

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Tipo de Formulación en la  
Producción de Zanahoria *Daucus carota* L

Por:

**MARVIN GUILLERMO VAZQUEZ VAZQUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Noviembre 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Capacidad de Extracción de Fertilizantes y Tipo de Formulación en la  
Producción de Zanahoria *Daucus carota* L

Por:

**MARVIN GUILLERMO VAZQUEZ VAZQUEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez  
Asesor Principal

  
Dr. Leobardo Bañuelos Herrera  
Coasesor

  
Dr. Alonso Méndez López  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.  
Noviembre 2019



## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Principalmente por estar siempre a mi lado y nunca dejarme solo en los momentos más difíciles de mi vida, por darme fuerza y valor para seguir adelante y así poder terminar esta etapa tan importante de mi vida a pesar de todas las dificultades, por haberme dado la vida y la salud. Por haberme concedido la dicha de tener a la familia más maravillosa, por seguir cuidándolos día con día. Por todo lo que me has concedido estaré agradecido infinitamente el resto de mi vida.

### **A mi Alma Terra Mater**

Por haberme concedido la oportunidad de ser un buitre más de esta gloriosa universidad, por haberme formado profesionalmente, por todos los conocimientos que me brindo dentro de las aulas, laboratorios y en campo. Por ser mi hogar a lo largo de estos años, por todas las amistades que aquí encontré las cuales muchos de ellos los considero mi segunda familia, a sus dormitorios, especialmente “Los Palomares” el cual recordare con mucho cariño y de igual manera a su comedor universitario.

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

Por todo su apoyo que me brindo en el proceso de este trabajo, por su tiempo, consejos y sugerencias las cuales fueron de mucha importancia, por su amabilidad con la me atendió en cada momento.

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

Por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo bajo su tutela, por sus consejos, tiempo y la confianza que me brindo a lo largo de este trabajo. Por todos los conocimientos aportados en clases y fuera de ellas, por su amistad la cual estimo mucho. Por hacer que vea la vida de otra manera con sus consejos, es una gran persona, amigo y excelente maestro, a quien admiro y respeto dentro y fuera de la universidad.

### **Al Dr. Alonso Méndez López**

Por el apoyo, consejos y disposición en las revisiones para poder culminar este trabajo de investigación.

### **A mis amigos**

Luis Alfonzo Zavala, Jesús Tenorio, Oscar Ortega, Jorge Luis salas, Jairo Nahu Orduña, José Marcelino Rendón, Humberto Nava, Heber Daniel Velázquez, Adilene Castro, Arely Gutiérrez, Jhovani Jonael Gómez, Alberto Zamora, Juan Pineda, Jaime Vergara, José Gutiérrez, Francisco Salado, Juan Pablo Corrales, Yoseph Rodríguez, José Pedraza, Cesar Ventura, Ariel Méndez, por todos los buenos y malos momentos que pasamos, por las noches de estudio interminables, por su compañía, su amistad, su consejos, por todo eso y más los considero mi segunda familia.

### **A mis amigas**

Johana Vargas Zavala y Magaly Monserrat Maldonado Saucedo, por haberme brindado su amistad, su confianza y todo su cariño, por haber compartido momentos increíbles llenos de alegría y haber estado en los momentos más difíciles de esta etapa.

### **Con gran admiración y respeto para mis tíos.**

Mtra. Gladys Guadalupe Vazquez, Lisandro Vazquez, Ing. Gerardo Vazquez, Delma Vazquez, Cuauhtémoc Gómez, Elodia Vazquez por todo el apoyo que me brindaron desde el primer momento que decidí comenzar esta etapa de mi vida, por todos los consejos que cada uno de ellos me dieron y qué me ayudaron a ser una mejor ser persona, por todo su cariño y amor.

**A mis compañeros de cuarto**, Oscar Sosa, Aron Pérez, Francisco Estrella, Axel Chupín, por brindarme su amistad y los buenos momentos que pasamos durante mi estancia en el dormitorio.

**¡¡GRACIAS A TODOS USTEDES!!**

## *Dedicatoria.*

*A mi madre y hermano.*

*María Alicia Vazquez Hernández*

*Y*

*Erick Omar Vazquez Vazquez*

*Gracias por apoyar mi sueño desde el principio, por embarcarse conmigo en este maravilloso viaje, por ser los brillantes faros que me han guiado a lo largo de todo este tiempo, sin ustedes no sería lo que soy y no estaría donde estoy, por nunca dejarme solo y porque sé que jamás lo harán. Ustedes fueron mi motivo principal para iniciar esta carrera, mi vida es plena y feliz al tenerlos siempre a mi lado. Los amo.*

*A mi madre, por darme la vida, por ser la mujer más maravillosa del mundo, por nunca dejarme solo y siempre preocuparse por mí, por todo el amor incondicional que me ha brindado siempre, admiro tu fuerza y valor con las que fuiste capaz de levantarte y seguir adelante para poder darnos a tus hijos todo lo necesario. Por no solo ser mi madre, sino también por ser mi padre a lo largo de todos estos años y por eso este triunfo es tan tuyo como mío, no encuentro las palabras para poder agradecerte todo lo que me has dado en la vida y no me alcanzara la vida para poder pagarte todo lo que has hecho por mi mamá. “Te amo infinitamente con todo mi corazón”, lo logramos, si se pudo.*

*A mi hermano, por ser el mejor hermano del mundo, por siempre estar a mi lado apoyándome, por creer en mí y nunca dejarme solo, por todo el sacrificio que hiciste junto a mi mamá para que yo pudiera lograr este objetivo, por todos los consejos que me diste, por ser la persona que me ha guiado y junto con mamá haber sido mis padres, por todo tu cariño y amor que me has brindado desde siempre, toda la vida estaré agradecido contigo por todo lo que has hecho por mí.*

## *A mis abuelos*

*Bartolomé Vazquez Velázquez*

*Manuela Hernández Vazquez*

*Y*

*Ángel Vazquez Chaal*

*Romelia Gómez Velasco*

*Gracias a mis abuelos maternos tanto como paternos, ya que han sido una parte muy importante en mi vida, desde la infancia hasta esta etapa de mi vida, por siempre apoyarme en todo momento, a mis abuelas por haberme dado tanto cariño y amor desde pequeño, tratándome como uno más de sus hijos, a mis abuelos por inculcarme todos los valores en mi persona, por el cariño y amor que me han brindado. En especial le dedico este trabajo y logro a mi abuelo Bartolomé Vazquez Velázquez que fue mi ejemplo a seguir desde pequeño, por haberme inculcado los valores del campo, por haberme enseñado a trabajar la tierra, por haberme enseñado a amar y respetar la tierra y los alimentos que ella nos brinda, por todas esas mañanas y tardes de enseñanza, por todos sus consejos que junto con mi abuela me dieron siempre, gracias por nunca abandonarme y apoyarme económicamente en todo este tiempo. A mis abuelos paternos les agradezco todo el apoyo que me brindaron, por confiar y creer en mi al iniciar mis estudios, a pesar de todas las cosas y circunstancias por las que hemos pasado saben que los quiero y nunca dejare de hacerlo por el simple hecho de que son mi familia y han sido parte importante de mi vida siempre los voy a querer y eso nunca cambiará. Muchas gracias a los cuatro, los amo con él corazón.*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>RESUMEN</b> .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1. Objetivo general .....	3
1.2. Objetivo específico .....	4
1.3. Hipótesis .....	4
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	5
2.1. Origen .....	5
2.2. Importancia mundial .....	5
2.3. Importancia en México .....	6
2.4. Clasificación Taxonómica .....	7
2.5. Descripción Botánica .....	8
2.5.1. Raíz .....	8
2.5.2. Tallo .....	9
2.5.3. Hojas .....	9
2.5.4. Inflorescencia .....	10
2.5.5. Flores .....	10
2.5.6. Frutos y semillas .....	10
2.6. Requerimientos edafoclimáticos .....	11
2.6.1. Clima .....	11
2.6.2. Temperatura .....	11
2.6.3. Suelo .....	12
2.6.4. Luz .....	12
2.6.5. Humedad .....	12
2.6.6. Riego .....	13
2.7. Labores culturales .....	13
2.7.1. Preparación de suelo .....	13
2.7.2. Siembra .....	14
2.7.3. Densidad de siembra .....	14
2.7.4. Raleo .....	14
2.7.5. Escarda .....	15
2.7.6. Aporque .....	15
2.8. Requerimientos nutricionales .....	16
2.9. Principios básicos de la fertilización .....	16
2.10. Antecedentes del manejo de cultivos bajo condiciones de fertilización completa y capacidades de extracción .....	18
2.11. Transporte activo y pasivo de iones en la planta .....	22
2.11.1. Interacciones iónicas .....	22
2.12. Teorías de absorción .....	23
2.13. Fertirriego .....	24
2.13.1. Ventajas de la fertirrigación .....	24

