía? [Archivo de blog]. Disponible en: <https://scienceinhydroponics.com/2017/06/what-is-the-ideal-nutrient-solutiontemperature-in-hydroponics.html>

FLORES, A., 2007. Efecto de frecuencias de poda en dos variedades de acelga (*Beta vulgaris* var. Cicla L.) en ambiente protegido. Tesis de Grado. Facultad de Agronomía. Universidad Mayor de San Andrés.

FLOREZ J. 2009. Agricultura ecológica, manual y guía didáctica. Editorial Mundi – Prensa. Primera Edición, Madrid, España. 395p.

FRANCO, S. 2002. Hidroponía, cultivos sin tierra. (en línea). La Paz, Bolivia. Consultado 12 de abr. 2015. Disponible en: <http://www.maristas.com.ar/champagnat/poli/biologia/hidrop.htm>

GARCIA, 2012. Comportamiento agronómico del cultivo de lechuga a la aplicación de bioestimulantes orgánicos en la zona de Cuesaca provincia del Carchi. Tesis de Grado; Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica del Norte. Carchi, Ecuador. 55 p.

GIACONI, V. 2004. Cultivo de hortalizas. Colección nueva técnica. Editorial Universitaria Novena Edición. Barcelona, España. 334 p.

GROHO Consultado 27 de marzo 2023. Restricciones de las raíces en hidroponía [Mensaje en un blog]. Disponible en: <https://www.groho.es/post/restricciones-de-las-raices-en-hidroponia>

GROHO Consultado 30 de marzo 2023. Control de los niveles de pH, ppm y CE [Mensaje en un blog]. Disponible en: <https://www.groho.es/post/control-de-los-niveles-de-ph-ppmy-c>

GUTIERREZ, HERNANDES Y SILVANO, 2009. Sistemas hidropónicos bajo un manejo adecuado en hortalizas, p 36.

GUTIÉRREZ et al. 2009. Manual de hortalizas en carpas solares. Proyecto invernaderos familiares. Primera Edición septiembre 2009. La Paz – Bolivia

INFOAGRO, 2007. El cultivo de tomillo. Consultado 07 de abril de 2023. Disponible en: <http://www.infoagro.com/aromaticas/tomillo.htm>

IZQUIERDO, J. 2005. Hidroponía popular. oficina Regional de la FAO, Santiago, Chile, Universidad de Talca. 61 p.

LARA HERRERA, ALFREDO (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Terra Latinoamericana. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57317306>

LARA, H. 2008. Soluciones nutritivas para cuatro etapas fenológicas del jitomate. Tesis Ph.D. Texoco, Mexico. Colegio de Postgraduados. 180p.

LINARES, 2004. Producción de cultivos en invernadero, bajo condiciones controladas. Oruro – La Paz p. 126

MARULANDA, C., 2003. Hidroponía Familiar en Colombia desde el Eje Cafetalero. Editorial Optigraf, América - Colombia. pp. 52 - 55.

MONTERO, C. 2008. Producción Hidropónica de Hortalizas. Guácimo, Costa Rica. 340p.

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

OASIS EASY PLANT (2017). MANUAL DE HIDROPONIA. Consultado 11 de febrero 2023 Disponible en: http://www.oasiseasyplant.mx/wp-content/uploads/2017/04/Manual-dehidroponia_Media.pdf

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

PACHECO, C. M. 2010. Los huertos hidropónicos populares. Lima, Perú. Planeta Perú. 295p

PORCO, F. y TERRAZAS, J. 2009. Horticultura: aplicaciones prácticas. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. La Paz, Bolivia. 23 – 24, 49 – 50, 61 – 65 pp

RAMIREZ, F., 2006. Seguridad alimentaria cultivando hortalizas. Colombia. Editor Grupo Latino Editores S.A.S. pp. 480-494.

RESH, H. 1997. Cultivos hidropónicos, nuevas técnicas de producción. 4 ed. (J. Carlos, (Eds.). Madrid, España. Madrid, Mundi-prensa. 540p.

RODRIGUEZ M, R, 2010. Tecnología del riego subsuperficial y consumo de agua en hortalizas en su máximo estado de desarrollo. Perú p. 35.

