

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Capacidad de Extracción de Fertilizante, en la Producción de Cebollines con  
Fines de Propagación

Por:

**JESÚS TENORIO SANDOVAL**

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

Capacidad de Extracción de Fertilizante en la Producción de Cebollines con  
Fines de Propagación

Por:

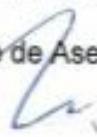
**JESÚS TENORIO SANDOVAL**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

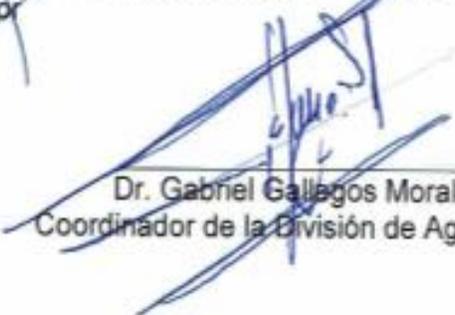
**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Asesor Principal

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dra. Silvia Judith Martínez Amador  
Coasesor

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.  
Mayo 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Quiero agradecer a Dios, ante todo, por permitirme llegar hasta este punto, logrando culminar una etapa más en mi vida y que a pesar de mis tropiezos nunca me dejó Por estar conmigo en los momentos más difíciles y ser la guía en cada decisión y paso que doy. Por brindarme la familia más maravillosa, por cuidar de ellos y aunque las cosas no vallan bien agradezco que la mantengas unida. Llegaré siempre agradecido y con tu bendición hasta donde me lo permitas.

### **A mi alma mater**

Por haberme dado la maravillosa oportunidad de ser un buitre más en esta máxima casa de estudios “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”. Por ser partícipe de sus enseñanzas y todo el conocimiento impartido en aulas, laboratorios y en campo. Por ser mi segundo hogar durante cuatro años, por las buenas amistades que aquí llegue a forjar, a sus dormitorios en especial la “colorada” y no obstante a su comedor universitario.

### **Al Dr. Leobardo Bañuelos Herrera**

Por la confianza que en mí depositó y el apoyo brindado desde que nos conocimos, transmitiendo en mí su sabiduría, conocimientos y experiencia no solo dentro del aula si no también fuera de ella. Por el tiempo y la ayuda que depositó para la realización de este trabajo y por haberme brindado su amistad la cual valoro mucho. Por su forma de hacernos ver la importancia de los retos a realizar, agradezco en lo personal que es usted un gran maestro, amigo y gran persona la cual admiraré y respetaré dentro y fuera de la Universidad.

### **A la M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez**

Por su contribución brindada durante el proceso de este trabajo, por sus consejos, su apoyo y su amistad.

### **A la Dra. Silvia Judith Martínez Amador**

Por su apoyo y contribución en la revisión de este trabajo de investigación.

### **A mis amigos**

Jorge Luis Salas Espinoza, Marvin Guillermo Vázquez Vázquez, José Marcelino Rendón Manzano, Alfonso Zavala Olvera, Oscar Ortega Ocampo, Jairo Nahu Orduña Salinas, Daniel Gaona Frías, Humberto Nava Pérez, Ramiro Crisóstomo Ramírez, por los buenos y malos momentos compartidos, por los inmensurables desvelos de estudio y por las situaciones adversas a las cuales nos enfrentamos y que al fin de cuentas salimos adelante.

## DEDICATORIA

*A mis padres*

*Sra. Amancia Antonia Sandoval Jiménez*

*y*

*Sr. José Feliciano Tenorio García*

*Por ser unos excelentes padres y maravillosas personas, por todas las cosas aprendidas de su parte, los buenos valores que de ustedes aprendí, les estaré eternamente agradecidos por esta grandiosa oportunidad de cumplir mis sueños y metas. Asimismo, por haberme dado la herencia más grande que a un hijo pueden darle. El estudio.*

*A mi Padre, por inculcarme el valor de ser una mejor persona y por darme el apoyo para seguir estudiando. Por enseñarme el valor del trabajo y lo importante que es no darse por vencido con facilidad, aunque entre nosotros no haya una conexión mutua quiero decirte que lo logramos y que este logro es suyo también. Por si llega a leer esto tal vez nunca he tenido el valor como hijo de decirle te quiero y usted como padre tampoco, pero aquí se lo digo. "Te quiero mucho padre", gracias por todo el apoyo que en mi depositaste.*

*A mi Madre, por ser una mujer maravillosa, la mejor de este mundo sin temor a equivocarme. Por darme la vida y llenarme de amor, cariño, conocimiento, comprensión, por estar ahí conmigo a pesar de mis errores, por escucharme cuando más la necesité, por preocuparse por mí en todo momento, por ser más que mi madre una amiga y por ello este triunfo es suyo también, todo su apoyo y confianza que en mi depositó ahora rinde frutos. Todos esos esfuerzos que por mí hizo lo valoro y llevaré aquí conmigo siempre, muchas gracias por ser la mejor madre. "Te quiero mucho", lo logramos, si se pudo.*

*A mis hermanos*

*Kevin Joel*

*Karina*

*Feliciano*

*Mónica*

*David*

*Agradezco todo su apoyo y cariño que me dieron, fue mucho el sacrificio, pero bien dicen que las mejores cosas llegan cuando estas cuestan trabajo conseguirlas. Fueron muchos años, los cuales me perdí de momentos en familia y de su compañía, son ustedes por quienes he crecido y vivido la mejor etapa de mi vida. Por ustedes día a día, en cada meta propuesta están las ganas de seguir adelante, son mi inspiración y mi adoración, gracias por estar conmigo en las buenas y en las malas. A todos y cada uno de ustedes, les dedico este trabajo. Los quiero mucho.*

*A mi abuela*

*Elisa García (+)*

*Por haber sido un pilar en esta etapa tan importante para mí, por haberme dado todo su afecto, cariño y enseñanza, por todo el apoyo brindado muchas gracias. Aunque ya no estés conmigo, la promesa que un día te hice de terminar la universidad por fin está cumplida lo logramos y sé que desde el cielo estarás muy orgullosa de mí.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>iv</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Objetivo específico .....	3
1.2. Hipótesis .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Origen .....	4
2.2. Importancia mundial .....	4
2.3. Importancia en México .....	6
2.4. Clasificación taxonómica .....	6
2.5. Descripción botánica .....	7
2.5.1. Raíz .....	7
2.5.2. Tallo .....	8
2.5.3. Falso tallo .....	8
2.5.4. Tallo floral .....	8
2.5.5. Hojas .....	9
2.5.6. Inflorescencia y flor .....	9
2.5.7. Bulbo .....	9
2.5.8. Fruto y semilla .....	10
2.6. Requerimientos edafoclimáticos .....	10
2.6.1. Clima .....	10
2.6.2. Suelo .....	11
2.6.3. Fotoperiodo .....	11
2.6.4. Humedad .....	12
2.6.5. Riego .....	12
2.7. Labores culturales .....	12
2.7.1. Preparación de terreno .....	12
2.7.2. Barbecho .....	13
2.7.3. Rastreo .....	13
2.7.4. Nivelación .....	13
2.7.5. Surcado y formación de camas .....	14
2.7.6. Siembra .....	14
2.7.7. Densidad de siembra .....	14
2.7.8. Escarda .....	15
2.7.9. Aporque .....	15
2.7.10. Curtido .....	16
2.7.11. Lugar de almacenamiento .....	16
2.7.12. Tiempo de almacenamiento .....	16
2.8. Producción de cebollín .....	17
2.8.1. Ventajas del uso del cebollín .....	17

2.8.2. Punto de madurez del cebollín .....	17
2.8.3. Selección de los genotipos .....	18
2.8.4. Sistemas de producción .....	18
2.8.5. Tiempo en almacigo .....	19
2.8.6. Fechas de trasplante .....	19
2.9. Nutrición de la cebolla .....	20
2.10. Solución nutritiva .....	21
2.10.1. Preparación de soluciones nutritivas .....	22
2.11. Fertirriego .....	23
2.11.1. Principios y técnicas de fertirriego .....	23
2.11.2. Factores que afectan en la fertirrigación .....	24
2.12. Mecanismos de adsorción, absorción y transporte de nutrientes .....	25
2.12.1. Transporte de nutrientes en la planta .....	26
2.13. Funciones de los elementos en la planta .....	27
2.13.1. Nitrógeno (N) .....	29
2.13.2. Fosforo (P) .....	29
2.13.3. Potasio (K) .....	30
2.13.4. Calcio (Ca) .....	30
2.13.5. Boro (B) .....	30
2.13.6. Magnesio (Mg) .....	31
2.13.7. Azufre (Zn) .....	31
2.13.8. Zinc (Zn) .....	32
2.13.9. Cobre (Cu) .....	32
2.13.10. Hierro (Fe) .....	32
2.13.11. Manganeseo (Mn) .....	33
2.14. Interacción iónica en la absorción de los nutrientes .....	33
2.14.1. Relación mutua entre aniones .....	33
2.14.2. Relación mutua entre cationes .....	34
2.14.3. Equilibrios minerales, antagonismos y sinergismos .....	35
2.15. Plagas y enfermedades .....	36
2.15.1. Gusano soldado o del rabo: <i>Spodoptera exigua</i> (Hubner) .....	36
2.15.2. Minador de la hoja ( <i>Liriomyza</i> spp) .....	36
2.15.3. Trips o piojito de la cebolla: <i>Thrips tabaci</i> Lindeman .....	37
2.15.4. Pudrición blanca ( <i>Sclerotium cepivorum</i> Berk) .....	37
2.15.5. Mancha purpura ( <i>Alternaria porri</i> ) .....	38
2.15.6. Raíz rosada ( <i>Pyrenochaeta terrestre</i> ) .....	38
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
3.1. Localización del sitio experimental .....	39
3.2. Suelo .....	39
3.3. Material vegetal .....	39
3.4. Establecimiento de la parcela experimental .....	40
3.5. Siembra .....	41

3.6. Fertilización .....	41
3.7. Riego .....	41
3.8. Preparación de soluciones nutritivas .....	41
3.9. Diseño del experimento .....	42
3.10. Modelo estadístico .....	43
3.11. Descripción de factores .....	43
3.12. Descripción de tratamientos evaluados .....	43
3.13. Variables medidas y formas de medición .....	45
3.13.1. Diámetro de bulbo (DB) .....	45
3.13.2. Peso de bulbo (PB) .....	45
3.13.3. Largo de hoja (LH) .....	45
3.13.4. Número de hojas (NH) .....	45
3.13.5. Peso de hojas (PH) .....	46
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>47</b>
4.1. Diámetro de bulbo (DB) .....	48
4.2. Peso del bulbo (PB) .....	51
4.3. Largo de hoja (LH) .....	55
4.4. Número de hojas (NH) .....	59
4.5. Peso de hoja (PH) .....	63
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>67</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>68</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.2.1.	Estadísticas mundiales del cultivo de cebolla en el año 2011 .....	5
2.3.1.	Estadísticas del cultivo de cebolla en México durante el año 2012 .....	6
2.13.1.	Rangos mínimos, óptimos y máximos (ppm) de los elementos presentes en soluciones hidropónicas según Douglas .....	28
2.14.3.	Efectos antagónicos y sinérgicos de los elementos nutritivos en el suelo (CSR servicios, 2008) .....	36
3.2.1.	Resultados del análisis de suelo del experimento .....	40
3.8.1.	Cantidad de fertilizantes aplicados por semana, correspondientes a los tratamientos de una solución nutritiva con influencia vegetativa .....	42
3.8.2.	Cantidad de fertilizantes aplicados por semana, correspondientes a los tratamientos de una solución nutritiva con influencia reproductiva .....	42
3.12.1.	Descripción de tratamientos originados por la combinación de factores aplicados durante el experimento .....	44
4.1.	Cuadros medios y significancias para cinco variables evaluadas de acuerdo a sus factores .....	47

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
4.1.1. Respuesta de la cebolla al tipo de solución nutritiva empleada, para la variable diámetro de bulbo (DB) .....	48
4.1.2. Respuesta de la cebolla al tipo de capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año, para la variable diámetro de bulbo (DB) .....	49
4.1.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro de bulbo (DB) en el cultivo de cebolla .....	51
4.2.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable peso de bulbo (PB) .....	52
4.2.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable peso de bulbo (PB) .....	53
4.2.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable peso de bulbo (PB) en el cultivo de cebolla .....	55
4.3.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable largo de hoja (LH).....	56
4.3.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable largo de hoja (LH) .....	57
4.3.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de hoja (LH) en el cultivo de cebolla .....	58
4.4.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable número de hojas (NH) .....	60
4.4.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable número de hojas (NH) .....	61
4.4.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable número de hojas (NH) en el cultivo de cebolla .....	62
4.5.1 Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable peso de hoja (PH) .....	64

<b>4.5.2</b>	Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para ña variable peso de hoja (PH) .....	65
<b>4.5.3</b>	Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable peso de hoja (PH) en el cultivo de cebolla .....	66

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó bajo condiciones de campo abierto en un predio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la colonia Buenavista en Saltillo, Coahuila, durante el periodo diciembre 2017 al mes de mayo de 2018. En los últimos años el cultivo del cebollín ha tenido una considerable demanda, por ello es necesario implementar técnicas actualizadas de producción para aumentar la calidad del producto. El objetivo de la investigación fue determinar la capacidad de extracción de nutrientes, que brinde una mayor calidad del cultivo de cebollín, con buen balance nutricional. El experimento se llevó a cabo bajo la condición de campo abierto y con sistema de riego por goteo. El trabajo se estableció bajo un diseño de bloques al azar con arreglo factorial A x B (2x4), donde se obtuvieron 8 tratamientos con tres repeticiones y un total de 24 unidades experimentales. Factor A1: vegetativa, A2: reproductiva; factor B1: 250 kg/ha/año, B2: 500 kg/ha/año, B3: 1,000 kg/ha/año y B4: 2,000 kg/ha/año. Las variables evaluadas fueron las siguientes: Diámetro de bulbo (DB), peso del bulbo (PB), largo de hoja (LH), Número de hoja (NH) y peso de hoja (PH). Los resultados para la variable diámetro de bulbo (DB), para el factor A (tipo de solución nutritiva), se encuentra una respuesta estadística significativa, cuando se emplea una fertilización con influencia reproductiva, utilizando dosis de 2,000 Kg/Ha/año de extracción de fertilizante, se muestran los mejores resultados para esta variable mostrando aumentos en los diámetros de bulbo dando mejor presentación como calidad, obtenido mejores acumulaciones de reservas para un buen desarrollo. Para la variable peso de bulbo (PB), los mejores resultados se obtuvieron al utilizar una fertilización de tipo reproductiva con una capacidad de 2,000 Kg/Ha/año de extracción de fertilizante, obteniendo bulbos de mayor peso mejoraran las acumulaciones de reservas de nutrientes considerando un buen rendimiento del cultivo. Para la variable largo de hoja (LH), se muestra una respuesta estadística altamente significativa en el factor B (extracción de fertilizantes), empleándose una fertilización con influencia reproductiva y dosis de 2,000 Kg/Ha/año de extracción de fertilizante, a mayor largo de hojas podremos obtener aumentos en la tasa fotosintética que dé lugar a una buena producción de nutrientes y llenado de bulbos. En la variable número de hojas (NH), se muestra una respuesta estadística altamente significativa para el factor A (tipo de solución nutritiva), empleando una fórmula con influencia vegetativa y dosis de extracción de fertilizante de 250 Kg/Ha/año mostrando un aumento en el número de hojas, a mayor número de hojas se aumentaría la captación de luz obteniendo una mejor fotosíntesis para la producción de carbohidratos que ayuden al desarrollo de la planta. Para la variable peso de hojas (PH) los mejores resultados se obtuvieron aplicando una fertilización con influencia vegetativa, utilizando dosis de 2,000 Kg/Ha/año se obtienen mejores pesos en las hojas de esta variable.

**Palabras clave: Cebollín, calidad, producción, capacidad de extracción, nutriente, vegetativa, reproductiva, fertirriego, fertilizante.**

## I. INTRODUCCIÓN

La cebolla es una hortaliza que por su contenido de compuestos fenólicos y flavonoides presenta actividad antimutagenica, anticancerígena, antiespasmódica, antioxidante y antibacteriana (Skerget, *et al.*, 2009).

El tamaño, color, forma y sabor definen las características deseables de calidad de la cebolla, así, tenemos entonces que la cebolla tiene cuatro presentaciones principales: cebolla blanca, la amarilla, la morada y los cebollines (Cronquist, 2001).

En México, la cebolla es la quinta hortaliza más importante que se produce en México principalmente porque se exporta a Estados Unidos, lo que ubica a México como el primer exportador latinoamericano de cebolla. En el 2011 ocupó una superficie de 40,638.91 Ha. con una producción de 1'398,851.21 t.

Esta hortaliza se cultiva en la gran mayoría de los estados. Según SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) los principales productores con respecto a la producción en la República Mexicana son: el estado que más produce Chihuahua (205,415.83 t), seguido por Baja California (195,702.14 t), Tamaulipas (141,970.58 t), Michoacán (135,579.03 t), Zacatecas (135,239.96 t), Guanajuato (112,369.00 t), Morelos (81,468.00 t), San Luis Potosí (70,802.50 t), Puebla (56,005.84 t), Sonora (45,889.62 t) y Jalisco (38,887.55 t).

La cebolla es una hortaliza de mayor consumo en el mundo. Su demanda ha aumentado en los últimos años, debido al mayor desarrollo económico de algunos países asiáticos altamente poblados. En los años 1996- 2007 la producción de mundial aumento en más de un 50%, extendiéndose de los 43

millones de toneladas a los 65 millones de toneladas continuamente y con ella su cultivo, producción y comercio (Eguillor, 2008).

El cultivo de la cebolla es tratado extensivamente por todo el mundo, presentan gran cantidad de cultivares con diferentes adaptaciones a la cambiante climatológica que pueden influir en su crecimiento. En los últimos años se ha ubicado en la posición número cinco dentro de la superficie dedicada al cultivo de hortalizas, mientras que lo referente a sus volúmenes de producción y valor se encuentran en el número cuatro, siendo precedida solamente por el tomate, la papa y el chile verde (George, 2009).

En el año 2013 la cebolla se produjo en 139 países (FAO, 2013), abarcando una superficie de 4.6 millones de hectáreas, en la cual India y China cultivan casi la mitad. México se ubica en el sitio 17 global, haciendo énfasis en la superficie cultivada con 47,126 Ha, México se encuentra en el 4° lugar respecto al rendimiento con 29.68 t/Ha. Los Estados Unidos ocupan mundialmente el sitio 16 en superficie cultivada, pero tiene el primer lugar respecto al rendimiento con 56.12 t/Ha. (Osuna y Ramírez, 2013).

En los últimos años la superficie de cebolla establecida con cebollín ha incrementado significativamente. Las dos ventajas principales del uso del cebollín respecto a plántula son: 1. El establecimiento inicial del cultivo es más rápido y con plantas de mayor vigor, dada la reserva nutrimental que contiene el bulbillo. 2. El periodo de trasplante a cosecha se reduce en alrededor de un mes, con los beneficios añadidos de ahorros en agua, en agroquímicos y en el tiempo que se tiene ocupado el terreno (Osuna y Ramírez, 2013).

Para llevar a cabo una producción exitosa en el cultivo de la cebolla la nutrición es un tema de vital importancia para lograr llevar a cabo el desarrollo del cultivo, en especial cuando se presenta en las primeras fases (plántula). Aquí es donde se debe poner más atención, ya que presenta un crecimiento poco

acelerado, proporcionando el cuidado y nutrición adecuada podremos obtener plantas vigorosas y con una buena calidad para su trasplante.

Una parte de la problemática a la cual se enfrentan los productores de cebolla es no contar con la información adecuada sobre una buena nutrición, la cual les permita obtener buena calidad y poder producir más con menos recursos. De igual forma evitar un daño directo al medio ambiente y al suelo, como consecuencia del abuso en el uso de los fertilizantes.

Sin embargo, para este caso del cultivo de cebolla estas investigaciones no se han realizado en México, por tanto, resulta eficaz determinar el momento de tener un mejor manejo del buen balance nutricional, con el propósito de reducir costos de producción, aumento de calidad del cebollín y demás factores del manejo de nutrición en este cultivo, así como, el interés del productor de descubrir e implementar otras estrategias.

### **1.1. Objetivo específico**

Determinar la mejor capacidad de extracción de nutrientes por las plántulas que dé como resultado un mejor balance de nutrientes, ahorro de fertilizantes y una adecuada densidad de plantas del cultivo de cebollín.

### **1.2. Hipótesis**

Es redituable la producción de cebollín de calidad con la aplicación mínima de fertilizantes, mediante el fertirriego.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen.

La cebolla se ha producido desde hace 4,700 años o más, las primeras domesticaciones fueron llevadas a cabo en Asia central debido a la gran diversidad que existe en este continente (Shigyo and Kik, 2007).

La cebolla es originaria de las regiones secas de Irán y el Oeste de Pakistán. Según la referencia de algunos botánicos, la misma no se encuentra en estado silvestre. La distribución y desarrollo de la especie ocurrió desde Asia Occidental y países del mediterráneo, hasta América, donde fue introducida por los viajeros conquistadores en 1492. (Montes y Holle 1990; Sarita, 1991; Acosta *et al.*, 1993).

### 2.2. Importancia mundial.

La cebolla cuenta con variados números de cultivares sometidas a distintas adaptaciones climáticas, que pueden generar cambios en su crecimiento. Por esto, no todos los países pueden lograr satisfacer sus necesidades, y se ven en la necesidad de importar alguna parte para su consumo.

