

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Manejo de Nutrición Considerando Capacidad de Extracción de Fertilizantes en la Producción de Acelga (*Beta vulgaris*).

Por:

JORGE LUIS SALAS ESPINOZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Manejo de Nutrición Considerando Capacidad de Extracción de Fertilizantes en la Producción de Acelga (*Beta vulgaris*).

Por:

JORGE LUIS SALAS ESPINOZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



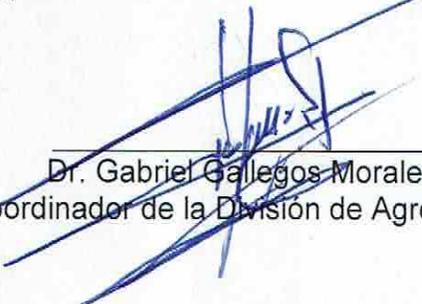
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Asesor Principal



M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez
Coasesor



Dr. Arturo Gallegos del Tejo
Coasesor



Dr. Gabriel Gallegos Morales
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Mayo 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Doy las gracias a Dios, por concederme y llenar de bendiciones mi vida, por darme fortaleza para seguir adelante en los momentos difíciles, y permitir tener a mi lado a una hermosa familia, porque siempre me guio y llevo por el buen camino para seguir superándome.

A mi Alma Terra Mater:

A la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, por permitir ser uno más de sus alumnos, por ser un buitre del cual me siento muy orgulloso, muchas gracias por formar parte de la institución que me brindo la posibilidad de ser un profesionalista, además de ser mi segunda casa, mi hogar durante cuatro años, por lo que aprendí en cada una de sus aulas y laboratorios, como olvidar a su dormitorio, especialmente “Los Palomares” y su comedor universitario.

Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera:

Por todo el apoyo y confianza brindada para este trabajo de investigación gracias por sus consejos, sugerencias y aportar sus conocimientos y paciencia, además de sus clases que impartió dentro de mi instancia en la universidad de las cuales saque un buen provecho, mi respeto y admiración, porque fuera del ámbito laboral lo estimo como un gran amigo y espero contar con su amistad siempre.

A la M.C. Blanca Elizabeth Martínez

Por el apoyo brindado, durante la realización de este trabajo de investigación, por sus consejos, sugerencias en la cual me sirvieron de mucho mi respeto y admiración.

Al Dr. Arturo Gallegos del Tejo

Por su valioso apoyo moral y la disponibilidad para la realización de este trabajo de investigación.

A mis amigos

Gracias a todos los que contribuyeron no solo en este trabajo, sino en toda mi carrera profesional, ayudarme, alentándome, y por su gran compañía puedo decir que todos y cada uno de ustedes son mi otra familia.

Jesús Tenorio, Oscar Ortega, Marvin Guillermo, Luis Alfonzo, Jairo Orduñas, José Marcelino Rendón, Alexis Aragón, Alberto Zamora, Enrique Gutiérrez, Roberto Solís, Héctor Paredes, Alexis Barreto, Ángel Gonzales, Enrique Marín, Máximo Aguirre, Azael Castro, Francisco Salado, Rafael Condado, Mario Barreto, Omar Elizalde, Francisco Alcázar, Benurt Sánchez, Jesús Naranjo, Emanuel Sedeño, Francisco Mitzi, Edgar Sánchez, Jonathan Cortez, María Janeth Flores, Imelda Neri, Betzayra G. Castañeda, Nayeli Rosas, Natividad Aragón.

A todos los maestros de la UAAAN, gracias por los conocimientos transferidos a través de su sabiduría.

A todos mis amigos y compañeros de la UAAAN.

Con gran admiración para mi novia, María Guadalupe Mirafuetes Morellano, quien estuvo presente y atenta siempre en el transcurso de mi carrera gracias por el apoyo brindado y consejos, una gran mujer tan especial que Dios puso en mi camino.

Con gran admiración y respeto, al Ing. Mayra Salas Espinoza e Ing. Moisés Rosas, cuñado y amigo gracias por el apoyo brindado además de darme consejos para lograr ser un profesional, los estimo mucho a los dos son unas excelentes personas.

A todas las personas que contribuyeron con su experiencia, afecto, estímulo en la culminación de mi carrera.

¡¡ GRACIAS A TODOS USTEDES!!

Dedicatoria.

A mis padres:

Sra. Domíngua Espinoza Manzanares y Sr. Carmelo Salas Moran.

Gracias por apoyar mi sueño y estar incondicionalmente para mí, me siento muy orgulloso de ser su hijo, admiro su trabajo, ustedes fueron mi motivo para este trabajo, gracias por la manera en que me educaron y por confiar siempre en mí; Los amo.

A mi madre, por darme la vida, por ser la mejor de mundo, por estar siempre pendiente y preocuparse de mí, por perdonar mis locuras y errores, por consolarme cuando estoy triste, por ayudarme a vencer mis miedos y demostrar que todo en esta vida se puede, por ser mi madre y amiga a la vez, porque ahora que ve lo que he logrado puedo decirle muchas gracias por todos los esfuerzos que hizo por mí.

A mi padre, porque sé que esto no fue fácil, gracias padre porque usted me ha enseñado muchas cosas lo aprecio mucho por sus consejos y sabiduría que la vida le ha dado ahora puedo decir que me ha orientado por el buen camino para culminar una meta más en mi vida muchas gracias por su apoyo.

A mis hermanos:

Mayra Salas Espinoza.

Yobany A. Salas Espinoza.

Los mejores hermanos que pude tener, muchos años ausente con ustedes y me he perdido de bellos momentos, de mucho sacrificio, pero las recompensas puedo decir que son mejores, agradezco su apoyo infinito de haber estado conmigo siempre y la confianza los quiero mucho.

***A mi prima:** Concepción Salas Moran gracias por apoyarme desde que yo era pequeño por ser casi como mi segunda madre, y darme consejos para salir adelante y cumplir uno de mis sueños.*

A mis abuelos:

Agustina Moran de León (+)

Serafín Salas (+)

Justina Manzanares Espejo

Ángel Espinoza Rivera

Mis abuelos paternos como maternos fueron muy importante en mi vida, a ellos les agradezco porque para mí fueron como mis padres, me enseñaron cosas buenas de la vida a convivir con las demás personas.

Aunque dos de ellos ya no están conmigo, sé que estarán muy orgullosos de mí y de este logro.

A los maestros del centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 39 “Prof. Vinh Flores Laureano”, de Temoac Morelos, por haber permitido que yo terminara mis estudios de preparatoria abierta y seguir con mis estudios.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Agradecimientos	i
Dedicatoria	iii
Índice General	v
Índice de Cuadros	viii
Índice de Figuras	iv
Resumen	x
I. INTRODUCCION	1
1.1 Objetivo general	3
1.2. Objetivo específico	3
1.3. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen e importancia	4
2.2. Estados productores de acelga	4
2.3. Descripción taxonómica	5
2.4. Morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de la planta	5
2.4.1. Hojas	5
2.4.2. Flores	5
2.4.3. Fruto	6
2.4.4 Raíz	6
2.5. Variedades comerciales	6
2.5.1. Variedades de producción primaveral	7
2.5.2. Variedades de producción otoñal – invierno	7
2.6. Rendimiento del Cultivo de Acelga	8
2.7. Requerimientos edafoclimaticos	9
2.7.1. Temperatura	9
2.7.2. Luminosidad	9
2.7.3. Suelo	10
2.7.4 Ciclo de cultivo	10
2.8. Labores culturales	10
2.8.1. Preparación del Suelo	10
2.8.2. Siembra	11
2.8.3. Métodos de siembra	11
2.8.4. Marco de plantación	12
2.8.5. Aclareo	12
2.8.6. Deshierbe	12
2.8.7. Escarda y Aporque	12
2.8.8. Riego	13
2.8.9. Cosecha	13
2.8.10. Empaque	13
2.8.11. Control de plagas y enfermedades	13
2.9. Técnicas de fertilización	14

2.9.1. Fertirriego	14
2.10. Nutrición de la acelga	15
2.11. Crecimiento vegetativo y reproductivo	16
2.12. Solución nutritiva	17
2.12.1. Conductividad eléctrica de la solución nutritiva	17
2.12.2. pH de la solución nutritiva	18
2.12.3. Temperatura de la solución nutritiva	18
2.13. Principales funciones de los elementos en las plantas	19
2.13.1. Nitrógeno (N)	19
2.13.2. Fosforo (P)	19
2.13.3. Potasio (K)	20
2.13.4. Calcio (Ca)	20
2.13.5. Magnesio (Mg)	21
2.13.6. Azufre (S)	21
2.13.7. Boro (B)	21
2.13.8. Hierro (Fe)	21
2.13.9. Manganeseo (Mn)	22
2.13.10. Zinc (Zn)	22
2.13.11. Cobre (Cu)	22
2.14. Relaciones de antagonismo entre los nutrientes	22
2.15. Relaciones de sinergismo entre los nutrientes	23
2.16. Absorción de nutrientes	24
2.17. Factores que afectan la absorción de nutrientes	25
2.18. Extracción de nutrientes	28
III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Sitio experimental	29
3.2. Características del sitio experimental	29
3.3. Materia genético	29
3.4. Suelo	30
3.5. Establecimiento de la parcela experimental	30
3.6. Preparación del terreno	30
3.7. Siembra	31
3.8. Fertilización	31
3.9. Riego	31
3.10. Preparación de soluciones nutritivas	32
3.11. Diseño del experimento	33
3.11. Modelo estadístico	33
3.12. Descripción de factores	33
3.13. Descripción de tratamientos	34
3.14. Variables a evaluar y forma de medición	34
3.14.1. Ancho de Peciolo (AP)	34
3.14.2. Largo de Peciolo (LP)	35
3.14.3. Ancho de Hoja (AH)	36

3.14.4. Largo de Hoja (LH)	36
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Ancho de Pecíolo (AP)	37
4.2. Largo de Pecíolo (LP)	40
4.3. Ancho de Hoja (AH)	43
4.4. Largo de Hoja (LH)	46
V. CONCLUSIONES	50
V.I LITERATURA CITADA	51

Índice de Cuadros

Cuadro	Página
1 Superficie sembrada de acelga en cuatro estados de la República Mexicana	5
2 Variedades en el país para cada zona ecológica	7
3 El valor nutricional del cultivo de acelga por cada 100 g	8
4 Análisis de fertilidad completo	30
5 Cantidad de fertilizantes por tratamiento, correspondientes a cada unidad experimental con la solución nutritiva vegetativa	32
6 Cantidad de fertilizantes por tratamiento, correspondientes a cada unidad experimental con la solución nutritiva reproductiva ...	32
7 Descripción de tratamientos aplicados en el cultivo de acelga, mediante los factores A, B y el uso de las capacidades de extracción 250 kg/Ha/año, 500 kg/Ha/año, 1000 kg/Ha/año y 2000 kg/Ha/año	34
8 Cuadros medios del análisis de varianza para las variables ancho de peciolo, largo de peciolo, ancho de hoja y largo de hoja	37

Índice de Figuras

Figura		Página
1	Respuesta de la acelga al tipo de solución nutritiva aplicada, para la variable ancho de peciolo (AP)	37
2	Respuesta de la acelga al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable ancho de peciolo (AP)	39
3	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable ancho de peciolo (AP) en acelga	40
4	Respuesta de la acelga al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable largo de peciolo (LP)	41
5	Respuesta de la acelga al factor B, capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de peciolo (LP)	42
6	Efecto de interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de peciolo (LP) en acelga	43
7	Respuesta de la acelga al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable ancho de hoja (AH)	44
8	Respuesta de la acelga al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable ancho de hoja (AH) en acelga	45
9	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable ancho de hoja (AH) en acelga	46
10	Respuesta de la acelga al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable largo de hoja (LH)	47
11	Respuesta de la acelga al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de hoja (LH)	48
12	Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de hoja (LH) en acelga	49

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Ubicada en la Col. Buenavista, en Saltillo, Coahuila, durante el periodo 5 de octubre del año 2017 al 2 de marzo de 2018. El objetivo de la siguiente investigación fue; determinar la capacidad de extracción de fertilizantes, que brinde un mayor rendimiento en el cultivo de acelga, con el mejor balance nutricional. El cultivo fue establecido bajo condiciones de campo abierto y riego por goteo. Los tratamientos fueron evaluados en la etapa fenológica de cosecha y considerando que no tenían condiciones homogéneas en el cultivo, para esto se utilizó un diseño de bloques al azar con un arreglo factorial, A x B (2X4), donde se obtuvieron 8 tratamientos con 3 repeticiones y un total de 24 unidades experimentales considerando una medida de 3 m por cada unidad experimental. Factor A (Tipo de solución nutritiva), (A1: solución vegetativa y A2: solución reproductiva), Factor B, corresponde a la capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año, (B1: 250 kg/Ha/año, B2: 500 kg/Ha/año, B3: 1,000 kg/Ha/año, B4: 2,000 kg/Ha/año). Las variables evaluadas fueron: ancho de peciolo (AP), largo de peciolo (LP), ancho de hoja (AH), largo de hoja (LH). Los resultados para la variable ancho de peciolo (AP), para el factor A, se encontró una respuesta estadísticamente no significativa, cuando se emplea una fertilización para el factor B, con influencia vegetativa, utilizando una dosis de 1000 Kg/Ha/año de extracción de fertilizante, se muestran los mejores resultados, se puede apreciar un aumento de 8.5% en comparación a una dosis de 250 Kg/Ha/año. Para la variable largo de peciolo (LP), los mejores resultados se obtuvieron al utilizar una fertilización de tipo reproductiva, sin embargo, se puede observar un aumento del 9.5% de longitud de peciolo cuando se utiliza una dosis de extracción de fertilizante con una capacidad de 2,000 Kg/Ha/año. Para la variable ancho de hoja (AH), se muestra una respuesta estadísticamente no significativa se puede ver un aumento del 0.53%, en el factor B, empleando una fertilización con influencia reproductiva y dosis de 2,000 Kg/Ha/año de extracción de fertilizante con un valor medio de 14.10 cm a comparación de una dosis de fertilización de 250 Kg/Ha/año con una media de 12.53 cm. Para la variable largo de hoja (LH) se muestra una respuesta altamente significativa para el factor A, se puede observar un aumento del 2.2% que cuando fue empleada una formula con influencia reproductiva, empleando una dosis de extracción de fertilizante de 2000 Kg/Ha/año, con un valor medio de 19.09 cm a comparación de una dosis de fertilización de 250 Kg/Ha/año con una media de 16.82 cm, por lo tanto, se puede observar un aumento del 13.4% en cuestión de largo de hoja.

PALABRAS CLAVE: acelga, tipo de solución, capacidad de extracción, vegetativa, reproductiva.

I. INTRODUCCIÓN

La agricultura en México está enfrentando diversos aspectos ambientales adversos de producción agropecuaria, económica y social. En la parte ambiental y de producción agrícola el país y todo el mundo está pasando por problemas del cambio climático y las alteraciones por los ecosistemas, además de la mala distribución del agua y la contaminación del suelo, agua y aire.

Las hortalizas, figuran como vegetales de gran importancia en la alimentación humana, tal es así que la acelga es una hortaliza de gran requerimiento en los regímenes alimenticios, por ser de un valor nutritivo aceptable y sabor agradable, de fácil digestión, rica en vitaminas A, B1, B6, C, además de contener propiedades medicinales, (Vigliola, 1992).

En México, en los últimos años las hortalizas han cobrado un auge sorprendente desde el punto de vista de la superficie sembrada, y en el aspecto social debido a la gran demanda de mano de obra y la captación de divisas que generan, dentro de las hortalizas se encuentra la acelga (*Beta vulgaris* L.), hortaliza cuya parte comestible la constituyen las hojas, tiene un gran contenido de vitamina A y C, además que puede ser industrializada y envasada; en nuestro país es importante debido a su superficie cultivada, principalmente en los estados de Guanajuato, Zacatecas, Michoacán y Tlaxcala. La superficie cultivada en el estado de Guanajuato es de 80 Has con un rendimiento de 12 t/Ha, de 27 Has y con un rendimiento de 11 t/Ha en el estado de Zacatecas, en el estado de Michoacán se tiene 13 Has de cultivo con un rendimiento de 6 t/Ha y el estado de Tlaxcala cuenta con 38 Has y tiene un rendimiento promedio de 11 t/Ha (Macua, *et al.*, 2010).

La población mundial crece diariamente, incrementándose por lo tanto los requerimientos de alimentos, tanto en cantidad como en calidad. Para cubrir las

necesidades, se acude al aumento de áreas de explotación, al uso eficiente de los suelos o a la aplicación de nuevas técnicas de cultivo.

La acelga es un cultivo que genera empleos, ya que su cosecha se realiza manualmente y la inversión que se hace para el proceso de producción es muy barato, además es un cultivo que se desarrolla con una mínima cantidad de fertilizantes.