ROJAS, W. 2006. Apuntes de Botánica sistemática. Carrera de Ingeniería Agronómica, Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. La Paz – Bolivia. 45 pp.

SANCHEZ Y ESCALANTE, 2013. Producción de cultivos en invernadero, bajo condiciones controladas. Oruro-La Paz 83 p.

SANTOS, B., y RIOS, D. (2016). Cálculo de soluciones nutritivas en suelo y sin suelo Consultado 03 de mayo 2023. Recuperado de http://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/otro_622_soluciones_nutritivas.pdf

SEYMOUR, 1980. El Horticultor auto suficiente, Primera Edición. Editorial AEDOS, España. pp. 160- 161.

VALADEZ, L., 1993. Producción de hortalizas. México DF. Editorial UTCHA. pp. 56 – 101.

VALDEZ, 1997. Producción en Invernaderos, Editorial Águila, Puno, Perú. p. 50.

ANEXOS

ANEXO 1 Análisis físico-químico del agua de la Estación Experimental Patacamaya

N° Lab.		PARAMETRO	Resultado	Unidades	Metodo
045-01	2018	pH	6,79		Potenciometría
045-02	2018	Conductividad eléctrica	550,00	µS/cm	Conductancia
045-03	2018	Sodio	91,74	mg / L	Fiamometría
045-04	2018	Potasio	7,23	mg / L	Fiamometría
045-05	2018	Calcio	13,31	mg / L	Absorción atómica
045-06	2018	Magnesio	3,24	mg / L	Absorción atómica
045-07	2018	Cloruros	76,18	mg / L	Método argentométrico
045-08	2018	Carbonatos	0,00	mg / L	Volumetría
045-09	2018	Bicarbonatos	131,43	mg / L	Volumetría
045-10	2018	Sulfatos	26,29	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
045-11	2018	Sólidos Suspendidos	0,20	mg / L	Gravimétrico
045-12	2018	Sólidos Totales	389,33	mg / L	Gravimétrico
045-13	2018	Sólidos Disueltos	387,86	mg / L	Gravimétrico
045-14	2018	Boro	0,47	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
045-15	2018	Nitratos	3,52	mg / L NO ₃	Espectrofotometría UV-Visible
045-16	2018	Fosfatos	0,37	mg / L PO ₄ ⁻³	Espectrofotometría UV-Visible
045-17	2018	Amonio	0,37	mg / L NH ₄ ⁺	Espectrofotometría UV-Visible
045-18	2018	Hierro	0,05	mg / L	Absorción atómica
045-19	2018	Manganeso	< 0,01	mg / L	Absorción atómica
045-20	2018	Cobre	0,005	mg / L	Absorción atómica
045-21	2018	Zinc	0,76	mg / L	Absorción atómica
045-22	2018	Nitrógeno total	2,00	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible
045-23	2018	Azufre	8,97	mg / L S	Espectrofotometría UV-Visible
045-24	2018	Molibdeno	< 0,20	mg / L	Espectrofotometría UV-Visible

RESADO : *JAIMES TERCEROS MIKE*
 EDENCIA : *Departamento LA PAZ,*
Provincia: AROMA,
PATACAMAYA
UMSA - PATACAMAYA

N° SOLICITUD: *021 / 2018*
 FECHA DE RECEPCION : *26 / Mar*
 FECHA DE ENTREGA : *12 / Abril*

DESCRIPCIÓN : *Muestra de agua : Agua subterránea*

CONSIDERACIONES.-

ANEXO 2 Implementación del almácigo



cernido de arena para eliminar impurezas

Arena cernida

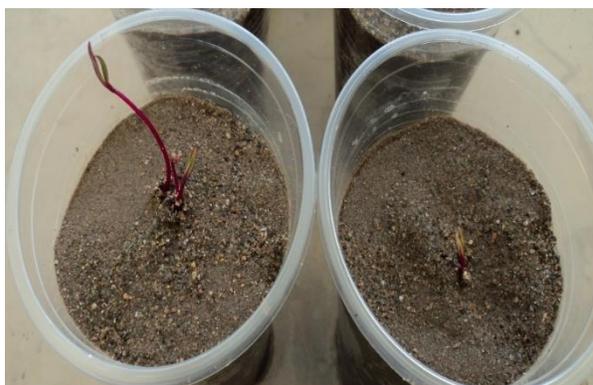


Desinfección de arena con hipoclorito de sodio



Vasos plásticos con arena

Siembra de las tres variedades en almácigo



Plantines emergiendo



Almácigo en pleno desarrollo



ANEXO 3 Preparación de los recipientes para las unidades experimentales



Acopio y pintado de botellas plásticas



Lavado de botellas plásticas

ANEXO 4 Preparación del sustrato inerte para las unidades experimentales.