A nivel internacional, durante 2001 y 2005 se exportaron un promedio de 5 millones de toneladas de cebolla a otros países (Ottone, 2008), los principales países exportadores son China, Holanda e India que conforman una participación de 41% en conjunto, México participo con 5.8% de estas exportación.

El cultivo de la cebolla ocupa un importante lugar a nivel mundial dentro del grupo de hortalizas, debido a sus propiedades alimenticias, su cultivo continuo y su facilidad de almacenamiento. De igual forma permite que el producto se encuentre disponible a la venta durante todo el año, lo que representa un gran beneficio para los productores (Brewster, 2008).

En la actualidad la cebolla se produce en 139 países SIAP (2013) citado por Osuna y Ramírez (2013) en el cuadro 2.2.1, abarcando una superficie de 4,290,645 millones de hectáreas. India y China cultivan casi la mitad, mientras que México se ubica en el sitio 17 global en términos de superficie cultivada con 47,126 Ha. De igual manera México se encuentra en el cuarto lugar respecto al rendimiento de 29.68 t/Ha. Los Estados Unidos ocupan mundialmente el sitio 16 en superficie cultivada, pero tiene el primer lugar respecto al rendimiento con 56.12 t/Ha (Osuna y Ramírez, 2013).

**Cuadro 2.2.1. Estadísticas mundiales del cultivo de cebolla en el año 2011.**

Posición	País	Superficie (Ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/Ha)
1	India	1,110,090	15,929,600	14.34
2	China	1,015,258	24,763,445	24.39
3	Nigeria	192,050	1,238,090	6.45
4	Pakistán	147,600	1,939,600	13.14
5	Bangladesh	127,940	1,051,520	8.21
6	Federación Rusa	95,500	2,122,740	22.22
7	Indonesia	93,667	893,124	9.53
8	Vietnam	88,598	318,108	3.59
9	Uganda	74,581	254,376	3.41
10	Myanmar	72,400	1,131,390	15.62
11	Irán	69,752	2,496,700	35.79
12	Ucrania	66,600	1,174,900	17.64
13	Turquía	65,418	2,141,370	32.73
14	Egipto	63,723	2,304,210	36.16
15	Brasil	63,481	1,523,320	24.00
16	Estados Unidos	59,740	3,353,120	56.12
17	México	47,126	1,398,850	29.68
	Otros (122 países)	1,166,095	30,981,162	26.57
	Total	4,290,645	85,375,125	21.19

**Fuente:** Osuna y Ramírez (2013).

### 2.3. Importancia en México.

En México la cebolla es un cultivo de suma importancia socioeconómica por la gran cantidad de jornales y las divisas que genera. En el 2012 se cultivó en 26 estados, la superficie nacional cosechada fue de 39,765 Ha, en las que se obtuvieron 1, 238,596 toneladas SIAP (2013) citado por Osuna y Ramírez (2013).

Los principales estados productores son Chihuahua, Baja California, Michoacán, Zacatecas, Tamaulipas, Guanajuato, San Luis Potosí y Morelos. En los cuales los lugares correspondientes en rendimiento son: Chihuahua con 48.1 t/Ha, Zacatecas con 41 t/Ha, Michoacán con 35.5 t/Ha, San Luis Potosí 31.2 t/Ha y Morelos obteniendo este último el cuarto lugar en rendimiento con 27.1 t/Ha, (Cuadro 2.3.1).

**Cuadro 2.3.1. Estadísticas del cultivo de cebolla en México durante el año 2012.**

Posición	Estado	Superficie (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
1	Baja California	6,738	166,894	24.7
2	Guanajuato	4,468	96,122	24.9
3	Michoacán	4,373	155,108	35.5
4	Chihuahua	4,283	206,044	48.1
5	Zacatecas	3,949	162,204	41.0
6	Tamaulipas	3,849	103,640	26.9
7	Puebla	3,759	59,914	16.9
8	Morelos	2,631	70,945	27.1
9	San Luis Potosí	2,303	71,885	31.2
10	Sonora	1,844	37,060	20.0
<b>Otros</b>	(16 estados)	4,977	108,710	21.92
<b>Total</b>		<b>42,590</b>	<b>1,238,596</b>	<b>29.6</b>

**Fuente:** Osuna y Ramírez (2013).

### 2.4. Clasificación Taxonómica.

La cebolla con nombre científico *Allium cepa* L pertenece a la familia Alliaceae y es una hortaliza de gran importancia a nivel mundial. Constituye una de las 500 especies del genero *Allium*, algunos botánicos ubican a dos familias

que pertenecen al mismo género, difiriendo solamente en el tipo de inflorescencia (Troncoso, 1986).

Su clasificación taxonómica es la siguiente (Carravedo & Mallor, 2007):

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Clase:** Liliopsida

**Subclase:** Liliidae

**Superorden:** Lilianae

**Orden:** Amaryllidales

**Familia:** Alliaceae

**Subfamilia:** Allioideae

**Tribu:** Alleiae

**Subtribu:** Alliinae

**Género:** *Allium*

**Especie:** *cepa* L.

## 2.5. Descripción Botánica.

Valadez (1989), la describe como una planta bianual monocotiledónea, de la cual se desarrolla el bulbo, que es la parte comestible en su primera etapa de crecimiento, y los vástagos o tallos florales en la segunda etapa.

### 2.5.1. Raíz.

La planta de cebolla presenta un sistema radicular débil, debido a que la mayoría de raíces no se separan más de 15 cm del bulbo por lo cual deberemos situar los elementos nutritivos cerca de la planta. Guenkov menciona (1974) que las raíces primarias y/o verdaderas mueren muy temprano y que todas son adventicias, alcanzando un crecimiento lateral de 30 a 40 cm y de 40 a 60 cm de profundidad.

### **2.5.2. Tallo.**

La cebolla presenta dos tipos de tallo. Un tallo verdadero situado en la base de los bulbos, de donde brotan las yemas, las hojas y las raíces; y el otro tallo que brota del escapo floral. Durante el primer año de vida de la planta, el tallo alcanza una altura de 0.5 a 1.5 centímetros, con un diámetro de 1.5 a 2.0 centímetros, es de forma tubular y hueco, alcanzando una altura de 150 centímetros (Huerres y Caraballo 1988, Montes y Holle 1990, Sarita 1991, Manso *et al.*, 1992, Acosta *et al.*, 1993).

Guenkov (1974), menciona que el tallo verdadero o base del bulbo es marcadamente corto, se encuentra en el extremo inferior de las plantas verdes y de los bulbos, sobre el cual se forman las yemas y las hojas; del mismo crecen las raíces adventicias.

### **2.5.3. Falso tallo.**

Este se constituye por un conjunto de vainas cilíndricas que forman parte del follaje de la planta. Cuando una nueva hoja es generada esta pasa por la vaina de la hoja próxima anterior, de manera tal que las vainas quedan una dentro de otra y así sucesivamente hasta constituir entre ellas el falso tallo; el cual, por lo general, presenta en casi todo el periodo vegetativo una posición erecta. Con la vernalización de las yemas axilares, la planta estará en condición de emitir el escapo y da lugar al crecimiento del tallo. Citado por Pérez *et al.*, (1997).

### **2.5.4. Tallo floral.**

Pérez *et al.*, (1997), cita que el tallo floral, generalmente es de color verde, posición erguida, de consistencia herbácea, liso, ahuecado y con la porción del tercio inferior ensanchada; por lo común esta parte de la planta sobresale al follaje llegando a alcanzar una altura de 0.6 a 1.5 m.

### **2.5.5. Hojas.**

Las hojas que también salen del tallo son lineales, grandes, huecas y ensanchadas en su mitad inferior. En su base son carnosas llenas de reservas (catáfilas), están superpuestas y concéntricas formando un bulbo tunicado, jugoso y de color blanco por dentro y el exterior puede presentar color blanco, amarillo, morado o pardo (Mirghani, 1980).

La descripción según Jones y Mann (1963), Mirghani (1980) mencionan que las hojas viejas son cubiertas por las jóvenes. La primera hoja verdadera y las siguientes son sólidas y cilíndricas en su primer estadio, después se transforman en hojas huecas, emergiendo unas tras otra, produciéndose aproximadamente una hoja por semana.

### **2.5.6. Inflorescencia y flor.**

Guenkov (2004), menciona que la inflorescencia es una umbela simple que se caracteriza por: los pedicelos, sus flores son casi de la misma longitud, emergen de un mismo lugar y el número de flores por umbela varía de 200 a 1000.

Miguel (2007), cita que los factores que producen la iniciación floral, son: temperatura, variedad y tamaño de la planta; en tanto que el fotoperiodo y la fertilización tienen muy poca influencia en este fenómeno.

### **2.5.7. Bulbo.**

Es el órgano que actúa como reserva de alimento, se forma como resultado del engrosamiento de las vainas de las hojas del follaje, y estas aparecen en una sección transversal como anillos concéntricos hinchados; a medida que las vainas engrosan se produce algún crecimiento de los limbos foliares, dando lugar a bulbos de forma ovalada. Para la formación de bulbos se necesitan temperaturas entre 28-30°C y fotoperiodos largos (Shrestha, 2007).

### **2.5.8. Fruto y semilla.**

El fruto es una capsula trilocular con 1 o 2 semillas por lóculo. Estas son de forma irregular, de unos 3 mm, con una superficie rugosa y de color negro, maduran a los 45 días después de la antesis. Cada fruto puede dar seis semillas, pero en la práctica suele haber solamente 3 o 4. La semilla se deteriora rápidamente bajo los efectos de la humedad y temperatura, por lo que debe almacenarse con bajo porcentaje de humedad. Su poder germinativo disminuye rápidamente, pasando del 100-95% en el momento de la recolección al 50%, a los dos años, se conserva en condiciones ambientales normales (Castell y Diez, 2000).

Son lisas y redondas cuando se encuentran en maduración, al secarse se vuelven negras y arrugadas, el endospermo es curvado, de tamaño 10 veces menor al de la semilla (Jones y Mann, 1963).

Cuando la semilla germina brota una raíz primaria junto al cotiledón que emerge hacia la superficie. Esto ocurre alrededor de una semana de la siembra, pasando por las etapas de rotula y luego la de bandera. El peso aproximado de 1,000 semillas es de 2.8 a 3.7 gramos. Con un gramo de semillas se pueden producir entre 300 a 500 plántulas apta para la siembra (Guenkov, 1969; Acosta *et al.*, 1993).

## **2.6. Requerimientos edafoclimáticos.**

### **2.6.1. Clima.**

La cebolla es de clima templado y es una planta resistente al frío, aunque existen algunas variedades criollas que pueden producir satisfactoriamente durante el verano. La germinación inicia de los 2 a 3°C, pero muy lentamente; la temperatura óptima es de 18 a 25°C y germina entre 7 a los 10 días. La temperatura óptima para el crecimiento de las hojas oscila entre 20 y 23°C, puede soportar 33°C, pero arriba de esta temperatura la planta sufre intensamente y se

retrasa la formación del bulbo. Arriba de 20°C el crecimiento de las raíces se reduce, mientras que el de las hojas se acelera (Ruíz *et al.*, 1999).

### **2.6.2. Suelo.**

Los mejores tipos de suelos para la cebolla son aquellos que tengan buena estructura y buen contenido de materia orgánica. Para la producción de bulbos, se prefieren los suelos ligeros o arenosos, limosos y limo arenoso, o incluso los arenos arcillosos que tengan una buena retención de humedad (Soria, 1993). Suelos con presencia de piedras y de textura arcillosa dificultan la formación de bulbos perfectos, por lo tanto, el suelo debe de ser de buena estructura que permita su preparación. Además, es importante considerar la salinidad presente en el mismo (1.2 dS/m como máximo), ya que podría reducir drásticamente el rendimiento de la cebolla (Allen *et al.*, 2005). Brewster (2008), menciona en relación al pH del suelo que el cultivo de la cebolla se desarrolla mejor en un pH de 6. Menciona Valadez (1989), cita respecto a salinidad, que se considera como mediante tolerante, ya que se encuentra en el rango de 4 a 10 mmhos/cm.

### **2.6.3. Fotoperiodo.**

La amplitud crítica de fotoperiodo va de 12 a 16 horas, dependiendo de las necesidades del cultivar para formar bulbo, lo que da lugar a la agrupación de los cultivares en tres, según Casseres (1981):

- a) fotoperiodo largo. Requieren más de 14 horas luz.
- b) fotoperiodo intermedio. Requieren de 12 a 14 horas luz.
- c) fotoperiodo corto. Requieren de 10 a 12 horas luz.

**Intensidad:** Para el crecimiento normal del sistema de las hojas en general es necesaria la luz intensa, la sombra influye desfavorablemente sobre el crecimiento de las plantas y la formación de los bulbos (Ruiz, *et al.*, 1999).

#### **2.6.4. Humedad.**

La humedad del suelo es un factor muy importante en el cultivo de la cebolla para el estímulo y facilidad de nuevas raíces adventicias las cuales nunca se desarrollan en condiciones de sequía (Yamaguchi, 1983). Durante la segunda mitad de su ciclo vegetativo la planta se comporta relativamente resistente a la sequía y durante el periodo de maduración necesita tiempo seco. En tales condiciones se obtienen bulbos más robustos y sólidos que se almacenan mejor, además la humedad del suelo no debe sobrepasar el 80% de la capacidad de campo. Debe evitarse tanto la alta humedad del suelo como aire, para evitar o disminuir el ataque de enfermedades fungosas (Casseres, 1981).

#### **2.6.5. Riego.**

Yamaguchi (1983), reporta que la cebolla necesita de 380 a 760 mm de agua desde la siembra hasta cosecha; que un periodo largo de sequía o estrés de agua afectan el contenido de sólidos solubles, pungencia, rendimientos y provocan formación de bulbos dobles. Las principales etapas críticas del cultivo son: después de la siembra ya sea esta directa o en forma de trasplante, durante el crecimiento y formación del bulbo. Un exceso de agua puede alargar el ciclo vegetativo. En cuestión de enfermedades existen distintas, las cuales afectan al cultivo de la cebolla por un exceso de riego. El mildiu es el más problemático, causado por el hongo *Peronospora destructor*, el cual puede destruir el follaje de la cebolla. La podredumbre bacteriana es otra enfermedad también llamada “pico de agua”, causa pudriciones acuosas en la planta desde el cuello hasta la base, estas son las enfermedades más importantes en relación al exceso de riego.

### **2.7. Labores culturales.**

#### **2.7.1. Preparación del terreno.**

Para obtener una excelente producción todo depende de la realización de cómo se prepara el terreno. Estas labores pueden variar dependiendo de

muchos factores como lo son: la textura del suelo, el tipo de maquinaria disponible para trabajar el terreno y el cultivo anteriormente cultivado.

Para obtener el resultado deseado en cuestión de un mejor aprovechamiento de agua, una buena germinación en la semilla y una distribución uniforme en el terreno se deben realizar las siguientes prácticas:

### **2.7.2. Barbecho.**

Esta práctica tiene como objeto voltear la capa que se encuentra en los primeros 25 a 30 cm., con esto se le da aireación al suelo, facilita la penetración del agua y raíces en el mismo, se incorporan residuos de cultivos anteriores, destroza malezas y expone a la intemperie algunas plagas que pueden afectar al cultivo a establecer.

### **2.7.3. Rastreo.**

Con esta labor podremos desintegrar terrones formados durante el barbecho lo que facilita la siembra, permitiendo una mejor emergencia de plántulas. Para obtener un mejor mullido del terreno, se debe dar dependiendo el tipo de suelo y las condiciones de humedad a las que se barbecho, al menos dos pasos de rastra en forma cruzada. Evidentemente los suelos arcillosos o pesados son los que más rastreos requieren.

### **2.7.4. Nivelación.**

La nivelación es una actividad muy importante de la preparación de terreno. Se recomienda que la pendiente en el terreno no sobrepase el 2%, con la finalidad de obtener riegos uniformes y evitar cualquier tipo de encharcamiento que favorezcan la producción de las plántulas, y en su fase final la producción de los bulbos.

### **2.7.5. Surcado y formado de camas.**

En almácigos debe de tenerse la consideración mullir el suelo, a una profundidad de 30 cm, suelos altos en contenido de Materia Orgánica, textura franca, buen drenaje, deben tener dimensiones los semilleros de 1 metro de ancho y de 10 a 20 metros de largo, con una altura de 15 a 20 cm; se puede proteger el borde de las camas con ladrillo, madera u otros objetos, esto con el objetivo de mantener su forma principalmente en invierno.

En cuestión de siembra manual en superficies pequeñas, se construyen bordos de 60-70 cm, se traza una pequeña zanja en el lomo del bordo, la semilla se distribuye a chorrillo y se tapa. En cuestión de ser mecánicamente para grandes extensiones la siembra se da en línea de 50-60 cm entre líneas.

Con sistemas de fertirriego, se recomienda realizar las camas con vertederas distanciadas de 1.20 a 1.30 m de centro a centro. La parte superficial de la cama se puede emparejar con algún instrumento como un rastrillo.

### **2.7.6. Siembra.**

La cebolla es una planta típica de transplante pero se puede sembrar directamente. Para transplantar una hectárea se requiere preparar alrededor de 200 m<sup>2</sup> de semillero. Si el terreno ha sido preparado y desinfectado, se requiere de 1.5-2.0 Kg de semilla para sembrar una hectárea en la época lluviosa y de 3.0 4.0 Kg/Ha para la siembra de verano. Salazar (2003), indica que se utilizan entre 7 y 10 latas de cebolla de 100,000 semillas cada una para sembrar una hectárea de terreno.

### **2.7.7. Densidad de siembra.**

En el caso de producción de cebollines en bandejas o charolas se requiere entre 0.5 y 0.9 Kg de semilla, distribuida en 100 m<sup>2</sup> o de 5 a 9 g/m<sup>2</sup>. En Holanda puede llegar entre 1 y 1.2 Kg de semilla, distribuida en 100 m<sup>2</sup> o de 10 a 12 g/m<sup>2</sup>, (Tascón y García, 2012). En el caso de producción de cebollines en el

suelo se requieren 1 Kg de semilla, distribuidos en 100 m<sup>2</sup> de almacigo (10 g/m<sup>2</sup>), para tener suficiente cebollín para trasplantar 1 Ha (Osuna y Ramírez, 2013). La siembra puede realizarse en seco o en húmedo, preferentemente en húmedo para una mejor respuesta de la semilla en la germinación. Para este caso las camas necesitan ser niveladas manualmente para que se obtenga una lámina de agua superficial uniforme, para después proceder al rayado y siembra de la semilla.

#### **2.7.8. Escardas.**

Esta práctica es muy importante para hortalizas de bulbo debido a que en las zonas productoras pueden presentarse suelos arcillosos; esta práctica ayuda a mantener un equilibrio de la presión de dichos suelos, manteniéndolos sueltos y oxigenados, por lo que se recomienda realizar solo las necesarias.

Puede emplearse el control de la maleza mediante productos químicos, el cual debe complementarse al final con uno o dos deshierbes manuales en caso de que la maleza persista. La manera más eficiente de controlar la maleza sería la aplicación de productos químicos; que puedan controlarla. La escarda manual trae altos costos de producción en cuestión de mano de obra, que pueden perjudicar en la economía del productor, aplicando químicos se reduce y es más factible su proceso.

#### **2.7.9. Aporque.**

Una vez que los bulbos empiezan a madurar y los riegos han sido suspendidos se lleva a cabo la actividad del aporque, tiene como finalidad tapar o cubrir los bulbos con tierra para evitar que les del sol y se pongan verdes, ya que si esto sucede bajara su aceptación en el mercado. Es indispensable tomar en cuenta que las variedades de cebolla blancas son las que necesitan de esta actividad, ya que son muy susceptibles a mancharse de verde cuando estas se exponen al sol; en cebollas amarillas y moradas no es necesario el aporque.

### **2.7.10. Curtido.**

Este proceso del curado tiene la finalidad de exponer las plántulas al sol de 2 a 3 días para su deshidratación, es cuando el rabo presenta secado y el cebollín está listo para poder ser resguardado en algún lugar que no presente humedad. El curado da lugar a tolerar condiciones adversas que se le puedan presentar.

### **2.7.11. Lugar de almacenamiento.**

El lugar debe de poseer una buena ventilación para que el cebollín pueda obtener su total deshidratación y poder evitar la pudrición de los mismos. Debe presentarse el lugar seco, ya que en presencia de humedad o si se llegaran a mojar tenderán a brotar.

Tascón y García (2012), mencionan que los bulbillos o cebollines se pueden conservar en cajas de cartón en un lugar ventilado, preferentemente seco, protegido de los rayos del sol y a 20-28°C de temperatura. Es erróneo guardar los cebollines en cámaras frigoríficas a temperaturas de 5-15°C, porque esto favorecería la brotación temprana de los bulbos y el porcentaje de plantas espigadas o florecidas durante el cultivo aumentaría notablemente, mermando la producción y la calidad de la cosecha. Por el contrario, las altas temperaturas durante la conservación pueden reducir el riesgo de incidencia de floración, pero las pérdidas en el almacén pueden ser mayores (Tascón y García, 2012).

### **2.7.12. Tiempo de almacenamiento.**

Bajo condiciones adecuadas de almacenamiento, el cebollín puede permanecer hasta cinco meses antes de ser trasplantado (Osuna y Ramírez, 2013).

## **2.8. Producción de cebollín.**

Los almácigos para la producción de cebollín se deben establecer en terrenos en los que no se haya cultivado cebolla por los menos en los dos años previos, esto por la presencia de algunos patógenos que puedan persistir. Es recomendable dejar pasar tiempo o rotar algunos cultivos diferentes para que el suelo se limpie de esos patógenos que pueden afectar el ciclo del cultivo. El terreno debe prepararse cuidadosamente para tener una cama de siembra que permita una buena germinación y emergencia de plántulas (Osuna y Ramírez, 2013).