El consumo en fresco aumenta ligeramente pues en el mercado está todo el año. Pero es más vendida en el periodo de semana santa ya que por lo general no se consume carnes y esto beneficia a los productores, es por eso que la industria está ofreciendo novedades como: mata entera para hoja y penca, o segada similar a la espinaca.

La acelga principalmente se comercializa en atado o normalmente llamado manojo, con un peso aproximado de 300 g y un tamaño aproximado de 25 cm, teniendo así un costo de 3 a 5 pesos, tomando en cuenta el lugar de donde se compra, en supermercados ha llegado a tener un costo más elevado de 8 a 10 pesos por atado y llegando a estar con un costo de 15 a 20 pesos en el periodo de semana santa.

El cultivo de acelga tiene cierta importancia en algunas zonas del mediterráneo y del interior. En los últimos años ha tenido lugar un ligero incremento de la producción, el principal país de exportación es Francia. Además, goza de numerosas aplicaciones medicinales y alimentarias, por ser emoliente, refrescante, digestiva, diurética y nutritiva. Se emplea con éxito la decocción de las hojas en las inflamaciones de la vejiga y contra el estreñimiento (Alsina, L., 1980).

Una de las problemáticas principales que existe en el sector agrícola y alimenticio es conocer datos precisos sobre la necesidad del cultivo, mediante lo cual abarataría costos e insumos. Debido a que la siembra, producción y comercialización de la acelga es un potencial económico que aún no ha sido explotado en el país señala (Gajon, 1996).

A medida en que la modernización agrícola avanza, la relación entre la agricultura y la ecología fue quebrada en la medida en que los principios ecológicos fueron ignorados y/o sobrepasados, dando lugar a la transición a nuevos modelos de producción (Altieri y Nicholls, 2010).

En México, es una alternativa para incrementar áreas de producción, pero cuenta con una problemática muy compleja, el campesino practica una agricultura de subsistencia que se caracteriza básicamente por sus bajos niveles de productividad debido a una serie de factores limitantes, como las condiciones climáticas adversas, seguido por el desfavorable uso de abonos, la utilización de variedades no adecuadas, la falta de riego, de nutrientes en el suelo, más aún en ciertas labores culturales, como la poda que estimula el desarrollo de las hojas. En síntesis, además de la problemática social y económica en la que se encuentra el campesino, a esto se suma la falta de tecnología.

Los ambientes protegidos son una alternativa para incrementar las áreas de producción, a fin de cubrir la demanda alimenticia y nutricional de la población que cada día va en aumento. Entre los cultivos que se desarrollan exitosamente en estos ambientes se encuentran las hortalizas de hoja, como ser la acelga lechuga, repollo, apio y otras plantas.

1.1. Objetivo general

Evaluar la capacidad de extracción en la producción del cultivo de acelga *Beta vulgaris* L. Var. Fordhook Giant bajo el manejo de soluciones hidropónicas.

1.2. Objetivo específico

Describir las características físicas de la acelga (*Beta vulgaris* L. Var. Fordhook Giant) en cuanto a tamaño, peso unitario, volumen y extracción.

1.3. Hipótesis

La aplicación de solución nutritiva al cultivo de acelga dará como resultado que entre los tratamientos al menos uno de ellos sobresalga en cuanto a las variables evaluadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA.

2.1. Origen e importancia.

La acelga se puede consumir durante todo el año, es perfecta para todo aquel que quiere llevar una dieta con la finalidad de controlar el peso, mejorar la digestión, o adoptar mejores hábitos en la alimentación, señala Durán (2000).

Los primeros informes que se tienen de esta hortaliza la ubican como originaria de la región del Mediterráneo y en las Islas Canarias. Aristóteles hace mención de la acelga en el siglo IV a.C. y ha sido considerada como alimento básico de la nutrición humana durante mucho tiempo. Su introducción en América Latina tuvo lugar en el año de 1806, así lo expresa con Astearán y Martínez (2000).

La acelga pertenece a la división de las plantas con flores angiospermas. Esta incluye más de 100 géneros y unas 1500 especies. Su distribución es amplia, pero principalmente se encuentran en zonas áridas y semiáridas templadas y subtropicales (Woodland, 1991).

Resulta curioso que la acelga, una verdura tan utilizada como planta medicinal desde hace siglos por los árabes, griegos (Aristóteles hace mención de la acelga en el siglo IV A.C). y romanos, le considera en la actualidad como una verdura ordinaria, de pobre categoría. Las razones de este desprestigio pueden obedecer a la facilidad de su cultivo o a su abundancia en el mercado. La introducción a Estados Unidos fue en el año de 1806, según Franco (2002).

2.2. Estados productores de acelga.

La acelga tiene más importancia que el betabel por la superficie sembrada que ocupa. En México la superficie sembrada se reporta se el Cuadro 1:

Cuadro 1. Superficie sembrada de acelga en cuatro estados de la República Mexicana.

Estado	Superficie (Ha)	Rendimiento (t/Ha)
Guanajuato	80	12
Zacatecas	27	11
Michoacán	13	6
Tlaxcala	38	11

(Macuá, *et al.*, 2010).

2.3. Descripción taxonómica.

Reino: Vegetal.

Clase: Angiospermas.

Subclase: Dicotyledoneae.

Orden: Centrospernales.

Familia: Chenopodiaceae.

Género: *Beta*.

Especie: *vulgaris*.

2.4. Morfología de los órganos vegetativos y reproductivos de la planta.

2.4.1. Hojas.

Constituyen la parte comestible y son de forma oval, con tendencia hacia acorazonada; tiene un peciolo succulento ancho y largo, que se prolonga en el limbo; el color es diferente, según las variedades, va de verde oscuro fuerte a verde claro. Los peciolos pueden ser de color crema o blancos (Franco, 2002).

2.4.2. Flores.

Para que se presente la floración necesita pasar por un periodo de temperaturas bajas, para la inducción de esta. El vástago floral, puede llegar alcanzar 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 grupo de dos o tres. El cáliz es de color verdoso y está compuesto por 5 sépalos y 5 pétalos, lo señala Messiaen (1979).

2.4.3. Fruto.

Las semillas son muy pequeñas y están encerradas en un pequeño fruto al que comúnmente se le llama semilla (realmente es un fruto), el que contiene de 3 a 4, semillas (Acelgas-Characterísticas-Región de Murcia Digital.htm.).

2.4.4 Raíz.

Aun siendo de la misma especie que el betabel, difiere principalmente por tener una raíz no engrosada (De la Paz y Souza-Egipsy, 2003), sin embargo, presenta un sistema radicular muy ramificado (Océano, 2001). Por otra parte, la Fundación Hogares Juveniles Campesinos (2007), cita que su raíz es napiforme, larga y crecida de color blanco amarillento que al florecer emite un tallo floral que crece hasta 1,50 metros de altura, sobre la que se forman las hojas flores y semillas.

2.5. Variedades comerciales.

Las más conocidas según Gajon (1996) son:

a) 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

b) Amarilla de Lyon. Hojas grandes, onduladas, de color verde amarillo muy claro. Penca de color blanco muy puro, con una anchura de hasta 10 cm. Producción abundante. Muy apreciada por su calidad y gusto.

c) Verde con penca blanca Bressane. Hojas muy onduladas, de color verde oscuro. Pecíolo muy blancas y anchas (hasta 15 cm). Planta muy vigorosa, por lo que el marco de plantación debe ser amplio. Variedad muy apreciada.

Serrano (1996), manifiestan que existen muchas variedades de acelgas clasificándose principalmente por el tipo de hoja de acuerdo si esta es lisa o rizada, además por el tamaño y color de las pencas.

Aparicio (1998), señala que dentro de las variedades de la acelga hay que distinguir las características siguientes:

- a. Color de la penca: blanca o amarilla.
- b. Color de la hoja: verde oscuro, verde claro, amarillo.
- c. Grosor de penca: tamaño y grosor de la hoja.
- d. Recuperación rápida en corte de hojas.
- e. Precocidad.

Maroto (1989), indica que las variedades se clasifican según el ciclo de cultivo al que se adapta mejor.

2.5.1. Variedades de producción primaveral.

- Verde de penca blanca raza “Bressane”
- Amarilla de “Lyon”
- “Gigante Fordhook”
- “White Silver”

2.5.2. Variedades de producción otoñal – invierno.

- Verde de penca blanca ancha
- Verde de penca blanca raza Niza
- Amarilla de cortar
- Paros

Ramírez (1993), aconseja variedades en el país para cada zona ecológica tal como lo describe en el siguiente Cuadro 2.

Cuadro 2. Variedades en el país para cada zona ecológica.

VARIEDAD	ALTIPLANO	VALLE	TROPICO
Fordhook	Bien	bien	bien
Lucullus	Excelente	bien	-----

Fuente: Ramírez 1993.

Cuadro 3. El valor nutricional del cultivo de acelga por cada 100 g.

Valor nutricional de la acelga (100 g)	(g)
Agua	87.06 g
Proteínas	1.68 g
Grasas	0.18 g
Carbohidratos	9.96 g
Fibra	0.8 g
Cenizas	1.12 g
Otros componentes	(mg)
Calcio	16 mg
Fósforo	38 mg
Hierro	0.79 mg
Vitamina A	35.00 UI
Vitamina B1 (Tiamina)	0.027 mg
Vitamina B2 (Riboflavina)	0.04 mg
Vitamina B3 (Niacina)	0.331 mg
Ácido ascórbico (Vitamina C)	3.6 mg
Calorías	44 kcal.

Fuente: Enciclopedia Agrícola Terranova, (1995).

2.6. Rendimiento del Cultivo de Acelga

Valadez (1993), encontró rendimientos de 11.9 Kg/m², sin indicar el número de cortes o sistema de producción, agrega que para 11.2 Kg de rendimiento de acelga se hacen necesarios 44 Kg/Ha de nitrógeno, 9.9 Kg/Ha de fósforo y 58.24 Kg/Ha de potasio.

Hartmann (1990), indica que para un ambiente atemperado de 25 m² de superficie útil, estimó un rendimiento de 4 a 5 Kg/m², y a la intemperie 3 a 4 Kg/m²; sin embargo, no señala la duración del período fenológico. Por otra parte, haciendo una proyección para un año de cultivo de acelga, señala que 2 m² cultivados producen 15 Kg/año; por lo que se puede inferir un rendimiento de 7.5 Kg/m².

Ayaviri (1996), encontró rendimientos de 16.9 Kg/m² para Walipinis de 0.6 metros de profundidad y 23.9 Kg/m² para los de 1.80 metros, aplicando diferentes volúmenes de riego, el valor del rendimiento corresponde a la sumatoria de cinco

cosechas realizadas, ponderando esta producción a rendimiento por cosecha individual se obtienen valores de 3.38 Kg/m² y 4.78 Kg/m² respectivamente.

Finalmente, Avalos (2008), efectuó un estudio de comparación entre dos variedades de acelga, bajo diferentes dosis de abonamiento con biol porcino, encontró un rendimiento de promedio de 13.33 Kg/m² para cuatro cosechas (lo que equivale a 3.33 Kg/m² por cosecha individual) realizadas en el cultivar Fordook Giant.

2.7. Requerimientos edafoclimaticos.

2.7.1. Temperatura.

La acelga es una planta de clima templado, que produce bien con temperaturas medias; le perjudican bastante los cambios bruscos de temperatura. Las variaciones bruscas de temperatura, cuando las bajas siguen a las elevadas, pueden hacer que se inicie el segundo periodo de desarrollo, cambiando a reproductiva la planta. La planta se hiela cuando las temperaturas son menores de -5°C y detiene su desarrollo cuando las temperaturas bajan de 5°C, en el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27 a 33°C, con un medio de 15 y 25°C, las temperaturas de germinación están entre 5°C de mínima y 30 a 35°C de máxima, optimo entre 18 y 22°C. (Acelgas-Characterísticas-Región de Murcia Digital.htm.).

2.7.2. Luminosidad.

No requiere excesiva luz, perjudicándole cuando esta es elevada, si va acompañada de un aumento de 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 (Terraza, 2000).

2.7.3. Suelo.

La acelga necesita suelos de consistencia media; produce mejor cuando la textura tiende a arcillosa que cuando es arenosa. Requiere suelos profundos, permeables, con gran poder de absorción y ricos en materia orgánica en estado de humificación. Es un cultivo que soporta muy bien la salinidad del suelo, resistiendo bien a cloruros y sulfatos, pero no tanto al carbonato sódico. Requiere suelos algo alcalinos, con un pH óptimo de 7.2; vegetando en buenas condiciones en los comprendidos entre 5.5 y 8; no tolera suelos demasiado ácidos. Necesita una humedad elevada y constante en el suelo, por lo que, si no llueve lo suficiente, son imprescindibles los riegos (Alonzo, 2004).

Maroto (1995), expresa que la acelga es una planta que necesita mucha humedad, especialmente cuando las plantas son jóvenes. Durante este periodo no debería secarse nunca la tierra. Con plantas más desarrolladas puede aguantar relativamente la sequía, aunque siempre prefiere que el suelo tenga humedad. Al llegar el verano, las plantas necesitan una humedad aún mayor por la alta tasa de transpiración si se presentan condiciones de sequía en este estadio, la falta de agua producirá ejemplares con hojas más amargas.

2.7.4. Ciclo de cultivo.

De acuerdo a Seymour (1999), los elementos que deben considerarse en el ciclo de cultivo son los siguientes: Vida útil: 2 años. Inicio de cosecha: 2 a 3 meses. Recolección de hojas: manual. Rendimiento: entre 15. 000 y 20. 000 kilos por hectárea de acelga.

2.8. Labores culturales.

2.8.1. Preparación del Suelo.

Como todas las hortalizas, requiere una esmerada preparación del terreno. Los trabajos preparatorios consisten en una labor profunda con un pase de arado, en la que se aporta el abonado de fondo, y una o dos labores

superficiales, con pasadas de rastra, finalmente pasar el rodillo desterronador, para conseguir un terreno mullido. Es recomendable hacer una buena nivelación del terreno, sobre todo si se va a regar por gravedad (Flórez, 2009; Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería Océano, 2001 y Aitken, 1987).

2.8.2. Siembra.

El cultivo puede ser de siembra directa, almacigo o transplante. Ambos métodos son buenos. La preferencia por uno o por otro está determinada por factores locales y por la importancia que se asigne al cultivo (Giaconi, 2004).

2.8.3. Métodos de siembra.

Siembra directa, puede hacerse al voleo o en líneas, como se muestra a continuación:

a) Al Voleo: no es recomendable en cultivos a nivel comercial porque la distribución de la semilla no es uniforme y, por muy rala que sea la siembra, las plantas no quedan debidamente espaciadas, lo que limita su desarrollo. Además, no hay posibilidad alguna de ejecutar escardas, ya sea con cultivadora, o con azadón. Generalmente la siembra se realiza en platabandas de 1.5 a 2 metros de ancho y se cubre con una o dos pasadas de rastra de clavos liviana. A continuación, se riega por tendidos cortos. Esta modalidad es aceptable para huertos caseros, cuya eliminación de maleza se hacen a mano; además, la mayor densidad de plantas origina hojas y peciolo más tiernos y apetecibles (Giaconi, 2004).

b) En Líneas: se preparan platabandas de 1.5 a 2 metros de ancho, sobre las cuales se trazan, con un surcador de 30 a 40 centímetros de distancia, en los cuales se distribuye la semilla a surco lleno a mano. Se cubre con una labor de rastrillo de jardín (Giaconi, 2004).

Respecto a la siembra directa, De la Paz y Souza-Egipsy (2003), señalan que se debe mojar la semilla antes de la siembra y enterrarlas como mínimo a 2 centímetros de profundidad, separadas entre sí por 20 centímetros.

Al respecto Flórez (2009), indica que para la forma óptima de realizar la siembra directa en líneas es colocando de 2 a 3 semillas por golpe, distantes entre sí a 0,35 metros, sobre líneas espaciadas de 0,4 a 0,5 metros, ya sea en surco sencillo o doble.

2.8.4. Marco de plantación.

Esto puede variar de acuerdo con el productor ya que podemos sembrar a una hilera, a doble hilera o en tresbolillo. Teniendo en cuenta una distancia entre surco y surco de 66-77 cm a hilera sencilla y 92-100 cm a doble hilera a una distancia entre plantas de 25 cm.

2.8.5. Aclareo.

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

2.8.6. Deshierbe.

Se realiza de forma manual, con el fin de mantener el suelo libre de malas hierbas y evitar hospederos de plagas y enfermedades que puedan afectar el cultivo.

2.8.7. Escarda y Aporque.

Chambi (2005), indica que la escarda se realiza con el fin de descompactar el suelo y tener un buen control de las malezas, después de esta se efectúa el aporque para dar más apoyo a las plantas.

Sin embargo, cuando el cultivo está más desarrollado las escardas no son demasiado necesarias ya que, entre la gran cantidad de hojas, no es normal que puedan desarrollarse muchas especies de malas hierbas además de que dificulta la labor (De la Paz y Souza-Egipsy, 2003).