2.14. Solución nutritiva .....	25
2.15. Clasificación de nutrientes en función de caracteres estructurales .....	25
2.16. Manejo de la fertilización en zanahoria .....	26
2.17. Importancia de los nutrientes en la zanahoria .....	27
2.18. Función de los elementos esenciales y síntomas de deficiencia .....	28
2.18.1 Carbono (C) .....	28
2.18.2. Oxígeno (O) .....	29
2.18.3. Hidrogeno (H) .....	29
2.18.4. Nitrógeno (N) .....	29
2.18.5. Fósforo (P) .....	30
2.18.6. Potasio (K) .....	30
2.18.7. Calcio (Ca) .....	31
2.18.8. Azufre (S) .....	31
2.18.9. Hierro (Fe) .....	32
2.18.10. Magnesio (Mg) .....	33
2.18.11. Boro (B) .....	33
2.18.12. Zinc (Zn) .....	34
2.18.13. Cobre (Cu) .....	34
2.18.14. Manganeso (Mn) .....	35
2.18.15. Molibdeno (Mo) .....	35
2.18.16. Cloro (Cl) .....	36
2.19. Plagas y enfermedades .....	37
2.19.1. Pulgones ( <i>Cavariella aegopodii</i> , <i>Aphis spp.</i> , <i>Myzus persicae</i> ) .....	37
2.19.2. Trips (Thysanoptera: Thripidae) .....	37
2.19.3. Mosca negra de la zanahoria ( <i>Psila rosae</i> ) (Diptera: Psilidae) .....	38
2.19.4. Mosquitas blancas ( <i>Bemisia tabacii</i> Gennadius y <i>Bemisia argentifolii</i> Gennadius (= <i>B. tabaci</i> , Biotipo B)) (Hemiptera: Aleyrodidae) .....	38
2.19.5. Gusano gris o cortador ( <i>Agrotis spp.</i> ) (Lepidoptera: Noctuidae) .....	39
2.19.6. Tizón de la hoja ( <i>Alternaria dauci</i> Kuehn) .....	39
2.19.7. Cenicilla ( <i>Erysiphe umbelliferarum</i> y <i>Leveillula taurica</i> ) ..	40
2.19.8. Tizon bacteriano de la hoja ( <i>Xanthomonas hortorum</i> pv <i>carotae</i> ) .....	40
2.19.9. Amarillamiento del Aster ( <i>Candidatus Phytoplasma asteris</i> ) .....	40
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	42
3.1. Sitio experimental .....	42
3.2. Características del sitio experimental .....	42
3.3. Suelo .....	42
3.4. Material genético .....	43

3.5. Preparación del terreno .....	43
3.6. Establecimiento de la parcela experimental .....	44
3.7. Siembra .....	44
3.8. Riego .....	44
3.9. Fertilización .....	44
3.10. Descripción de tratamientos .....	45
3.11. Preparación de soluciones nutritivas .....	45
3.12. Descripción de factores .....	47
3.13. Diseño del experimento .....	47
3.14. Modelo estadístico .....	47
3.15. Variables evaluadas y formas de medición .....	48
3.15.1. Diámetro de zanahoria (DZ) .....	48
3.15.2. Largo de zanahoria (LH) .....	48
3.15.3. Peso de zanahoria (PZ) .....	48
3.15.4. Largo de hoja (LH) .....	48
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>49</b>
4.1. Diámetro de zanahoria (DZ) .....	49
4.2. Largo de zanahoria (LZ) .....	52
4.3. Peso de zanahoria (PZ) .....	55
4.4. Largo de hoja (LH) .....	59
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>63</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>64</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

No. Cuadro		Página
2.3.1.	Avance de siembras y cosechas del cultivo de zanahoria, resumen nacional por estado del año 2018.	7
2.9.1.	Leyes que rigen la fertilización .....	17
2.17.1.	Niveles normales del análisis foliar en hojas de zanahoria .....	28
3.3.1.	Resultados de análisis de fertilidad de suelo del experimento .....	43
3.10.1.	Descripción de tratamientos aplicados en el cultivo de zanahoria, originados por la combinación de los factores A (Tipo de solución) y B (Capacidad de extracción) .....	45
3.11.1.	Cantidad de fertilizantes aplicados por unidad experimental, correspondiente a los tratamientos de una solución nutritiva con influencia vegetativa .....	46
3.11.2.	Cantidad de fertilizantes aplicados por unidad experimental, correspondiente a los tratamientos de una solución nutritiva con influencia reproductiva .....	46
4.1.	Cuadros medios y significancias para las variables evaluadas de acuerdo con sus factores .....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

No. Figura		Página
2.2.1.	Producción mundial de toneladas de zanahoria.....	6
4.1.1.	Respuesta al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable diámetro de zanahoria (DZ)..	51
4.1.2.	Respuesta al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable diámetro de zanahoria (DZ).....	51
4.1.3.	Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable diámetro de zanahoria (DZ).....	52
4.2.1.	Respuesta al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable largo de zanahoria (LZ).....	53
4.2.2.	Respuesta al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable largo de zanahoria (LZ).....	54
4.2.3.	Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable largo de zanahoria (LZ).....	55
4.3.1.	Respuesta al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable peso de zanahoria (PZ).....	56
4.3.2.	Respuesta al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable peso de zanahoria (PZ).....	58
4.3.3.	Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable peso de zanahoria (PZ).....	59
4.4.1.	Respuesta de la zanahoria al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable largo de hoja (LH)..	60

4.4.2.	Respuesta de la zanahoria al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable largo de hoja (LH).....	61
4.4.3	Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable largo de hojas en el cultivo de zanahoria (LH)..	62