### **2.8.1. Ventajas del uso del cebollín.**

Las dos principales ventajas del manejo o uso del cebollín con referencia a plántula son: como primera ventaja podemos establecer el cultivo de forma más acelerada y con plantas que muestren mayor vigor, dado a su reserva de nutrientes que en el bulbo se almacena; como segunda ventaja el ciclo de trasplante a cosecha disminuye con relación a un mes, el cual trae importantes ahorros de agua, agroquímicos y la durabilidad en que se tiene ocupado el terreno.

### **2.8.2. Punto de madurez del cebollín.**

El tamaño de los bulbos que se considera adecuado se encuentra entre los 10 y 30 mm, aunque algunos autores precisan más; por su peso a 2-3 g y con un diámetro de 15-20 mm. Se cree que estos valores pueden cambiar en función a la variedad, ya que la forma de la cebolla puede ser diferente y así, a un mismo diámetro de ajillos, le puede corresponder distintos pesos en función de su forma (Tascón y García, 2012).

### **2.8.3. Selección de los genotipos.**

Osuna y Ramírez (2013), mencionan que la selección de las variedades e híbridos depende en primer lugar de la fecha en que se desee salir al mercado con la producción. En el apartado de fecha de trasplante, basta indicar que tradicionalmente, el trasplante a nivel comercial inicia a mediados de agosto y termina a finales del mes de diciembre. La producción inicia en el mes de noviembre y alcanza sus máximos niveles en los meses de enero y febrero.

### **2.8.4. Sistemas de producción.**

**Siembra directa:** consiste en depositar las semillas o bulbillos directamente en el campo: en surcos o cama de siembra. La cantidad de semilla a depositar por hectárea varía entre 9 a 14 Kg, con un 90% de germinación. La siembra directa a través de semilla ha tomado gran auge en los últimos años, en cambio se ha olvidado la siembra por bulbillos (Montás 1991; Sarita, 1991).

Este sistema de producción se realiza bajo condiciones de riego y consiste en sembrar surcos a doble hilera, con una separación de 15 a 20 cm. La siembra se realiza a chorrillo y a una profundidad de 1.5 a 2.0 cm; requiriéndose de 3 a 5 Kg/Ha de semilla, lo cual depende de la realización de la siembra. Su principal desventaja es que se obtienen bulbos de forma variable y altas cantidades de bulbos chicos (Lujan, *et al.*, 1991).

**Siembra por trasplante:** consiste en depositar las semillas en almácigos o semilleros para la producción de plántulas. La cantidad de semilla varia de 3 a 6 g/m<sup>2</sup>. Para trasplantar 15.90 tareas (una hectárea) se necesitan entre 2.5 a 3.5 Kg de semilla en semillero (Montás, 1991; Sarita, 1991).

Se emplea en la labor de realizar el trasplante de plántulas que presenten 3 a 4 hojas presentes o vivas, esto ocurre alrededor de los 50 a 70 días después de la colocación del almacigo y son para las variedades con la época de otoño-

invierno, de otra forma para las variedades de época primavera-verano son alrededor de 120 a 140 días.

**Trasplante de bulbillito:** el bulbillito se obtiene a partir de almácigos, en los cuales para la formación de un bulbillito de 1 a 2.5 cm de diámetro la plántula pertenece de 90 a 110 días (Heredia, 1979).

**Siembra mixta:** este sistema de siembra es muy utilizado entre los productores de cebolla. Consiste en realizar una siembra semi-directa utilizando una alta cantidad de semilla de 18 a 22 Kg/Ha (Medina 2003), para luego realizar raleo entre los 45 o 60 días después de la siembra.

#### **2.8.5. Tiempo en almacigo.**

En buenas condiciones de manejo agronomico, el tiempo estimado para que las plántulas alcancen un desarrollo óptimo y poder realizar su trasplante es de unos 45 a 50 días en promedio. En caso del cebollín, son 90 a 95 días después de haber sido sembrada, en este tiempo logran alcanzar el tamaño ideal de bulbillito. En el lapso de ese tiempo la plántula debe de presentar de tres a cuatro hojas, una altura que va de los 30 a 35 cm, diámetro de cuello de 3.2 a 4.1 mm y diámetro de bulbillito que va de los 13 a los 18 mm.

#### **2.8.6. Fechas de trasplante.**

Comúnmente se consideran tres fechas de trasplante: el temprano del 20 de agosto al 30 de septiembre; el intermedio, del primero de octubre al 15 de noviembre; y el tardío, del 16 de noviembre al 31 de diciembre (Palacios e Inoue, 1998).

Desde el punto de vista del mercado, las fechas tempranas son más convenientes, ya que la cosecha se lleva a cabo desde fines de noviembre y en todo diciembre, cuando hay poca producción nacional y pueden alcanzarse precios altos (Vázquez, 1998).

Osuna y Ramírez (2013), mencionan que los almácigos para la producción de cebollín se deben establecer durante los meses de enero y febrero, para que haya tiempo suficiente para el proceso de incubación antes del trasplante, sin olvidar que se evitan las primeras precipitaciones al igual que las complicaciones en el proceso de la cosecha hasta su almacenamiento.

## **2.9. Nutrición de la cebolla.**

Se alienta usar la aplicación de 140-60-00 de fertilizantes la cual corresponde a nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente. Estas dosis se aplican en dos oportunidades tales como se les menciona más adelante.

La primera fertilización se debe realizar posteriormente del trasplante unos 4 a 10 días después, realizando la aplicación de la mitad de N y todo el fósforo (70-60-00). La segunda fracción debe ser usada 50 días de la primera (70-00-00).

La cebolla extrae gran cantidad de sustancias nutritivas durante el periodo que se forma sus hojas, que equivale a la primera mitad de su ciclo vegetativo, por lo tanto, durante ese periodo el suelo debe tener la cantidad adecuada de nutrientes. La cebolla aprovecha mejor el nitrógeno en las fases de crecimiento intensivo de las hojas. Las formas adecuadas son la nítrica y amoniacal, la nítrica para suelos compactos y amoniacal para suelos ligeros. La aplicación en exceso de nitrógeno provoca que las plantas crezcan más vigorosas, de gruesos tallos falsos, que maduren tardíamente y hacen que el cuello de los bulbos no cierre bien (Castro, 2004).

El fósforo ayuda que los bulbos maduren y logra que mejore su almacenamiento. El sistema radicular de la cebolla difícilmente absorbe el fósforo tomando en cuenta los compuestos fosfóricos de poca solubilidad, por lo tanto, el superfosfato es el abono fosfórico más adecuado para la cebolla. Por otra parte, el fósforo está relacionado con la calidad de los bulbillos, resistencia al transporte y mejor conservación, favorece la emisión de raíces, proporciona

buena coloración al bulbo y adelanta la madurez. Las plantas responden de buena manera cuando se adicionan fertilizantes en el suelo con bajos niveles a moderados, las dosis utilizadas son 40-50 kg por hectárea de P al momento de la presiembra o en pretrasplante (Sobrino y Sobrino, *et al.*, 1989).

El potasio ayuda que se formen los bulbos de túnicas más gruesas y a que maduren mejor. Parcialmente desde el trasplante y hasta la madurez de la planta, el bulbo presenta una tendencia negativa en la acumulación del potasio total, mientras que en el follaje se registra diferente comportamiento de acuerdo a la fase fenológica, permitiendo observar una máxima concentración de K durante el crecimiento acelerado de la parte aérea; después disminuyeron los contenidos al momento del bulbeo y posteriormente, durante el crecimiento rápido del bulbo se vuelve a mostrar un incremento en la concentración de K (Torres, 1999).

#### **2.10. Solución nutritiva.**

Una solución nutritiva (SN) consta de agua con oxígeno y de todos los nutrimentos esenciales en forma iónica y eventualmente, de algunos compuestos orgánicos tales como los quelatos de fierro y de algunos otros micro nutrimentos que pueden estar presentes (Steiner, 1968).

El agua es el principal elemento que interviene en el crecimiento. Pero la porción mayor, generalmente se encuentra en el 90% de la materia seca de casi todas las plantas y está constituida por tres elementos químicos: carbono, oxígeno e hidrógeno. La solución nutritiva es el conjunto de elementos nutritivos requeridos por la planta, disueltos en agua (Huterwal, 1983).

Es esencial que la solución nutritiva tenga la proporción adecuada, necesaria para que las plantas absorban los nutrimentos; en caso contrario, se producirá un desequilibrio entre los nutrimentos, lo que dará lugar a excesos o déficit en el medio de cultivo y afectará la producción (Rincón, 1997). La solución de los nutrientes se ha venido expresando de varias maneras, tales como gramos

por litro, miligramos, equivalentes por litro, átomos, microgramos, soluciones molares y partes por millón, siendo los últimos tres los más usados. Citado por Cano, 1997.

Al momento de la absorción de la planta de una solución nutritiva es importante la selección de los elementos nutritivos, desde un ángulo fisiológico, al no presentarse variación en el equilibrio iónico de la SN durante el ciclo del cultivo, en otro caso hablándose de una producción comercial, la nutrición debe presentar y tomar relevancia términos de aspecto técnico y económico. La planta no absorbe nutrimentos en la misma cantidad durante el ciclo, ya que lo hace según la etapa fenológica y las condiciones climáticas, por lo que el equilibrio iónico de la SN se adapta al ritmo de absorción de la planta (Adams, 1994; Rincón, 1997).

No existe una solución nutritiva única, por lo que se ha determinado que cualquier solución bien equilibrada puede proporcionar un desarrollo satisfactorio a la planta; la respuesta óptima dependerá de la especie o variedad, de su estado de desarrollo, del órgano de la planta si es hoja, fruto o tubérculo, de la estación del año y del clima. La solución nutritiva está constituida por dos elementos: agua y nutrientes (Lara, 1999).

### **2.10.1. Preparación de soluciones nutritivas.**

La preparación de soluciones nutritivas puede dividirse en dos pasos generales: (Citado por Arévalo, 1997).

- a) Adición de los macronutrientes.
- b) Adición de los micronutrientes.

Para la adición de los macronutrientes se utilizan generalmente tres métodos:

- a) Método de la solución madre. Las sales a usar se disuelven en agua para hacer una solución concentrada, esta solución se va diluyendo a medida que se vaya a emplear.
- b) Método de las sales en seco. Las sales en seco son añadidas directamente al agua. Después que las cantidades de sales son pesadas, se añaden separadamente al agua en el depósito.
- c) Método de las sales mezcladas en seco. Las sales son mezcladas juntas en forma seca como un fertilizante comercial, y después son añadidas al agua.

## **2.11. Fertirriego.**

El riego por goteo permite una aplicación homogénea del agua y mantiene un contenido de humedad menos variable que el riego por gravedad, además permite la aplicación de los fertilizantes y otros insumos a través del sistema de riego, estas características favorecen la obtención de mejores rendimientos y calidad del producto optimizando el uso del agua e insumos (Lipinzi, 1997, Mata *et al.*, 2011). Se maneja como un proceso complejo dentro de lo que cabe la fertirrigación, por los aspectos físicos, químicos y fisiológicos dentro del sistema suelo-agua-planta. Como objetivo principal es el mantenimiento equilibrado de las relaciones iónicas en el sistema, lo que da como referencia a obtener un balance catiónico/aniónico adecuado.

La eficiencia de aplicación de fertilizante está íntimamente relacionada con la eficiencia de aplicación del agua de riego. Otros factores son: tipo de suelo, fuente de fertilizante y el manejo agronómico del cultivo (Kafkafi, 2005).

### **2.11.1. Principios y técnicas de la fertirrigación.**

Hoy en día se usa la fertirrigación para obtener más rentabilidad en los cultivos económicamente importantes como el cultivo de la cebolla. Para esto es

importante conocer los principios de la fertirrigación. De acuerdo con Burt, et al., (1998) se tienen las siguientes ventajas:

- Minimizan la compactación del suelo al evitar el tráfico de equipos pesados en campo para aplicar fertilizantes.
- Reduce la demanda de energía.
- Reduce la mano de obra.
- Cuida la regulación y monitoreo de abastecimiento de los nutrientes.
- Permite la distribución de los nutrientes en toda la zona radicular de la planta.
- Aplicación adecuada en cantidad y tiempo de los elementos requeridos por la planta. La fertirrigación puede ser conducida por una cintilla enterrada o en la superficie del suelo.

La fertirrigación por goteo realiza una distribución de agua por un sistema de inyección, maximiza la uniformidad de la distribución del flujo de los nutrientes a través de la fertirrigación.

### **2.11.2. Factores que afectan en la fertirrigación.**

**Textura del suelo.** Como prioridad en cuestión de la propiedad física del suelo es la textura, esto se debe a la directa relación que tiene con otras propiedades físicas como lo son: porosidad, densidad, estructura y por su gran disponibilidad de almacenamiento y aprovechamiento de agua para los cultivos. Se denomina importante la textura por su interacción en el movimiento y disponibilidad del agua y los nutrientes del suelo.

**Capacidad de intercambio catiónico (CIC).** Se considera como una propiedad de interés químico que designa los procesos de adsorción y liberación de cationes de cambio (arcillo-húmico), y está relacionada por la proporción y tipo de arcilla, cantidad de humus y el pH.

**Salinidad.** Los fertilizantes son sales que agregadas con el agua de riego forman una solución salina que se aplica en el suelo. Esta tiene efectos benéficos si las sales son fertilizantes y se dosifican sin exceder los límites (Sposito, 2008; Sánchez, 2000).

## **2.12. Mecanismos de adsorción, absorción y transporte de nutrientes.**

Las plantas comúnmente absorben de forma normal los nutrientes minerales presentes en el suelo a través de las raíces. El suelo es determinado como un sustrato físico, químico y biológico, que constituye un material heterogéneo formado por fases sólidas, líquidas y gaseosas y están en constante interacción con los nutrientes.

Formalmente se diferencia en el transporte de iones en plantas, entre transporte activo y pasivo. El transporte pasivo ocurre por difusión libre de iones a correspondencia de un gradiente electroquímico y en forma espontánea, hasta alcanzar un equilibrio electroquímico. El flujo masal arrastra los iones de la solución del suelo, junto con la absorción pasiva de agua por las raíces, provocada por la corriente de transpiración. Consultado en (<http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/fisiologiageneral/images/sampledata/parks/pdf/Unidad%20III-NutricionMineral.pdf>).

**Absorción pasiva:** la absorción de iones por las células de las raíces es llamada pasiva cuando no está asociada directamente con los procesos del metabolismo de las plantas. Este proceso es puramente físico e implica los mecanismos de difusión, intercambio iónico, adsorción, flujo de masa e intercepción radicular.

**Absorción activa:** los iones y los cationes son acumulados en las plantas en contra de gradiente de concentración. Esta acumulación de iones es disminuida o hasta paralizada bajo condiciones de baja temperatura, anaerobiosis o presencia de inhibidores metabólicos. En cambio, la absorción se aumenta cuando en el medio se encuentran sustratos respiratorios, sea

agregados directamente o producidos fotosintéticamente. Esta absorción, por lo tanto, depende del perfecto funcionamiento metabólico de la célula vegetal, porque se necesita energía libre para que el fenómeno se produzca.

**Adsorción:** cuando se colocan células en soluciones salinas, los cationes son adsorbidos pasivamente en las paredes celulares y en el citoplasma, debido a la existencia allí de un predominio de cargas negativas. Los aniones son adsorbidos con menos intensidad. Así los cationes adsorbidos por la celulosa, pectinatos y proteínatos, son fácilmente cambiables con otros del medio externo; mientras que los que forman quelatos con ácidos nucleicos. El papel del proceso de adsorción está en facilitar el movimiento de cationes en el citoplasma y mantener su suplemento de iones a través del simplasto.

**Flujo de masa:** es el movimiento de los iones junto con el movimiento en masa del agua. Los elementos nutritivos son llevados hacia las raíces de las plantas por el agua que se mueve en esa dirección, es decir, que son absorbidos junto con el agua absorbida. La intensidad del flujo del agua regularía la absorción iónica.

### **2.12.1 Transporte de nutrientes en la planta.**

El transporte que se ha determinado a corta distancia es donde los iones del suelo o de una solución externa son absorbidos por la raíz en el espacio de libre difusión, es decir, es un espacio donde es libremente accesible del órgano, a través de los procesos estrictamente físicos-químicos, pasivos.

Los iones en la raíz actúan de forma continua por la vía del apoplasto hasta la endodermis, en donde la banda de caspary interrumpe la libre circulación, continuando por la vía del simplasto, dando una previa carga activa de las células; o bien pueden ser directamente absorbidos por la epidermis (pelos radicales) y transportados de célula en célula por los plasmodesmos en vía del simplasto. Una vez alcanzado el xilema por los iones, estos son arrastrados de

forma pasiva por la corriente de transpiración a lo largo de toda la planta, esto es llamado transporte en masa a larga distancia.

La exportación por floema es de mucha importancia, la interacción entre floema, xilema y otros tejidos como el cambium, moldea en forma muy efectiva la distribución de los nutrientes. Se ha demostrado que en unos nutrientes como lo son P, K, N y S se encuentran en cantidades relativas al ritmo de crecimiento del órgano de las hojas. Los nutrientes que llegan a la hoja pueden depositarse en ella, pasando a formar parte de sus estructuras o ingresan a su reservorio metabólico, o pueden volver a ser exportados.

La distribución de un nutriente depende del elemento de que se trate, la edad de la hoja, del estado ontogénico de la planta y de la especie. La designación de móvil o inmóvil de un nutriente se refiere a la tendencia de los elementos a moverse de un tejido a otro dentro de la planta, una vez que han salido de la corriente transpiratoria. El floema constituye la vía de translocación de elementos móviles desde la hoja hacia otros órganos, y se ha demostrado que existe una transferencia lateral entre floema y xilema. Consultado en (<http://www.fcn.unp.edu.ar/sitio/fisiologiageneral/images/sampledats/parks/pdf/Unidad%20III-NutricionMineral.pdf>).

### **2.13. Funciones de los elementos en la planta.**

Los macronutrientes son elementos constituyentes de las biomoléculas estructurales (N, P, K) tales como proteínas, lípidos o carbohidratos; o pueden actuar como osmolitos (K), sus concentraciones en los tejidos de las plantas pueden variar considerablemente dependiendo de la especie, la edad de la planta y el nivel de otros elementos (Bonilla, 2008).

En cantidades optimas, los nutrientes esenciales garantizan una buena producción y calidad de los cultivos siempre y cuando no se encuentren afectados por otros factores. Las plantas pueden afectarse por la falta de algún elemento,

aun cuando los demás nutrientes estén presentes en cantidades adecuadas y disponibles para las plantas (Sabino, 2007).

El nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, cloro y molibdeno ubicados dentro de la planta realizan su movilización sin ningún problema. En cambio, el calcio y boro son prácticamente inmóviles; mientras que el azufre, hierro, manganeso, zinc y cobre son de poca movilidad. Por esta cuestión de presencia de los síntomas de deficiencia de los elementos que son móviles en la planta se pueden observar principalmente en las hojas adultas; mientras que en las hojas jóvenes y puntos de crecimiento se puede presenciar la deficiencia de los elementos poco móviles o inmóviles. Esto da lugar a realizar las correcciones correspondientes y oportunas, ya esté presente en el nivel de la solución nutritiva, agregando los elementos de mayor absorción y translocación para su mejor absorción dirigidos hacia los distintos órganos de la planta, o mediante la aplicación foliar de algún fertilizante apropiado, esto para aportar de forma directa los micronutrientes requeridos por la planta (Cuadro 2.13.1).

**Cuadro 2.13.1. Rangos en soluciones mínimos, óptimos y máximos (ppm) de elementos presentes en soluciones hidropónicas según Douglas.**

<b>Elemento</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Máximo</b>
Nitrógeno	150	300	1000
Calcio	300	400	500
Magnesio	50	75	100
Fósforo	50	80	100
Potasio	100	250	400
Azufre	200	400	1000
Cobre	0.1	0.5	0.5
Boro	0.5	1	5
Fierro	2	5	10
Manganeso	0.5	2	5
Molibdeno	0.001	0.001	0.002
Zinc	0.5	0.5	1

### **2.13.1. Nitrógeno (N).**

El nitrógeno es requerido en cantidades grandes por la planta y es el elemento que más limita el crecimiento y el rendimiento. El N participa en forma orgánica e inorgánica en la nutrición de la planta. La asimilación de N está influenciada por el tipo de planta, características del suelo y las condiciones ambientales (Vedele *et. al.*, 2010). De acuerdo a (Brouquisse *et. al.*, 2001), la asimilación y re movilización de este elemento en forma inorgánica se realiza en las raíces, posteriormente es distribuido en forma orgánica (tallos) hacia los órganos de demanda.

Las funciones principales del N es la formación de aminoácidos, coenzimas y clorofila. Deficiencias del nitrógeno se observan plantas largas y delgadas con pequeñas hojas amarillentas, con diminutas partes de la planta color púrpura. Por otro lado, cuando se presenta una toxicidad se observa un crecimiento muy vigoroso, hojas verde oscuras y retraso de la maduración de los frutos. Además de que son más susceptibles a las plagas (Roberto, 2003).

### **2.13.2. Fosforo (P).**

Forma enlaces anhidridos altos en energía, como es el caso del ATP y ADP, desempeñando por tanto, un papel clave en la fotosíntesis, respiración y el metabolismo energético (Bonilla, 2008). Forma parte de los procesos fisiológicos como la fotosíntesis, respiración oxidativa, asimilación de carbono y nitrógeno.