2.8.8. Riego.

La acelga es un cultivo que debido a su gran masa foliar necesita en todo momento mantener en el suelo un estado óptimo de humedad (Serrano, 2009). No deben descuidarse los riegos después de la cosecha, para obtener sucesivas y normales recolecciones de hojas y un periodo de cosecha más largo (Giaconi, 2004).

Los riegos deben ser regulares manteniendo la humedad, sin saturar la tierra de agua, puesto que el encharcamiento termina destruyendo el cultivo por causa de enfermedades (Selector, 2007).

2.8.9. Cosecha.

Maroto (1989), indica que la recolección debe realizarse en función de la variedad utilizada a partir de los 75 días tras la siembra, alcanzándose en términos medios las máximas producciones a los 3 meses después de la siembra, la recolección es manual y escalonada cortándose con cuchillo desde fuera hacia dentro sin cortar el cuello de la planta, el rendimiento puede variar entre 25 y 50 t/Ha, las hojas son lavadas y agrupadas en manojos conservándose a 0 °C y una humedad relativa del 90% por 10 a 12 días.

2.8.10. Empaque.

Después de la cosecha de las hojas, se llevan a una tina con agua para ser lavadas, y posteriormente hacer manojos de aproximadamente 10 hojas de acelga, el manajo se amarra con rafia y se colocan en cajas, esto con la finalidad de no perder la turgencia e deshidratación en las hojas y obtengan más vida de anaquel, por último, se colocan en un lugar fresco y sombreado.

2.8.11. Control de plagas y enfermedades.

Casseres, (1985), indica que las plagas importantes que atacan a las acelgas son: gusano alambre, gallina ciega, nematodos en el suelo; gusano

minador; gusano de la hoja, gusano medidor en el follaje. Entre las plagas de hoja tenemos: el pulgón, la mosca blanca y trips, que científicamente se conocen como: *Aphis spp.*, *Trialeurodes spp.*, *Trips spp.* Las enfermedades más conocidas son: La mancha de la hoja cuyo agente es *Cercospora beticola* se combate con antracol y cicocyn; la marchitez causada por *Fusarium*, que se controla con ridomil y captan. Diferentes autores mencionan diferentes dosis con otros productos, sin embargo, el común de plagas y enfermedades es el mismo (Giaconi y Escaff, 2004).

2.9. Técnicas de fertilización.

Las ventajas comparativas de distintos métodos de aplicación de fertilizantes dependen del tipo de cultivo y suelo, de la fuente de fertilizante, del nivel de nutrientes del suelo, de los costos comparativos de aplicación, de los conceptos en los cuales se basa el manejo de la fertilización y la producción de cultivos, entre otros factores (Mallarino, 2005).

2.9.1. Fertirriego.

La fertirrigación es una técnica muy efectiva para ahorrar agua y mejorar la eficiencia de uso de los fertilizantes. Existe una adopción creciente de esta técnica, por sus grandes ventajas (Usón, *et al.*, 2010).

En el fertirriego, aún persisten problemas tales, como precisar la dosis de fertilizantes que debe utilizarse para incrementar la eficiencia y aprovechamiento de los nutrimentos sin deterioro de los recursos naturales. Una forma de proceder es mediante la cuantificación de la demanda nutrimental diaria del cultivo de interés, lo que permitiría hacer los ajustes necesarios en el manejo de la fertilización (Duarte, *et al.*, 2010).

El fertirriego es determinante para el desarrollo y producción del cultivo, dada la baja riqueza nutrimental del suelo además de ser una técnica ahorrativa en cuestión de la fertilización y agua que se puedan aplicar en los cultivos (Duarte *et al.*, 2010).

2.10. Nutrición de la acelga.

Casseres (1984), indica que este cultivo extrae los siguientes elementos nutritivos: 200 libras de nitrógeno; 75 libras de fósforo y 250 libras de potasio; en base al análisis de suelo y la cantidad extraída por el cultivo se recomienda usar las siguientes formulaciones para fertilizar: 15 - 15 - 15; 18 - 6 - 12; 14 - 14 - 29.

Valadz (1996), cita que, esta hortaliza extrae las siguientes cantidades de nutrientes del suelo a partir del cual, se demuestra que es un cultivo que requiere de gran cantidad de nitrógeno y potasio. N 11.24 Kg. /Ha - P 9.9 Kg. /Ha - K 58.24 Kg. /Ha - Ca 16.8 Kg. /Ha

La acelga responde mejor en su desarrollo fenológico con abonos orgánicos, como estiércoles bien descompuestos, bioles, humus de lombrices, entre otros. En cantidades entre 10 g/m² y 50 g/m² de nitrato de potasio (Ramírez, 2010).

Los niveles de exigencia de nitrógeno, son elevados al comienzo por el rápido crecimiento que esta especie tiene. El potasio, la planta lo absorbe a partir de los 30 días (Ramírez, 2010).

Redin (2009), recomienda incorporar estiércol bien descompuesto, también aplicar un abonado de fondo de 20 g/m² de abono complejo 15-15-15.

150-200 Kg/Ha de N; 80-100 Kg/Ha P₂O₅. Es el motor del crecimiento de la planta. Suple de uno a cuatro por ciento del extracto seco de la planta. Es absorbido del suelo bajo forma de nitrato (NO₃⁻) o de amonio (NH₄⁺). En la planta se combina con componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas. Siendo el constituyente esencial de las proteínas, está involucrado en todos los procesos principales de desarrollo de las plantas y en la elaboración del rendimiento. Un buen suministro de nitrógeno para la planta es importante también por la absorción de los otros nutrientes (ftp.fao.org, 2017)

Dosis total: 80-100 Kg/Ha P_2O_5 . Suple de 0.1 a 0.4 por ciento del extracto seco de la planta, juega un papel importante en la transferencia de energía. Por eso es esencial para la fotosíntesis y para otros procesos químico-fisiológicos. Es indispensable para la diferenciación de las células y para el desarrollo de los tejidos, que forman los puntos de crecimiento de la planta. El fósforo es deficiente en la mayoría de los suelos naturales o agrícolas o donde la fijación limita su disponibilidad (ftp.fao.org, 2017).

Dosis total: 60-100 Kg/Ha K_2O (si análisis de suelo indica menos de 200 ppm de K). Suple del uno al cuatro por ciento del extracto seco de la planta, tiene muchas funciones. Activa más de 60 enzimas (substancias químicas que regulan la vida). Por ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas. El K mejora el régimen hídrico de la planta y aumenta su tolerancia a la sequía, heladas y salinidad. Las plantas bien provistas con K sufren menos de enfermedades. La acelga produce por hectárea 20 toneladas (ftp.fao.org, 2017).

2.11. Crecimiento vegetativo y reproductivo

El crecimiento vegetativo es igualmente afectado por la relación entre la temperatura diurna y nocturna. Plantas sometidas a temperaturas bajas constantes ($14^{\circ}C$), tienen un aumento en el número de flores en relación con aquellas sometidas a $26^{\circ}C$ (Vallejo y Estrada, 2004).

El aumento del crecimiento vegetativo podría estar asociado con el aumento de la tasa fotosintética. El incremento en el número de hojas aumenta la fotosíntesis total, lo que redundará en el aumento de peso de fruto y consecuentemente en rendimiento (Rodríguez, *et al.*, 2009).

El crecimiento reproductivo se inicia a partir de la fructificación y se caracteriza junto al crecimiento de la planta prácticamente se detiene y los frutos extraen de la planta los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración. La senescencia de la planta se hace evidente debido a la movilización de los asimilados de la fotosíntesis hacia los frutos (Bolaños, 2001).

El crecimiento vegetativo es la fase en que ciertas plantas solo producen órganos no destinados a la reproducción, es decir, hojas. En algunas plantas, la formación de hojas y flores es alterna, por lo que no existe una fase vegetativa propiamente dicha (Fraume, 2006).

Se puede mencionar que la relación entre crecimiento vegetativo y reproductivo no está bien entendida y hacen falta muchos estudios para interpretar sus interacciones (INIAP, 1993).

2.12. Solución nutritiva.

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma única y eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algún otro micronutriente que pueda estar presente. Una SN verdadera, es aquella que contiene las especies químicas indicadas en la solución, por lo que deben de coincidir con las que se determinen mediante el análisis químico correspondiente (Steiner, *et al.*, 1961).

Las soluciones nutritivas concentradas contienen todos los elementos que las plantas necesitan para su correcto desarrollo y adecuada producción de raíces, bulbos, tallos, hojas, flores, frutos o semillas (Terranova, 1995).

Los elementos esenciales para el desarrollo normal de la planta, están contenidos en algunas sales y en sustancias químicas compuestas y son, el Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S), Cloro (Cl), Hierro (Fe), Cobre (Cu), Manganeseo (Mn), Boro (B), Zinc (Zn) y Molibdeno (Mo). Cada uno de estos elementos tiene una o varias funciones en el proceso de crecimiento de la planta, así como su carencia se traducen en síntomas específicos que se reflejan en la estructura de la planta (Resh, 2014).

2.12.1 Conductividad eléctrica de la solución nutritiva.

Existe una relación directa entre la concentración de nutrimentos y la conductividad eléctrica de la solución. Al aumentar la conductividad eléctrica, la planta debe destinar mayor energía para absorber agua y nutrientes, este

desgaste de energía puede ser en detrimento de energía metabólica. El conjunto de estos fenómenos puede reflejarse en una disminución del desarrollo de la planta (Herrera, 1999).

2.12.2. pH de la solución nutritiva.

El pH de la solución nutritiva es una propiedad inherente de la composición mineral (De Rijck y Schrevens, 1998). El pH óptimo es entre 5.5 y 6.0, de esta manera se logra regular el contenido de HCO_3 , solubilizar al H_2PO_4 y evitar la precipitación de Fe^{2+} y Mn^{2+} , (Herrera, 1999).

2.12.3 Temperatura de la solución nutritiva.

La temperatura de la solución nutritiva influye en la absorción de agua y nutrientes. Tiene un efecto mayor en la absorción de P que en N y agua (Herrera, 1999).

El agua además de disolver las sales que corresponden a los nutrientes, en forma natural se disuelve el oxígeno que requieren las raíces de las plantas. La temperatura de la solución tiene una reacción directa con la cantidad de oxígeno consumido por la planta e inversa con el oxígeno disuelto en la solución nutritiva.

A temperaturas mayores a 22°C las condiciones son contrarias, la demanda de oxígeno no es satisfecha por la solución debido a que a mayor temperatura aumenta la difusión de este gas. Con altas temperaturas de la solución nutritiva también se aumenta el crecimiento vegetativo en una magnitud mayor que la deseable (Graves, 1983).

A una temperatura menor de 22°C el oxígeno disuelto en la solución es suficiente para abastecer la demanda de este nutriente; sin embargo, el requerimiento es pequeño debido a que se reduce la velocidad de un buen número de procesos fisiológicos, entre ellos la respiración y, por lo tanto, también se reduce el crecimiento en la planta (Graves, 1993).

2.13. Principales funciones de los elementos en las plantas.

2.13.1. Nitrógeno (N).

Pita, A y García (2012), define al N como el motor vital de la planta. Este elemento está en la composición química de la mayoría de los compuestos orgánicos en la planta: proteínas, aminoácidos, clorofila ácidos nucleares alcaloides etc. Y es decisivo en el crecimiento y multiplicación celular y en su fisiología, fundamental de la fotosíntesis.

Huamán (2012), mencionan que este elemento estimula el desarrollo del sistema radicular, participa en la diferenciación de las células y el desarrollo de tejidos, favorece la floración y el cuajado de frutos, por la energía que aporta en los procesos metabólicos, es esencial para la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos, interviene en el transporte, almacenamiento y transferencia de energía, forma parte de sustancias complejas como fosfolípidos, enzima, etc. y acorta el ciclo del cultivo adelantando la maduración.

2.13.2. Fosforo (P).

El fosforo es básico para el crecimiento y desarrollo de la planta pues al asociarse con los compuestos orgánicos da origen a productos ricos en energía, como el APT (ácido adenosintrifosforico) que permiten el proceso metabólico. También forma parte de enzimas, está presente en las cadenas de los cromosomas y facilita la asimilación del nitrógeno y otros elementos. Una planta mejor nutrida de fósforo, está en condiciones de tener una actividad fisiológica más ordenada y estable, (Pita y García, 2012).

Huamán (2012), mencionan que este elemento estimula el desarrollo del sistema radicular, participa en la diferenciación de las células y el desarrollo de los tejidos, favorece la floración y el cuajado de fruto, por la energía que aporta en los procesos metabólicos, es esencial para la fotosíntesis y otros procesos quimico-fisiologicos, interviene en el transporte, almacenamiento y transferencia

de energía, forma parte de sustancias complejas como fosfolípidos, enzima, etc., y acorta el ciclo del cultivo adelantando la maduración.

2.13.3. Potasio (K).

Es un elemento de rápida movilidad en la planta y regulador de otros nutrientes por lo que su carencia se refleja en otros elementos; interviene en el intercambio de carbohidratos en diferentes partes, especialmente todo lo concerniente con el almidón; así mismo, influye en la síntesis de proteínas, estimula el crecimiento de meristemos, en la fotosíntesis y coordinación los estomas y con ello el régimen hídrico de la planta; una planta mejor nutrida de potasio, debe tener un mejor crecimiento y desarrollo, (Pita y García, 2012).

Human (2012), coinciden que este elemento interviene en; como factor de distintas reacciones enzimáticas, aumenta la actividad fotosintética, activa más de 60 enzimas (sustancias químicas que regulan la vida), ello juega un papel vital en la síntesis de carbohidratos y de proteínas, regulador de economía del agua reduciendo la transpiración, mayor resistencia al marchitamiento y heladas, al aumentar la concentración salina en las células, interviene en el transporte y la concentración de las sustancias de reserva y como factor de calidad.

2.13.4. Calcio (Ca).

Este elemento es importante en la síntesis de pectina de la lámina media de la pared celular. También está involucrado en el metabolismo o formación del núcleo y las mitocondrias. Así pues, es un elemento de extraordinaria importancia para la mayoría de las plantas por lo que una reducción severa determina el deterioro y la muerte de éstas. La clorosis de los márgenes de hojas jóvenes, el encorvamiento de puntas foliares y la formación de raíces atrofiadas e incoloras son síntomas característicos de la deficiencia de Ca. Puesto que la mayor parte del Ca de la planta se inmoviliza una vez depositado, su deficiencia es más impactante en tejidos jóvenes (Valverde, *et al.*, 2009).

2.13.5. Magnesio (Mg).

El Mg^{+2} es el catión libre divalente más abundante en el citosol de la planta, la función del Mg en las plantas está relacionada con la capacidad de interactuar con los nucléolos, así como, ser parte fundamental de la molécula de la clorofila, y ser esencial para el funcionamiento de enzimas, incluyendo la ARN polimerasa, las fosfatasas, carboxilasas, entre otras (Shaul, 2002).

2.13.6. Azufre (S).

El S, se requiere para la síntesis de ácidos que contienen S-aminoácidos (cistina, cisteína, metionina) y proteínas. El S ayuda a desarrollar enzimas y vitaminas vegetales, contribuye al proceso de formación de la clorofila, y está presente en varios compuestos orgánicos de la planta. El S es constituyente de algunas enzimas, de algunas vitaminas (tiamina y biotina) y de la coenzima A, que participan en el metabolismo de azúcares, grasas y proteínas. El S óptimo requerido por las plantas para su correcto funcionamiento y crecimiento varía desde 0.1 a 0.5% del peso seco de las plantas (Marschner, 2012).

2.13.7. Boro (B).

El B es considerado como el micronutriente que se requiere en mayor cantidad para asegurar el funcionamiento de varios procesos claves de desarrollo en la planta, dando resistencia cohesiva al tejido celular (Hoffmeister, 1992).

2.13.8. Hierro (Fe).

El Fe es un elemento que cataliza la formación de la clorofila y actúa como un transportador del O_2 . También ayuda a formar ciertos sistemas enzimáticos que actúan en los procesos de respiración. La deficiencia de Fe aparece en las hojas jóvenes como un color verde pálido (clorosis) mientras que las venas permanecen verdes, desarrollando un agudo contraste (IPNI, 2010).

2.13.9. Manganese (Mn).

El Mn actúa como activador enzimático en la respiración y en el metabolismo del Nitrógeno. Además, cumple un papel estructural en los cloroplastos. Los síntomas de deficiencia de Mn consisten en la formación de manchas necróticas sobre las hojas y necrosis de cotiledones de plántulas de leguminosas (Valverde & Alvarado, 2009).