Desinfección de cascarilla de arroz

Lavado de cascarilla de arroz



Remojo de cascarilla de arroz durante tres Semanas para mejorar su retención de humedad

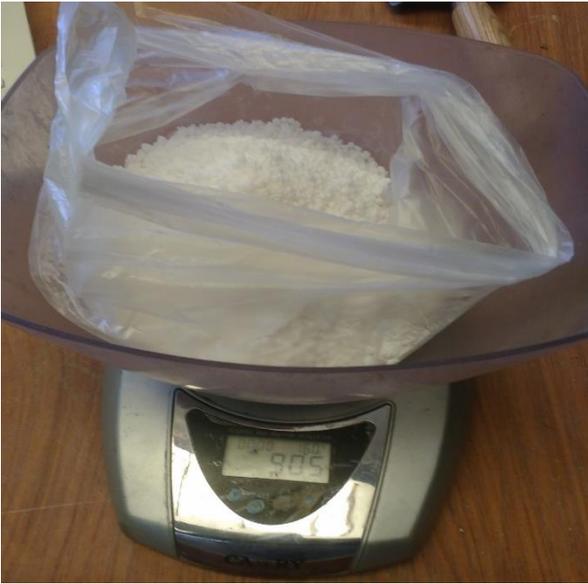


Desinfección de aserrín con hipoclorito de sodio

Mezcla del sustrato inerte, 40% de cascarrilla de arroz, 40% de arena y 20% de aserrín



ANEXO 5 preparación de las soluciones nutritivas



Pesaje de insumos químicos



Preparación de las soluciones nutritivas



Solución nutritiva FAO



Solución nutritiva CABEZAS

ANEXO 6 Implementación del sistema por mecha



Trenzado de mechas

Armado del sistema por mecha



Unidades experimentales

ANEXO 7 Desarrollo del cultivo en el sitio definitivo







ANEXO 8 Evaluación de variables



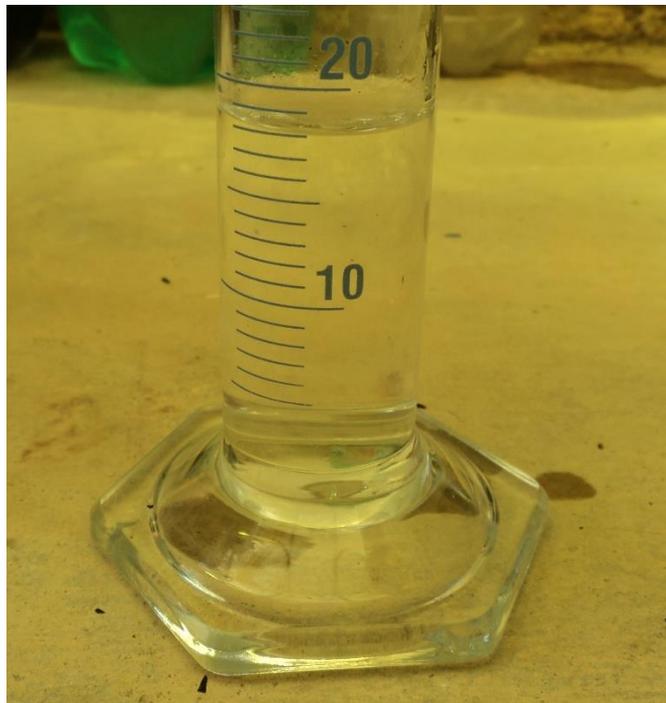
Datos del largo de hoja



Datos del ancho de hoja



Datos del peso fresco al momento de la cosecha



Datos de volumen de solución nutritiva consumida por el cultivo