Como síntoma de deficiencia de P es el cambio gradual de la coloración de las hojas, comenzando de verde oscuro en hojas jóvenes a púrpuras en hojas viejas. También se observan lento crecimiento debido a los cambios de velocidad de división y elongación celular, reducción de tamaño y número de flores y semillas disminuyendo la productividad de la planta (Calderon *et. al.*, 2010; Bould *et. al.*, 1986; Benton, 1998). El exceso no es muy común y puede inducir una deficiencia de calcio (Ca) (Tesi, 1985; Pérez, 2001).

### **2.13.3. Potasio (K).**

El potasio activa muchas enzimas que son esenciales en la respiración y la fotosíntesis, además actúa como un osmorregulador que controla en las células y guarda la apertura de los estomas. También participa en la producción de ATP, la síntesis de almidón y proteínas, el proceso de la fotosíntesis y el metabolismo de los carbohidratos (Navarro & Navarro, 2003).

En condiciones de deficiencia se presenta secamiento a lo largo del margen de las hojas viejas, desarrollo ilimitado del sistema radicular, crecimientos lentos con hojas viejas, desarrollo limitado del sistema radicular, crecimientos lentos con hojas moteadas propensos al ataque de plagas y enfermedades y muy susceptibles en presencia de heladas (Roberto, 2003; White and Karley, 2010). El exceso determina una deficiencia del magnesio, nitrógeno y calcio por la acción antagónica del potasio (Tesi, 1985; Pérez, 2001).

### **2.13.4. Calcio (Ca).**

Una de las principales funciones del Ca en la planta es formar parte de la estructura de la protopectina, como agente cementante para mantener las células unidas, estando localizado en la lámina media y en la pared primaria celular. Además participa en la regulación de la absorción de nitrógeno, la translocación de los carbohidratos y proteínas, la neutralización de los ácidos orgánicos y la activación de algunas enzimas, tales como amilasa y fosfolipasa (Navarro & Navarro, 2003).

### **2.13.5. Boro (B).**

Este elemento es indispensable para la formación de las paredes celulares en combinación con el calcio (Miwa and Fujiwara, 2010). La presencia de este elemento es esencial en la nutrición de las plantas, por su actuación presente en la elongación del tubo polínico y germinación del polen, este

elemento puede realizar el transporte de azúcares a través de las membranas celulares en forma de boratos.

A diferencia de otros micronutrientes, el boro no está presente en ninguna enzima, pero una escasez de este nutriente deprime fuertemente el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Kafkafi y Tarchitzky, 2012). Sus deficiencias provocan tallos frágiles que pueden torcerse y quebrarse y un crecimiento pobre. El exceso de este elemento provoca hojas puntiagudas y posteriormente tornan a una coloración amarilla y finalmente mueren.

#### **2.13.6. Magnesio (Mg).**

Forma parte de la clorofila y es un activador de enzimas. Su carencia provoca el desdoblamiento de las hojas más viejas y reduce el tamaño de los bulbos. (Tesi, 1985; Pérez, 2001).

Marschner (1995), cita que el magnesio el cual les confiere el color verde a las hojas de las plantas. Sin embargo, tiene otras importantes funciones en el metabolismo vegetal, incluyendo la síntesis de proteínas, la síntesis y activación de compuestos de ATP de alta energía, y la participación de carbohidratos dentro de la planta.

#### **2.13.7. Azufre (S).**

El azufre es un elemento poco móvil dentro de la célula al igual que el nitrógeno, interviene en los mecanismos de óxido-reducción de las células. Forma parte de la síntesis de proteína, asimilación de agua, juega un rol en la fructificación y semilla, además actúa como fungicida natural para el control de los hongos (Klikocka *et, al.*, 2005; Haneklaus *et, al.*, 2007). La deficiencia del S no es común, pero en hojas jóvenes de las plantas pueden cambiar la coloración amarilla con color púrpura en las bases, su disponibilidad se ve limitada cuando están presentes suelos calcáreos.

#### **2.13.8. Zinc (Zn).**

Este elemento es utilizado en la producción de clorofila, y en el metabolismo de la respiración y nitrógeno (Clemens, 2010). El Zn se requiere para la formación de triptófano, el cual es un aminoácido fundamental considerado el precursor para la síntesis de auxinas, hormona vegetal que participa en la elongación de tallos, hojas y en la formación de nuevas raíces (Yáñez, 2002). Las deficiencias de este elemento son notorias mediante los efectos como el inadecuado crecimiento de las hojas, presencia de enanismo en la planta y la disminución entre los nudos, puede presentarse una coloración intervenal en la parte media de la planta. La absorción del zinc por la raíz se ve influenciada por otros elementos como calcio, magnesio, hierro, manganeso y cobre (Rodríguez, 2005).

#### **2.13.9. Cobre (Cu).**

Es un activador de enzimas que son necesarias para la fotosíntesis y respiración. Elemento importante para las reacciones bioquímicas llevadas a cabo en la mitocondria de las plantas (Cohu and Pilon, 2010).

Su deficiencia se hace notar en una clorosis intervenal, dando seguimiento a una necrosis provocando decoloración y amarillo-moteado de las hojas y de tal forma presenten un doblado curvado hacia el envés. Estos síntomas son notorios principalmente en las hojas jóvenes, las cuales se expresan más la poca distribución de cobre.

#### **2.13.10. Hierro (Fe).**

Ayuda a la respiración, formación de clorofila y azúcares para proveer energía de crecimiento (Guerinot, 2010). El Fe puede dar función como componente estructural o como cofactor enzimático, este elemento es necesario para la disminución del nitrato y sulfato, la asimilación del N atmosférico y (NADP) producción de energía, y así mismo está relacionado con la síntesis de clorofila.

La deficiencia del hierro provoca la llamada clorosis férrica en las hojas jóvenes de la planta, esto a causa de que el hierro se transloca de la raíz a los meristemas de crecimiento. La división celular puede inhibirse y detener el crecimiento de la hoja a causa de la deficiencia de este elemento, se disminuye la concentración de clorofila, y puede aparecer manchas cloróticas en las hojas jóvenes.

#### **2.13.11. Manganeso (Mn).**

El manganeso es un catalizador en el proceso del crecimiento y formación de oxígeno en el proceso de la fotosíntesis, se encuentra influenciado en los procesos de óxido-reducción e interviene como anclaje entre el ATP y el complejo enzimático fosfoquinasa y fosfotrasferasa.

La deficiencia se presenta en las hojas medias de la planta, esto debido a la preferencia de la movilidad del Mn de zona radical a la hoja localizada en la parte media y no a las hojas jóvenes. Pueden ser notorias las deficiencias de este elemento por la manifestación de clorosis intervenal y esta puede llegar a necrosarse.

#### **2.14. Interacción iónica en la absorción de los nutrientes.**

##### **2.14.1. Relación mutua entre aniones.**

Este concepto menciona Steiner en (1961), se basa en la relación mutua que existe entre los aniones  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ , y los cationes  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , con los cuales se regula la SN. Tal relación no solo consiste en la calidad absoluta de cada ion presente en la solución, sino en la relación cuantitativa que guardan los iones entre sí, ya que, de existir una relación inadecuada entre ellos puede disminuir el rendimiento (Steiner, 1968). La planta absorbe mayor cantidad de agua que de nutrimentos, lo cual propicia que la SN tienda a aumentar su concentración. Además, los iones disueltos en la SN cambian su relación mutua entre ellos debido a su absorción diferencial (Brun y Chazelle, 1996).

La importancia del balance iónico comienza cuando las plantas absorben los nutrimentos de la solución nutritiva diferencialmente (Jones, 1997). La razón de esta variación se debe a las diferentes necesidades de los cultivos (especie y etapa de desarrollo). La restricción de estos rangos, además de ser de tipo fisiológico, es química, lo cual está determinado principalmente por la solubilidad de los compuestos que se forman entre  $\text{HPO}_4^{2-}$  y  $\text{Ca}^{2+}$ , y  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{Ca}^{2+}$ . El límite de solubilidad del producto de los iones fosfato y calcio es de  $2.2 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ , y del producto entre el sulfato y el calcio, de  $60 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$  (Steiner, 1984).

#### **2.14.2. Relación mutua entre cationes.**

La interacción que está presente entre cationes son de gran importancia, ya que, al no tomarle importancia a este aspecto, se puede desarrollar y presentar con una mayor facilidad las deficiencias de algún catión, por lo que se recomienda evitar no romper el balance entre ellos.

En general, las SN que se utilizan para la producción de cultivos constan de seis macronutrientes esenciales: tres cationes ( $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ) y tres aniones ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ ), y en algunas soluciones  $\text{NH}_4^+$  en pequeñas concentraciones. Simplificando, la SN en seis macronutrientes, sin tomar en cuenta los iones  $\text{H}^+$ ,  $\text{OH}^-$  y las posibles disociaciones del  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ , se tiene:  $[\text{K}^+] + [\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}] + [\text{NH}_4^+] = [\text{NO}_3^-] + [\text{H}_2\text{PO}_4^-] + [\text{SO}_4^{2-}] = \text{C}$ . Donde C es la cantidad total de aniones y cationes expresado en  $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$ . Al dividir la cantidad de  $\text{meq} \cdot \text{L}^{-1}$  (sumatoria de aniones y cationes), resulta la proporción de cada ion presente en la solución. Si se tiene la proporción de dos aniones o dos cationes, se puede determinar la proporción del tercero (De Rijck y Schrevens, 1998). La interacción que se encuentra presente es mutua entre cationes y ésta se determina en función a la etapa de desarrollo de las plantas, lo cual indica que posee una demanda diferencial. Dada la importancia que el K tiene en su etapa la producción de los frutos para poder favorecer su calidad, en determinadas ocasiones genera un desequilibrio entre K con Ca y/o Mg, al incorporar en la SN

cantidades de K que superen 45% de los cationes, lo cual provoca deficiencias de Mg y mayormente de Ca.

### **2.14.3. Equilibrios minerales, antagonismo y sinergismo.**

La absorción de un ion está influenciada por los siguientes aspectos, por su concentración en el medio y por la presencia simultánea de otros iones; si la concentración entre ellos es alta, entonces la planta absorberá grandes cantidades del mismo. Los principales antagonismos conocidos son: calcio-magnesio; calcio-fosforo; calcio-fierro y amonio-calcio. No se ha encontrado todavía una explicación definitiva a todas estas interacciones iónicas (Sánchez, 2000).

El cloruro y el sulfato de potasio son compatibles con la mayoría de las soluciones. Mientras que el nitrato de calcio es incompatible con el sulfato de potasio, fosfato monoamónico, sulfato biamónico, ácido fosfórico, sulfato de amonio y sulfato de magnesio.

Los elementos secundarios o también llamados menores interactúan constantemente con otros elementos nutritivos, interactuando mediante reacciones de la superficie de la raíz o bien al suelo, o en reacciones metabólicas presentes en la planta. Es importante conocer estos parámetros de interacciones, para que nos permitan determinar adecuadamente una corrección de alguna deficiencia o en su defecto un exceso nutrimental, mediante un manejo de fertilización foliar y/o al suelo.

En el cuadro siguiente se representan la importancia de balancear los nutrimentos y evitar de esta forma excesos que puedan afectar el desarrollo del cultivo negativamente.

**Cuadro 2.14.3. Efectos antagonísticos y sinérgicos de los elementos nutritivos en el suelo (CSR servicios, 2008).**

▲ Sinergismo ▼ Antagonismo		Son Favorecidos / Perjudicados Por ↓									
		N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Favoreen / Perjudican a ↓	N			▼		▲					▼
	P			▼		▲	▼	▼		▼	
	K					▼	▲		▲		▼
	Ca			▼		▼	▼		▼	▼	▼
	Mg		▲	▼							
	Fe		▼								
	Cu						▼		▼		
	Mn						▼				
	Zn						▼				
	B										

Si consultamos desde la izquierda, vemos los elementos a los que perjudica o favorece el elemento elegido (→). Desde arriba, para un elemento, vemos por que otros elementos son perjudicados o favorecidos(↓).

## 2.15. Plagas y enfermedades.

### 2.15.1. Gusano soldado o del rabo: *Spodoptera exigua* (Hubner).

Las larvas recién emergidas se introducen e la hoja y ahí permanecen destruyendo el tejido interno. Las hojas dañadas se pueden y se secan, el daño ocasionado por esta plaga se puede observar mayormente en el almacigo y en plántulas recién establecidas, los problemas más grandes son en campo más cuando se presentan en el ciclo primavera-verano y el daño es meno cuando el ciclo se presenta en otoño-invierno. Se puede controlar con productos químicos como lo son Azadiractrina (0.36-1.17 L/Ha), Malatión (1.0 L/Ha) y Metomilo (0.30-0.40 Kg/Ha).

### 2.15.2. Minador de la hoja (*Liriomyza spp*).

Se presentan tres estados larvales; en los dos primeros las larvas se alimentan del mesofilo de la hoja mientras que en tercero se alimentan de la parte

superior de la hoja dejando una huella en espiral o retorcida que al principio es transparente y luego se torna café. Las larvas pasan al estado de pupa en la hoja o en el suelo donde completa su desarrollo hasta adulto en un periodo que va de cinco a 12 días (Garza, 2001). En algunos lugares como San Luis Potosí se utilizan con éxito bandas de plástico de color blanco recubiertas de gras automotriz que atraen un gran número de adultos del minador que son atraídos por el color blanco y quedan atrapados en la grasa (Garza, 2001). Se puede controlar con productos químicos como lo son Diazinón (1.0-1.5 L/Ha), Oxidemeton metil (0.7-1.0 L/Ha) y Abamectina (0.7-1.0 L/Ha).

### **2.15.3. Trips o piojito de la cebolla: *Thrips tabaci* Lindeman.**

Los trips son insectos plaga importante en la mayor parte de las regiones que producen en el mundo, el comportamiento alimenticio de larvas y adultos remueve la clorofila de las hojas provocando manchas de color blanco a un aspecto plateado. Si la infestación de la plaga ocurre al inicio de incremento de tamaño del bulbo, los daños serán severos. Los trips prefieren alimentarse de las hojas jóvenes ubicadas al centro del cogollo de la planta, pero si aumenta excesivamente su población pueden dispersarse hasta la punta de la hoja; el daño causado al alimentarse provoca una pérdida de agua que reduce el desarrollo de la planta que acelera su madurez y senescencia (Alston, 2008). Se puede controlar esta plaga con estos productos químicos: Acetamiprid (300-500 g/Ha), Cipermetrina (200-500 g/Ha), Malatión (1.0 L/Ha) y Oxidemeton metil (0.7-1.0 L/Ha).

### **2.15.4. Pudrición blanca (*Sclerotium cepivorum* Berk).**

Esta enfermedad subterránea más importante de los cultivos de ajo y cebolla, los esclerocios que provocan la enfermedad se han destacado en más del 90% de las parcelas agrícolas que se pueden destinar a las producciones de ajo y cebolla (Velásquez, Valle & Medina, Aguilar, 2004). La principal característica de este hongo es la producción de pequeñas esferas negras

llamadas esclerocios sobre la superficie de los bulbos de la cebolla, llegan a medir entre 0.3 0.6 milímetros de diámetro.

#### **2.15.5. Mancha purpura (*Alternaria porri*).**

La enfermedad que provoca este hongo aparece en las hojas como pequeñas manchas blanquecinas con el centro de color morado o purpura. Al desarrollarse estas lesiones pueden ser cubiertas por una masa negra de esporas. Bajo condiciones favorables las lesiones pueden estrangular la hoja (Walker *et al.*, 2009). El desarrollo de la mancha purpura requiere de altas humedades que pueden ser reducidas si en la parcela se mantiene un buen drenaje y se evitan las altas densidades de plantación (Miller & Lacy, 1995). Para su control se sugiere el empleo de fungicidas como el Mancozeb (0.8.3.3 Kg/Ha), Clorotalonil (0.6-3.7 Kg/Ha), Zineb (1.08-1.8 Kg/Ha) o Metalaxil M + Clorotalonil (0.09 Kg/Ha) (Osuna y Ramírez, 2013).

#### **2.15.6. Raíz rosada (*Pyrenochaeta terrestris*).**

Este hongo es un habitante común del suelo que ataca las raíces débiles mostrando una ligera coloración rosa que pasa a un color rojo intenso y cuando está en la etapa final de la enfermedad se torna negra. Los bulbos de variedades blancas muestran manchas rojizas en las escamas exteriores cuando la planta se desarrolla en suelos infestados por este hongo. La parte aérea de las plantas infectadas muestra síntomas parecidos a los provocados por sequias o deficiencia de nutrientes (Sumner, 1995).

### **III. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1. Localización del sitio experimental.**

La presente investigación se dio inicio el 7 de diciembre del 2017 y se concluyó el 17 de mayo del 2018. Se llevó a cabo en un terreno ubicado en la parte posterior del edificio conocido como “La Gloria”, localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual tiene una ubicación en la colonia, Buenavista, Saltillo, en las coordenadas 25°21'09" latitud norte y 101°01'55" longitud oeste, a una altitud de 1610 msnm.

#### **3.2. Suelo.**

El suelo presenta textura migajón arcilloso, materia orgánica con niveles bajos y posee el suelo una capa de carbonato de calcio. Se tomó una muestra del suelo del experimento a una profundidad de 30 cm con la ayuda de una pala, se le realizó un análisis físico y químico (análisis de fertilidad completo) este análisis se muestra en la (Figura 3.2.1).

#### **3.3. Material vegetativo.**

En este experimento se utilizó semilla de cebolla (*Allium cepa* L.), cultivar Crystal White Wax. Esta se caracteriza por ser una especie de fotoperiodo corto, el bulbo presenta forma achatada de tamaño mediano y color blanco. Esta variedad de cebolla es preferida para zonas productoras donde la exigencia de mercado no es tan selecta, de igual forma es usada para ensaladas y encurtidos. La duración del ciclo en promedio es de 180 a 185 días. Posee resistencia a las enfermedades más comunes.

### Cuadro 3.2.1. Resultados del análisis de suelo del experimento.

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>
Textura	Franco-Arcilloso
Densidad	1.09 g/cm <sup>3</sup>
pH	8.52
CE	1 dS/M
Carbonatos	59.6%
C.C.	25.5%
P.M.P.	15.2%
MO	4.03%

<b>Determinación</b>	<b>Resultado</b>
P-Olsen	99.8 ppm
K	529 ppm
Ca	3718 ppm
Mg	309 ppm
Na	18.7 ppm
Fe	1.98 ppm
Zn	6.37 ppm
Mn	1.14 ppm
Cu	1.26 ppm
B	0.97 ppm
S	1.54 ppm
N-NO <sub>3</sub>	29.2 ppm

### 3.4. Establecimiento de la parcela experimental.

se realizó la preparación del terreno de forma mecánica, dando lugar a un barbecho profundo para que a continuación se realizara un paso de rastra, para desmoronar los terrones, con la finalidad de que el suelo quedara bien mullido. Posteriormente fue instalada una tubería principal de PVC de 1<sup>1/4</sup>" , su abastecimiento provenía de una toma de agua de ½ pulgada y posteriormente se llevó a cabo la colocación de cintilla. Ya estando las camas hechas, la cintilla tenía 16 mm de grosor calibre 5000, una por surco, los emisores se presentaban a 10 cm cada uno y dado un caudal de 0.9 L/h. Se realizaron surcos de 90 cm de ancho y 40 metros de largo, posteriormente se colocó la cintilla en cada una de las unidades experimentales.

### **3.5. Siembra.**

La siembra se llevó a cabo el día 7 de diciembre del año 2017, se hizo a chorrillo de forma manual a doble hilera, distanciadas cada una a unos 10 cm, se realizaron las dos líneas con profundidad no mayor a 2 cm en las unidades experimentales de 40 metros de largo.

### **3.6. Fertilización.**

La fertilización se llevó a cabo con intervalos de cada 8 días, las aplicaciones comenzaron después de la emergencia de las plántulas. El método de aplicación de los fertilizantes fue de manera directa al suelo, aplicando un riego de forma continua para una mejor lixiviación de los nutrientes.

En la fertilización se usaron fertilizantes hidrosolubles tales como Urea (46-00-00), Fosfato Monoamónico (12-61-00), Nitrato de Potasio (12-00-46), Nitrato de Calcio (15.5-00-00) y 18.8% Ca, Sulfato de Magnesio (16% Mg y 32% S), Ácido Bórico (11.34% B), Sulfato de Hierro (20.11% Fe y 11.53% S), Sulfato de Manganeso (24.63% Mn y 14.37% S), Sulfato de Zinc (28% Zn y 14% S), Sulfato de Cobre (25.45% Cu y 12.84% S) y Ácido Sulfúrico (32% S, D=1.7%, Pureza 98%).

### **3.7. Riego.**

El riego se llevó a cabo cada tercer día, esto con la finalidad de mantener el suelo con suficiente humedad, para evitar un estrés hídrico. De igual forma lograr una mayor disponibilidad de nutrientes.

### **3.8. Preparación de soluciones nutritivas.**

Se utilizó la metodología de las soluciones madre para la aplicación de cada uno de los fertilizantes, de tal forma se aplicaron los siguientes fertilizantes aplicándose con la suficiente agua a cada uno de los tratamientos correspondientes, expresándose en el cuadro 3.9.1.