2.13.10. Zinc (Zn).

El Zinc en la planta actúa como activador de varias enzimas, dos de éstas muy importantes, la anhidrasa carbónica (transforma el ácido carbónico en CO₂ y agua) y la deshidrogenasa alcohólica, así como, de enzimas transportadoras de fosfatos. Los síntomas de deficiencia de Zn causan atrofiamiento, reducción de tamaño de las hojas y la presencia de clorosis intervenal. El Zn juega un rol crítico en muchas funciones celulares, incluyendo la regulación de la transcripción del ARN, y su recombinación, regulación de la muerte celular y las interacciones entre proteínas (Yilmaz & Mittler, 2008).

2.13.11. Cobre (Cu).

El cobre en la planta es componente de enzimas fenolasas, lactasas y de la oxidación del ácido ascórbico; además, es parte de ciertas proteínas (plastocianina) presentes en el cloroplasto, y promueve la formación de vitamina A. Los síntomas de deficiencia de Cu pueden no ser tan fáciles de identificar como los de otros micronutrientes. Deficiencias más severas producen clorosis y muerte descendente de los 10 crecimientos terminales. Plantas deficientes en Cu desarrollan tallos débiles y parecen marchitarse ligeramente inclusive bajo condiciones de humedad adecuada (IPNI, 2011).

2.14. Relaciones de antagonismo entre los nutrientes.

El antagonismo consiste en que el aumento por encima de cierto nivel de la concentración de un elemento reduce la absorción de otro. Ejemplos: Na/Ca,

K/Mg, Ca/Mg y K, Ca/Fe, Mn, Zn y B, Fe/Mn, N/K. Quizá el elemento más preocupante en suelos calizos sea el Ca, que como se observa es antagonista con multitud de elementos. También un exceso de abonado nitrogenado vemos que impide una correcta asimilación de K. Disponible en:

(http://www.csr.servicios.es/notas.informativas/descargas/los_analisisfoliares.pdf
Consultado el día 20 de marzo del 2013).

Son frecuentes los antagonismos entre cationes y lo son menos entre aniones. El K compite fuertemente con otros cationes y su exceso puede originar carencias de magnesio si la concentración o el aporte de este elemento es deficiente (Wild, 1989).

Al incrementar el contenido de K en el suelo reduce la absorción de Ca, si bien en menor medida de lo que reduce la absorción de Mg por un exceso de K. (Parra, *et al.*, 2002).

El antagonismo puede ocurrir durante la absorción, translocación o acumulación en el tejido o en metabolismo. Esto puede involucrar la competencia entre dos o más elementos, pero también la precipitación de nutrientes u otros fenómenos. El antagonismo durante la absorción puede presentarse entre cationes, pero en algunos casos también entre aniones. Los antagonismos más documentados se han determinado entre K y Ca, K y Mg, Ca y Mg, NH₄ y Ca, NH₄ y K. (Maldonado, 2002).

2.15. Relaciones de sinergismo entre los nutrientes.

Las relaciones entre nutrientes pueden ser positivas o negativas y puede ser posible que no haya interacción. Cuando la respuesta del cultivo a la combinación de nutrientes es más grande que la suma de sus efectos individuales, la interacción es positiva; cuando el efecto de la combinación es más pequeño, la interacción es negativa; en el primer caso los nutrientes presentan sinergismo y en el último caso es antagonismo. Si no hay diferencia de la respuesta en la combinación con respecto a su aplicación separadamente, hay ausencia de interacción (Fageria, 2001).

El sinergismo se produce cuando uno de los iones provoca una acción excitante sobre la absorción del otro, como ocurre, por ejemplo, con el nitrógeno potasio (Oliveira, *et al.*, 2006).

La presencia de un elemento dado aumenta la absorción de otro. El Ca en concentración baja aumenta la absorción de K o de H_2PO_4 ; Mg vs. H_2PO_4 ; H_2PO_4 vs. MoO_4 . Esta circunstancia puede tener circunstancias prácticas en la fertilización, ya que presenta mayor economía y mejor aprovechamiento de los abonos minerales (Ospina y Ceballos, 2002).

Uno de los enfoques utilizados para generar recomendaciones de fertilización para los cultivos es el balance nutrimental, basado en que la dosis de fertilización depende de la demanda del nutrimento por el cultivo, el suministro del nutrimento por el suelo y la eficiencia de recuperación del nutrimento aplicado como fertilizante (Volke, *et al.*, 1998).

2.16. Absorción de nutrientes.

Las plantas adquieren sus nutrientes a través de las hojas y de las raíces. El CO_2 es absorbido a través de los estomas, y es la fuente principal de carbono y oxígeno. El agua y los restantes elementos químicos que generalmente se incorporan a través de las raíces, pueden ser absorbido por las hojas. Las aplicaciones vía foliar pueden ser utilizadas cuando surge la deficiencia y requieren ser subsanadas de forma inmediata. Sin embargo, la absorción de los elementos nutritivos por las plantas se efectúa mayoritariamente por medio de las raíces jóvenes, a nivel de los pelos radiculares o radicales; aparte de la función absorbente, segregan sustancias dotadas de cierto carácter ácido que les permite solubilizar, en parte, compuestos difícilmente solubles como fosfatos, carbonatos, óxidos de hierro y manganeso (Navarro, 2003).

Absorción pasiva. Los iones se mueven en el interior de la raíz favoreciendo el flujo en ella debido a que existe una mayor concentración en el medio exterior que en el interior.

Absorción activa. Los iones tienen movimiento en el interior de la raíz contracorriente, debido que la concentración exterior es mucho menor que la concentración interior. Esta absorción es promovida por transportadores y ATP. (Libro azul, 2002).

2.17. Factores que afectan la absorción de nutrientes.

Factores que afectan la absorción de nutrientes Un amplio número de factores influye en la absorción de los elementos nutrientes por la planta, los cuales están íntimamente relacionados entre sí, por lo cual es difícil concretar la verdadera influencia de cada uno por separado (Navarro, 2003).

Estos factores pueden clasificarse, según su relación con el suelo, clima, planta e interacciones iónicas ejemplo:

a) Condiciones del suelo.

Los suelos de textura fina presentaran mayores posibilidades de contacto con los pelos absorbentes que los de textura gruesa. Además, de una mayor facilidad de actuación de los agentes de alteración con liberación de nutrientes asimilables a la disolución del suelo o al complejo adsorbente coloidal (Navarro, 2003).

Según Baldwin (1975), cita que un equilibrio entre la extracción de nutrientes para un rendimiento óptimo del cultivo y la capacidad del suelo para abastecer dichos nutrientes mantendrá la productividad del suelo.

El pH del suelo afecta generalmente a la absorción por su influencia en el estado de asimilación del nutriente o en la cantidad del mismo disponible. El bloqueo se produce a determinados valores de pH, en los que el elemento debido a sus características físico-químicas se transforman en inasimilable al pasar a formar parte de un compuesto insoluble. Este es el caso del hierro, manganeso y cobre, los cuales a pH básico precipitan, originando hidróxidos insolubles (Navarro, 2003).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC), propiedad química relacionada con la disponibilidad de nutrientes, la misma que depende de la fracción coloidal del suelo, a mayor fracción coloidal el suelo tendrá mayor CIC y por lo tanto mayor disponibilidad de nutrientes (Fassbender, 1978).

b) Factores climáticos.

En general, dentro de los límites fisiológicos (0-40°C), un aumento de la temperatura provoca una mayor absorción de iones. Ello puede atribuirse, entre otras causas, a que la disolución del suelo tiende a estar más concentrada, sin embargo, cuando superan los 40°C, la absorción se va paralizando, debido posiblemente a la deshidratación de las enzimas que intervienen directamente en el proceso; mientras que las temperaturas bajas, por el contrario, aparte de provocar una disminución en la solubilidad de los componentes de la disolución del suelo, dificultan muchas reacciones bioquímicas que intervienen en el transporte de los nutrientes hacia el interior de las plantas (Navarro, 2003).

La luz constituye un regulador de la absorción de iones en los organismos fotosintetizadores, siendo anulada y aun con excreción de nutrientes cuando se presentan condiciones extremas de deficiencia después de un buen abastecimiento (Crocomo, 1965; Baker, 1980).

La absorción de nutrientes también incrementa dentro de unos límites de humedad del suelo, ya que el agua es requerida por la planta para la producción de glúcidos. Estos procesos tienden a reducirse al disminuir la humedad del suelo, y ello explica, aparte de la lixiviación, el mayor agotamiento de las reservas del suelo en climas húmedos (Navarro, 2003).

c) Factores intrínsecos de la planta.

De acuerdo a la naturaleza de las plantas, estas difieren unas de otras en su poder de absorción. Plantas distintas cultivadas en un mismo suelo pueden tener una alimentación mineral diferente, tanto bajo el punto de vista cualitativo como cuantitativo; e incluso variedades distintas de una misma especie no actúa del mismo modo, (Navarro, 2003).

Por otro lado, la fase de desarrollo influye en la absorción de nutrientes. Las plantas jóvenes absorben rápida e intensamente los elementos minerales. Su proporción, referida a materia seca, es entonces máxima, después disminuye, aunque la absorción prosigue durante el crecimiento, debido a predominio creciente de los glúcidos que se van sintetizando, (Navarro, 2003).

Devlin (1976), manifiesta que, con el aumento de crecimiento, así como de los procesos fotosíntesis y mayor actividad metabólica, se incrementa la absorción de nutrientes, tanto por el aumento del número de células como por el aumento de síntesis de carbohidratos y moléculas transportadoras, así como por la mayor superficie radicular de las plantas.

d) Interacción iónica

Los elementos nutritivos en estado de iones pueden ejercer unos sobre otras acciones que conducen a reducir o aumentar su absorción por la planta, mediante mecanismos no totalmente establecidos, de naturaleza físico-química, química o biológica. Estas interacciones se conocen como antagonismo y sinergismo (Navarro, 2003).

Se dice que hay antagonismo entre dos iones A y B, cuando se mantiene constante A, el B tiende a inhibir la absorción del primero si su concentración aumenta en el medio. Los principales antagonismos que se presentan en la nutrición de las plantas cultivadas se observan entre sodio/calcio, potasio/calcio, potasio/magnesio y calcio/magnesio (Navarro, 2003). Otros casos de antagonismo tenemos el exceso de fósforo induce la deficiencia de Zn (Adriano et al, 1971), ya sea la formación de suelo con la posible formación de $Zn_3(PO_4)_2$, en la interferencia a la translocación de Zn desde la raíz hasta la parte aérea, o por un efecto de dilución debido a una gran respuesta de acumulación de materia seca por adición de P al suelo deficiente que provoca una alta relación P/Zn en la parte aérea (Moraghan, 1985). Otro caso por ejemplo es el cobre en grandes cantidades es tóxico para las plantas. Excesivas cantidades de cobre deprimen la actividad del hierro y pueden ocasionar síntomas de deficiencia de hierro, que aparecen en las plantas (Tisdale y Nelson, 1991).

Por otro lado, se dice que hay sinergismo cuando la acción excitante que produce un elemento A sobre la absorción de otro B, contribuyen ambos a favorecer o aumentar el desarrollo de la planta (Navarro, 2003).

2.18. Extracción de nutrientes.

Los problemas nutricionales se pueden diagnosticar mediante el análisis de suelo y el análisis foliar (Instituto de la Potasa y el Fosforo, 1993). El uso de técnicas trazadoras utilizando isotopos radiactivos y estables de los nutrientes minerales, permiten determinar cuantitativamente los requerimientos nutricionales y medir las concentraciones de la fracción de elementos provenientes del fertilizante (L'annunziata, 1979).

Moraghan (1985), señala que la teoría para el uso de análisis foliar se fundamenta en la relación entre la concentración de nutrientes del medio de absorción y el nivel del elemento en la planta; sin embargo, existe variabilidad de resultados debido a las metodologías de análisis, edad, órgano, época de muestreo, etc. Por lo que los resultados deben ser calibrados con experimentos de campo (López y López, 1978).

La extracción de nutrientes por la cosecha varía principalmente con el rendimiento obtenido, la fertilidad del suelo y la especie o variedad. La extracción total en la cosecha, ya sea del producto comercial o los residuos de la cosecha, son un índice valioso para reponer al suelo parte de sus nutrientes removidos; considerando otras vías de pérdidas de nutrientes como: la lixiviación, erosión, volatilización, entre otros, para evitar el empobrecimiento del recurso suelo (Demolón, 1966).

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1. Sitio experimental

El experimento se realizó del 5 de octubre del 2017 al 2 de marzo del 2018, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en el terreno que está ubicado detrás del edificio de la Universidad, conocido como “La Gloria”, el que se encuentra ubicado en la Col. Buenavista, Saltillo, en las coordenadas 25°21’09” latitud Norte y 101°01’55” longitud oeste, a una altitud de 1610 msnm.

3.2. Características del sitio experimental

El clima que se presenta es seco, semicálido y semifrío, las temperaturas anuales oscilan entre -10.4°C a 37°C, con heladas regulares en el periodo de diciembre a febrero. La precipitación media anual es de 460.7 mm; siendo los meses de julio, agosto y septiembre los meses más lluviosos.

3.3. Materia genético

Se utilizó semilla de la variedad “Fordhook Giant” que presentó las siguientes características:

- Pureza 99.9%
- Germinación 85%
- Materia inerte 1.0%
- Presentación 454 g

Esta variedad se caracteriza por poseer hojas de color verde oscuro y muy arrugada, con unas venas amplias de color blanco, resistente al frío, y es muy demandada en el mercado por su sabor y rendimiento.

3.4. Suelo.

El suelo es de una textura migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio.

Se tomó una muestra del suelo del experimento a una profundidad de 30 cm y se realizó un análisis físico y químico se reporta en el Cuadro 4:

Cuadro 4. Análisis de fertilidad completo.

Determinación		Resultado	
Textura		Franco-Arcilloso	
Densidad		1.09 g/cm ³	
pH		8.52	
CE		1 dS/m	
Carbonatos		59.6%	
C.C.		25.5%	
P.M.P.		15.2%	
MO		4.03%	
Determinación	Resultado	Determinación	Resultado
P-Olsen	99.8 ppm	Zn	6.37 ppm
K	529 ppm	Mn	1.14 ppm
Ca	3718 ppm	Cu	1.26 ppm
Mg	309 ppm	B	0.97 ppm
Na	18.7 ppm	S	1.54 ppm
Fe	1.98 ppm	N-NO₃	29.2 ppm

3.5. Establecimiento de la parcela experimental.

Se instaló un sistema de riego por goteo con una tubería principal de material PVC de 1 ¼", la que fue conectada a una toma de agua de 1/2 pulgada y se colocó una cintilla de 16 mm de grosor calibre 5000, una línea por surco, los emisores estaban a cada 10 cm y un gasto de 0.9 L/ h, que fueron instaladas una vez hechas las camas. Se realizaron los surcos de 90 cm de ancho y 36 metros de largo.

3.6. Preparación del terreno.

Primeramente, se comenzó a preparar el terreno de forma mecánica, mediante un barbecho profundo, posteriormente se realizó un paso de rastra para

desmoronar los terrones lo mejor posible y el suelo quedara bien mullido, para así manualmente con un azadón levantar los surcos para darle el ancho y altura adecuada para poder sembrar.

3.7. Siembra.

La siembra se llevó a cabo el día 5 de octubre del año 2017, colocando de 2 a 3 semillas por golpe a una distancia de 20 a 25 cm entre plantas, con un marco de plantación en tresbolillo, a una profundidad de 2 cm, tomando en cuenta que por las condiciones climáticas que se presentaron durante la etapa fenológica del cultivo retraso la cosecha debido a las heladas, afectando el crecimiento de las plantas por lo que se realizó una poda para nuevamente así hacer que las hojas dañadas pudieran brotar y continuar con el experimento.

3.8. Fertilización.

La fertilización se realizó de acuerdo con los tratamientos establecidos, 1 vez por semana y los fertilizantes usados fueron hidrosolubles, tales como Urea (46-00-00), Nitrato de Potasio (12-00-46), Fosfato Monoamonico Técnico (12-61-00), Nitrato de Calcio (15.5-00-00, Ca;18.8%), Sulfato de Magnesio (Mg; 10%, S; 13.07%), Ácido Bórico (17.48%), Sulfato de Hierro (Fe; 20.11%, S; 11.53%), Sulfato de Manganeso (Mn; 24.63%, S ; 14.37%), Sulfato de Zinc (Zn; 22.63%, S ; 11.65%), Sulfato de Cobre (Cu; 25.45%, S; 12.84%) y Ácido sulfúrico, S (32.65%, O; 65%), H; 2.04%).

3.9. Riego.

El riego se aplicó cada 3 días de acuerdo a necesidades, esto con la finalidad de mantener el suelo siempre a capacidad de campo y los nutrientes se mantuvieran disponibles para la planta, igualmente se aplicaba riego cada vez que fertilizaba para bajar la concentración de los mismos y disponibles así la planta los absorbiera para su desarrollo, crecimiento y evitar un estrés hídrico en el cultivo.