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en la Col. Buenavista, en Saltillo, Coahuila, durante el periodo octubre de 2017 a mayo de 2018. El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la fertilización completa con diferentes niveles de capacidad de extracción en la producción de zanahoria y encontrar una dosis de baja extracción que favorezca la producción. El cultivo fue establecido bajo condiciones de campo abierto y riego por goteo con cintilla y los emisores a 4 pulgadas. Los tratamientos fueron evaluados en la etapa fenológica de cosecha y se consideró que las condiciones prevalecientes eran homogéneas en el cultivo, por lo que se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial, A x B (2x4), donde se obtuvieron 8 tratamientos con 3 repeticiones y un total de 24 unidades experimentales, la unidad experimental constó de una parcela de 3 m lineales. Factor A corresponde al tipo de solución nutritiva (A1= solución nutritiva con influencia vegetativa y A2= solución nutritiva con influencia reproductiva). El factor B corresponde a la capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año (B1= 250 Kg/Ha/año, B2= 500 Kg/Ha/año, B3= 1000 Kg/Ha/año y B4= 2000 Kg/Ha/año), la combinación de factores dio como resultado a ocho tratamientos (T1= fórmula vegetativa y 250 Kg/Ha/año, T2= fórmula vegetativa y 500 Kg/Ha/año, T3= fórmula vegetativa y 1000 Kg/Ha/año, T4= fórmula vegetativa y 2000 Kg/Ha/año, T5= fórmula reproductiva y 250 Kg/Ha/año, T6= fórmula reproductiva y 500 Kg/Ha/año, T7= fórmula reproductiva y 1000 Kg/Ha/año, T8= fórmula reproductiva y 2000 Kg/Ha/año). Las variables evaluadas fueron: diámetro de zanahoria (DZ), largo de zanahoria (LZ), peso de zanahoria (PZ) y largo de hoja (LH). Los resultados para la variable diámetro de zanahoria (DZ), para el factor A, no se encontró una respuesta estadística significativa, para el factor B, utilizando una dosis de 2000 kg/Ha/año de fertilizante de tipo reproductiva se tuvo el mejor resultado. Para la variable largo de zanahoria (LZ), el factor A, no presentó una respuesta estadística significativa, no obstante, la solución A2 tuvo un aumento de 4.4%, para el factor B, utilizando una dosis de 2000 kg/Ha/año de fertilizante de tipo reproductiva fue la que tuvo el mejor resultado. Para la variable peso de zanahoria (PZ), el factor A, presentó una respuesta estadística no significativa sin embargo la solución A2 tuvo un aumento de 11.5 %, para el factor B, utilizando una dosis de 2000 kg/Ha/año de fertilizante de tipo reproductiva tuvo el mejor resultado. Para la variable largo de hoja (LH), el factor A, no se encontró una respuesta estadística significativa, pero tuvo un aumento de 1.7 %, para el factor B, utilizando una dosis de 2000 kg/Ha/año de fertilizante de tipo vegetativa tuvo el mejor resultado.

**PALABRAS CLAVE:** Zanahoria, fertilización, efecto, producción, tipo de solución, capacidad de extracción, vegetativa, reproductiva, dosis.

## I. INTRODUCCIÓN

La zanahoria es una de las hortalizas que se caracterizan por un alto contenido vitamínico, ya que tiene niveles altos de vitaminas y minerales tal como provitamina A, vitaminas del grupo B (B3), vitamina E y también contenido de  $\beta$ -caroteno (Tirador, 2011).

La parte comestible de esta hortaliza es su raíz, se caracteriza por su color naranja y su forma cilíndrica, se puede consumir rayadas o en rodajas principalmente en ensaladas, en diversos jugos o bien se puede cocinar o industrializar.

Uno de sus principales usos es como alimento para bebés, pero de igual manera se puede consumir en productos de segunda hasta quinta gama de productos procesados (Mazzei, 1995).

La zanahoria debe cumplir diversos factores para que se considere de buena calidad tales como firmeza, color, olor, tamaño uniforme, lizas, sin lesiones, sin grietas ni podredumbres y sin hojas (López Camelo, 2011).

A nivel mundial en el año 2017 se registró una producción de 42,831,958 t de zanahoria (FAO, 2017), entre los principales países productores está en primer lugar China con una producción de 20,274,393 t, en segundo lugar, Uzbekistán con una producción de 2,249,733 t, seguido por la Federación de Rusia con 1,805,787 t, Estados Unidos con 1,540,280 t y reino unido 957,036 t.

En México se tiene una producción alrededor de 334 mil toneladas de zanahoria anualmente y una producción media de 29.982 t/Ha por lo que la coloca en la lista de los 20 principales cultivos dentro del país.

A nivel nacional según el SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) en 2018, los estados con mayor producción son Puebla que se ubica en primer lugar con una producción de 83,076 t, seguido de Guanajuato con 75,094 t, Zacatecas con 60,268 t, el estado de México con 27,589 t y Querétaro con 21,112 t.

En nuestro país se ha observado un gran crecimiento desde 1975 en el cultivo de zanahoria, hasta tal grado que se ha incrementado las áreas sembradas. De igual manera se incrementado las exportaciones sobre todo el mercado norteamericano (Claridades Agropecuarias, 2000).

El cultivo de zanahoria se explota en diversos sistemas de producción, en riego rodado, aspersión y por goteo. Comúnmente en el riego rodado la fertilización se realiza con fertilizantes granulados aplicándolos a la base del cultivo y conforme avanza el ciclo se hace aplicaciones a las escardas.

En la actualidad se sabe de las facilidades y ventajas que aporta la fertiirrigación en los cultivos, la cual permite la aplicación más precisa y oportuna de los fertilizantes a través del riego principalmente de los microelementos ya que estos se requieren en cantidades menores y estos favorecen en gran cantidad a las plantas.

En el cultivo de zanahoria se tiene un bajo uso de fertilizantes tanto en México como en algunas partes del mundo, esto se debe a que aún existe la creencia de que el cultivo no responde a la fertilización (Westerveld, *et al.*, 2007).

Según Bertsch (2005) la curva de acumulación nutrimental es el método más eficaz para determinar la demanda de nutrientes de un cultivo y decidir la dosis de fertilización y el momento de la aplicación.

En México los estudios de curvas de acumulación nutrimental no se han llevado a cabo en el cultivo de zanahoria, es por esto por lo que no se tiene datos de la cantidad adecuada de fertilización, por lo que generalmente se ha utilizado información de otros países, aun que podrían limitarse por haberse obtenido con cultivares diferente de los que se usan en México (Hart y Butler, 2004; Chen, *et al.*, 2004).

Los productores de zanahoria en México desconocen el uso adecuado y la función de los fertilizantes y la utilización de análisis de suelo. El uso de riegos rodados desfavorece la aplicación de fertilizantes ya que en la mayoría de las veces los fertilizantes se pierden al momento del riego siendo una mínima parte la que la planta logra absorber. En el uso de análisis de suelo el productor podría determinar y en su caso reducir la cantidad de fertilizantes que aplicaría dependiendo de los elementos disponibles en el suelo.

Es necesario precisar la información del uso de los fertilizantes y buen balance nutricional en el cultivo de zanahoria, para así poder difundirlas a los productores y estos puedan implementarlos con éxito, teniendo beneficios en alto rendimiento, mejor calidad y disminución de costos de producción.

### **1.1. Objetivo general.**

Evaluar el efecto de una fertilización completa con diferentes niveles de capacidad de extracción en la producción del cultivo de zanahoria *Daucus carota* L. Var. Nantes bajo el manejo de soluciones hidropónicas.

## **1.2. Objetivo específico.**

Encontrar una dosis baja de extracción de nutrientes donde se pueda disminuir el uso de fertilizantes y que no afecte la producción.

## **1.3. Hipótesis.**

La aplicación de fertilización completa con dosis bajas de extracción de nutrientes no afectara la calidad en la producción de zanahoria.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen.

La zanahoria se deriva de las formas silvestres originarias del centro de Asia, África y el Mediterráneo. Se señalan a Afganistán como el origen exacto. Su uso como alimento surge a partir del siglo XVI. Antes de este momento se empleaba únicamente para tratar enfermedades.

Se tiene registros de que la zanahoria ha sido cultivada hace más de 3,000 años en Asia, las primeras zanahorias eran de color blanco, violetas y amarillas por la presencia de un pigmento llamado antocianina.

El color naranja en las zanahorias se comenzó a ver en los países bajos durante el siglo XVII. Pertenece a la familia de las umbelíferas y es la más importante y de mayor consumo de dicha familia (López, 1994).

El termino castellano “zanahoria” es de origen árabe de la palabra “Isfannariya”, ya que fueron los árabes los que la introdujeron a España. El nombre *Daucus* es generada del griego “dukos” que quiere decir “yo irrito, enciendo” (Rubastzky, *et al.*, 1999).