**Cuadro 3.8.1. Cantidad de fertilizantes aplicados por semana, correspondiente a los tratamientos de una solución nutritiva con influencia vegetativa.**

	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
	<b>Kg/Ha/año</b>	<b>Kg/Ha/año</b>	<b>Kg/Ha/año</b>	<b>Kg/Ha/año</b>
Fertilizantes	(g)	(g)	(g)	(g)
Urea	0.0514	0.1028	0.2056	0.4112
Fosfato Monoam.	0.0083	0.0166	0.0332	0.0664
Nitrato de Potasio	0.0443	0.0886	0.1772	0.3544
Nitrato de Calcio	0.1354	0.2708	0.5416	1.0832
Sulfato de Mg.	0.0509	0.1018	0.2036	0.4072
Ácido Bórico	0.0015	0.003	0.006	0.012
Sulfato de Fe.	0.0023	0.0046	0.0092	0.0184
Sulfato de Mn.	0.001	0.002	0.004	0.008
Sulfato de Zn.	0.0002	0.0004	0.0008	0.0016
Sulfato de Cu.	0.0001	0.0002	0.0004	0.0008
Ácido Sulfúrico	0.137	0.274	0.548	1.096
<b>Total</b>	<b>0.43</b>	<b>0.86</b>	<b>1.72</b>	<b>3.44</b>

**Cuadro 3.8.2. Cantidad de fertilizantes aplicados por semana, correspondientes a los tratamientos de una solución nutritiva con influencia reproductiva.**

	<b>250</b>	<b>500</b>	<b>1000</b>	<b>2000</b>
	<b>Kg/Ha/año</b>	<b>Kg/Ha/año</b>	<b>Kg/Ha/año</b>	<b>Kg/Ha/año</b>
Fertilizantes	(g)	(g)	(g)	(g)
Fosfato Monoam.	0.0095	0.019	0.038	0.076
Nitrato de Potasio	0.0499	0.0998	0.1996	0.3992
Nitrato de Calcio	0.1592	0.3184	0.6368	1.2736
Sulfato de Mg.	0.0571	0.1142	0.2284	0.4568
Ácido Bórico	0.0017	0.0034	0.0068	0.0136
Sulfato de Fe.	0.0029	0.0058	0.0116	0.0232
Sulfato de Mn.	0.0012	0.0024	0.0048	0.0096
Sulfato de Zn.	0.0003	0.0006	0.0012	0.0024
Sulfato de Cu.	0.0002	0.0004	0.0008	0.0016
Ácido Sulfúrico	0.1511	0.3022	0.6044	1.2088
<b>Total</b>	<b>0.43</b>	<b>0.87</b>	<b>1.73</b>	<b>3.46</b>

### 3.9. Diseño del experimento.

El experimento fue llevado a cabo a campo abierto, se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXB (2x4) por la presencia de las condiciones no homogéneas, dando de esta forma 8 tratamientos con tres

repeticiones cada uno. Siendo entonces un experimento de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo conformada por un metro lineal de surco de 40 metros.

### 3.10. Modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + rk + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = valor

$\mu$  = media general

$\alpha_i$  = fertilizaciones vegetativa y reproductiva

$\beta_j$  = capacidad de extracción

$\alpha\beta_{ij}$  = interacción de la fertilización vegetativa y reproductiva con las capacidades de extracción.

$rk$  = repeticiones

$\epsilon_{ijk}$  = error experimental

### 3.11. Descripción de factores.

En este experimento se utilizaron dos factores A y B, donde el factor A corresponde al tipo de solución nutritiva (A1= solución nutritiva con influencia vegetativa y A2= solución nutritiva con influencia reproductiva), y el factor B corresponde a la capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año, (B1= 250 Kg/Ha/año, B2= 500 Kg/Ha/año, B3= 1,000 Kg/Ha/año y 2,000 Kg/Ha/año).

### 3.12. Descripción de tratamientos evaluados.

Para la aplicación de los fertilizantes utilizados en este experimento, se extrajeron las cantidades de 3 cc de cada solución madre para la extracción de la equivalencia de 250 Kg/Ha/año, 6 cc para la extracción correspondiente de 500 Kg/Ha/año, 12 cc para la extracción de fertilizante de 1,000 Kg/Ha/año y 24 cc

para la extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año de las soluciones antes descritas de cada tratamiento y sus tres repeticiones correspondientes y se mezcló en tres litros de agua, el cual fue aplicado un litro en un metro lineal de la unidad experimental, aplicando los tres litros en los tres metros de las tres repeticiones de cada tratamiento del cultivo, (un litro/U.E). Las soluciones se prepararon en envases con capacidad de un litro, se ocuparon 11 envases para preparar las soluciones madre de la formulación tipo vegetativa y 10 envases para la formulación tipo reproductiva, se marcaron con etiquetas para diferenciar cada una de las soluciones madre, se añadieron cada uno de los fertilizantes ya pesados correspondientes en cada uno de los envases de color ámbar, esto para evitar que hagan reacción ante la luz del día y pierdan sus propiedades. (Cuadro 3.12.1).

**Cuadro 3.12.1. Descripción de tratamientos originados por la combinación de factores aplicados durante el experimento.**

<b>Tratamiento</b>	<b>Factores</b>	<b>Descripción</b>
1	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	Uso de formula con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 250 Kg/Ha/año.
2	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	Uso de formula con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 500 Kg/Ha/año.
3	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	Uso de formula con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 100 Kg/Ha/año.
4	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	Uso de formula con influencia vegetativa, a una capacidad de extracción de 2000 Kg/Ha/año.
5	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	Uso de formula con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 250 Kg/Ha/año.
6	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	Uso de formula con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 500 Kg/Ha/año.
7	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	Uso de formula con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 1000 Kg/Ha/año.
8	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	Uso de formula con influencia reproductiva, a una capacidad de extracción de 2000 Kg/Ha/año.

### **3.13. Variables medidas y forma de medición.**

#### **3.13.1. Diámetro de bulbo (DB).**

Los bulbos fueron medidos de la parte más gruesa con ayuda de un vernier y la lectura tomada se registró en cm, se tomaron 60 cm por metro de unidad experimental tomando un valor medio dando 165 plantas. Esta variable influye en la calidad del bulbo presentando mayores diámetros se obtendrán mejores calidades en su presentación comercial.

#### **3.13.2. Peso de bulbo (PB).**

Los bulbos fueron pesados en una báscula digital y los datos obtenidos se registraron en gramos, se midieron 60 cm de metro/U.E tomando un valor medio de 165 plantas. Esta variable se ve influesiada tanto en la calidad como en el rendimiento, a mayor peso de bulbo se esperarían mejores resultados en el rendimiento y desempeño del cultivo al almacenar mayores reservas de nutrientes.

#### **3.13.3. Largo de hoja (LH).**

La medición se realizó con una regla, midiendo la hoja más larga presente por planta, obteniendo varias plantas en 60 cm evaluados de cada metro de unidad experimental para obtener una media de 165 plantas; los datos que se mostraron se registraron en cm. Esta variable se ve relacionada al incremento de la tasa fotosintética, por consecuencia de la misma obtendremos mayor respuesta en las funciones de la planta y un aumento en los tamaños del bulbo.

#### **3.13.4. Número de hojas (NH).**

El dato se obtuvo sumando todas las hojas presentes por planta evaluada en 60 cm de metro/ U.E tomando un valor medio de 165 plantas. Los datos obtenidos se registraron en número de hojas por planta. Esta variable se ve relacionada con la tasa fotosintética y por consecuencia de la misma el aumento

en los diámetros y pesos del bulbo, a mayor número de hojas mayor acumulación de reservas en los bulbos aumentando los rendimientos del cultivo.

#### **3.13.5. Peso de hojas (PH).**

Las hojas fueron pesadas por separado sin el bulbo presente, realizándose con una báscula digital, teniendo en cuenta que se tomaron 60 cm por metro de unidad experimental con un valor medio de 165 plantas. Los resultados se registraron en gramos. Esta variable se ve influenciada con la fotosíntesis y absorción de nutrientes que ayuden al crecimiento vegetativo y por consecuencia den mayores producciones de carbohidratos para la producción de la planta.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información recopilada fue analizada estadísticamente con ayuda del programa SAS versión 9.00, y los resultados obtenidos se reportan para cada una de las variables por separado.

En el cuadro 4.1. Se reportan los cuadrados medios y respuesta estadística de las cinco variables evaluadas en el experimento.

**Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancias para cinco variables evaluadas de acuerdo a sus factores.**

FV	GL	Diámetro de bulbo (DB)	Peso del bulbo (PB)	Largo de hoja (LH)	Número de hoja (NH)	Peso de hoja (PH)
A	1	0.0938*	3.3376 <sup>NS</sup>	1.0004 <sup>NS</sup>	1.5050**	1.1926 <sup>NS</sup>
B	3	0.0258 <sup>NS</sup>	2.2155 <sup>NS</sup>	13.5843**	0.2129 <sup>NS</sup>	0.5020 <sup>NS</sup>
A*B	3	0.0273 <sup>NS</sup>	2.4095 <sup>NS</sup>	3.1317 <sup>NS</sup>	0.1014 <sup>NS</sup>	0.9255 <sup>NS</sup>
REP	2	0.3679**	35.2916**	11.6443**	0.3164 <sup>NS</sup>	0.7790 <sup>NS</sup>
Error	14	0.0175	1.9863	1.1057	0.0851	0.4045
Total	23					
CV		5.1716%	13.4541%	3.4469%	6.5356%	13.4114%

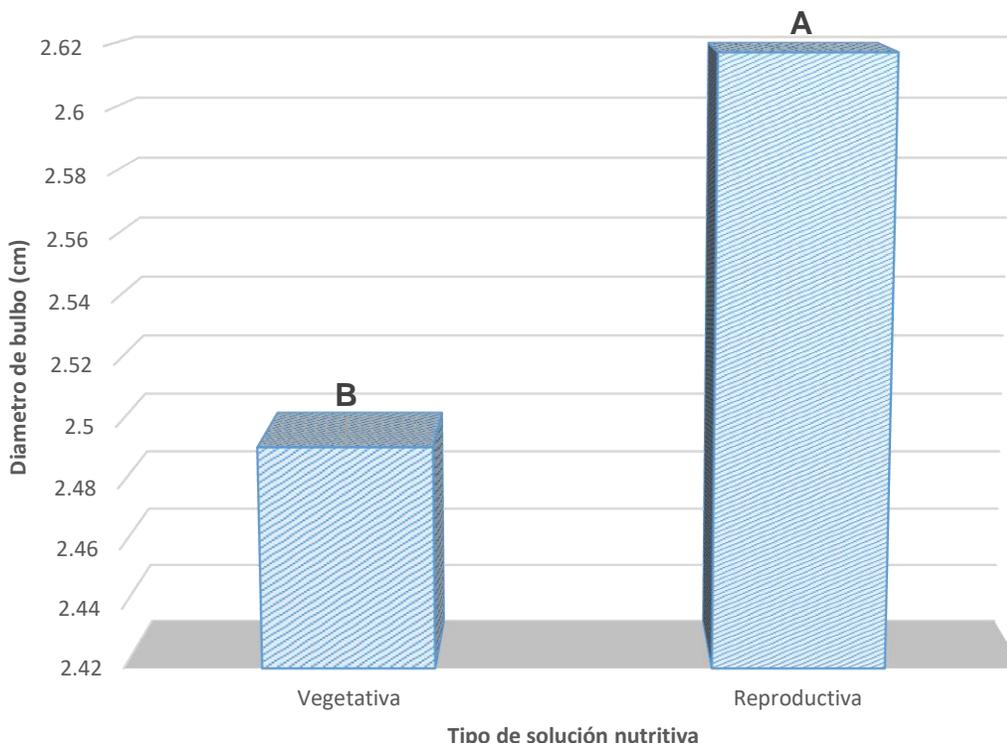
\*\* = Altamente significativo, \* = Significativo, NS= No Significativo, FV= Fuente de Variación, GL= Grados Libertad, CV= Coeficiente de Variación, Pruebas de Tukey, P=0.01.

##### 4.1. Diámetro de bulbo (DB).

La variable diámetro de bulbo se encuentra relacionada directamente con la calidad de este bulbo, a mayor diámetro del bulbo se espera una mayor calidad, como consecuencia de una mayor acumulación de reservas y un mayor rendimiento.

Al analizar los resultados para esta variable se encontró una respuesta significativa para el factor A (tipo de solución nutritiva empleada), la cual arrojo

una respuesta a favor de la formulación de fertilización con influencia reproductiva con un valor medio de 2.618 y fue menor cuando se utilizó una formula con una influencia vegetativa con un valor medio de 2.493. Cuando se utiliza una formula con influencia reproductiva superó en un 4.78% que cuando fue empleada una formula con influencia vegetativa (Figura 4.1.1).

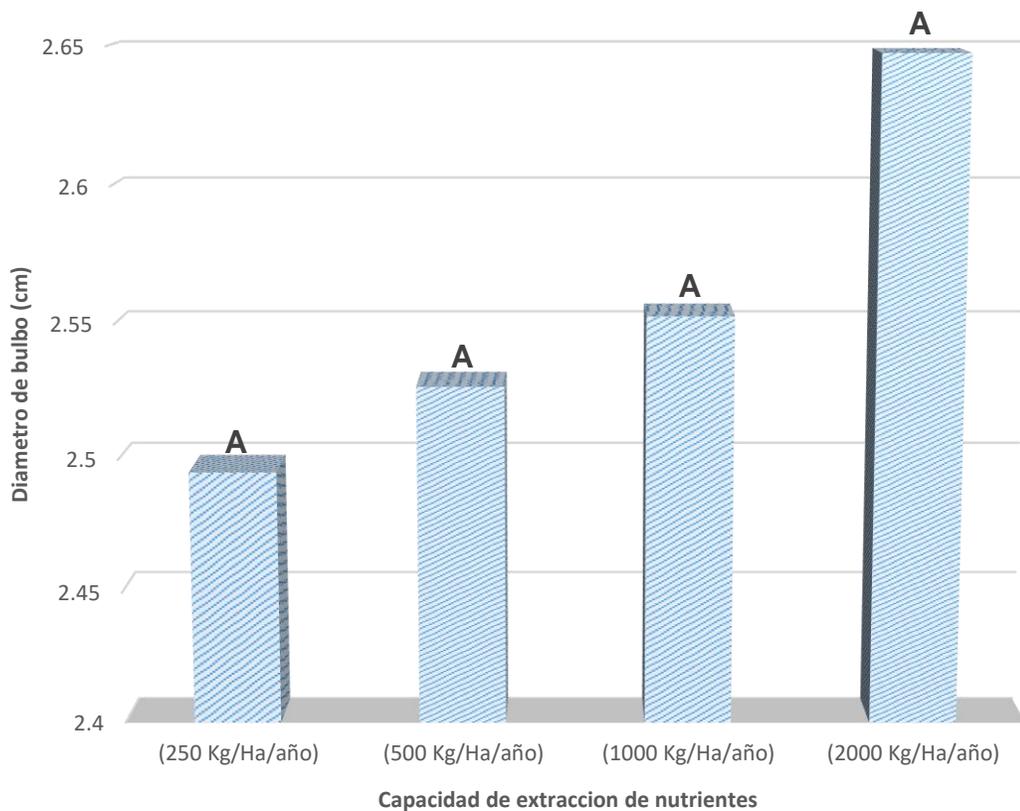


**Figura 4.1.1. Respuesta de la cebolla al tipo de solución nutritiva empleada, para la variable diámetro de bulbo (DB).**

Pudo haberse visto afectada la formulación tipo vegetativa por algún antagonismo entre los elementos N y K, asimilándose de mayor manera el potasio inhibiendo el nitrógeno, no teniendo en cuenta un buen equilibrio de estos elementos. Esto tal vez pudo ser motivo del fotoperiodo y del clima que favoreciera al desarrollo de los bulbos dándole mayor influencia a la formula reproductiva, inhibiendo de alguna manera a la fase vegetativa y dando importancia al llenado de bulbo para mayor almacenaje de nutrientes para la producción de semillas. Esto no coincide con Cristóbal, *et al.*, (2002), quienes reportaron que usando una fórmula de fertilización vegetativa 240-160-120 en la producción de pepino, se mejoró la longitud del fruto. Por otro lado, coincide con

lo mencionado con Carrillo (1989), quien afirma que el potasio es el nutriente que más extraen las cebollas; sin embargo, señala que no existen diferencias significativas en la absorción de potasio con respecto a las dosis de este fertilizante. Otros resultados obtenidos según Laughlin (1990), el cual no presentó registro del efecto de K sobre la calidad de bulbos, ya que apenas observó productividad 50% superior en el tratamiento con aplicación de  $50 \text{ Kg}^* \text{Ha}^{-1}$  de nitrato de amonio.

Para el factor B (capacidad de extracción de nutrientes) se encontró una respuesta no significativa, por lo tanto, al usar una dosis de extracción de nutrientes de  $2,000 \text{ kg/Ha/año}$  se puede apreciar un aumento de 5.73% en comparación a una dosis de  $250 \text{ kg/Ha/año}$ . A medida que se incrementa la dosis de fertilizantes, en general se contempla un incremento en el diámetro del bulbo (Figura 4.1.2).

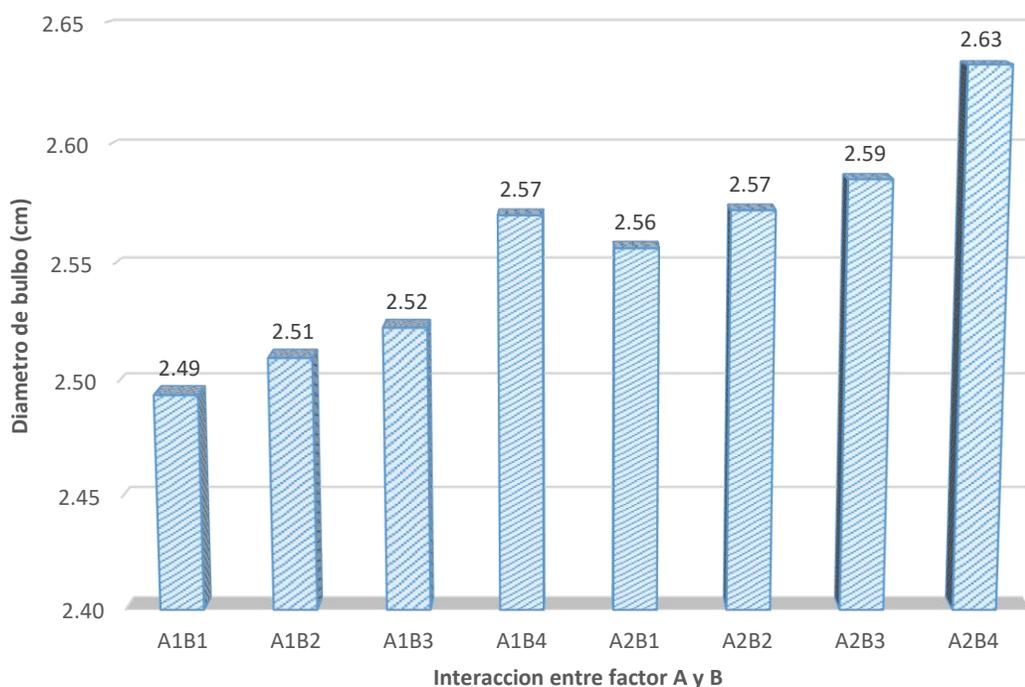


**Figura 4.1.2. Respuesta de la cebolla al tipo de capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año, para la variable diámetro de bulbo (DB).**

Por lo tanto, a mayores concentraciones de fertilizantes se obtendrán mayores incrementos en el tamaño, ocasionando de esta manera una mayor calidad y aumento en el diámetro de bulbo lo que puede ser algo atractivo para los consumidores o productores que le interesen. No obstante, es de notar que entre más fertilización más contaminación se causa en los mantos freáticos y podemos provocar una saturación de sales y provocar un estrés que pueda afectar el rendimiento del cultivo, así como afectar la economía del pequeño productor.

Para la interacción A x B se encontró una respuesta no significativa, lo que indica que ambos factores no son dependientes y no están relacionados entre ellos en su comportamiento. Si se aplica el tipo de formulación de fertilización con influencia vegetativa y reproductiva los valores aumentan, en este caso la dosis mayor de 2,000 kg/Ha/año se ven positivamente afectados dando una media de diámetro de bulbo de 2.57 cm y 2.63 cm. Por lo tanto, al usar las formulaciones reproductiva y vegetativa con dosis de 250 kg/Ha/año se obtienen resultados menores con medias de 2.49 y 2.56 cm de diámetro de bulbo respectivamente de las fórmulas de fertilización, es posible ver la disminución entre los dos factores y se puede observar, que mediante las dosis de fertilizante bajan disminuyen el diámetro de los bulbos (Figura 4.1.3).

Esto afecta de manera negativa en la calidad, la que va disminuyendo en la medida de que las dosis de fertilizantes sean menores, esto puede ser causado debido al tipo de formulación, aplicando una formula enfocada al potasio en este caso la reproductiva. El diámetro de bulbo aumenta debido a la cantidad de reservas almacenadas para su producción que en relación con dosis elevadas de fertilizante podemos dar un estrés que aumente el diámetro de los bulbos.