3.10. Preparación de soluciones nutritivas.

Aplicación de los fertilizantes por tratamiento se utilizó la metodología de preparación de soluciones madre, manejándose de tal forma que se aplicaron los 11 siguientes fertilizantes (cuadro 5 y 6), siendo disueltos en agua y aforada a un litro quedando de la siguiente forma:

Cuadro 5. Cantidad de fertilizantes por tratamiento, correspondientes a cada unidad experimental con la solución nutritiva vegetativa.

	T1	T2	T3	T4
Fertilizantes	De los cuales (g)	De los cuales (g)	De los cuales (g)	De los cuales (g)
Urea	0.1543	0.3086	0.6172	1.2344
Fosfato Monoam.	0.025	0.05	0.1	0.2
Nitrato de Potasio	0.1331	0.2662	0.5324	1.0648
Nitrato de Calcio	0.4066	0.8132	1.6264	3.2528
Sulfato de Mg.	0.1528	0.3056	0.6112	1.2224
Ácido Bórico	0.0045	0.009	0.018	0.036
Sulfato de Fe.	0.0076	0.0152	0.0304	0.0608
Sulfato de Mn.	0.0032	0.0064	0.0128	0.0256
Sulfato de Zn.	0.0007	0.0014	0.0028	0.0056
Sulfato de Cu.	0.00039	0.00078	0.00156	0.00312
Ácido Sulfúrico	0.4113	0.8226	1.6452	3.2904
Total de Fertilizantes	1.30	2.60	5.20	10.40

Cuadro 6. Cantidad de fertilizantes por tratamiento, correspondientes a cada unidad experimental con la solución nutritiva reproductiva.

	T5	T6	T7	T8
Fertilizantes	De los cuales (g)	De los cuales (g)	De los cuales (g)	De los cuales (g)
Fosfato Monoam.	0.0284	0.0568	0.1136	0.2272
Nitrato de Potasio	0.151	0.302	0.604	1.208
Nitrato de Calcio	0.4613	0.9226	1.8452	3.6904
Sulfato de Mg.	0.1734	0.3468	0.6936	1.3872
Ácido Bórico	0.0052	0.0104	0.0208	0.0416
Sulfato de Fe.	0.0087	0.0174	0.0348	0.0696
Sulfato de Mn.	0.0036	0.0072	0.0144	0.0288
Sulfato de Zn.	0.0009	0.0018	0.0036	0.0072
Sulfato de Cu.	0.0005	0.001	0.002	0.004
Ácido Sulfúrico	0.4667	0.9334	1.8668	3.7336
Total de Fertilizantes	1.30	2.60	5.20 g	10.40

3.11. Diseño del experimento.

El experimento fue establecido a campo abierto, con condiciones heterogéneas por lo que fue conveniente utilizar un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXB (2x4), dando un total de 8 tratamientos con tres repeticiones cada uno, arrojando un total el experimento con 24 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo constituida por una sección de 3 m.

3.12. Modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + r_k + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor.

μ = media general.

α_i = fertilizaciones vegetativas y reproductivas.

β_j = capacidad de extracción.

$\alpha\beta_j$ = interacción de la fertilización vegetativa y reproductiva con las capacidades de extracción.

r_k = repeticiones.

E_{ijk} = error experimental.

Pruebas de medias Tukey P= 0.01

3.13. Descripción de factores.

Para este experimento se utilizaron dos factores A y B, donde el factor A corresponde al (Tipo de formula), A1= Formula con influencia vegetativa y A2= Formula con influencia reproductiva. El factor B, (capacidad de extracción de fertilizante por las plantas. (B1= 250 kg/Ha/año, B2= 500 kg/Ha/año, B3= 1,000 kg/Ha/año, B4= 2,000 kg/Ha/año).

La combinación de factores, genero 8 tratamientos y se utilizaron 3 repeticiones para cada tratamiento lo que genero 24 unidades experimentales.

3.14. Descripción de los tratamientos.

Mediante el diagrama de árbol arrojó los siguientes tratamientos que fueron sometidos a estudio en esta investigación estos se indican en el Cuadro numero 7:

Cuadro 7. Descripción de tratamientos aplicados en el cultivo de acelga, mediante factores A (Vegetativa), B (reproductiva) y el uso de las capacidades de extracción.

TRATAMIENTO	FACTORES	DESCRIPCIÓN
1	A ₁ B ₁	Con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 250 kg/Ha/año.
2	A ₁ B ₂	Con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año.
3	A ₁ B ₃	Con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 1000 kg/Ha/año.
4	A ₁ B ₄	Con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 2000 kg/Ha/año.
5	A ₂ B ₁	Con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 250 kg/Ha/año.
6	A ₂ B ₂	Con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año.
7	A ₂ B ₃	Con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 1000 kg/Ha/año.
8	A ₂ B ₄	Con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 2000 kg/Ha/año.

3.14. Variables a evaluar y forma de medición.

3.14.1. Ancho de Peciolo (AP).

Esta variable es importante debido a que es un indicador directo de la calidad, se prefieren peciolo anchos sobre los peciolo delgados y esto es debido a que la fibra de mejor calidad en esta verdura se encuentra en los peciolo, más que en las hojas por lo que se prefieren peciolo más anchos que

los delgados debido a que estos contendrán una mejor calidad nutricional en beneficio del consumidor.

Es importante considerar, que, durante el proceso de cocinado, los peciolo más anchos son más suaves y de rápida cocción que los peciolo delgados esto como consecuencia de su mayor contenido de agua en base a peso, esta variable (AP), es un indicador visual de la condición de nutrición que tiene la planta y se puede cuantificar en base a dimensiones midiendo el ancho de peciolo. Una planta bien nutrida presentara un mayor dato, que aquellas plantas en las que no se tiene una condición adecuada de nutrición vegetal.

Para la obtención del valor de esta variable se midieron con el apoyo de un vernier a 3 plantas por unidad experimental y considerando siete hojas de cada planta la medición se hizo de esta variable en la parte media del largo de peciolo y se realizó en centímetros, el dato que se destinó para evaluación fue una media de medias, producto de la media de hojas por planta y la media de cada planta.

3.14.2. Largo de Peciolo (LP).

Esta otra variable tiene igual de importancia ya que en un indicador de calidad como el de la variable anterior, de igual manera se prefieren peciolo largos que pequeños debido a que contienen mayor calidad de fibra en el peciolo que en las hojas dando una mejor calidad de al que consume esta verdura, una planta que presenta una buena nutrición tendrá un mayor largo de peciolo a comparación de aquellas otras plantas que no presentan una buena nutrición vegetal.

Para esta variable tomamos en cuenta una regla se midieron 3 plantas por cada unidad experimental, considerando siete hojas de cada planta la medición se tomó de toda la parte total del peciolo y se realizó en centímetros.

El dato que se destinó para la evaluación fue una media de medias, producto de la media de hojas por planta y media de cada planta.

3.14.3. Ancho de Hoja (AH).

El ancho de hoja tiene como importancia debido al alto valor nutritivo considerando que la hoja tiene una gran cantidad de vitaminas y minerales, es por eso que se prefieren hojas más anchas que delgadas lo que le da un mejor beneficio al ser consumida. Esta variable (AH), es visual considerando la nutrición que tiene la planta y se puede cuantificar midiendo el ancho de la hoja.

Las plantas con una buena nutrición deberán presentar las mejores hojas y evidentemente aquellas que no obtienen una nutrición adecuada tendrán una hoja de mala calidad. Para la obtención de los datos se realizó la medición con el apoyo de una regla, tomando 3 plantas por unidad experimental y considerando siete hojas de cada planta, esta medición se hizo en la parte media del ancho total de la hoja y se realizó en centímetros, el dato se destinó para evaluación fue una media de medias producto de la media de hojas por planta y la media de cada planta.,

3.14.4. Largo de Hoja (LH).

Esta última variable tiene la misma importancia que las anteriores debido a las vitaminas y minerales que aportan al consumirlas, es por eso que se prefiere unas hojas largas.

Esta variable (LH), se considera visual por parte de una buena nutrición que tiene la planta y se puede obtener midiendo el largo de la hoja. Al obtener una buena fertilización las plantas tendrán mayor y mejores resultados que aquellas que tienen una nutrición más baja.

Los datos se obtuvieron con el apoyo de una regla tomando 3 plantas por unidad experimental y tomando siete hojas de cada planta la medición se realizó tomando en cuenta toda la parte total de la hoja y se realizó en centímetros el dato se destinó para la evaluación siendo una media de medias producto de la media de las hojas por planta y la media de cada planta.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida fue analizada estadísticamente con el programa SAS, versión 9.0. Se discuten los resultados observados en las variables evaluadas, de acuerdo al experimento realizado. En el (cuadro 8), se presentan los cuadros medios de las variables analizadas y posteriormente se describen cada una de ellas.

Cuadro 8. Cuadros medios del análisis de varianza para las variables ancho de peciolo, largo de peciolo, ancho de hoja y largo de hoja.

FV	GL	(AP)	(LP)	(AH)	(LH)
A	1	0.020 ^{NS}	0.126 ^{NS}	0.311 ^{NS}	0.002 ^{**}
B	3	0.133 ^{NS}	15.437 ^{NS}	5.236 ^{NS}	9.386 ^{NS}
A*B	3	0.006 ^{NS}	2.192 ^{NS}	1.757 ^{NS}	0.927 ^{NS}
REP	2	0.028 ^{NS}	48.355 ^{**}	1.430 ^{NS}	29.650 ^{NS}
Error	14	0.075	4.933	1.739	3.829
Total	23				
CV		14.02%	14.03%	9.91%	11.18%

FV= Fuente de Variación, **GL**= Grados de Libertad, **CM**= Cuadrados medios, **CV**= Coeficiente de variación, **AP**= Ancho de peciolo, **LP**= Largo de peciolo, **AH**= Ancho de hoja, **LH**= Largo de hoja, ****** = Altamente significativo, ***** = Significativo, **NS**= No Significativo, Prueba de medias Tukey $p=0.001$

4.1. Ancho de Peciolo (AP).

Es importante que las plantas presenten un óptimo desarrollo y crecimiento, por lo que es fundamental tomar en cuenta que este es un órgano que se encarga de transportar los nutrientes a través del xilema y el floema hacia el resto de la planta.

Al analizar los datos se encontró una respuesta estadística no significativa lo que indica que es lo mismo realizar una formulación con influencia vegetativa o reproductiva en las plantas. Sin embargo, al hacer una comparativa

mediante análisis porcentual, se observó una diferencia de tan solo 0.17 cm por lo que la formula con influencia vegetativa supera a la formula con influencia reproductiva en un 9.3%, dentro del valor nutricional esta variable tiene importancia debido a la calidad de fibra que contiene en los peciolo, esto da un buen beneficio para el consumidor (Figura 1). Arellano, (1993) en su investigación, realizada en el cultivo de espinaca no encontró significancia, reporta un crecimiento de una influencia vegetativa con respecto al ancho de peciolo.

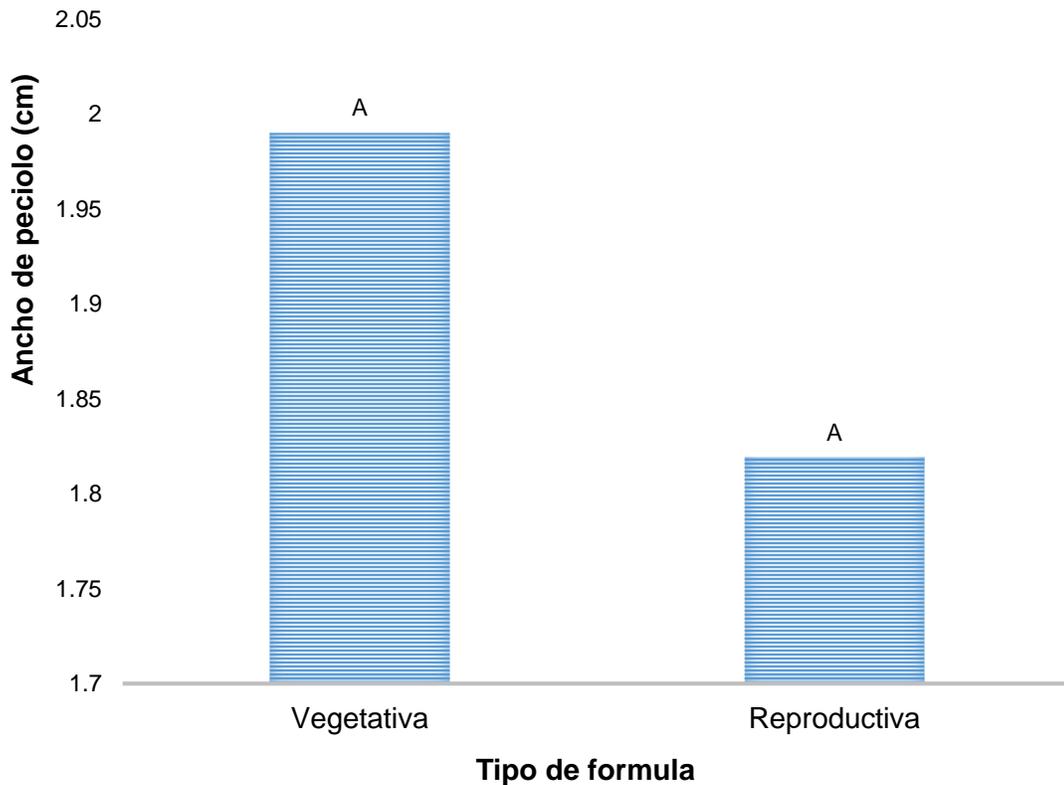


Figura 1. Respuesta de la acelga al tipo de solución nutritiva aplicada, para la variable ancho de peciolo (AP).

Con respecto al factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), el análisis de varianza no reporta una respuesta estadística significativa lo que indica que independientemente de la capacidad de extracción manejada los resultados indican, una diferencia mínima entre las diferentes capacidades de extracción de fertilizantes, haciendo una comparativa entre las diferentes

capacidades de extracción, se encontró lo siguiente; la mejor respuesta se obtuvo cuando se manejó una capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año superando al resto de las diferentes niveles de capacidad de extracción, esta capacidad de extracción supera a la de 500 Kg de fertilizante/Ha/año en un 37% y en un 8.5% a la capacidad de extracción de 250 Kg de fertilizante/Ha/año y finalmente en un 3.94% a la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año se puede incrementar la capacidad de extracción para esta variable hasta un nivel de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año ya que la capacidad de extracción máxima empleada no superó al de mejor respuesta, sino que fue más baja que la de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año (Figura 2).

Es probable que la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año haya provocado un nivel de salinidad en el suelo que afectó en consecuencia un desarrollo y un crecimiento inadecuado en las plantas de acelga.

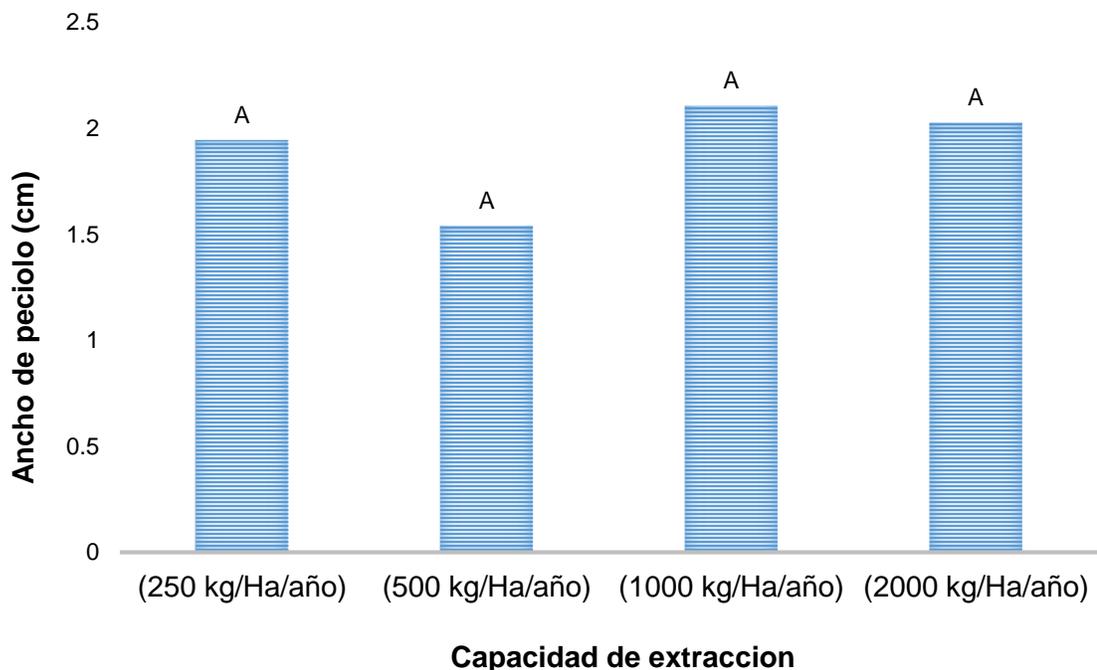


Figura 2. Respuesta de la acelga al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable ancho de peciolo (AP).