### 2.2. Importancia mundial.

La zanahoria es cultivada en diferentes partes del mundo y cuenta con una gran cantidad de variedades que se adaptan a los diferentes climas de las regiones del mundo.

Según la FAO (2017), a nivel mundial se tuvo una producción de 42,831,958 toneladas, producidas en 1,147,155 hectáreas, las principales regiones productoras del mundo son Asia con una aportación del 64.4%, seguido de Europa con 21.5%, América con 8.5%, África con 4.8% y Oceanía con el 0.9%.

Los diez principales países productores a nivel mundial son China, Uzbekistán, Federación de Rusia, Estados Unidos, Reino Unido, Ucrania, Polonia, Alemania, Turquía y Japón, (Figura 2.2.1).

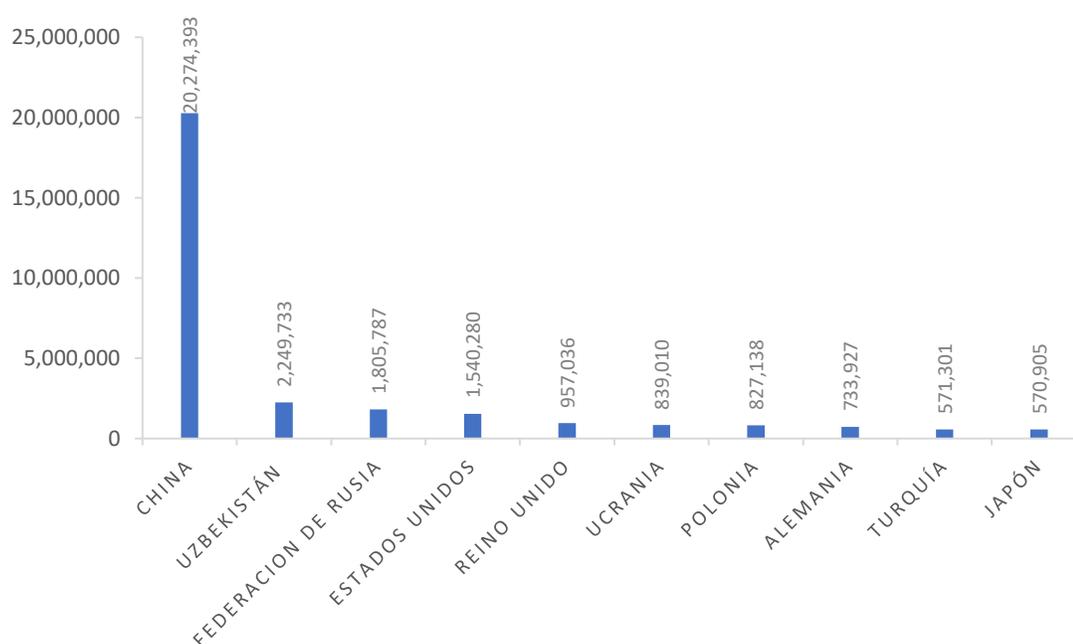


Figura 2.2.1. **Producción mundial de toneladas de zanahoria (FAO, 2017).**

### 2.3. Importancia en México.

A nivel nacional en 21 estados en el año 2018 se registró una superficie sembrada de 11,192 Ha, de las cuales se reportaron 308 hectáreas siniestradas y 10,884 Ha cosechadas, obteniéndose una producción de 326,330 toneladas y un rendimiento de 29.982 t/Ha, (SIAP, 2018).

Los principales estados de mayor producción son Puebla, Guanajuato, Zacatecas, Estado de México, Querétaro, Tlaxcala y Aguascalientes. En cuanto

a rendimiento de t/Ha los principales estados son: Nuevo León con 41.000 t/Ha, Zacatecas con 35.084 t/Ha, Aguascalientes con 34.877 t/Ha, Veracruz con 34.084 t/Ha y Guanajuato en quinto lugar con un rendimiento de 29.742 t/Ha, (Cuadro 2.3.1).

**Cuadro 2.3.1 Avance de siembras y cosechas del cultivo de zanahoria, resumen nacional por estado del año 2018.**

<b>Estado</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción obtenida (t)</b>	<b>Rendimiento obtenido (t/ha)</b>
Aguascalientes	305	305	10,637	34.877
Baja California	198	175	3,417	19.525
Baja California sur	13	13	198	14.917
Coahuila	30	30	700	23.320
Chihuahua	0	0	6	12.100
Ciudad de México	98	98	1,658	16.913
Durango	5	5	60	12.561
Estado de México	1,003	859	27,589	32.009
Guanajuato	2,531	2,525	75,094	29.742
Jalisco	142	142	3,818	26.889
Michoacán	267	236	3,964	16.781
Nuevo León	50	50	2,050	41.000
Puebla	2,959	2,959	83,076	28.073
Querétaro	654	644	21,112	32.783
San Luis Potosí	25	24	296	12.326
Sinaloa	26	26	695	26.731
Sonora	188	188	4,815	25.612
Tamaulipas	120	120	3,240	27.000
Tlaxcala	566	566	16,821	29.720
Veracruz	200	200	6,817	34.084
Zacatecas	1,812	1,718	60,268	35.084
<b>Total</b>	<b>11,192</b>	<b>10,884</b>	<b>326,330</b>	<b>29.982</b>

**Fuente:** Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP, 2018).

#### **2.4. Clasificación Taxonómica.**

Las zanahorias comúnmente son plantas herbáceas bianuales o anuales, según sea para obtener raíces en el primer año o para obtener semillas en el segundo año de su ciclo vegetativo.

El género *Daucus* al cual pertenece la zanahoria incluye alrededor de 60 especies de las cuales muy pocas son cultivadas.

Información taxonómica según Kew Royal Botanic Gardens (KRBG, 2019).

**Reino:** Plantae

**División:** Magnoliophyta

**Subclase:** Magnoliidae

**Superorden:** Asteranae

**Orden:** Apiales

**Familia:** Apiaceae o umbelífera

**Género:** *Daucus*

**Especie:** *Daucus carota* L.

## 2.5 Descripción Botánica.

Según Yamaguchi (1983), desde el punto de vista botánico considera a la zanahoria como una planta dicotiledónea herbácea.

Se considera comestible solamente la parte superior de la raíz donde se acumulan los nutrientes. Existen dos tipos bianual y anual, el más común es el bianual que produce el follaje y la raíz engrosada en el primer ciclo y luego de un periodo genera los órganos reproductivos durante un segundo ciclo (Morales, 1995).

### 2.5.1. Raíz.

La zanahoria es de raíz napiforme gruesa de 12 a 15 cm de largo con un diámetro de 2 a 6 cm, de color y forma variables, dependiendo de la variedad. La función principal es de almacenar nutrientes y agua, y tiene numerosas raíces

secundarias que funcionan como órganos de absorción. Anatómicamente están compuestas por el floema (en la parte más externa) y el xilema o corazón en la parte central, (Tiscornia, 1976).

Gaviola (2013), describe la raíz de la zanahoria de forma cilíndrica y en ocasiones redondeadas, con un diámetro desde 1 a 2 cm en la parte superior en algunas variedades hasta 10 cm en otras, el largo se extiende entre 5 y 50 cm se considera de alta calidad aquellas zanahorias que poseen mayor contenido de floema que xilema, es decir que tiene un corazón pequeño, ya que el floema tiene mayor capacidad para acumular azúcares y carotenos.

### **2.5.2. Tallo.**

El tallo es rudimentario y alcanza una longitud de 1 a 2.5 cm, sin embargo, el tallo floral llega a medir hasta 1 m de altura (Guenkov, 1983).