**Figura 4.1.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable diámetro de bulbo (DB) en el cultivo de cebolla.**

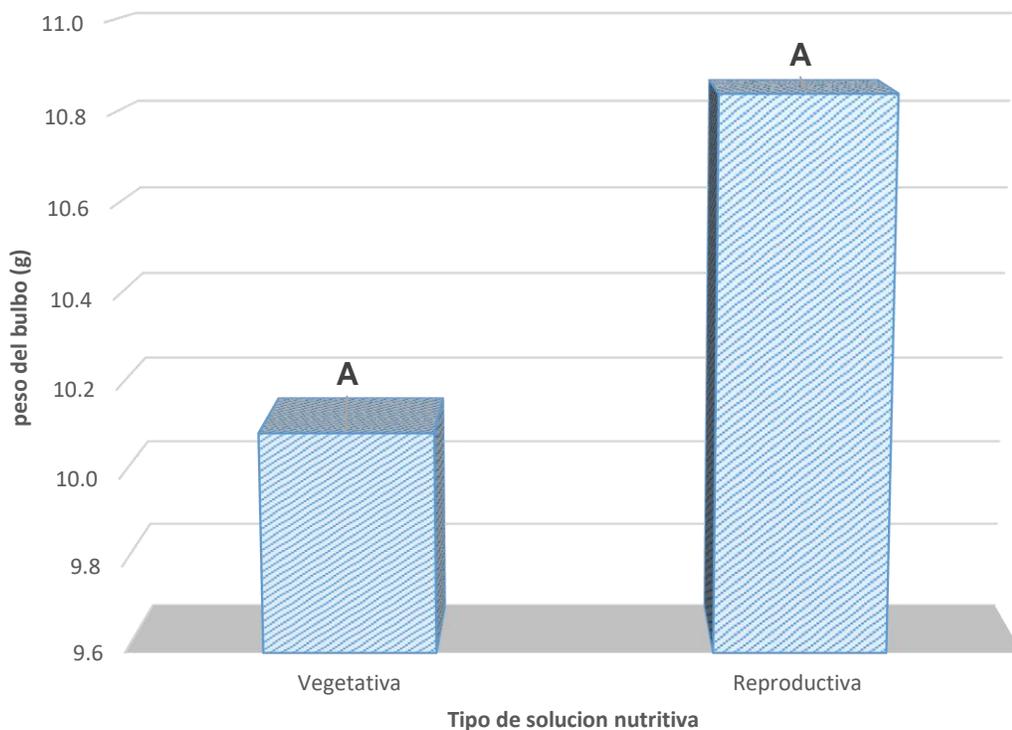
#### **4.2. Peso del bulbo (PB).**

La variable peso de bulbo está relacionada tanto con la calidad, el rendimiento y la capacidad de almacenaje de nutrientes, como consecuencia de la capacidad fotosintética de las hojas. Dependiendo del tamaño de estas podrá ser mejor el desarrollo del bulbo, a mayor número de hojas, se esperaría un mayor peso del bulbo.

Al analizar los resultados para esta variable en cuestión del tipo de solución nutritiva empleada se observó una respuesta no significativa, sin embargo, aumentó un 6.88% en el peso del bulbo al usar una solución nutritiva tipo reproductiva con respecto al uso de una formulación con influencia vegetativa (Figura 4.2.1).

Esto pudo tratarse por el mayor desarrollo de las hojas por la formulación vegetativa, dando lugar a una mayor tasa fotosintética y de esta forma una mayor

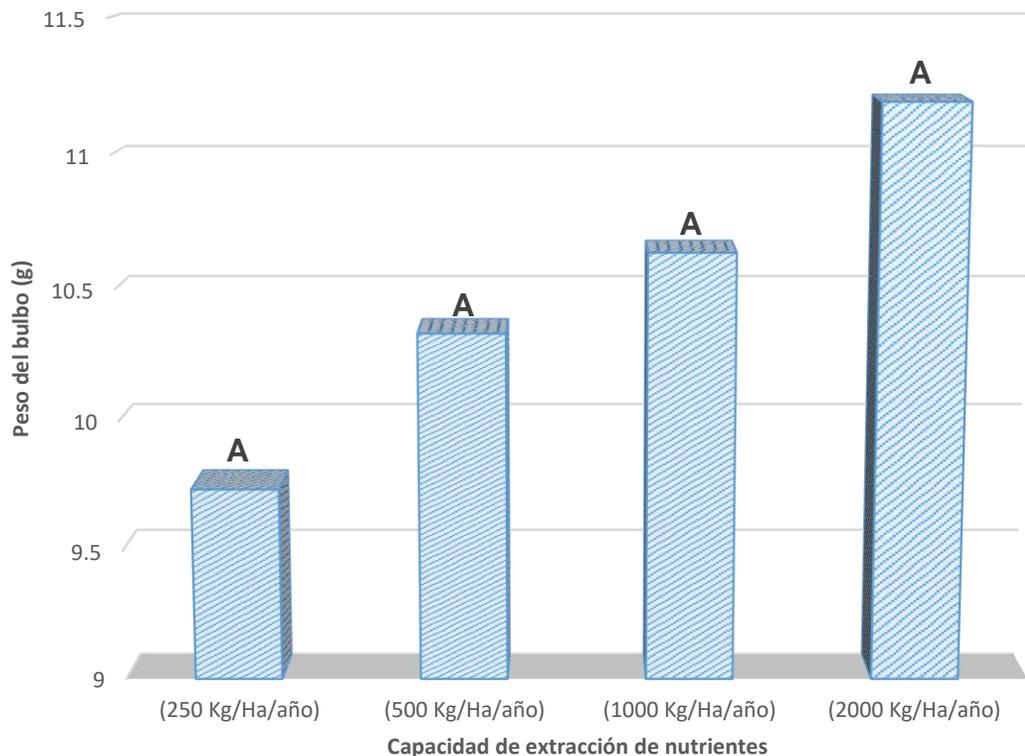
producción de fotosíntesis y en consecuencia carbohidratos, aumentando el peso de los bulbos. El potasio ayuda a la maduración del bulbo, a la formación de las túnicas, al aumento del contenido de azúcares y la conservación de los bulbos. Estos datos no concuerdan con lo citado por May, *et al.* (2007), los que afirmaron que la aplicación de N es más importante que la aplicación de K en lo que se refiere a porcentaje de pérdida de masa fresca de los bulbos. Por otro lado, menciona Compo, (2015) cita que la calidad de la cosecha de cebolla está determinada por el potasio, el que confiere resistencia a condiciones ambientales adversas (heladas, sequias, etc.) y plagas. Vidigal, *et al.*, (2003) trabajando con el cultivar Alfa Tropical en condiciones de campo, observaron que el K fue el nutriente más absorbido por la planta distribuido en las hojas, bulbos y raíces.



**Figura 4.2.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable peso de bulbo (PB).**

Se analizaron los resultados obtenidos del factor dosis de fertilización empleada, el cual arrojó una diferencia estadística no significativa, sin embargo, se puede observar un aumento de 13.01% al peso del bulbo cuando se utiliza

una dosis de extracción de nutrientes de 2,000 kg/Ha/año en comparación a una dosis de 250 kg/Ha/año (Figura 4.2.2).



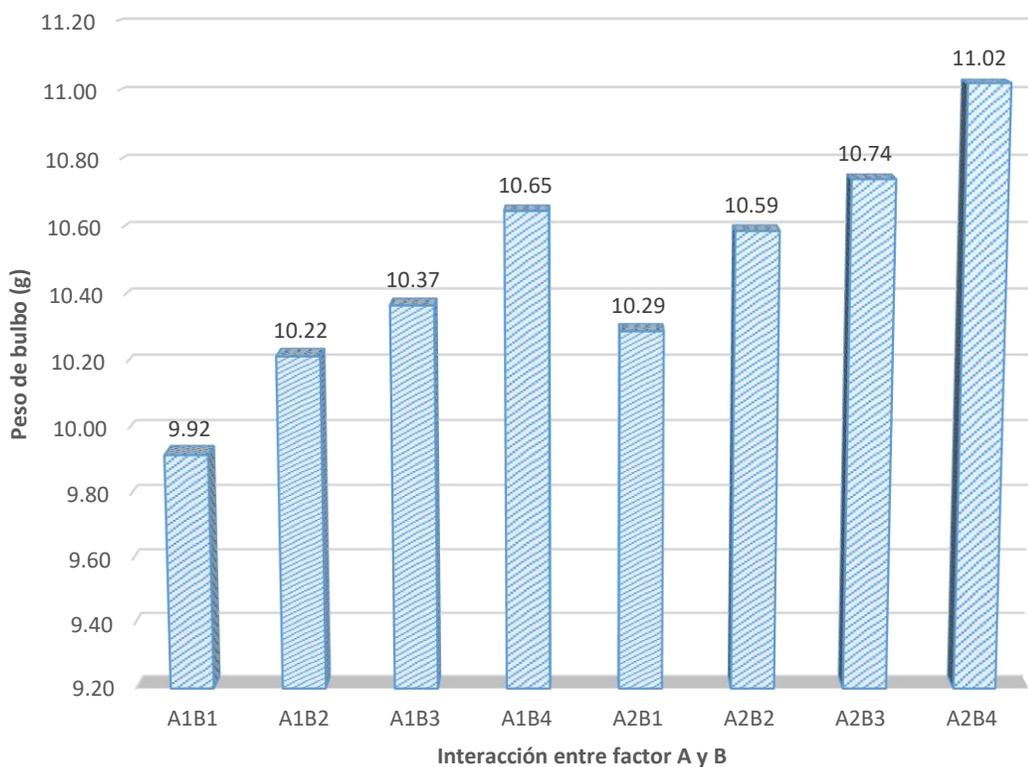
**Figura 4.2.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable peso de bulbo (PB).**

Pudo haber sido influyente la gran cantidad de fertilizante para el aumento de los bulbos, contando con su disponibilidad para su mejor absorción provocando un estrés por sales que determinarán el aumento en el peso en los bulbos. Por otro lado, pudiera tratarse de que el suelo no se encontraba saturado de sales como el potasio y el fosforo que ayudan al crecimiento del bulbo, pudiendo estar presentes estas sales en el suelo, por lo que al aplicar dosis elevadas de fertilizante logramos saturar el suelo, poniendo así los nutrimentos disponibles para la absorción de los mismos por las raíces. La distancia pudo haber sido un factor por las altas densidades de población y los niveles bajos de fertilización, lo cual podría producir una competencia nutricional. Aplicando una alta dosis se podría evitar tal fenómeno y los bajos pesos de los bulbos pueden

afectarse por el sombreado provocado por altas densidades y estos presentarían menor peso. Esto no coincide con Singh et al. (2000), mencionando que verificaron mayores productividades de bulbos con 83-100 Kg\*Ha<sup>-1</sup> de nitrógeno respectivamente. Por otro lado, Mandira y Khan (2003), mencionan que obtuvieron altos rendimientos con 150 Kg\*Ha<sup>-1</sup> de nitrógeno y 120 Kg/Ha<sup>-1</sup> de potasio, respectivamente. Boyhan et al. (2007) observaron que las mejores respuestas en la producción de bulbos de cebolla, se obtuvieron con las dosis de 236 y 263 Kg\*Ha<sup>-1</sup> de nitrógeno. Por otra parte, Pérez, (2015) reporta un incremento en el rendimiento de chile habanero usando la capacidad de extracción de 1,000 kg/Ha/año, esto se pudiera deber a que es un cultivo con un ciclo de producción más largo y se considera una especie leñosa.

En el caso de la interacción de los factores A x B se encontró una respuesta estadísticamente no significativa, esto demuestra que los factores son independientes y estos no están relacionados, por lo que la relación entre ellos no representa efectos positivos para la variable peso de bulbo. Sin embargo, cuando se realiza una formulación nutritiva con influencia vegetativa y reproductiva con dosis de 2000 kg/Ha/año se puede hacer notorio el aumento en peso de bulbo, dando unas medias de peso de 10.65 y 11.02 g, a comparación cuando se implementa formulaciones con influencia vegetativa y reproductiva con dosis de 250 Kg/Ha/año, se disminuye el peso de bulbo dando valores medios de 9.92 y 10.29 g respectivamente (Figura 4.2.3).

Los datos obtenidos no concuerdan con lo mencionado por Pérez, (2015), al usar una capacidad de extracción de fertilizante de 1000 Kg/Ha/año, se incrementó el peso de frutos en chile habanero. Mencionan Shing, Ganapathy y Anjaneyulu (1980), al evaluar la respuesta de la parchita morada (maracuyá) a dosis de nitrógeno 110 y 220 Kg/Ha/año como sulfato de amonio encontraron significancia estadística para el efecto del nitrógeno sobre el crecimiento, número de frutos por planta y el rendimiento por hectárea.



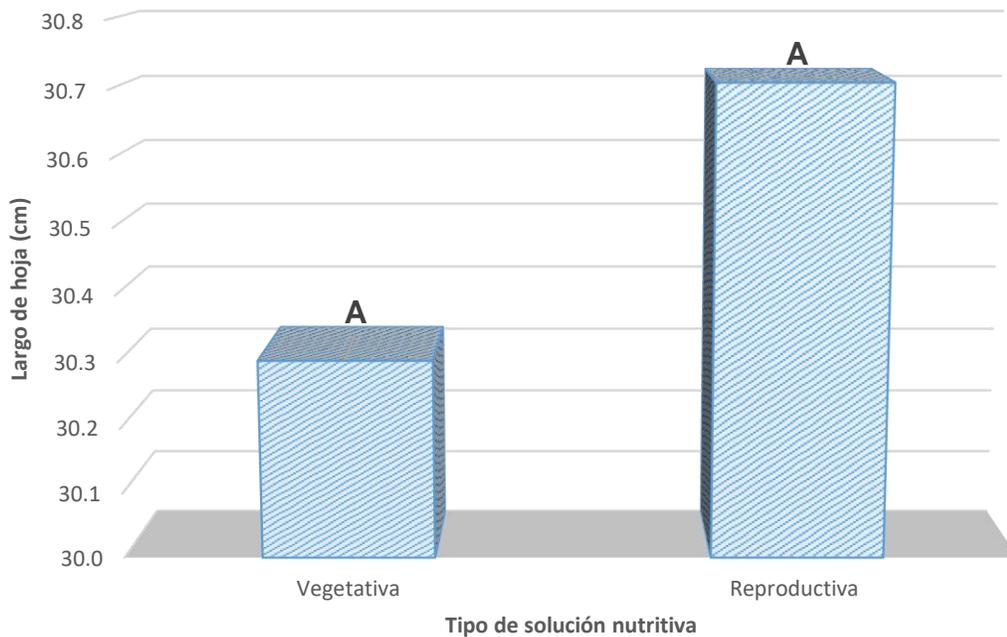
**Figura 4.2.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable peso de bulbo (PB) en el cultivo de cebolla.**

#### **4.3. Largo de hoja (LH).**

La variable número de hojas se encuentra relacionada con la tasa fotosintética, eso quiere decir que entre mayor sea el largo de las hojas mayor será el contenido de clorofila y las cantidades altas de luz, logrando elaborar buenas cantidades de carbohidratos que ayudan en la formación de células de las hojas, y como consecuencia mayores reservas y crecimiento del bulbo.

Se llevó a cabo el análisis de los resultados obtenidos para el factor tipo de solución nutritiva empleada, arrojando una respuesta no significativa, de lo que puede observarse un aumento del 1.33% representando poca diferencia entre los largos de hojas al ser utilizada una fórmula con influencia reproductiva

con un valor medio de 30.7 cm a comparación de una formula con influencia vegetativa con un valor medio de 30.3 cm (Figura 4.3.1).

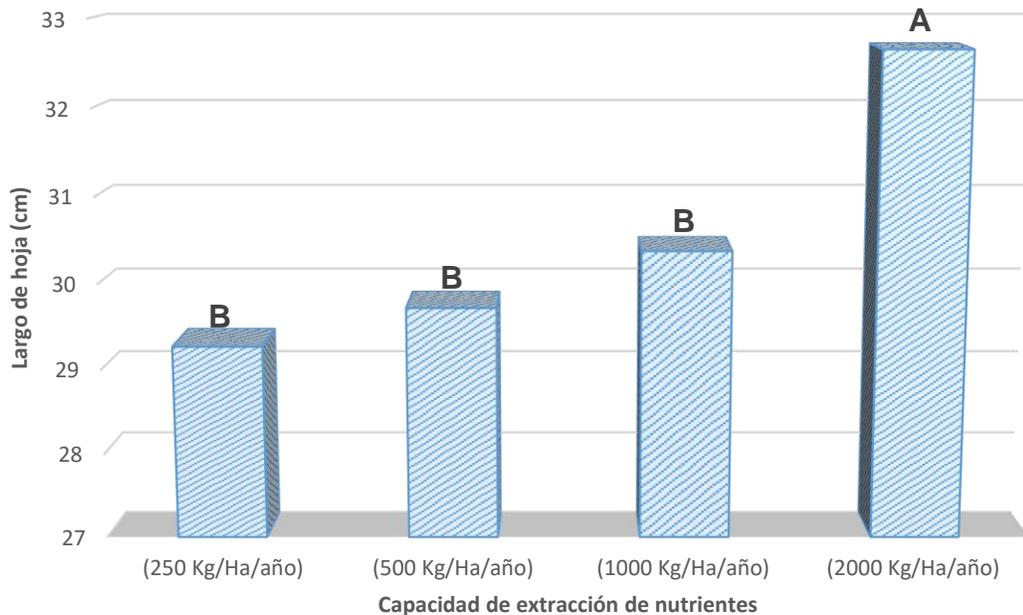


**Figura 4.3.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable largo de hoja (LH).**

Esto pudo haber sido causado por los antagonismos existentes entre los elementos N y K, pudo ser factor que el K bloqueara o delimitara la absorción del nitrógeno, el cual no se asimiló en la planta adecuadamente, dando mayor absorción al potasio, que en la fase vegetativa se encuentra en más concentración, pudiendo iniciar una respuesta de reproducción y así mismo a un aumento del crecimiento de las hojas. La literatura menciona un antagonismo entre estos dos elementos (N y K), sin embargo, los resultados obtenidos sugieren respuestas complementarias con el nitrógeno como primer factor que afecta positivamente la productividad de la cebolla. De acuerdo con Silva (1987), ese antagonismo tiene origen en abonamientos desequilibrados, con el cual la afirmación que es corroborada por Resende, *et al.*, (1997), quienes afirman que existe un efecto significativo complementario en la absorción de N y K, y que lo importante es la necesidad de obtener un adecuado nivel de K para incrementar la productividad con la adición de N. Por otro lado, pudo haber sido factor

negativo para la formulación tipo vegetativa según lo mencionado por Costa, *et al.*, (2002) los que afirman que las altas temperaturas pueden influenciar en la reducción del ciclo vegetativo de la planta.

Para el factor dosis de extracción de fertilizantes se analizaron los resultados y se obtuvo una respuesta estadística altamente significativa, siendo la mejor dosis de extracción de fertilización empleada de 2,000 kg/Ha/año con un valor medio de 32.658 a comparación de una dosis de fertilización de 250 kg/Ha/año con una media de 29.270. Por lo tanto, se puede notar un aumento del 10.37% en cuestión del largo de la hoja al ser utilizada una dosis de fertilización más elevada (Figura 4.3.2).

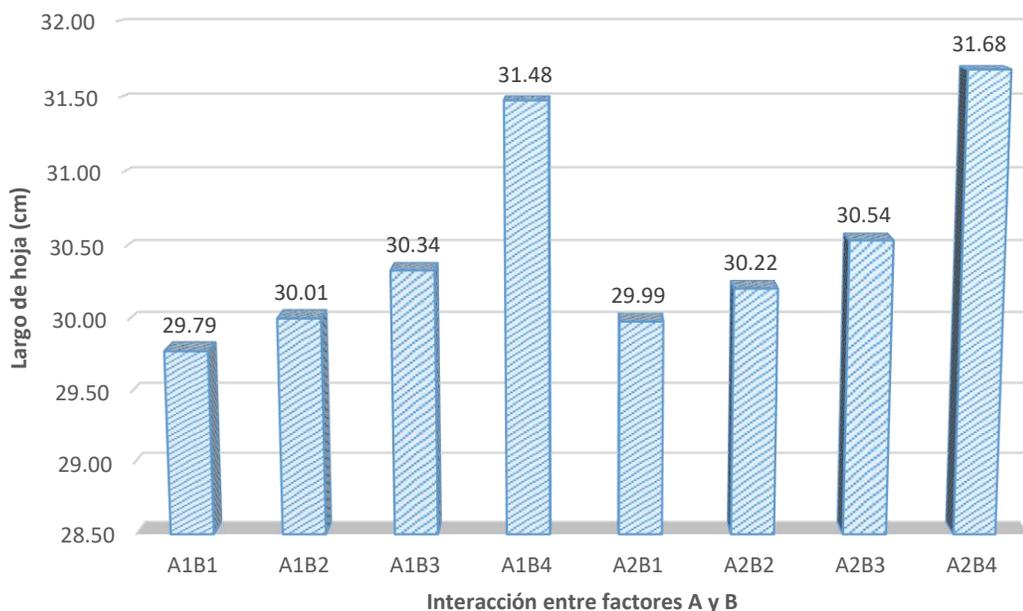


**Figura 4.3.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable largo de hoja (LH).**

El aumento del largo de hoja probablemente pudo haber sido influenciado por el aumento de carga de sales, pudiendo presentarse algún exceso, llevándonos a un estrés y dando lugar a una mayor diferencia de un largo de hoja entre una dosis alta y baja. Por otro lado, Vizzoto (1984) y Arboleya (2005), mencionan que plantas de cebolla con 25 cm de altura y de 4 a 6 mm de diámetro

fueron las que obtuvieron los mayores rendimientos, en este caso se obtuvieron medias de 32 cm de largo de la planta, aplicando fertilizaciones altas podemos lograr esas medidas.

Al analizar los resultados obtenidos para la interacción de los factores A x B no arrojó una respuesta estadística significativa. Esto indica que su relación presente entre ambos no causa efectos positivos en la variable y lo que en cuestión presentan independencia entre ambos factores. Sin embargo, cuando se utiliza una formulación nutritiva con influencia vegetativa y reproductiva con una dosis de 2,000 Kg/Ha/año se pudo observar que se obtuvieron unas medias de largo de hoja de 31.48 y 31.68 cm respectivamente, a lo contrario se muestra que al usar formulaciones nutritivas con influencia vegetativa y reproductiva con dosis de 250 Kg/Ha/año, se pudo notar que se obtuvieron unas medias de largo de hojas de 29.79 y 29.99, reflejando una diferencia considerable en el largo de las hojas. Es por ello que al usar las formulaciones de fertilización con dosis de extracción de fertilización altas nos proporciona mayores largos de hoja (Figura 4.3.3).