Para la interacción de factores se encontró también una respuesta estadística no significativa que indica un comportamiento independiente entre factores (Figura 3).

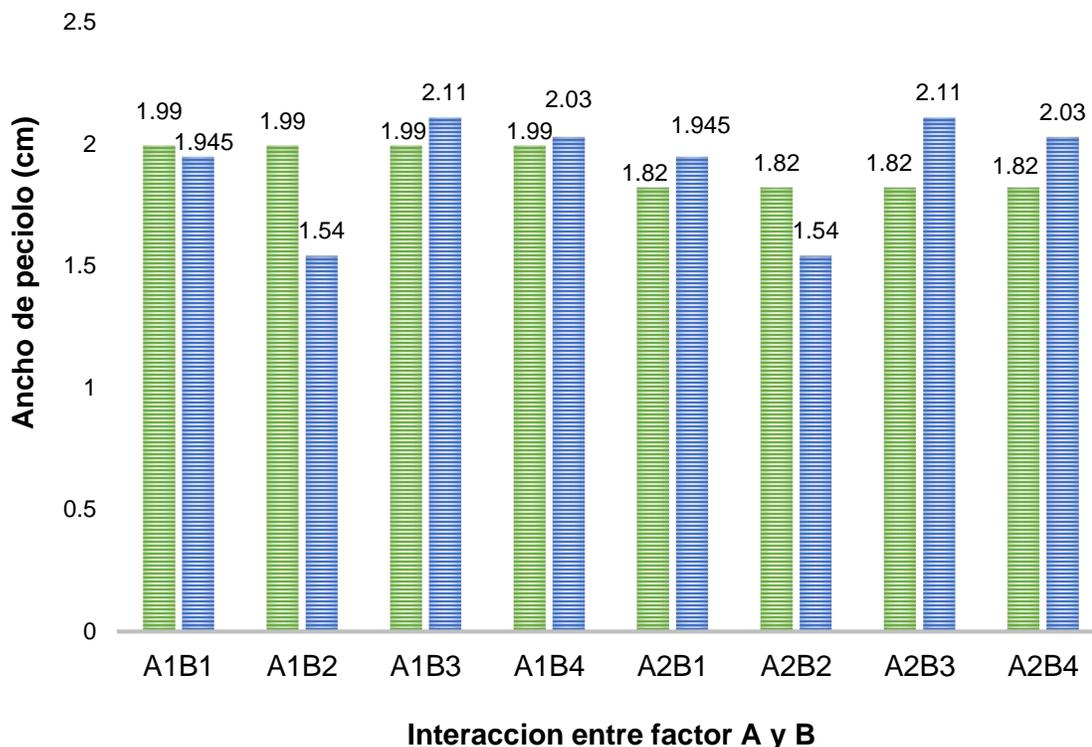


Figura 3. Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable ancho de peciolo (AP) en acelga.

4.2. Largo de Peciolo (LP).

La consideración del largo de peciolo en las plantas es importante porque además de servir como sostén de las hojas cumple la función de transporte de fluidos, (agua y sustancias minerales absorbidas por la raíz), desde el tallo hasta el limbo foliar.

Al analizar los datos obtenidos en campo, se encontró una respuesta estadísticamente no significativa lo que indica, que es lo mismo utilizar una formulación con influencia vegetativa o reproductiva en las plantas, sin embargo al ser comparadas mediante análisis porcentual se observó una diferencia de

0.04 cm por lo que la formula con influencia reproductiva supera a la formula con influencia vegetativa en un 0.25% la calidad de esta variable tiene importancia de acuerdo a las vitaminas y carbohidratos que se encuentran en ella y tiene mucho beneficio para el consumidor final, ya que presenta un valor alto en fibra (Figura 4).

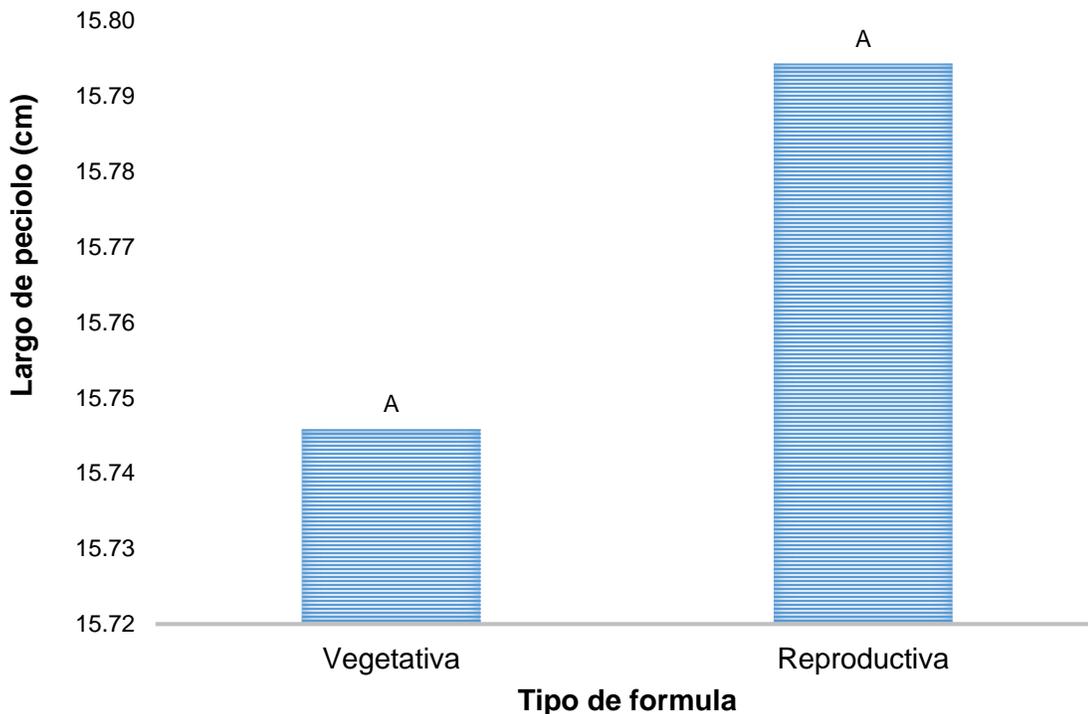


Figura 4. Respuesta de la acelga al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable largo de peciolo (LP).

Para el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), el análisis de varianza reporta una respuesta estadística no significativa, esto indica que es independiente de la capacidad de extracción manejada, sin embargo, indican una diferencia mínima entre ellos, al analizar la comparativa entre las cuatro capacidades de extracción de fertilizante, se encontró lo siguiente; el mejor dato se obtuvo cuando se manejó una capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año superando a los demás niveles de capacidad de extracción, esta supera a la de 500 Kg de fertilizante/Ha/año en un 26.9% y en un 9.5% a la capacidad de extracción de 250 Kg de fertilizante/Ha/año y finalmente en un 6.9%

a la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año (Figura 5). Es probable que la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año podría tener influencia en algún aspecto de sobrefertilización provocando como consecuencia la disminución del largo de peciolo que influyó de manera negativa con la absorción de nutrientes teniendo así una mala calidad nutricional baja. Sin embargo, desde el punto de vista económico, no resulta ventajoso el gasto en una tonelada de fertilizantes por año, para obtener una ganancia mínima.

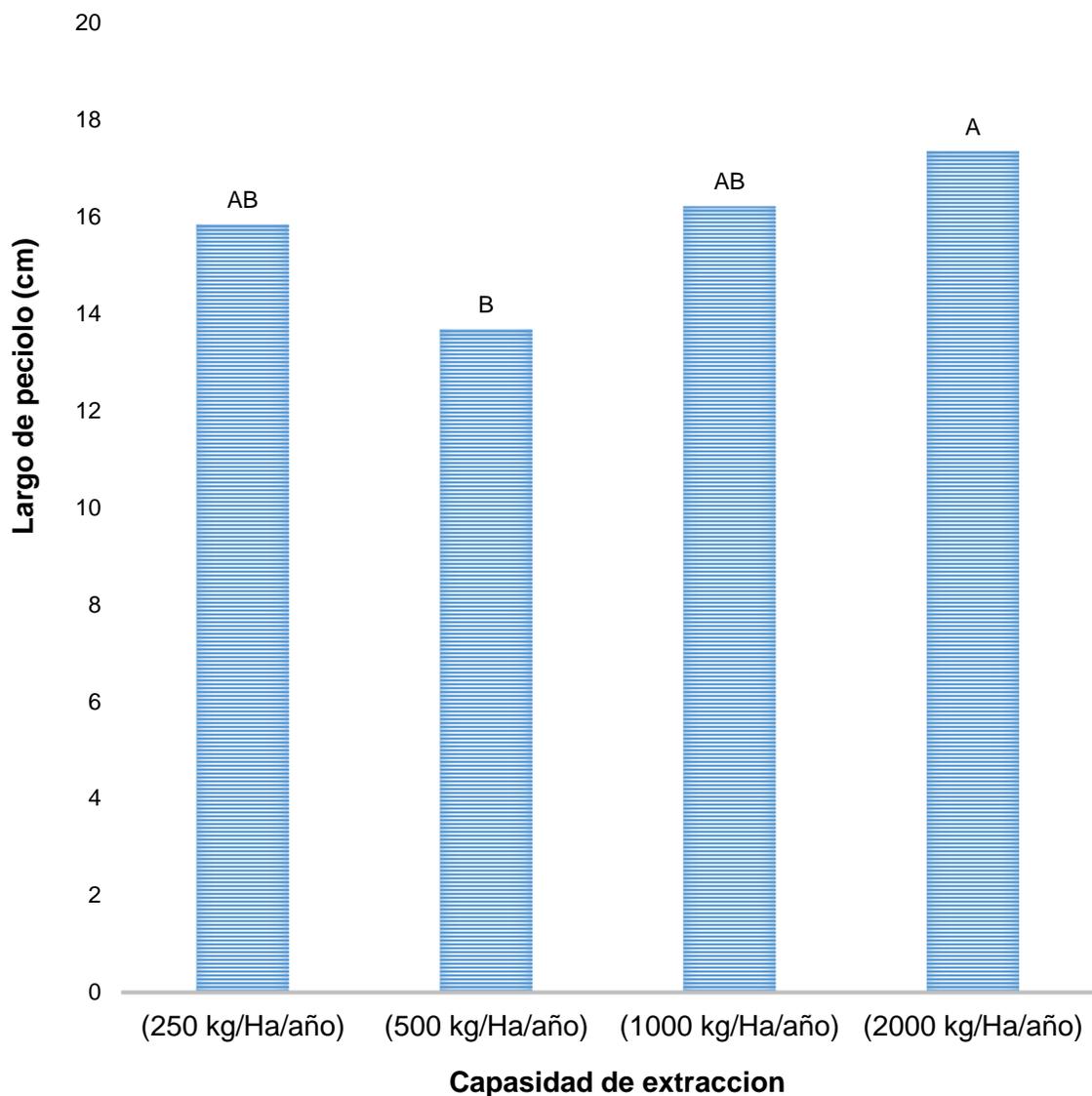


Figura 5. Respuesta de la acelga al factor B, capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de peciolo (LP).

Se analizaron los resultados de la interacción del factor A, (tipo de formula), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), no se encontró diferencia estadística significativa, esto demuestra que los factores son independientes y no están relacionados, sin embargo, al realizar una formulación nutritiva con influencia reproductiva con capacidad de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha./año se puede observar un aumento de largo de peciolo dando una media de 17.35 cm, por lo tanto al usar la misma formulación del mismo tipo vegetativa con la dosis de 250 Kg/Ha/año se obtiene una media de 15.84 cm de largo de peciolo, se puede observar la disminución además con bajas cantidades de fertilizantes tienden a disminuir el ancho de peciolo de tal manera esto afecta negativamente la calidad, (Figura 6). Constantino, (2014) menciona que al incorporar el 62.5 % de la formula reproductiva 120-77-210 en el fertirriego se presentan los mejores resultados para la variable largo de peciolo.

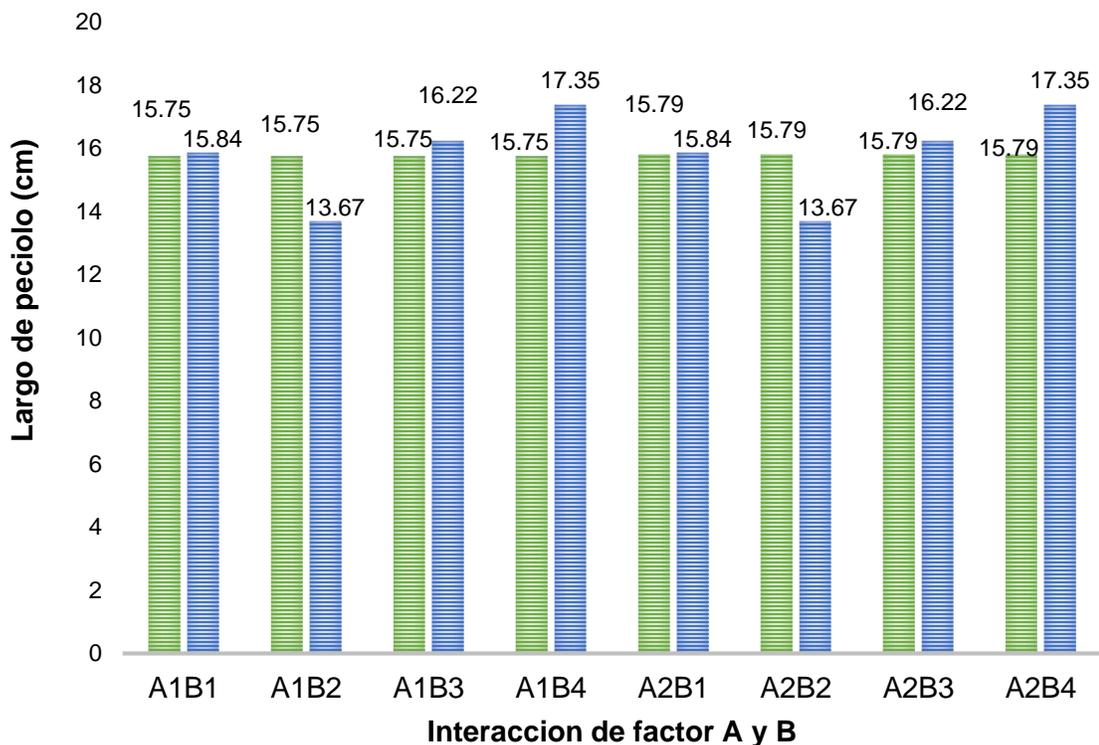


Figura 6. Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de peciolo (LP) en acelga.

4.3. Ancho de Hoja (AH).

En consideración de las actividades en los órganos, las hojas son una parte muy importante ya que en ellas se realiza la fotosíntesis, gracias a la energía lumínica del sol, las plantas convierten el agua del suelo y el dióxido de carbono del aire en glucosa, un nutriente esencial que les provee energía y permite la fabricación de la celulosa, además de portar un alto valor de vitaminas y minerales como, yodo, hierro, magnesio, calcio y potasio siendo un beneficio para todo el que consuma esta verdura.

Al analizar esta variable los datos obtenidos para el factor A, tipo de fórmula (vegetativa, reproductiva), se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que indica que es lo mismo utilizar una formulación con influencia vegetativa o reproductiva en las plantas. Al realizar una comparación mediante análisis porcentual, se observó una diferencia de 0.07 cm por lo que la fórmula con influencia reproductiva supera a la fórmula con influencia vegetativa en un 0.53% (Figura 7), resultados muy parecidos a los obtenidos por Gómez, (2011), quien al trabajar con una fertilización más elevada de nitrógeno produjo efectos positivos sobre el ancho de hoja en rabano.