Durante la etapa vegetativa se encuentra sumamente comprimido al ras de suelo, por lo tanto, sus entrenudos no son visibles. En los nudos se encuentran las yemas que dan origen a la roseta de las hojas. Una vez que comienza la etapa reproductiva, los entrenudos del tallo se alargan y en su ápice se desarrolla la inflorescencia primaria. El tallo y las ramas son ásperos y pubescentes (Gaviola, 2013).

### **2.5.3. Hojas.**

La primera hoja verdadera emerge 1 o 2 semanas después de la germinación. Las hojas son pubescentes, 2-3 pinnatisectas, con segmentos lobulados o pinnatífidos. Los peciolo son largos, expandidos en la base (Gaviola, 2013). Las hojas son compuestas de segmentos dentados y lobulados con peciolo largos.

#### **2.5.4. Inflorescencia.**

La inflorescencia está formada por umbelas compuestas que aparecen en posición terminal. Cada planta tiene una umbela central, primaria o de primer orden que corresponde al tallo principal. Las sucesivas ramificaciones del tallo producen umbelas de segundo, tercer y hasta séptimo orden. Una umbela primaria grande puede tener hasta 50 umbélulas, y cada umbélula contener hasta 50 flores (Gaviola, 2013).

#### **2.5.5. Flores.**

Las flores de la zanahoria son hermafroditas, pequeñas, blancas o blancas con tonalidades verdes y purpuras. Cada una tienen cinco sépalos verdes, cinco pétalos, 5 estambres y un ovario bilocular con dos estilos. En el desarrollo de cada flor los estambres maduran antes que el estigma, la floración de cada umbela dura entre 7 y 10 días, y la diferencia en floración entre ordenes de umbelas es de 7 días, esto significa que la floración de una planta abarca entre 30 y 50 días (Gaviola, 2013).

#### **2.5.6. Fruto y semillas.**

En cuanto a las características del fruto son esquizocarpos, compuestos de 2 mericarpos, son pequeños secos e indehiscentes, cada fruto individual tiene una semilla (Musser, *et al.*, 1957). El fruto es un diaquenio en forma de umbela y las semillas son pequeñas (3 mm), elípticas y de color café según Valadez (1989), el peso de cada semilla varía entre 0.8 y 3 g cada 1000 semillas.

## **2.6. Requerimientos edafoclimáticos.**

### **2.6.1. Clima.**

El cultivo de zanahoria se desarrolla bien en un clima templado a frío, con una altitud de 1,800 a 2,500 m.s.n.m (Tiscornia, 1976).

Las zanahorias bianuales son usadas principalmente en las zonas con climas templados o fríos en las estaciones de otoño-invierno. Las zanahorias anuales son sembradas en zonas con climas subtropicales y en estaciones de primavera o verano en zonas templadas, (Gaviola, 2013).

### **2.6.2. Temperatura.**

La temperatura óptima de crecimiento es de 15°C a 21°C, siendo la temperatura mínima de 9°C para garantizar una buena producción. Roque (2015), menciona que la temperatura óptima de crecimiento es de 15 a 18°C y una mínima de 8°C, y temperaturas máximas de 28°C, temperaturas más elevadas de la indicada pueden provocar una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz y la pérdida de coloración, la temperatura para la germinación va de 15 a 20°C, y soporta temperaturas críticas de -3°C llegando a perder la parte aérea y de hasta -5°C causando daños en las raíces.

Por otro lado, Pérez y Figueredo (2009), citan que la temperatura óptima de crecimiento está comprendida entre los 16 y 18°C, y la temperatura óptima para germinación de 18 a 25°C y este proceso puede durar de 10 a 12 días, de igual manera consideran favorable para el crecimiento de la raíz carnosa temperaturas entre 20 a 22°C.

Mientras que Gaviola (2013), cita que temperaturas diurnas entre 15 y 21°C y noches frescas (7°C) son favorables tanto para el crecimiento de follaje, raíces, buen desarrollo de la forma, sabor (mayor acumulación de azúcares) y color (por un mayor contenido de caroteno), mientras que para una germinación

rápida necesita de temperaturas entre 20 y 30°C, con temperaturas por debajo de 10°C puede inducir la floración en plantas que tienen siete o más hojas.

### **2.6.3. Suelo.**

Lardizabal y Theodoracopoulos (2007), mencionan que la zanahoria crece bien en los suelos francos y franco-arenosos, profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados y aireados, mientras que suelos muy pesados dan como resultado un crecimiento desuniforme y con riesgos de pudrición por acumulación de agua, con la consecuente pérdida de calidad.

El suelo debe tener un pH que oscile entre 6.0 y 7.5, la planta requiere de suelos ligeros y profundos con buen drenaje, para favorecer el engrosamiento y la intensidad del color (ICAMEX, 2019).

### **2.6.4. Luz.**

Roque (2015), describe a la zanahoria como un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo, requiere una buena iluminación la cual se modifica dependiendo de la densidad de siembra y el número de raleos.

### **2.6.5. Humedad.**

Una humedad adecuada y constante es muy importante en las camas de siembra para obtener una buena germinación y emergencia de las plántulas. Humedad excesiva del suelo durante el crecimiento disminuye el color, largo y la forma de la raíz. Las rajaduras de raíces se incrementan cuando hay bruscos cambios de humedad, sobre todo cerca del periodo de cosecha, esto se produce cuando se suministra abundante agua después de un periodo de sequía (Gaviola, 2013).

### **2.6.6. Riego.**

Según Madrigal (2003), la frecuencia de riego varía, dependiendo de la época del año en el que se haya sembrado, al igual que de la textura del suelo. Sin embargo, a nivel nacional se dan un promedio de 6 a 10 riegos, cuidando que no se abata significativamente la humedad del suelo.

Mientras que Pérez y Figueredo (2009), mencionan que los riegos durante el primer periodo del cultivo son con mayor frecuencia, y conforme adquiere mayor desarrollo estas se van distanciando. Para lograr rendimientos superiores a las 18 t/Ha se deben aplicar de 80 a 100 m<sup>3</sup>/Ha cada 1 o 2 días en la primera fase del cultivo, 120 a 150 m<sup>3</sup>/Ha cada 3 o 4 días en la segunda fase del cultivo y 170 a 200 m<sup>3</sup>/Ha en la tercera fase, lo que equivale un total de 2800 a 3000 m<sup>3</sup>/Ha durante todo el ciclo del cultivo.

## **2.7. Labores culturales.**

### **2.7.1. Preparación de suelo.**

La preparación de suelo debe de consistir en un paso de arado profundo (subsuelo donde lo requiera), dando los pases de rastra que sean necesarios, todo esto con una humedad adecuada para lograr una buena estructura que permita el fácil crecimiento de la raíz de la zanahoria.

La preparación del terreno tiene varias etapas, que incluyen la incorporación de rastrojo, la descompactación del suelo, la nivelación del suelo para mejorar la eficiencia del riego y la incorporación de fertilizantes, (Gaviola, 2013).

El suelo del terreno debe estar perfectamente mullido en una determinada profundidad, mayor en variedades semilargas, pudiéndose dar en primer lugar una labor profunda, en la que se incorpora el abono de fondo y la

continuación de labores superficiales como sean necesarias para dejar una tierra fina, mullida (Maroto, 1989). Se realizan surcos separados entre 0,20 a 0,30 m, según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar.

### **2.7.2. Siembra.**

Los cultivos de zanahoria se implementan por siembra directa, la que suele realizarse en líneas directamente sobre el suelo nivelado a la cual se le denomina siembra en plano, sin embargo, las siembras sobre bordos o camas permiten mejorar la uniformidad de la siembra y una subsecuente mejor uniformidad de la emergencia del crecimiento de las plantas (Gaviola, 2013).