**Figura 4.3.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable largo de hoja (LH) en el cultivo de cebolla.**

Es probable que esta respuesta se deba a que el uso de la formulación tipo reproductiva incida a las hojas a obtener un mayor crecimiento, incitando una mayor división celular y dando lugar a la elongación de las celular para un mayor crecimiento; y este se encuentre relacionado a una alta dosis de fertilización que aumentaría el crecimiento por la alta concentración de sales absorbidas por la planta para dirigir bien sus funciones metabólicas, dando mayores largos de hojas a comparación de usar dosis bajas de fertilización.

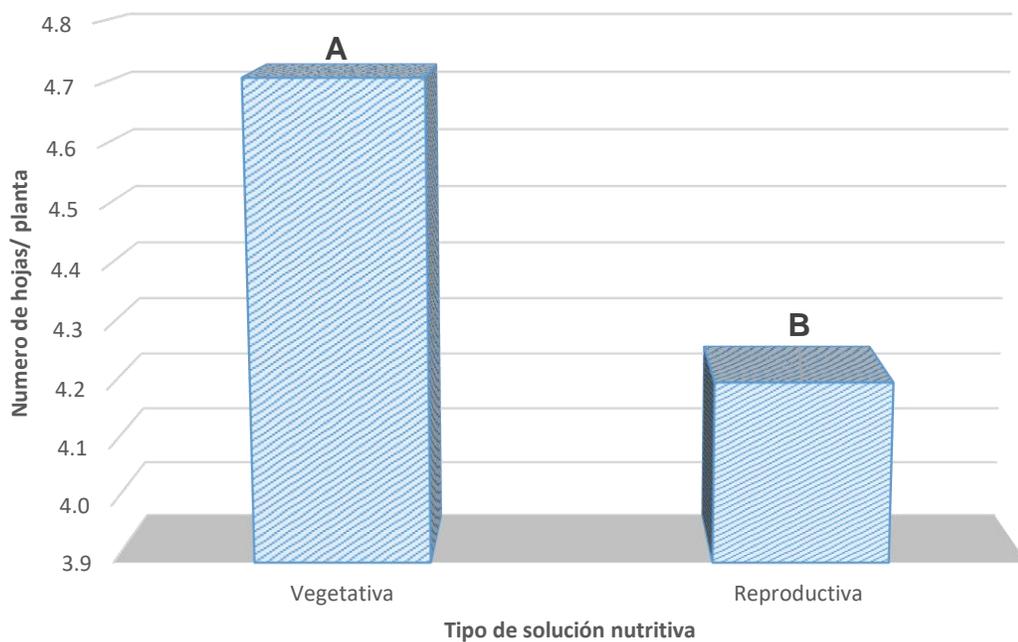
#### **4.4. Número de hojas (NH).**

La variable número de hojas está relacionada con la tasa fotosintética, a mayor número de hojas se esperarí una tasa fotosintética más alta, siempre que estas sean de un largo importante, esta variable posiblemente puede estar relacionada a sus efectos, en las características genéticas de los híbridos, así como a la época de siembra en la cual se estableció el cultivo.

Al analizar los resultados, se encontró una respuesta altamente significativa para el factor tipo de nutrición empleada, mostrando la mejor respuesta cuando se utilizó una fórmula de fertilización con influencia vegetativa con un valor medio de 4.713 hojas y fue menor cuando se utilizó una formula con influencia reproductiva con un valor medio de 4.213 hojas. Cuando se utiliza una formula con influencia vegetativa superó en un 10.61% que cuando fue empleada una formula con influencia reproductiva (Figura 4.4.1).

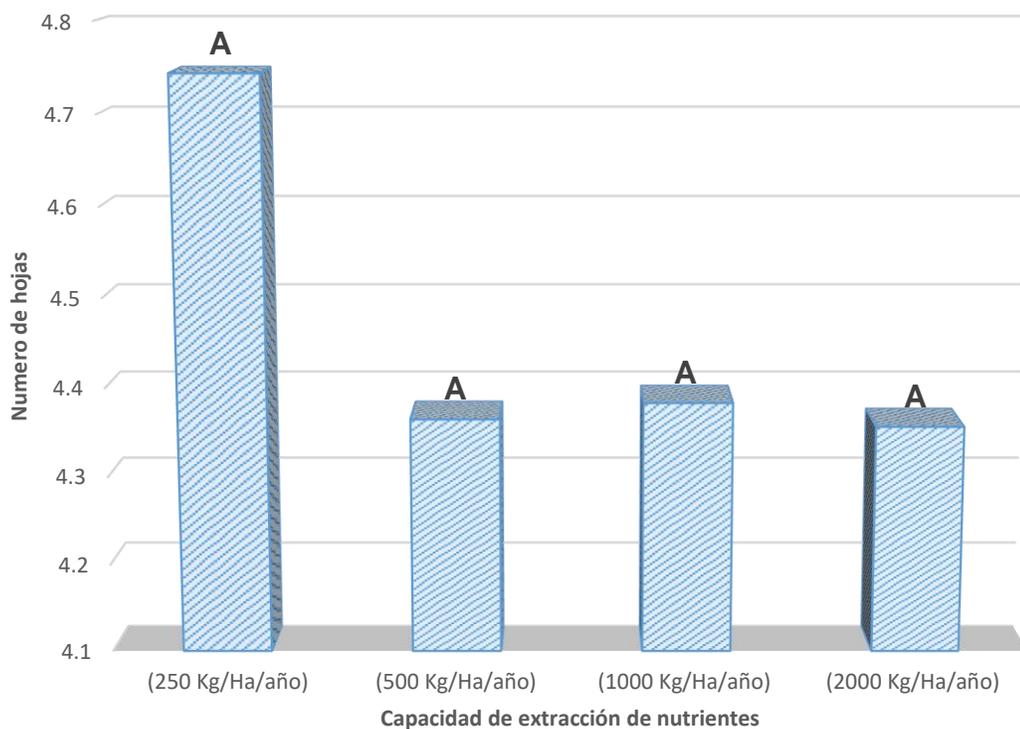
Pudo haber afectado al desbalance o algún efecto negativo entre los elementos N y K, al haberse aplicado cantidades mayores de K que de N lo cual causó algún antagonismo; obstruyendo de algún modo en el número de hojas dando menores resultados, originando una mejor absorción del elemento N de la etapa vegetativa y ayudando en un mayor crecimiento foliar, siendo esencial en la etapa vegetativa y acumulación de reservas. El nitrógeno es un componente básico de las proteínas, vitaminas y clorofila, promueve el aumento de masa verde de la planta y produce carbohidratos que serán usados posteriormente en las estructuras de las plantas. Esto coincide con lo reportado por Luna, (2014),

quien sostiene que el aumento de la dosis de fertilización nitrogenada produjo efectos positivos sobre el número de berenjenas/planta. Por otro lado, menciona Morales (1988), que al aplicar cantidades excesivas de potasio ocurre un efecto negativo, posiblemente debido al desbalance nutricional entre el potasio y nitrógeno. Según Compo (2015) y Garcia (1974), coinciden que la cebolla requiere la aportación de un nivel elevado de nitrógeno fundamentalmente en la etapa de crecimiento de follaje, además es esencial para su desarrollo vegetativo, así como para su crecimiento y acumulación de reservas.



**Figura 4.4.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable número de hojas (NH).**

Al analizar las dosis de fertilización utilizadas se encontró una respuesta no significativa, por lo tanto, puede emplearse una dosis de 250 kg/Ha/año siendo la mejor para este factor con un valor medio de 4.745 a comparación de la dosis menos resultante que fue la de 2,000 kg/Ha/año. Cuando es utilizada una dosis menor de 250 kg/Ha/año se superó en un 8.18% que cuando fue empleada una dosis mayor de 2,000 kg/Ha/año. Se puede observar que conforme las dosis de fertilizante van aumentando, el número de hojas va disminuyendo (Figura 4.4.2).

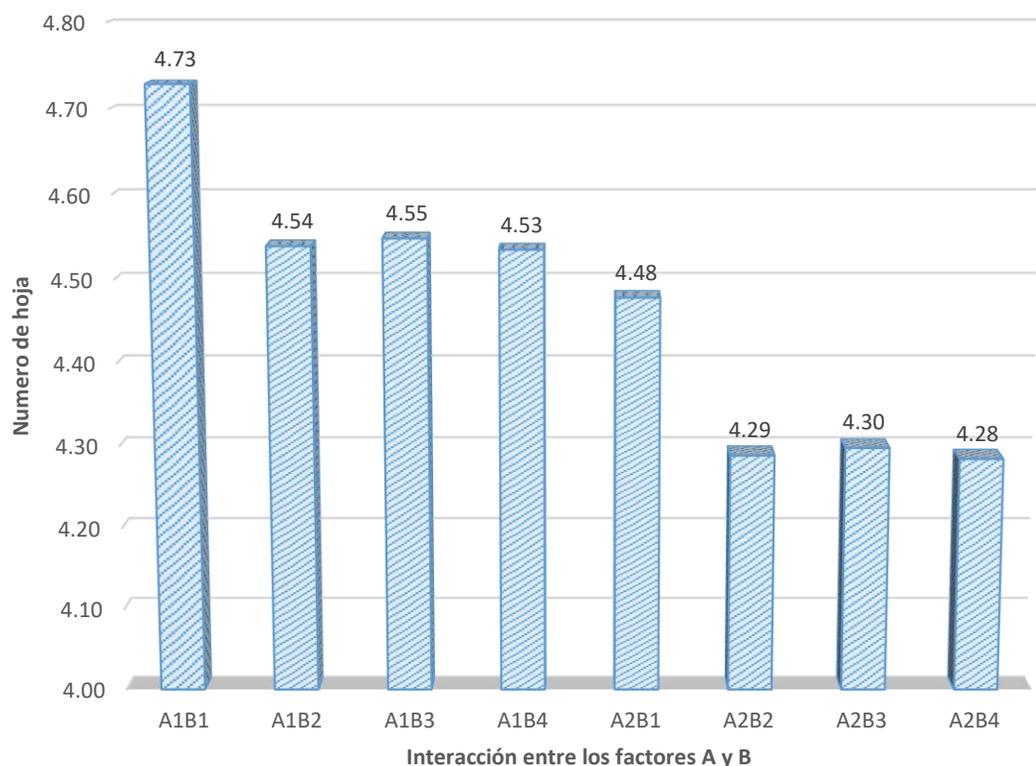


**Figura 4.4.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable número de hojas (NH).**

Esto nos lleva a sostener, que, a menores dosis de fertilizante, es posible tener un mayor número de hojas y obteniendo una mejor tasa fotosintética con pocos recursos de nutrición, y menores gastos dando un estrés salino provocando mayores números de hojas. A menor fertilización la planta presenta estrés por falta de nutrición emitiendo más hojas para su adecuado desarrollo. Así, al aplicar buenas técnicas de fertirriego con las adecuadas dosis de nutrientes se obtienen mejores resultados en cuanto al área foliar se refiere. Esto puede tener interés económico para los productores ayudando en su economía al aplicar bajas dosis de fertilización, ya que podemos obtener una buena presentación de área foliar, teniendo en cuenta una mayor respuesta de fotosíntesis y acumulación de reservas que permitan un adecuado funcionamiento de la planta. Por otra parte, resulta más económico para el

productor usar las dosis bajas de fertilización de 250 Kg/Ha/año, así obtendrán un retorno económico más alto.

Para la interacción de los factores A x B se encontró una respuesta estadísticamente no significativa, esto indica que los factores presentan independencia en su comportamiento y estos no están relacionados, por lo que su relación entre ambos no causa algún efecto positivo para la variable presente NH. Por lo tanto, cuando se utilizan formulaciones con influencia vegetativa y reproductiva con dosis bajas de fertilización de 250 kg/Ha/año podemos notar un incremento en las medias de 4.73 y 4.53 hojas por planta, a comparación, al ser aplicada las formulaciones con influencia vegetativa y reproductiva usando dosis altas de 2,000 kg/Ha/año se obtuvieron valores medios menores de 4.48 y 4.28 hojas por planta respectivamente, mostrando poca diferencia entre los factores y la variable número de hojas (Figura 4.4.3).



**Figura 4.4.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable número de hojas (NH) en el cultivo de cebolla.**

Puede tratarse de tal manera que la formulación vegetativa ayuda en el crecimiento y desarrollo, dando mayor enfoque al aumento de área foliar y debido a que probablemente la planta adecúa muy bien la cantidad de sales y es redituable ante la poca presencia de fertilizantes para obtener un buen resultado. Por otro lado, al aumentar las dosis de fertilización el número de hojas disminuye, esto podría tratarse de un estrés de sales causado por el exceso de fertilizante aplicado, dando como consecuencia el bloqueo o la inadecuada entrada de fertilizante que no sea favorable en el crecimiento.

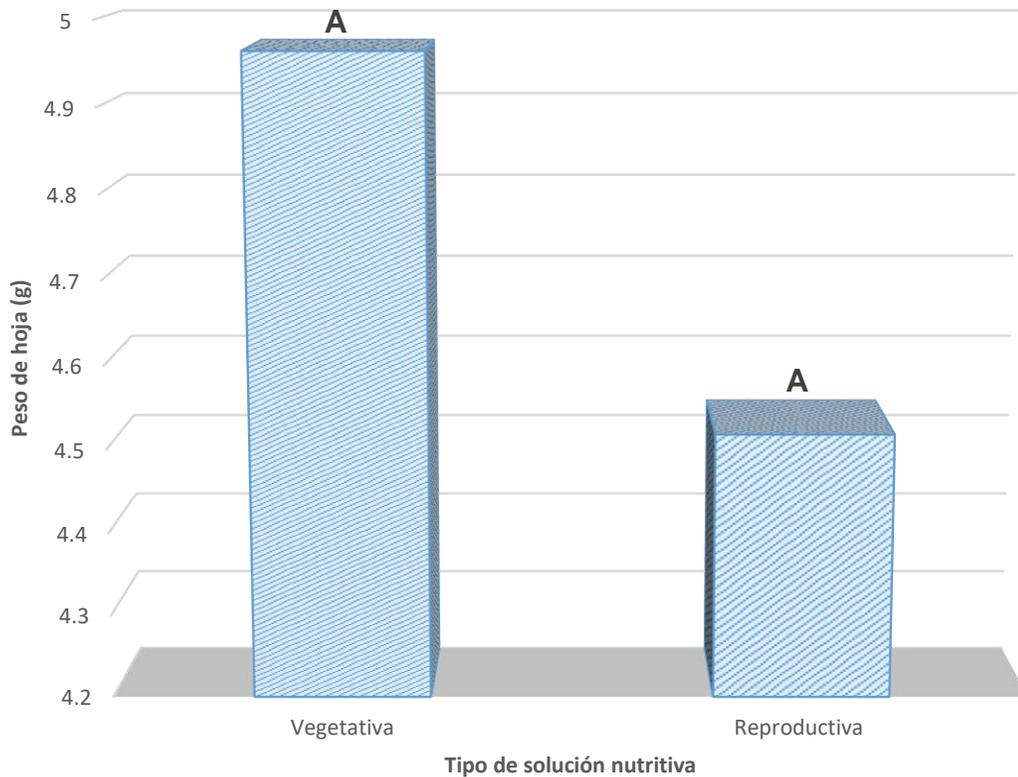
#### **4.5. Peso de hoja (PH).**

La variable peso de hoja se relaciona con la fotosíntesis y la capacidad de absorción de nutrimentos, en especial el nitrógeno que promueve el aumento de materia verde y el crecimiento vegetativo, así como producción de carbohidratos que servirán para la producción de la planta. A mejor nutrición se esperaría una mejor respuesta en la tasa fotosintética más alta produciendo una mayor cantidad de materia verde y aumentando la cantidad de reservas destinadas para el bulbo.

Al ser analizados los resultados para el factor tipo de nutrición, se observó una respuesta estadística no significativa. De acuerdo a los resultados la mejor respuesta es cuando se utilizó una fórmula de nutrición con influencia vegetativa, de tal forma que, al ser empleada esta fórmula, se incrementó el peso de la hoja en un 8.98%, en comparación con el valor más bajo reportado para este factor el cual pertenece a la solución nutritiva empleada con influencia reproductiva (figura 4.5.1).

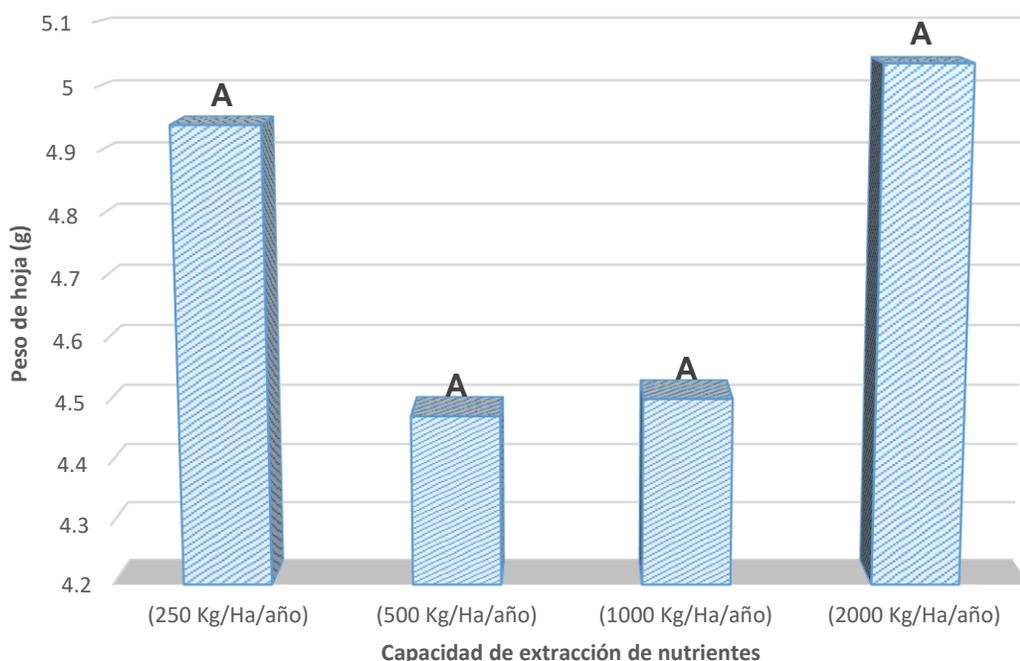
Un exceso en la aplicación inadecuada de nitrógeno puede alterar la maduración de la planta, dando lugar al engrosamiento del falso tallo y reduciendo el valor comercial de los bulbos. Una fertilización nitrogenada puede tener efecto directo en un rol activo de las actividades fisiológicas de la planta por estar vinculado de forma directa con el proceso de división celular. Según Díaz-Pérez, *et al.*, (2003), mencionan que las respuestas positivas de la aplicación de

nitrógeno dependiente del potasio en el cultivo de cebolla, han sido obtenidas con dosis de  $150 \text{ Kg*Ha}^{-1}$ , los datos obtenidos no concuerdan con Figueroa y Torres (2006), los cuales mencionan que entre los nutrientes esenciales, el nitrógeno es el elemento que más limita el rendimiento del cultivo de cebolla siendo necesario aplicar dosis en el orden de 150 a 200 Kg de  $\text{N*Ha}^{-1}$  dependiendo del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.



**Figura 4.5.1. Respuesta de la cebolla al tipo de factor A, (solución nutritiva empleada), para la variable peso de hoja (PH).**

Al analizar el factor extracción de fertilizantes, no se encontró una respuesta estadística significativa. Sin embargo, al ser utilizada una dosis de extracción de 2,000 kg/Ha/año se incrementó en el peso de la hoja, en comparación con el valor más bajo reportado para este factor, el cual presentó un incremento de 11.11%. Podemos ver que entre más bajas sean las aplicaciones de fertilizante se hace presente la disminución de peso en las hojas, como consecuencia de una baja acumulación de biomasa (Figura 4.5.2).

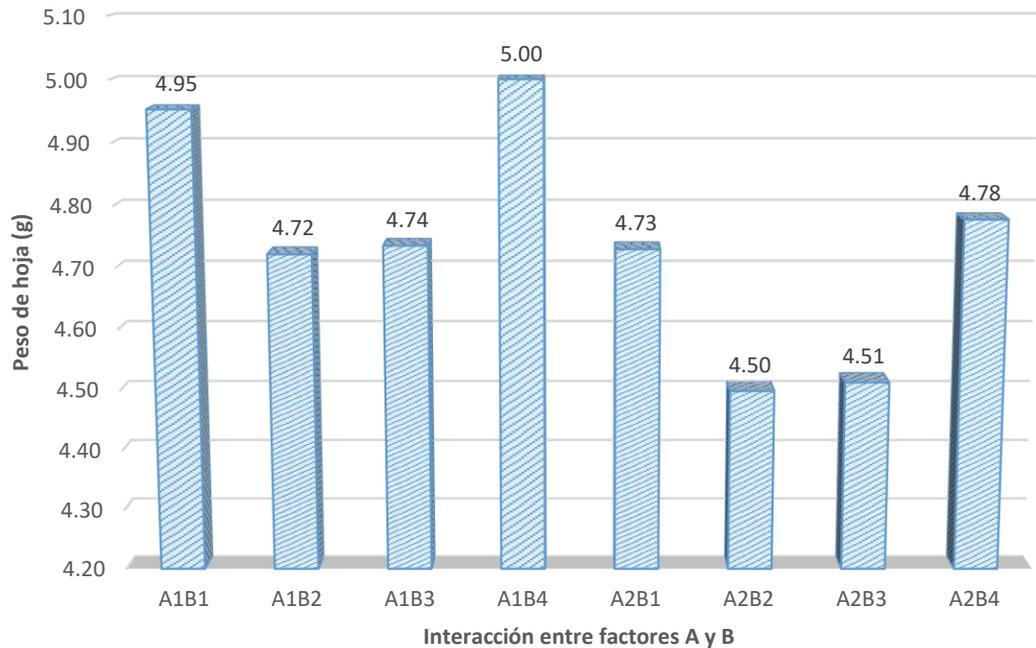


**Figura 4.5.2. Respuesta de la cebolla al tipo de factor B, (capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año), para la variable peso de hoja (PH).**

En general, cuando se aplica dosis de fertilización altas se causa salinidad, provocando estrés en la planta y ocasionando un mayor peso de hojas. De igual manera pueda tratarse por un efecto osmótico, al estar presentes un mayor contenido de sales la planta tiene dificultad de absorber agua y nutrientes, los cuales son necesarios para cumplir con sus funciones vitales. Tomando en cuenta que se obtienen pesos ideales de hojas pero que al aplicar dosis elevadas se aumenta el costo de producción por concepto de fertilizante y esto no es redituable para el productor.