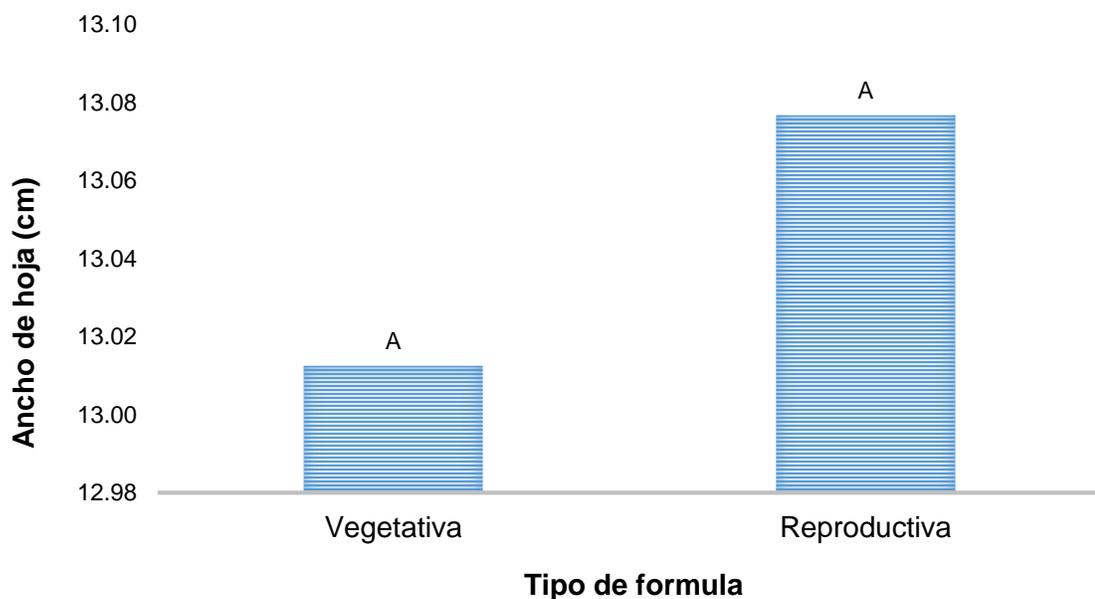


Figura 7. Respuesta de la acelga al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable ancho de hoja (AH).

Con respecto para el factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes) en el análisis de varianza, se obtuvo una respuesta estadística no significativa, lo que indica que es independiente la respuesta de esta variable sobre la capacidad de extracción de fertilizantes manejada, indican una mínima diferencia entre ellos. Al comparar las diferencias entre las capacidades de extracción se encontró lo siguiente, la mejor capacidad de extracción de fertilizantes es aquella donde se manejó una capacidad de extracción de 2000 Kg de fertilizante/Ha/año superando a los demás niveles de extracción de fertilizantes, esta capacidad de extracción supera a la de 500 Kg de fertilizante /Ha/año en un 15.6% y en un 12.52% a la capacidad de extracción de 250 Kg de fertilizante/Ha/año y finalmente en un 5.38% a la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año. (Figura 8). Es probable que la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año haya provocado una acumulación de fertilizantes en el suelo, que provocó una respuesta negativa en la absorción de los nutrientes.

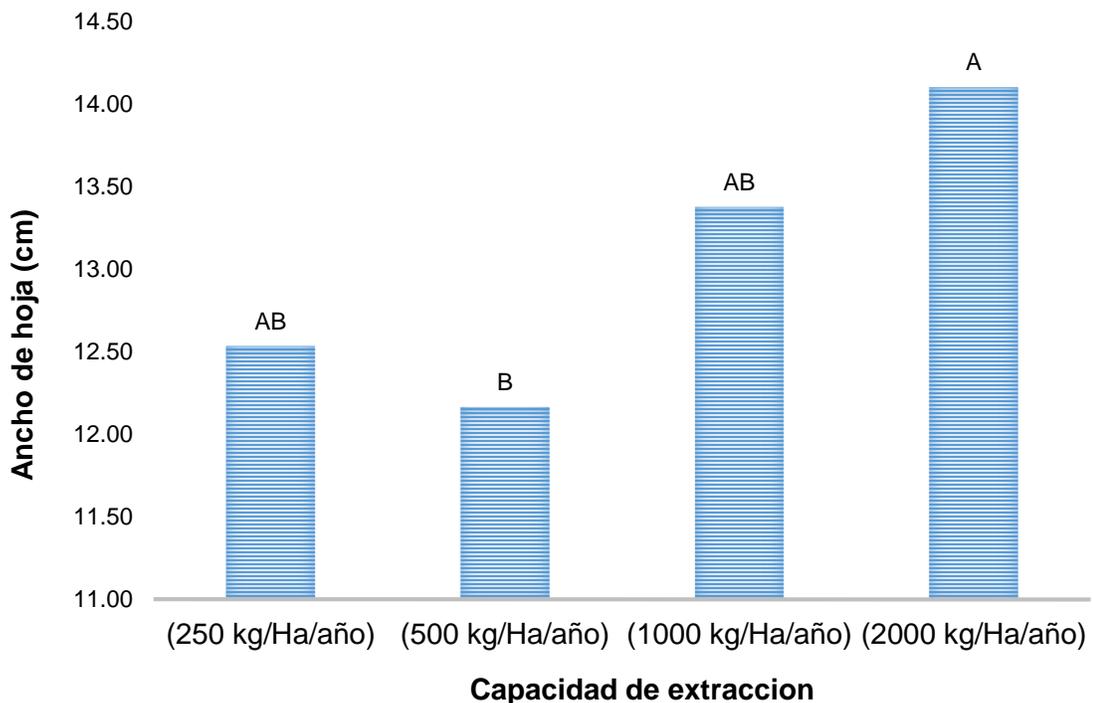


Figura 8. Respuesta de la acelga al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable ancho de hoja (AH).

Se analizaron los resultados de la interacción del factor A, (tipo de formula), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), se encontró diferencia estadísticamente no significativa, esto demuestra que los factores son independientes en su comportamiento, sin embargo, al realizar una formulación nutritiva con influencia reproductiva con capacidad de extracción de fertilizante de 2000 Kg/Ha./año se puede observar un aumento de ancho de la hoja, dando una media de 14.10 cm, por lo tanto al usar una formulación con influencia vegetativa con la dosis de 250 Kg/Ha/año se obtiene una media de 12.53 cm de ancho de hoja, afectando negativamente la calidad, (Figura 9). Luna, (2014), quien menciona que el aumento de la dosis de fertilización nitrogenada produjo efectos positivos sobre el ancho de hojas en lechuga, que es similar a lo obtenido en la acelga.

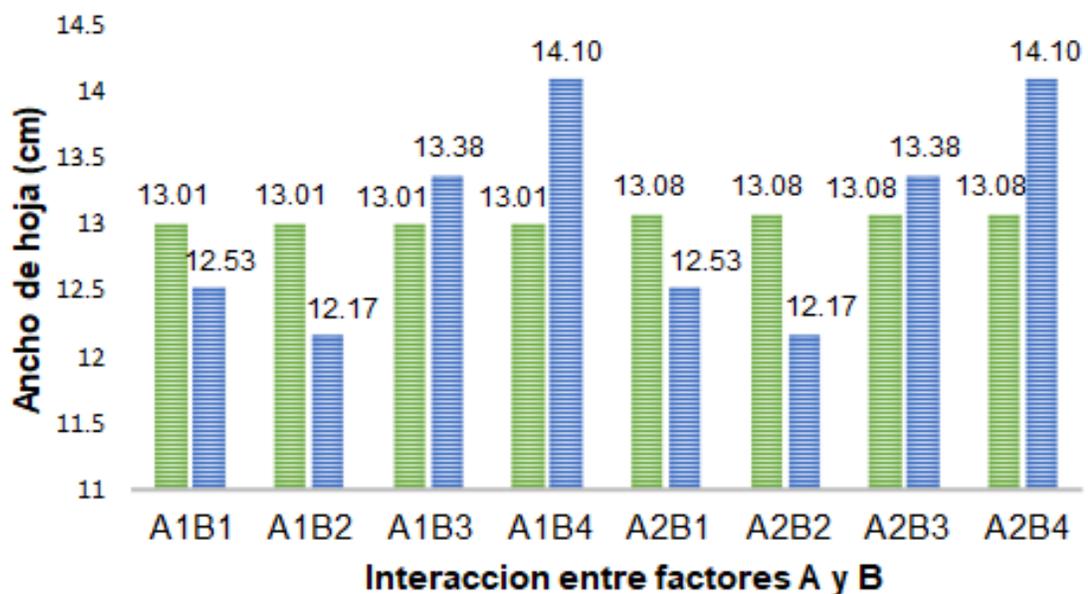


Figura 9. Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable ancho de hoja (AH) en acelga.

4.4. Largo de Hoja (LH).

Las hojas son muy importantes en las plantas tienen la tarea de realizar el intercambio gaseoso, a través de los estomas se da el intercambio de gases,

el oxígeno es necesario para la respiración celular y consecuente liberación de energía y el CO₂ que es utilizado en la fotosíntesis. Ambos gases se mueven a través de los estomas, el oxígeno producido en la fotosíntesis y el dióxido de carbono procedente de la respiración celular.

Al analizar los datos se encontró una respuesta altamente significativa para el factor A, tipo de fórmula (vegetativa y reproductiva), mostrando la mejor respuesta cuando se utilizó una fórmula de fertilización con influencia vegetativa en las plantas. Sin embargo, al hacer una comparación mediante análisis porcentual se observó una diferencia de 0.39 cm por lo que la fórmula con influencia vegetativa supera a la fórmula con influencia reproductiva en un 2.2% con respecto a la nutrición, esta variable tiene altos contenidos de vitaminas y carbohidratos que son saludables para el consumidor de esta verdura (Figura 10). Espinoza y Sevilla, (2010), señalan que a medida que aumenta el nivel de fertilización nitrogenada durante la fase vegetativa, aumenta el ancho y largo de la hoja, ya que el nitrógeno estimula el crecimiento y es el componente principal de las proteínas.

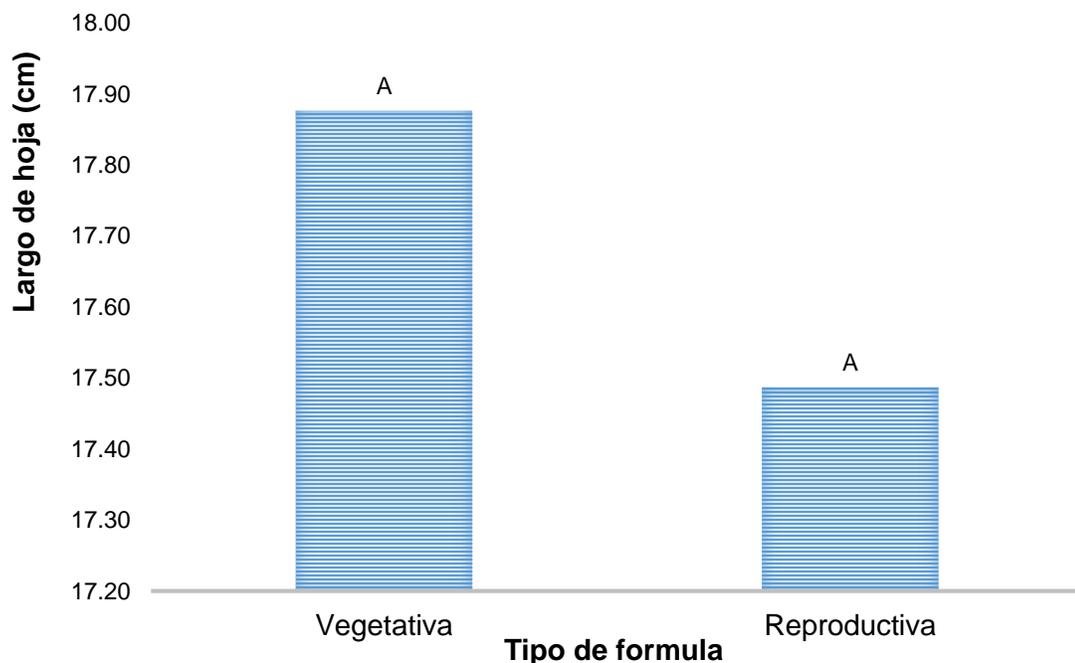


Figura 10. Respuesta de la acelga al factor A, (tipo de solución nutritiva), para la variable largo de hoja (LH).

Con respecto al factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes) el análisis de varianza no reporta una respuesta estadísticamente significativa, lo que indica que la respuesta es muy similar entre ellas, independientemente de la capacidad de extracción manejada, los resultados indican una pequeña diferencia entre ellos, que resulta marginal, al realizar una comparativa de las capacidades de extracción se encontró lo siguiente, para este factor se obtuvo la como la mejor respuesta, en la capacidad de extracción de 2,000 Kg de fertilizante/Ha/año, esta supera a la capacidad de extracción de 500 Kg de fertilizantes en un 17.5% y en un 13.4% a la capacidad de 250 Kg de fertilizante/Ha/año y como final en un 2.8% a la capacidad de extracción de 1,000 Kg de fertilizante/Ha/año (Figura 11). Resultado que coincide con Singh y Sainju, (1998), quienes manifiestan que a una dosis de extracción de fertilizante empleada de 2,000 Kg/Ha/año es el más apropiado para el desarrollo de la acelga, ganando altura de la planta, diámetro y longitud de la hoja.

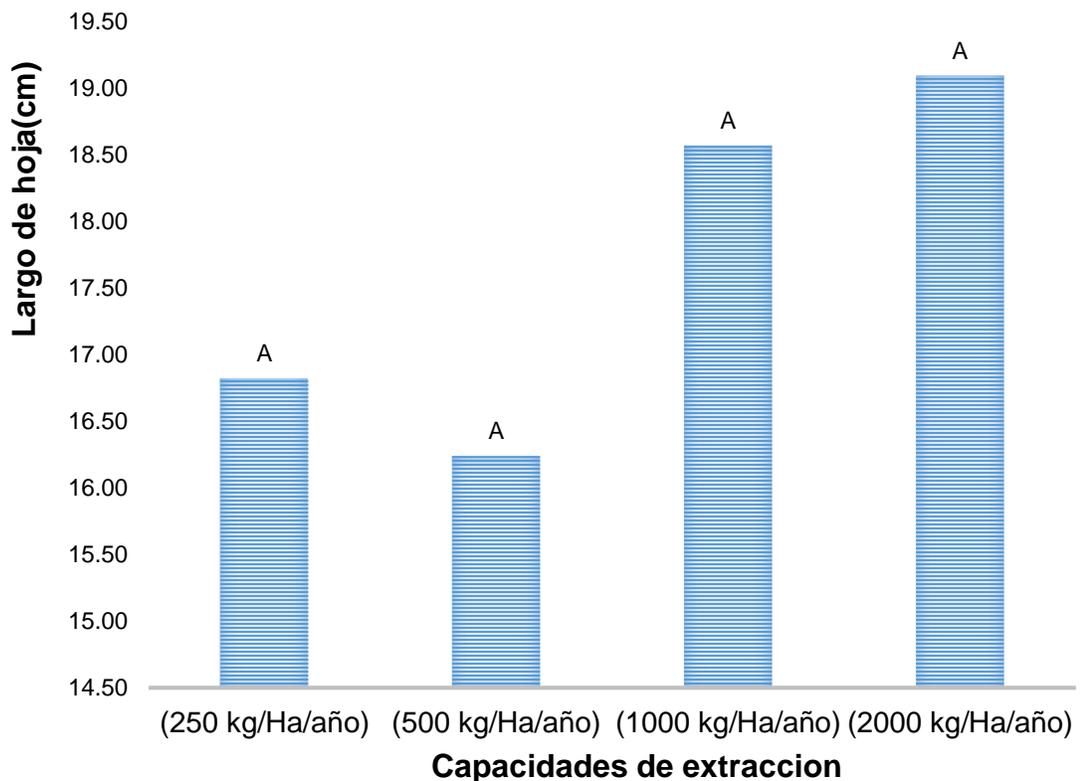


Figura 11. Respuesta de la acelga al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de hoja (LH).

El análisis de los resultados, con respecto a la interacción del factor A, (tipo de formula), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), no se encontró diferencia estadística significativa, lo que indica que los factores son independientes y no están relacionados con respecto a su respuesta, sin embargo, al realizar una formulación nutritiva con influencia vegetativa con capacidad de extracción de fertilizante de 2000 Kg/Ha./año se puede observar un aumento de largo de hoja dando una media de 19.09 cm, por lo tanto al usar la misma formulación del mismo tipo vegetativa con la dosis de 250 Kg/Ha/año se obtiene una media de 16.82 cm de largo de hoja, se puede observar la disminución además con bajas cantidades de fertilizantes tienden a disminuir el largo de hoja de tal manera esto afecta negativamente para el desarrollo de planta y la calidad, (Figura 12), por otra parte Medardo, (2007), y su trabajo de investigación en el cultivo de col reporta un incremento en el largo de hoja, usando la capacidad de extracción de 1,000 Kg/Ha/año.