Se recomienda la siembra directa en surcos a tierra venida, a doble hilera, manual o mecánicamente. En forma manual y cuando la superficie es pequeña se sugiere el uso de una botella con tapón perforado y sembrar la semilla a chorrillo a ambos lados del surco, procurando que no quede la siembra muy profunda. Posteriormente se tapa con el paso de una rastra ligera en el sentido de los surcos. En la siembra mecánica se usa una sembradora colocada a la barra porta implementos del tractor, como las Planet Jr (Martínez, 1990).

### **2.7.3. Densidad de siembra.**

Lardizabal y Theodoracopoulos (2007), recomiendan una densidad final de 400,000 a 540,000 plantas por hectarea. Mientras que Madrigal (2003), menciona que poblaciones de plantas de 800 y 950 mil plantas por hectarea son densidades muy altas, recomienda una cantidad de semilla ideal que va de 3.5 a 4.5 kg/Ha.

### **2.7.4. Raleo.**

El cultivo de zanahoria generalmente se le realiza un aclareo, con la finalidad de disminuir la competencia entre plantas y a su vez permitir el aumento

de tamaño de raíces, esta actividad se realiza cuando la planta tiene de 10 a 15 centímetros de altura y se recomienda dejar las plantas a una distancia de 3 a 5 cm, (Roque, 2015).

Por otro lado, Pérez y Figueredo (2009), recomienda dos raleos sucesivos en un intervalo de 10 días cuando las plantas tienen 2 o 3 hojas y una altura de 4 a 5 cm, dejando entre plantas una distancia de 5 cm.

#### **2.7.5. Escarda.**

La escarda es una de las prácticas más importantes en el manejo de las hortalizas de bulbo y raíz en especial cuando los suelos en los que se cultiva son pesados; la primera se le práctica a los 40 días de la siembra, (Barahona, 2003).

Martínez (1990), sugiere realizar dos escardas con el fin de aflojar el terreno y mantener libre de malezas, esta actividad se recomienda que se realice con azadon o através del empleo de herbicidas.

#### **2.7.6. Aporque.**

La función de esta labor es principalmente para proteger la raíz de daños físicos o por contacto excesivo ante el sol. Se debe realizar solo los aporques que sean necesarios (sobre todo en la etapa adulta) para evitar el verdeo en la corona u hombros de la parte comestible, (Valadez, 1996).

Carranza (2006), recomienda realizarla a los primeros 30 días despues de la siembra dependiendo del tipo de suelo, para evitar el verdeo de la planta por el contacto con los rayos del sol y se puede realizar semiautomáticamente o con maquinaria ya que consiste en arrimar la tierra a las plantas por los dos lados.

## **2.8. Requerimientos nutricionales.**

Los niveles de extracción de zanahoria son variables según en función de los rendimientos y de la variedad.

Por ejemplo, para alcanzar una producción de 59 t/Ha de raíces se requiere 191 kg/Ha de nitrógeno, 93 kg/Ha de  $P_2O_5$ , 431 kg/Ha de  $K_2O$ , 99 kg/Ha de  $CaO$ , 35 kg/Ha de  $MgO$ , además la zanahoria es una hortaliza que con frecuencia carece de boro es por esto por lo que se debe de incorporar Bórax en el abonado de fondo, así como en las pulverizaciones foliares con soluciones nutritivas de boro (Maroto, 2008).

## **2.9. Principios básicos de la fertilización.**

En la actualidad es necesario optimizar el uso de los medios de producción y proponer a los agricultores una fertilización que les permita maximizar los rendimientos de los cultivos y que a su vez puedan conservar la fertilidad del suelo, mejorando la rentabilidad de la actividad agraria y minimizando el impacto sobre el medio ambiente (Serrano y Sanchez, 2010).

Los fertilizantes representan uno de los descubrimientos más importantes de la química, pero si son mal utilizados pueden destruir la fertilidad natural del suelo, en el Cuadro 2.9.1 se menciona cuáles son las leyes científicas que deben regir la aplicación de los abonos minerales.

**Cuadro 2.9.1. Leyes que rigen la fertilización.**

<b>Leyes que rigen la fertilización</b>	<b>Descripción</b>
<b>Ley del Anticipo</b>	Los nutrientes a un suelo deben incorporarse con tiempo suficiente para que la planta los tenga disponible en el momento que los necesite; un nutriente debe aplicarse en la etapa fisiológica y condiciones climáticas en que más la aproveche la planta.
<b>Ley de la Restitución</b>	Es indispensable para mantener la fertilidad del suelo restituirle no solamente los elementos asimilables substraídos por las cosechas, los arrastrados por el viento y lixiviados por las lluvias y riego, sino también los que desaparecen como consecuencia de las aplicaciones excesivas de otros.
<b>Ley del Mínimo</b>	La insuficiencia de un elemento asimilable en el suelo reduce la eficiencia de los otros elementos y por consiguiente disminuye el crecimiento de las cosechas.
<b>Ley de los Aumentos Decrecientes</b>	Cuando se aportan al suelo dosis crecientes de un elemento fertilizante, a aumentos iguales corresponden aumentos cada vez menores de rendimiento a medida que la cosecha se acerca a su máximo. Esta ley completa la ley del mínimo pues, aunque haya un factor que este limitante al restituirlo se puede lograr aumentos en la cosecha, pero estos aumentos llegan hasta un punto en que los aumentos en el rendimiento no son proporcionales a las aplicaciones de fertilizantes.
<b>Ley del Máximo</b>	La cantidad de fertilizante a aplicar se puede aumentar siempre y cuando este aumento signifique un incremento en los rendimientos. Si se hace un aumento de aplicación sin lograr un aumento ni disminución de la cosecha, o en exceso que no hizo efecto se le conoce como consumo de lujo.
<b>Ley del equilibrio entre los nutrientes</b>	Todo desequilibrio de los elementos minerales asimilables que existen o aparecen en el suelo ya sea a causa de su origen o como consecuencia de las exportaciones por las cosechas o como respuesta a nuestros aportes de abono o por otra causa cualquiera, debe ser corregido por los aportes necesarios de elementos fertilizantes, de manera que se restablezca el equilibrio óptimo de los elementos del suelo.
<b>Ley de la prioridad de la calidad biológica</b>	La calidad biológica representa la suma de factores individuales en el producto cosechado estos factores son minerales, vitaminas, proteínas, etc. Por ello se considera que el equilibrio óptimo del suelo será aquel que produzca el mayor rendimiento con la mayor calidad biológica y comercial.

**Fuente:** Fertilidad de los suelos capítulo II (Agronomía 2012).

## **2.10. Antecedentes del manejo de cultivos bajo condiciones de fertilización completa y capacidades de extracción.**

Medina (2002), en su estudio de fertilización de nogal pecanero con aplicaciones de N, P, K, Zn y Mn, su objetivo fue demostrar que aumentando la concentración foliar y la reducción del índice de desbalance nutrimental (IDN) determinaría cual sería el mayor tratamiento de fertilización. Los resultados de los experimentos donde sobresalieron estadísticamente un tratamiento de fertilización, tuvo como resultado un incremento de la concentración foliar del nutrimento aplicado y se redujo el IDN en el cual coincide con el rendimiento mayor. Los estudios donde no sobresalió ningún tratamiento de fertilización, los resultados fueron opuestos.

Guerrero (2018), realizó un trabajo de investigación teniendo como objetivo determinar la capacidad de extracción de fertilizantes que diera como resultado un mayor rendimiento del cultivo de calabacita, manejando una nutrición completa balanceada y diferente densidad poblacional de plantas/Ha, bajo dos tipos de soluciones nutritivas (vegetativa y reproductiva). Con sus resultados obtenidos llegó a la conclusión que para lograr altos rendimientos de calabacitas con frutos de calidad, puede lograrse utilizando una solución nutritiva completa con influencia vegetativa y teniendo en cuenta una capacidad de extracción de fertilizantes no mayor de 500 kg/Ha/año y una distancia de 30 cm entre plantas.