Para la interacción entre los factores A X B se encontró una respuesta estadística no significativa, esto indica la influencia entre los factores y esta es independiente y su relación entre ambos causa efectos no positivos para esta variable de peso de hoja. Sin embargo, cuando se realiza una fertilización con influencia vegetativa y reproductiva aplicando dosis altas de 2,000 kg/Ha/año se puede observar que hay un valor medio de 5.00 y 4.78 g respectivamente. Por lo

tanto, al usar una fertilización con influencia vegetativa y reproductiva y con las dosis bajas de 250 kg/Ha/año se pueden notar medias de 4.95 y 4.73 g respectivamente, el resultado es mínimo entre los factores y el peso de las hojas (Figura 4.5.3).



**Figura 4.5.3. Interacción del factor A, (tipo de solución nutritiva), en respuesta al factor B, (capacidad de extracción de fertilizante), para la variable peso de hoja (PH) en el cultivo de cebolla.**

## V. CONCLUSIONES

Se tomaron las siguientes conclusiones con relación a este trabajo de investigación y conforme a las condiciones al cual fue sometido, tomando en cuenta los objetivos planteados y a los resultados obtenidos de este experimento.

Para una producción de plántulas de cebolla de calidad y así poder obtener un buen crecimiento y producción de bulbos se debe de considerar aplicar dosis de extracción de fertilizante de 2,000 Kg/Ha/año, tomando en cuenta una solución completa con influencia reproductiva siendo ésta la mejor en la mayoría de las variables evaluadas en este experimento. Esta dosis tendría efectos negativos en la economía del productor, aumentaría el costo por unidad de fertilizante resultando más costoso y poco redituable en la producción.

Cuando no se utilizó una capacidad de extracción de fertilizante de 250 Kg/Ha/año los resultados para cada una de las variables evaluadas no fueron positivos, de tal forma que la plántula responde positivamente a una mayor concentración de fertilizantes. No obstante, los resultados de las variables no presentan mucha diferencia entre las dosis de 2,000 y 250 Kg/Ha/año, por lo que podrían usarse dosis bajas, obteniendo resultados similares, ayudando al ahorro de fertilizantes, evitando contaminación por exceso de fertilizantes en el suelo y siendo redituable al productor.

El uso de una formulación tipo vegetativa en la producción de plántulas de cebolla se ve acertada en los resultados obtenidos a las variables número y peso de hojas, presentando un aumento en el peso y número de las hojas.

## VI. LITERATURA CITADA

- Acosta, A.; Gaviota, J.; Galmarini, C. 1993. Producción de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.). Mendoza, AR. Editora Gráfico EEA. 83 p.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (2005). Crop Evapotranspiration-guidelines for Computing Crop Water Requirements In FAO Irrigation and drainage paper 56: FAO, Rome.
- Arboleya J. 2005. Tecnología para la producción de cebolla. Boletín de Divulgación N° 88, ed. Unidad de Agronegocios y Difusión del INIA: Montevideo. 248 pp.
- Benton, J.J. (1998). Plant nutrition In CRC Press New York.
- Bonilla, I. (2008). Introducción a la nutrición mineral de plantas. Los elementos minerales. Madrid: Azcon-Bieto, A. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de la fisiología vegetal. McGraw-Hill Interamericana.
- Bould, C., Hewitt, E.J. & Needham, P. (1986). Diagnosis of mineral disorders in plants chemical Publishing, London.
- Boyhan, G.E.; Torrance, R.L.; Hill, C.R. 2007. Effects of nitrogen, phosphorus, and potassium rates and fertilizer sources on yield and leaf nutrient status of short-day onions. HortScience 42: 653 – 660.
- Brewster, J. L. (2008). Onions and Other Vegetable Alliums 2nd Edition. In Crop Production Science in Horticulture Vol. 15, 1-432.
- Brewster, J.L. 2008. Cebollas y otros vegetales *allium*. Internacional CAB. Segunda Edición. Oxon, uk. 433 p.
- Brouquisse, R., Masclaux, C., Feller, U. & Raymond, P. (2001). Protein hydrolysis and nitrogen remobilization in plant life. In plant nitrogen 275-294 (EdsP. Lea and J.F. Morot-Gaudry). Berlin: springer.
- Brun, R. and L. Chazelle. 1996. Water and nitrate absorption kinetics in the nycthemeral cycle of rose grown in the greenhouse using a recirculating solution. J. Plant Nut. 19:839- 866.
- Calderón, S.L., Chacon, A.L., Perez, C.A.T. & Herrera, L.E. (2010). Phosphorus: Plant Strategies to Cope with its Scarcity. Plant Cell Monographs 17: 173-198.
- Cano, P. 1997. Evaluación de cuatro sustratos en hidroponía bajo sistema vertical con el cultivo del chile (*Capsicum annuum* L.). Tesis. Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Carravedo, M. y Mallor, C. (2007). Variedades autóctonas de cebollas españolas.
- Carrillo, C. 1989. Curvas de Extracción y concentración de Macro nutrientes (N, P, K, Ca y Mg) en Cebolla (*Allium cepa* L.) «Texas Early Grano 502» Tesis Ing. Agrónomo. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú.
- Casseres E. 1981. Producción de Hortalizas. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. 387 p.
- Castro M., A.J. 2004. Comparación de tres fuentes de nutrición en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.) variedad Costessa en Chapingo, México. Tesis Profesional. Departamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 50 p.
- Clemens, S. (2010). A Versatile Player in Plant Cell Biology. Cell Biology of Metal and Nutrients. In Plant Cell Monographs, Vol.17.
- Cohu, C.M. & Pilon, M. (2010). Cell Biology of Copper. Cell Biology of Metal and Nutrients. In Plant Cell Monographs, Vol. 17.
- Copyright (c) 2002 by SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. All Rights Reserved.
- Costa, N.D.; Leite, D.L.; Santos, C.A.F.; Candeia, J.A.; Vidigal, S.M. 2002. Cultivares de cebolla. Informe Agropecuario. Belo Horizonte, v.23, n.218, p 20-27.
- Cristobal, Z. J., Rodriguez, E. y Pire, R. 2002. Crecimiento, producción y extracción de N-P-K en las plantas de pepino (*Cucumis sativus* L.) ante diferentes dosis de fertilizante. Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort. 46. 85-88.
- Cronquist, A. 2001. Introducción a la Botánica Sistemática. Editorial. C.E.C.S.A. México, D.F., Mexico.
- De la Cruz Landero N., Hernández V.E. 2010. Respuesta en el suelo contaminado con metales pesados desde unos campos de extracción de petróleo. Ciencia aplicada. pp 1-5.
- De Rijck, G. and E. Schrevens. 1998. Comparison of the mineral composition of twelve standard nutrient solutions. J. Plant Nut. 21:2115-2125.
- Diaz-Perez, J.C.; Purvis, A.C.; Paulk, J.T. 2003. Bolting, yield, and bulb decay of sweet onion as affected by nitrogen fertilization. Journal of the American for Society Horticultural Science 128: 144 – 149.

- Eguillor R., P. 2008. Situación del mercado de la cebolla 2007-2008. Santiago, Chile. ODEPA. 16 p.
- Figueroa, M.; Torres, D.M. 2006. Cebolla: Necesidades nutricionales y bases de diagnóstico de la fertilidad. EEA INTA. Pergamino. p 2.
- George, R. A. T. 2009. Producción de semillas de plantas hortícolas. Mundi Prensa. Madrid, España. 269-233 pp.
- Guenkov, G. 1969. Fundamentos de horticultura cubana. Habana, CU. Edición Revolucionaria.
- Guenkov, G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Editorial Organismos. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba.
- Guentov, G. 2004. Fundamentos de la horticultura cubana. Ed. Instituto cubano de libro. La Habana, cuba.pag:217-233.
- Guerinot, N. (2010). Iron. Cell Biology of Metal and Nutrients 17.
- Haneklaus, S., Bloem, E & Schung, E. (2007). Sulfur and plant disease in Mineral nutrition and plant disease, 101-118 (Eds L. E. Datnoff, W. H. Elmer and D. M. Huber). St. Paul, Minnesota: The American Phytopathological Society.
- Huerres, C.; Caraballo, N. 1988. Horticultura. La Habana, CU. Editorial Pueblo y Educación.
- Huterwal, G. O. 1983. Hidroponía. Cultivo de plantas sin tierra. Editorial albatros. Buenos Aires, Argentina.
- Jones H.A. and Mann, L.K. 1963 Onions and their Allies. Leonard Hill Book Ltd Londres Interscience Publishers Inc. New York.
- Jones, Jr. J. B. 1997. Hydroponics. A practical guide for soilless grower. St. Lucie Press. USA. 207 p.
- Kafkafi, U. (2005). Global aspects of fertigation usage. In: Optimizing the utilization of water and nutrients. In International Symposium on fertigation 183 Beijing/China.
- Kafkafi, U. y Tarchitzky, J. 2012. Fertirrigación: Una herramienta para una eficiente fertilización y manejo del agua. International Potash Institute. pp. 63-64.
- Klikocka, H., Haneklaus, S., Bloem, E. & Schnug, E.(2005). Influence of sulphur fertilization on infection of potato tubers with *Rhizoctonia solani* and *Streptomyces scabies*.

- Lara, H. A., 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía, Información científica y tecnológica. Vol. 17, No. 003. UACH, MEXICO, PP 221-229.
- Laughlin, J.C. 1990. Nutricional effect on onion (*Allium cepa* L.) yield and quality. Horticultural Abstracts 60: 592 (Abstract 5123).
- Lipinzki, V. M. 1997. Fertilización y riego. En: Galmarini C. R. (Ed), Manual del cultivo de cebolla. Centro regional Cuyo, INTA, Argentina. p 57-60.
- Lujan F., M; Aldaba M. J; Uribe M.H; Berzoza M.M quiñones P., F. y Galván L, R. 1991. técnicas para la producción de cebolla en la región de delicias, Chih. Folleto para productores N° 5 Campo Experimental Delicias. SARH-INIFAP Delicias, Chih, Mex.
- Luna, A. L. 2014. Evaluación de cinco programas de fertilización química en berenjena. Tesis de grado. Zacapa, Guatemala. pp. 34-37.
- Mandira, C.; Khan, A.H. 2003. Effect of nitrogen and potassium on growth, yield and yield attributes of onion. New Agriculturist 14: 9 – 11.
- Manso, T.; Álvarez, R.; Muñoz, L.; Enríquez, I.; Mesquita, P. 1992. Cebolla: manejo de la producción, agro-industria y producción de semilla en condiciones tropicales. Oficina Regional para América y El Caribe de la FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). pp.135-172.
- May, A.; Cecílio-Filho, A.B.; Porto, D.R.Q.; Vargas, P.F.; Barbosa, C.B. 2007. Produtividade de híbridos de cebola em função da população de plantas e da fertilização nitrogenada e potássica. Horticultura Brasileira 25: 53 – 59.
- Miguel, G. A. Y M. López. 2007. Cultivo de cebolla de día corto. Serie de divulgación técnica no.5 Generaliti valenciana. Cancillería de agricultura y pesca. Dirección general de innovación y tecnología agrarias. Servicio de transferencia de tecnología agraria. Valenciana, España. p. 40.
- Mirghani, K.A. 1980. Effect of photoperiod, temperature and ethylene on bulbing in onions. Plant Breeding Abstracts 50: 383.
- Miwa, K. & Fujiwara, T. (2010). Role of Boron in Plant growth and its transport mechanisms. Cell Biology of metal and nutrients. Plant Cell Monographs 17.
- Montás, F. 1991. Guía del cultivo de cebolla. Guía Técnica No. 9. Santo Domingo, DO. Fundación de Desarrollo Agropecuario. p 20.

- Montes, A.; Halle, M. 1990. El cultivo de las amarilidáceas, cebolla, ajo y puerro. Zamorano, HN. Escuela Agrícola Panamericana. p 47.
- Morales. 1988. Efecto del Régimen de Riego. Fertilización Nitrogenada y Control de Malezas sobre el Rendimiento y otras características de la Cebolla. Tesis de M. S. UNALM.
- Navarro, B. S., & Navarro, G. G. (2003). *Química Agrícola*. Madrid: ediciones mundi-prensa.
- Ojeda Barrios, Hernández-Rodríguez, J. Martínez-Téllez, A. Núñez- Barrio, E. Perea-Portillo. 2009. Aplicación foliar de quelatos de zinc en nogal pacanero. Facultad de ciencias agro tecnológicas, universidad autónoma de chihuahua. Revista Chapingo serie horticultura, Vol. 2. pp. 206-210.
- Osuna-Canizales, F.J. y S. Ramírez-Rojas. 2013. Manual Para Cultivar Cebolla Con Fertirriego y Riego Por Gravedad en el Estado de Morelos. Sagarpa. Inifap. Cirpas. Campo Experimental Zacatepec Mor., México. pp. 1-7,10-18, 24-71, 83-129.
- Palacios, A.A. y K. Inoue. 1998. Mejoramiento de variedades de cebolla de origen nacional (producción de bulbo madre, selección y producción de semilla). En: CEZACA. Proyecto “Mejoramiento de las técnicas para la producción de hortalizas en el estado de Morelos”, Tercer Comité Conjunto. Informe de proyectos 1997/98. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. p 5.
- Pérez, D. 2001. Resumen sobre la fertilización del cultivo de cebolla a técnico de la Dirección Regional Agropecuaria Central de la Secretaría de Estado de Agricultura. Baní DO. Mimeografiado. p 2.
- Pérez, G. M. S. F Márquez y L. A. Peña. 1997. Mejoramiento Genético de Hortalizas Universidad Autónoma de Chapingo. Primera edición en español. pp. 246-247 y 248.
- Pérez, J. S. 2015. Capacidad de extracción de fertilizante del chile habanero (*Capsicum chinense* L.) var. Jaguar. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 30-57.
- Resende, G.M; Silva, G.L.; Paiva, L.E.; Días, P.F.; Carvalho, J.G. 1997. Resposta do milho (*Zea mays* L.) a doses de nitrogênio e potássio em solo da região de J. Amaya y E. Méndez / Scientia Agropecuaria 4(2013) 15 - 25 -25- Lavras-MG. II. Macronutrientes na parte aérea. Ciência e Agrotecnologia 21: 477 – 483.

- Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.
- Roberto, K. (2003). How-to HYDROPONICS.
- Ruiz C., et all. 1999. Requerimientos Agroecológicos de cultivo. Libro Técnico No.3. Instituto Nacional de Investigación Forestal, Agrícolas y pecuarias. CIRPAC. Guadalajara, Jalisco, México. pp 79-82.
- Sabino, H. P. (abril 2007). Azufre como nutriente y agente de defensa contra plagas y enfermedades. *Informaciones agronómicas internacional planta nutrition institute* 65, 1-4.
- Sánchez, G. P. (2000). Gertirrigación Principios, Factores Aplicaciones. In Seminario de Fertirrigación: Apuka-ComexPerú.
- Sarita, V. 1991. Cultivos de hortalizas en los trópicos y subtrópicos. Santo Domingo, DO. Editora Corripio. 622 p.
- Shing, H.; Ganapathy, K; y K. Anjaneyulu, K. (1980). Response of passion fruit to nitrogen, phosphorus and potassium applications. *Indian J. Agric. Sci.* 50(3): 260- 263.
- Shrestha H. 2007. A plant monograph on onion (*allium cepa* L.), Pokhara University. The school of phaceutical and biomedical sciences, Nepal. p 90.
- Singh, R.P.; Jain, N.K.; Poonia, B.L. 2000. Response of Kharif onion to nitrogen, phosphorus and potash in eastern plains of Rajasthan. *Indian Journal of Agricultural Science* 70: 871 – 872.
- Skerget M, Majhenic L, Bezjak M and Knez Z. 2009. Antioxidant, radical scavenging and antimicrobial activities of red onion (*Allium cepa* L.) skin and edible part extracts. *Chemical and Biochemical Enigeering.* 23: pp 435-444.
- Sobrino I. E. y Sobrino V.E. 1989. Tratado: Hortalizas de flor y de fruta. Editorial AEDOS. Barcelona España. 352 p.
- Soria F. M. 1993. Producción de hortalizas en la Península de Yucatán. Colegio de Investigación y Graduados Agropecuarios. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 2. Yucatán, México. 303 pp.
- Sposito, G. (2008). The Chemistry of soils. Second Edition. 342: Oxford University Press, Inc.

- Steiner, A. (1968). Soiless culture. End *Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute* (pages. 324-341).
- Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil*. 15: 134- 154.
- Steiner, A.A. 1968. Soiless culture. *Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute*. pp 324-341.
- Steiner, A.A. 1984. The universal nutrient solution. pp. 633-650. In: *Proceedings 6th International Congress on Soiless Culture*. Wageningen. The Netherlands.
- Tascón R. C. y García A. Z. 2012. Producción de Cebollas a Partir de “Ajillos” o Microbulbos. *Agro Cabildo, Cabildo de Tenerías. Servicio Técnico de Agricultura y Desarrollo Rural de cabildo Insular de Tenerife*. pp 1-3.
- Tesi, R. 1985. *Coltura protettee ortoflorovivaismo*. Roma, IT. Editora Edagricola, 314 p.
- Torres Q., E. 1999. Dinámica nutrimental, Producción y Calidad de Cebolla CV. Contessa Bajo Condiciones de Fertirriego por goteo. Tesis de Maestría en Ciencias. Área de Edafología. Colegio de Posgraduados. Montecillos. Texcoco, México. p 106.
- Troncoso F. G. 1986. Estudio del comportamiento de seis cultivares de cebolla en la región de Marín, N.L. Ciclo Otoño-invierno 1984-1985. Tesis M. C. U. N. L. Facultad de Agronomía. Marín N.L. Mex.
- Valadez L. A. 1989. Producción de hortalizas. Editorial LIMUSA, México, D.F. Mexico.
- Vázquez, A.J.M.P. 1998. Los mercados de las hortalizas como base para elegir las especies a producir en el estado de Morelos. Publicación especial No. 16. SAGAR. INIFAP. CIRCE. Campo Experimental Zacatepec. 96 p.
- Vedele, F.D., KRAPP, A. & Kaiser, W.M. (2010). Cellular of nitrogen metabolism and signaling. *Cell Biology of Metals and Nutrients Plant Cell Monographs* 17: 145-182.
- Vidigal, S.M.; Pereira, P.R.G.; Pacheco, D.D.; Facion, C.E. 2003. Acumulacao de materia fresca e seca pela cebolla. In: *Brasileiro de Olericultura*, 43. Resumos... Recife: SOB (CD-ROM).
- Vizzoto, V.J. 1984. Efeito do tamanho da muda e da época de transplante sobre a produção de bulbos comerciais de cebola (*Allium cepa* L.). Pelotas: UFPel. 57p. (Dissertação).

White, P.J. & Karley, A.J. (2010). Potassium. Cell Biology of Metals and Nutrients. Plant Cell Monographs 17: 199-224.

Yamaguchi, N. 1983. World Vegetables, Principles, production and Nutritive Values. AVI. Publising Co., Inc. Connecticut, USA Pag: 184-195.

Yáñez, R. J. 2002. Nutrición y regulación del crecimiento en hortalizas y frutales. En: Segundo Simposio Nacional de horticultura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. pp. 6-17.

### CITAS DE INTERNET

Compo (2015). Necesidades nutritivas. disponible en URL: <http://www.compo.es/compo/WebApp?Resource=IdealPortal.PageNode=38600937>.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. Época de Siembra de Cebolla. Porcentaje Mensual. Ciclo: Otoño Invierno. Modalidad: Riego + Temporal. [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Agricola/SiembrasCosecha/OtonoInvierno/Hortalizas/secoceboi.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Agricola/SiembrasCosecha/OtonoInvierno/Hortalizas/secoceboi.pdf)

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera SIAP. Época de Siembra de Cebolla. Porcentaje Mensual. Ciclo: Primavera Verano. Modalidad: Riego + Temporal. [http://www.campomexicano.gob.mx/portal\\_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Agricola/SiembrasCosecha/PrimaveraVerano/Hortalizas/secocebpv.pdf](http://www.campomexicano.gob.mx/portal_siap/Integracion/EstadisticaBasica/Agricola/SiembrasCosecha/PrimaveraVerano/Hortalizas/secocebpv.pdf).