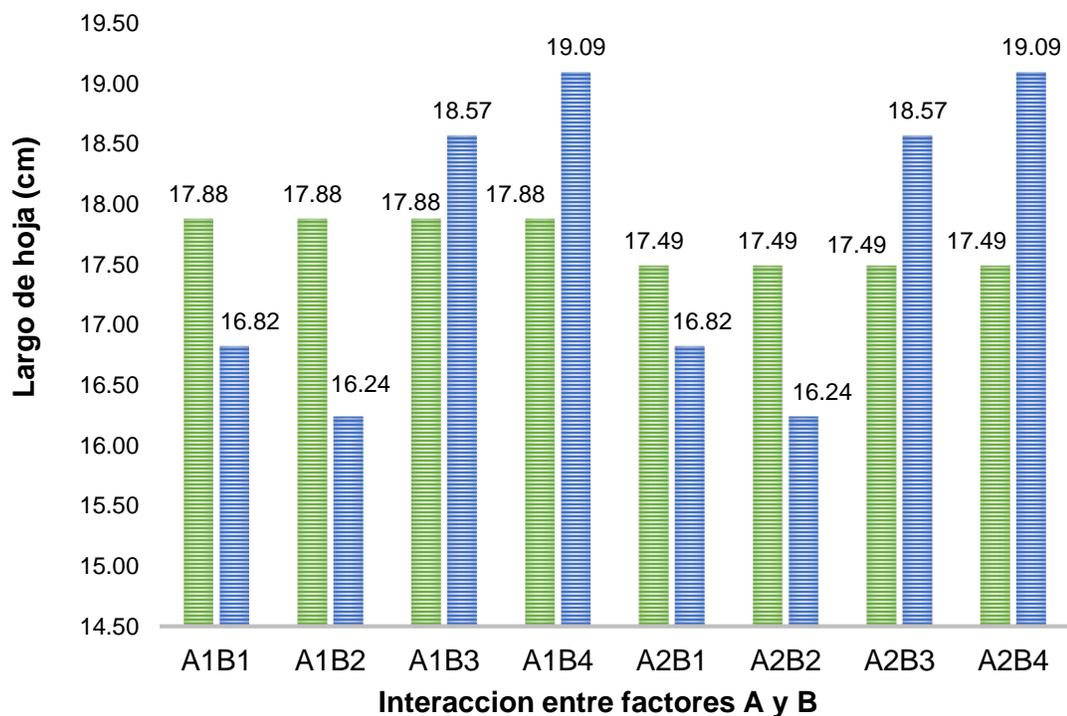


Figura 12. Efecto de la interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), con el factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de hoja (LH) en acelga.

V. CONCLUSIONES

Se reportan las siguientes conclusiones con base en el análisis de resultados obtenidos, de las cuales fue establecido, tomando en cuenta los objetivos, hipótesis y resultados de este experimento.

Para una buena calidad y producción de acelga, además de tener un crecimiento de plantas se debe tomar en cuenta la aplicación de las dosis de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año siendo así la mejor, tomando en cuenta entre las dos etapas del cultivo vegetativa y reproductiva.

Cuando se utilizó la capacidad de extracción de fertilizantes con la dosis más baja de 250 Kg/Ha/año los resultados para cada una de estas variables no fueron positivas a mayor concentración de fertilizantes.

A pesar de estos resultados las variables no presentan mucha diferencia entre las dosis de 2,000 y 250 Kg/Ha/año. Por lo que se puede utilizar dosis bajas, ya que se obtienen resultados similares (marginales), esto con el fin de tener un ahorro de fertilizantes, siendo favorable para la economía del productor, además esto evita la contaminación de los suelos, una sobrefertilización tiene como consecuencia una disminución de calidad y rendimiento, debido probablemente a que esto provoca una condición de sales en el suelo, que influye de una manera negativa con la absorción de los nutrientes por el exceso de aplicación de fertilizantes.

VI. LITERATURA CITADA

- Alonzo, A. Colegió de Postgraduado. 2004. Producción de Col, Coliflor, Acelga, Apio y Lechuga. pp. 134-140.
- Alsina, L. (1980). Horticultura especial. Madrid, España. Ed. Sintés S.A. Pág.16
- Altieri, M. A y Nicholls, L. 2010. Agroecología: potenciando la agricultura campesina para revertir el hambre y la seguridad alimentaria en el mundo. Revista de economía crítica n. 10. Segundo semestre. pp.64 - 74.
- Aparicio, V et al. (1998). Plagas y enfermedades en cultivos hortícolas de la provincia de Almería: control racional. Informaciones Técnicas 80/98. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla. p.356.
- Astearán Iciar, Martínez J. Alfredo 2000. Alimentos y propiedades. Mc Graw Hill Interamericana. España. Madrid II Edición. p. 214.
- Avalo F. 2008. Evaluación de dos variedades de acelga bajo dosis de abonamiento con biol porcino en carpa solar. Tesis de Grado. La Paz-Bolivia. Facultad de Agronomía, Universidad Mayor de San Andrés. p.140.
- Ayaviri, R. 1996. Estudio de cuatro profundidades de walipini en la producción hortícola de invierno en Letanías – Viacha – La Paz. Tesis de Grado. Universidad Mayor de San Andrés. Facultad de Agronomía. La Paz – Bolivia. p.168.
- Baldwin, P. 1975. A quantitative analysis of the factors affecting plant nutrient uptake from some soils. Journal of soil Sci. 26(3): pp.196-206.
- Bolaños Herrera Alfredo. 2001. Introducción a la Olericultura. Primera Edición. Editorial Universidad Estatal a Distancia. San José Costa Rica. pp. 70-76.
- Casseres, C. (1984). Producción de Hortalizas. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). San José, Costa Rica. p.170.
- Constantino, D. B. 2014. Eficiencia en el uso de los fertilizantes en calabacita (*Cucúrbita pepo* L.) Mediante un programa de fertilización en función de la curva de crecimiento. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. p. 47.
- Crocomo, O. 1965. Absorción de Iones por las Plantas. Universidad de Zulia. Facultad de Agronomía. Maracaibo. p.188.
- 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. pp. 48-49.

- Demolón, A. 1966. Crecimiento de los vegetales cultivados. Principio de Agronomía. Tomo II. Ed. Omega S.A. Barcelona, España. p. 650.
- Devlin, M. 1976. Fisiología Vegetal. Edic. Omega S.A. Barcelona, España. p. 517.
- Duarte Díaz, Carmen; Ajete Gil, Miriel; González Robaina, Felicita; Bonet Pérez, Camilo; Sierra Castellanos, Luís O. Dosificación de fertilizante para el fertirriego del tomate protegido en Ciego de Ávila Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, vol. 19, núm. 3, 2010, pp.12-16.
- Fageria, V.D. 2001. Nutrient interactions in crop plants. Journal of Plant Nutrition. 24(8):1269-1290.
- Fassbender, W. 1978. Química de los Suelos con énfasis en los Suelos de Latinoamérica. Ed. IICA. San José, Costa Rica. p. 398.
- Flórez J. 2009. Agricultura ecológica, manual y guía didáctica. Editorial MundiPrensa. Primera Edición. Madrid – España. p. 395.
- Fraume R, Néstor Julio., 2006. Abecedario Ecológico la más completa guía de términos ambientales. Editorial San Pablo. Colombia. p. 144.
- Gajon (1996), El cultivo de acelga. Fundación Caja Rural Valencia. Ediciones Mundiprensa. Madrid. España. p. 322.
- Giacconi, V. 2004. Cultivo de hortalizas, Colección nueva técnica. Editorial Universitaria. Novena Edición. Barcelona-España. p. 334.
- Giacconi, V. y Escaff, M. 2004. Cultivo de hortalizas. Edit. Universitaria. p. 341.
- Gómez P.L. 2011. Evaluación del cultivo de rábano (*raphanus sativus* L.) bajo diferentes condiciones de fertilización nitrogenadas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. p. 114.
- Hartman, F. (1990). Invernaderos y Ambientes Atemperados. Offsed. La Paz, Bolivia. pp. 9-30.
- Hoffmeister, G. (1992). Fertilizers. En G. Hoffmeister, Riegels Handbook of Industrial Chemistry. New York: Springer Science Business Media New York. pp. 367-407.
- Huamán, P. 2012. Abonamiento y fertilización orgánica en el suelo. Perú. p. 35.
- INIAP. 1993. Manual del cultivo de café. Estación experimental tropical pichillngue. Ecuador. p. 38.
- L'annunziata, F. 1979. Radiotracers in agricultural chemistry. Academia Press. London Mew Cork. p. 536.
- López J.; y J. López. 1978. El diagnostico de suelos y plantas. Tercera Edición. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España. p. 337.

- Luna, A. L. 2014. Evaluación de cinco programas de fertilización química en lechuga. Tesis de grado. Zacapa, Guatemala. pp. 34-37.
- Maldonado T.R. 2002. Diagnostico nutrimental para la producción de aguacate has. Informe de investigación. UACH. Texcoco, México. p.167.
- Mallarino Antonio P. 2005. Manejo de la Fertilización con Fósforo y Potasio para Maíz y Soja en el Centro-Oeste de los Estados Unidos. Department of Agronomy, Iowa State University Ames, IA 50011, EE.UU. p. 4.
- Maroto, J.V. (1989). Horticultura Herbácea Especial. Ed. Mundi Prensa. Madrid, España, pp. 251-255.
- Maroto, J.V. (1995). Horticultura Herbácea Especial. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. p. 73.
- Marschner, P. (2012). Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. London: Elsevier. pp. 102-110.
- Medardo P.T.H 2007. Efectos de extracción de nutrientes en tres híbridos de col (*Brassica oleracea*) en la parroquia Calpi, provincia de Chimborazo. Tesis de Licenciatura. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de ciencias Agropecuarias. Guaranda, Ecuador. pp. 57-61.
- Messiaen (1979). La conversión hacia una agricultura ecológica. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba. Mimeografiado. p. 13.
- Moraghan, J. T. 1985. Plant tissue testing for micronutrient deficiencies and toxicities. In: VLEK (Ed). Micronutrients in tropical food crop production. Martinus – Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers. Boston Lancaster. pp. 201-219.
- Navarro, G. 2003. Química Agrícola. Segunda Edición. Ed. Mundi Prensa. Madrid, Barcelona y México. p. 438.
- Oliveira. Prendes. J.A., E. Afif. Khouri., M. Mayor. López. 2006. Análisis del Suelo y Plantas y Recomendaciones de Abonado. Universidad de Oviedo. España. pp.12-38.
- Ospina Patiño Bernardo y Ceballos Hernán., 2002. La yuca en el tercer milenio, sistemas modernos de producción, procesamiento, utilización y comercialización. p. 64.
- Parra. M. A., R. Fernández- Escobar., C. Navarro., O. Arquero. 2002. Los Suelos y la Fertilización del Olivar Cultivado en Zonas Calcáreas. Editorial Mundi Prensa, Madrid España. pp. 48-49.
- Ramírez M.M.; Soto O. R.; Parets S. E. y Aleman P.R. 2005, una alternativa para la nutrición de frijol (*Phaseolus vulgaris*, L) con el uso de alternativas de fertilización. Redaly. Instituto científica y tecnológica. Holguin, cuba. 16:(2): pp. 1-11.

- Ramírez, F. (2010). Horticultura orgánica. Quito, Ecuador: Publicaciones Ideales. p. 88.
- Ramírez, J. A. (1993). Serie Agropecuaria Cultivo de Acelga. AUMM. Cochabamba, Bolivia. pp. 564-570.
- Redín, L. 2009. caracterización física, química y nutricional de dos eco tipos de acelga (*beta vulgaris* L), Quito-Ecuador. Consultado el: 10 de diciembre del 2012. p. 174.
- Rodríguez Dimas Norma., P. Cano Ríos., U. Figueroa Miramontes., E. Fabela Chávez., A. Moreno Reséndiz., C. Márquez Hernández., E. Ochoa Martínez., P. Preciado Rangel. 2009. Uso de abonos orgánicos en la producción de tomate en invernadero. Terra Latinoamericana, vol. 27, núm. 4, octubre-diciembre, pp. 319-327.
- Selector. 2007. La huerta fértil. Editorial Selector. Madrid – España. Pág.230.
- Serrano, Z. (1996). Veinte cultivos de hortalizas en invernadero. Ed. Zoilo Serrano Cermeño. Sevilla. p. 638.
- Seymour, A. 1999. El Horticultor autosuficiente. 5ta Edición. Editorial AEDOS, España. p. 34.
- Shaul, O. (2002). Magnesium transport and function in plants: the tip of the iceberg. Kluwer Academic Publishers.15 (3) pp. 309-323.
- Singh, B. y Sainju, U. 1998. Soil physical and morphological proprieties and root growth. HortScience. 33 (6), pp. 966-971.
- Steiner, M. 1961 Hidroponía básica. Editorial Diana S.A. de C.V., México, D.F. p. 32.
- Terranova. (1995), la siembra como factor de producción. En curso hortalizas, ICA. Universidad de Tolima. pp. 28-37.
- Terranova. 1995. Guía ilustrada para la vida en el campo. Editorial Blume, Milanesado-Barcelona. pp. 153.
- Terraza, M. 2000. Efecto de micro-concentraciones de nutrientes bajo técnicas de hidroponía. Facultad de Ciencias Químicas, Universidad autónoma de Chihuahua, México. p. 125.
- Tisdale S. y W. Nelson. 1991. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Ed. Uthea. México, D.F., p. 790.
- Usón Murillo A., Jaime Boxiadera Llobet., Ángela Bosch Serra., Alberto Enrique Martín. 2010. Tecnología de Suelos: estudio de casos. 1ra edición. Ediciones de la Universidad de Lleida. España. pp. 110-118.
- Valadez, L. (1996). Producción de Hortalizas. 5ª reimpresión Hemisferio. Limusa, Grupo Uthea Noriega Editores. México D. F., México. p. 298.

- Valadez, L., 1993. Producción de hortalizas. México DF. Editorial UTCHA. pp. 56-101.
- Vallejo. Cabrera. F.A., E. I. Estrada. Sánchez. 2004. Producción de Hortalizas de Clima Cálido. Universidad Nacional de Colombia, Colombia, pp. 27- 52.
- Valverde, F., & Alvarado, S. (2009). Manejo del Suelo y la Fertilización en el Cultivo de Papa: Experiencias del DMSA. Quito: INIAP.
- Vigliola M., (1992). Manual de Horticultura. 1ª impresión de la 2ª edición, Hemisferio Sur S.A. Buenos Aires, Argentina. pp. 33-41.
- Volke Haller Víctor., Jorge D Etchevers B., Adán San Juan Ramírez., Tomas Silva Palomino. 1998. Modelo de balance nutrimental para la generación de recomendaciones de fertilización para cultivos. Terra Latinoamericana, enero-marzo, año/vol. 16, número 001. Universidad Autónoma de Chapingo, Chapingo México, p. 79.
- Wild, A. 1989. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas Según Russhell. Editorial Mundi Prensa. Madrid España. pp. 73-83.
- Woodland, G. 1991. Colección de semillas de acelga del centro de conservación y mejora de la Agrobiodiversidad Valenciana. Madrid-España, Ministerio de ciencia y tecnología. pp. 11-58.
- Yilmaz, C., & Mittler, R. (2008). The zinc finger network of plants. Cellular and Molecular Life Sciences. (7-8) pp.1150-1160.

CITAS DE INTERNET

Acelgas-Características-Región de Murcia. www. Digital.htm

Espinoza, J. y Sevilla, S. 2010. Efecto de la densidad de siembra y nivel de fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de la *Moringa oleífera* en 61 suelo franco arcilloso (en línea). Nicaragua. Consultado el 25 de setiembre del 2017. Artículo disponible en:

Franco, S. (2002). Hidroponía, cultivos sin tierra. Disponible en <http://www.maristas.com.ar/champagnat/poli/biologia/hidrop.htm>. (Revisado en enero 15 de 2015).

ftp.fao.org. (23 de 09 de 2017). Los fertilizantes y su uso.

<ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/fertuso.pdf>.

<http://repositorio.una.edu.ni/1409/1/tnf01e77d.pdf>.

http://www.csrsvicios.es/notas.informativas/descargas/los_analisis_foliare.pdf. Consultado el día 20 de marzo del 2013.

http://www.csrsvicios.es/notas_informativas/descargas/los_analisis_foliare.pdf. 02. Consultado 02-01-2013. 12:57 p.m.

IPNI. (2010). IPNI. Obtenido de IPNI:

[http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/71D30F4EF12615F906256B8E007A3D9E/\\$file/Aumenta+el+rendimiento++de+papas+con+un+buen+manejo+del+potasio+y+el+f%C3%B3sforo.pdf.consultarealizada+el+12+de+noviembre+del+2017](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/71D30F4EF12615F906256B8E007A3D9E/$file/Aumenta+el+rendimiento++de+papas+con+un+buen+manejo+del+potasio+y+el+f%C3%B3sforo.pdf.consultarealizada+el+12+de+noviembre+del+2017)

IPNI. (2011). IPNI. Obtenido de IPNI:

[http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/\\$webindex/5F5044E7DA7EEABE06256ABF0059F50E/\\$file/Conozca+la+deficiencia+de+cobre.pdfconsulta+realizada+el+12+de+noviembre+del+2017](http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/5F5044E7DA7EEABE06256ABF0059F50E/$file/Conozca+la+deficiencia+de+cobre.pdfconsulta+realizada+el+12+de+noviembre+del+2017)

Pita, A y García E. 2012. Efectos del *Glomus fasciculatum* en la nutrición de *Moringa oleífera* lam (En línea). Cuba. Consultado el 21 de setiembre del 2017. Artículo disponible en: <http://www.ciget.pinar.cu/Revista/No.2012-3/Articulos/moringa.pdf>