Lora, *et al.*, (2008), evaluaron los efectos en la dosis variable de los micronutrientes Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo en el contenido de azúcares reductores y totales de tubérculos tamaño primera de papa criolla y el efecto de la calidad del fritado, como índice de calidad industrial. Las dosis evaluadas dentro de la investigación fueron: Fe (5-10-15 kg ha<sup>-1</sup>), Cu (8-16-24 kg ha<sup>-1</sup>), Mn (8-16-24 kg ha<sup>-1</sup>), Zn (5-10-15 kg ha<sup>-1</sup>), B (0.8-1.6-2.4 kg ha<sup>-1</sup>) y molibdato de sodio (1-2-3 kg ha<sup>-1</sup>). Para los elementos de nitrógeno, fósforo y potasio aplicaron 700 kg ha<sup>-1</sup> con cada uno de los micronutrientes bajo estudio. Los resultados obtenidos

determinaron que los niveles mas edecuados fueron 16-24 kg de Cu ha<sup>-1</sup>, 5-10 kg de Fe ha<sup>-1</sup>, 5 kg de Zn ha<sup>-1</sup> y 0.8 kg de B ha<sup>-1</sup> para poder lograr una buena calidad para la industria del fritado.

Jiménez (2019), en su investigación el objetivo principal fue determinar la capacidad de extracción de fertilizantes manejando una nutrición completa balanceada bajo dos tipos de solución nutritiva (vegetativa y reproductiva) que diera como resultado buenos rendimientos en el cultivo de calabacita. Las capacidades de extracción evaluadas fueron: 500, 750, 1000, 1250 y 1500 kg de fertilizante/Ha/año, mientras que las variables analizadas fueron: rendimiento total, producción por planta, frutos por planta, peso de fruto, diametro ecuatorial y diametro polar. Los resultados que obtuvo de acuerdo a las variables analizadas lo llevo a concluir que una capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año con influencia vegetativa es la mas apropiada para obtener mayores rendimientos y mejor calidad de frutos para el mercado en fresco.

Quintero (2008), evaluó la respuesta de la caña de azucar a las aplicaciones de algunos elementos menores, con los resultados obtenidos en su investigación concluyo que en las condiciones agroclimaticas en la que se llevo acabo la investigación, la caña de azucar extrae del suelo elementos menores en el siguiente orden: Fe>Mn>Zn>Cu. En cuanto al experimento realizado con la variedad MZC 74-275 en diferentes suelos, no encontro diferencias estadisticamente significativas en producción de caña ni en los contenidos de sacarosa, sin embargo recominada para correcciones de posibles deficiencias de micronutrimientos aplicar de 1 a 3 kg/Ha de B para suelos con contenidos menores a 0.4 ppm; 3 a 5 kg/Ha de Zn para suelos con contenidos menores a 1 ppm; 1 a 3 kg/Ha de Cu para suelos con contenidos menores a 1 ppm; 3 a 7.5 kg/Ha de Fe para suelos con contenidos menores a 40 ppm; para Mn entre 2.5 y 5 kg/Ha para suelos con menos de 20 ppm.

Tenorio (2019), realizo una investigación con el fin de determinar la capacidad de extracción de fertilizantes en el cultivo de cebollin, manejando una nutrición completa balanceada bajo la influencia de dos soluciones nutritivas (vegetativa y reproductiva) que le brindara como resultado una mayor calidad del cultivo. Las capacidades de extracción evaluadas fueron: 250, 500, 1000 y 2000 kg/Ha/año de fertilizante, las variables que se analizaron del cultivo fueron: diametro de bulbo, peso de bulbo, largo de hoja, numero de hoja y peso de hoja. Los resultados arrojados por las variables analizadas lo llevaron a tomar las siguientes conclusiones, 2000 kg/Ha/año de fertilizantes con influencia reproductiva es la mas adecuada para poder producir plantulas de cebolla de calidad, sin embargo los resultados del tratamiento de 250 kg/Ha/año no presento mucha diferencia con los obtenidos del tratamiento mas alto. Con lo que recomienda utilizar dosis bajas con el fin de evitar la contaminación de suelos por exceso de fertilizantes y a su vez ayudar a la economia del productor y esto sin afectar la calidad del cultivo.

Cruz (2008), evaluó el potencial de forrajero del pasto maralfalfa con diferentes niveles de fertilización, los niveles de fertilizantes estudiados fueron 60-90-120 kg/Ha de nitrogeno, 60-90-20 kg/Ha de fosforo y para el potasio utilizo una base estandar de 30 kg/Ha. Los resultados obtenidos le permitio determinar que de los trataminetos el mejor fue el de niveles 90-120-30 kg/Ha de N-P-K respectivamente sobresaliendo de los demas tratamientos con forme a las variables evaluadas ya que mejora la calidad y cantidad de forraje verde, sin embargo en su analisis economico el tratamiento 6 de niveles 60-120-30 kg/Ha de fertilizantes N-P-K respectivamente tubo el mayor indice de beneficio/costo.

Salas (2019), en su investigacion en el cultivo de acelga realizo evaluaciones de distintas capacidades de extracción de fertilizantes bajo influencia de dos tipos de solución nutritiva (vegetativa y reproductiva) completas balanceadas con el objetivo de determinar una capacidad de extracción que le brindara un mejor rendimiento del cultivo. Las capacidades de extracción

estudiadas fueron 250, 500, 1000, 2000 kg/Ha/año de fertilizante, el análisis de los resultados obtenidos lo llevaron a tomar la siguiente conclusión, para obtener buena calidad de producción la dosis que más sobresalio fue de 2000 kg/Ha/año de fertilizante, sin embargo en comparación con la dosis más baja que fue de 250 kg/Ha/año no hubo mucha diferencia, por lo que recomienda utilizar la dosis más baja con los que se puede obtener resultados similares a la dosis más alta, con el fin de apoyar la economía del productor y disminuir la contaminación de suelos.

Domínguez (2002), realizó un estudio de diez niveles de fertilización en el cultivo de remolacha, los niveles estudiados fueron: 186-156-135, 100-106-120, 140-206-180, 180-256-240, 220-306-300 kg/Ha de NPK y los mismos niveles con adiciones de 150 y 100 ppm de boro y molibdeno respectivamente. Evaluó los siguientes factores: rendimiento total, rendimiento comercial, porcentaje de segunda calidad, diámetro basal, días a cosecha, análisis foliar y análisis económico. El tratamiento que más sobresalio fue el de niveles de 140-206-180 kg/Ha de NPK con 150 ppm de boro y 100 ppm de molibdeno, presentando mayor rendimiento total, comercial, con menor porcentaje de raíces de segunda calidad y mayor diámetro basal, con lo que llegó a la conclusión de que aplicaciones foliares con boro y molibdeno aumentan la calidad de la remolacha.

Díaz (2002), evaluó diez niveles de fertilización en el cultivo de zanahoria var. Bangor F1 para determinar su efecto. Los tratamientos estudiados fueron: 195-190-125; 115-130-100, 155-190-150, 195-250-200 y 235-310-250 kg/Ha de NPK respectivamente, el resto de los tratamientos fueron las mismas dosis con la diferencia que se aplicaron 150 ppm de boro y 100 ppm de molibdeno de forma foliar. Analizó las siguientes variables, rendimiento, segunda calidad, diámetro y longitud de raíz, análisis foliar y económico. Los resultados que obtuvo al analizar cada variable no mostraron diferencia significativa, sin embargo, los tratamientos donde se aplicaron boro y molibdeno tuvieron un mayor rendimiento comercial y un rendimiento menor de segunda calidad, por lo que llegó a la conclusión de que aplicaciones de boro y molibdeno en la fertilización mejora la producción y la

calidad de la zanahoria var. Bangor F1 y recomienda un programa de fertilización con niveles de 155-190-150 de NPK para aumentar la producción y la calidad de las zanahorias.

### **2.11. Transporte activo y pasivo de iones en la planta.**

En el proceso pasivo, los iones se mueven de mayor a menor concentración o hacia una menor gradiente química o potencial de energía. En el caso del movimiento activo, los iones se mueven en contra de un gradiente de concentración y el movimiento del ion depende de una gradiente de electroquímica. En el transporte activo, los cationes son atraídos por un potencial electronegativo, mientras que los aniones son atraídos por un potencial electropositivo, (Salas, 2003).

Para los aniones, potenciales eléctricos negativos son indicadores de un transporte activo y valores positivos producen un transporte pasivo (Mengel y Kirkby, 1982). una vez que el nutrimento entra en la planta, su movilidad dependerá de la naturaleza del elemento, de las reacciones que el elemento produzca con otros compuestos y de la forma iónica en que se movilice.

#### **2.11.1. Interacciones iónicas.**

De acuerdo con Mengel y Kirkby (1982), la absorción catiónica es un proceso relativamente específico, dependiendo de la concentración de cationes de la solución y en algunos casos de la permeabilidad específica de la membrana celular a ciertas especies de cationes. De esta forma, el aumento del suministro en la solución nutritiva puede deprimir el contenido de otros cationes en tejido vegetal. Este tipo de interacción iónica es entendida como un proceso de inhibición competitiva, donde los iones compiten por un mismo sitio cargador. Estos mismos autores, indican que la aplicación de dosis crecientes de magnesio disminuye los tenores de calcio y sodio en plantas de girasol.

Otros ejemplos de efectos iónicos son citados por Malavolta, *et al.* (1989), como la inhibición competitiva entre potasio y el calcio en altas concentración o sinergismos entre potasio y calcio en bajas concentraciones y el antagonismo entre el cobre y el calcio.

## 2.12. Teorías de absorción.

La absorción de los elementos nutritivos requiere un gasto de energía y se obtiene del enlace de alta energía del trifosfato de adenosina (ATP) mediante la acción de la enzima ATPasa que es la que descompone el ATP. Según Vivancos (1997), existen dos teorías principales que explican la selectividad y la absorción contra gradientes de concentración o eléctricos:

- **Teoría del transportador:** esta es una molécula lipófila, generalmente un lípido, que puede difundirse con facilidad en la membrana que es activada por ATP, quedando enlazada con un grupo fosfato. El transportador activado recoge en la superficie externa un ion específico y lo conduce a la superficie interna donde una enzima fosfatasa deshace la unión con el fosfato liberando al tiempo el ion en el interior
- **Teoría de la impulsión de iones:** consiste en la expulsión a través de la membrana de protones (H<sup>+</sup>), transporte que se realiza con el consumo de energía liberado por el ATP mediante la acción de una enzima ATPasa, ligada a la superficie de la membrana. se transfieren dos protones (H<sup>+</sup>) por cada molécula de ATP. Con este proceso se genera un potencial eléctrico con una carga negativa muy superior en el interior, lo que permite la entrada de cationes, atraídos por esta carga negativa.

## **2.13. Fertirriego.**

Se define como la técnica de aplicación de fertilizantes a través del agua de irrigación. Es una práctica agrícola esencial en el manejo de los cultivos cuando se utiliza un sistema de riego localizado, siendo una de las maneras más eficientes y económicas de aplicar fertilizantes a las plantas. Con esta práctica se logra regar los cultivos con una solución nutritiva ya sea en forma continua o intermitente. El objetivo de esta técnica es aprovechar el flujo de agua en los sistemas de riego para utilizarla como vehículo, transportando los elementos nutritivos que necesita la planta, esto permite optimizar dos de los factores de mayor incidencia en la explotación agrícola, como lo son el agua y los nutrimentos (Molina, 2003).

### **2.13.1. Ventajas de la fertirrigación.**

La fertirrigación ofrece muchas ventajas en comparación con los métodos de aplicación convencional de fertilizantes, a continuación, se mencionan las ventajas según Molina (2003):

- a) Evita la compactación del suelo debido a que no es necesario usar maquinaria.
- b) Evita los daños al cultivo por el uso de maquinaria, como el rompimiento de ramas, poda de raíces, etc.
- c) Requiere menor uso de equipo de aplicación.
- d) Requiere menos mano de obra para la aplicación.
- e) Existe mayor regulación y monitoreo en el suministro de nutrimentos.
- f) Mejor distribución de nutrimentos en la zona radicular.
- g) Los elementos son aplicados en forma fraccionada siguiendo el patrón de crecimiento y absorción del cultivo.
- h) Se puede fertilizar aun cuando las condiciones del cultivo o suelo impidan el paso de equipo convencional.

#### **2.14. Solución nutritiva.**

Una solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrientes esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de hierro forman parte de la solución (Steiner, 1968). Para que la solución nutritiva tenga todos los nutrientes disponibles que contiene, debe de ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrientes puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

Según Lara (1999), los factores de una solución nutritiva que tienen mayor influencia son: la relación mutua entre aniones, la relación mutua entre cationes, la concentración de nutrientes (CE), la relación  $\text{NO}_3^- : \text{NH}_4^+$ , el pH, y la temperatura. Un inapropiado manejo de la solución nutritiva en cualquiera de estos factores o la interacción entre ellos afecta la nutrición de la planta y por ende el rendimiento y la calidad de los frutos.

#### **2.15. Clasificación de nutrientes en función de caracteres estructurales.**

Los elementos se pueden clasificar en función de caracteres estructurales, de los que dependen los tipos de enlaces en que intervienen y, en última instancia, al papel biológico que desempeñan. Pueden también clasificarse atendiendo a su concentración en la planta, criterio menos preciso por depender de la especie y/o variedad, de su ontogenia, y aún de las circunstancias ambientales en que se desarrolle.

De acuerdo con el criterio estructural de Mengel y Kirkby (1978), los nutrientes se clasifican en los siguientes cuatro grandes grupos:

- **Grupo 1:** C, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub> y S, que en forma general (excepto H<sub>2</sub>), se encuentran covalentemente ligados como integrantes fundamentales de la materia orgánica.
- **Grupo 2:** P y B, existen en formas de oxianiones, fosfato y borato.
- **Grupo 3:** Ca, Mg, K, Mn y Cl, presentes en forma iónica como reguladores osmóticos, aunque algunos pueden desempeñar funciones más específicas como integrantes de sistemas enzimáticos, generalmente en forma de complejos metal-proteína, más que de auténticos metaloenzimas.
- **Grupo 4:** Fe, Cu, Zn, Mn y Mo, son existentes como quelatos o metaloenzimas que participan en procesos de óxido-reducción o de otra naturaleza.

#### **2.16. Manejo de la fertilización en zanahoria.**

Para la mayoría de las condiciones de campo, el manejo de la fertilización recomendado consiste en una aplicación de 75 a 150 kg de N/Ha, 25 a 125 kg de P/Ha y de 0 a 175 kg de K/Ha. Estas cantidades son frecuentemente complementadas con un adicional de 75 a 150 kg/Ha de N dividido en dos o tres aplicaciones durante el crecimiento del cultivo. En varias pruebas los mejores resultados se obtuvieron con los niveles más bajos de estas recomendaciones. La incorporación de N antes de la siembra en suelos con altos contenidos de materia orgánica generalmente no es necesario, sin embargo, la presencia de N en suelos orgánicos y posiblemente altos niveles de mineralización no evitan el suministro suplemental de N (Gaviola, 2013).

Altos niveles de fertilización con N (336 kg/Ha) incrementan los contenidos de nitratos en las raíces, estos valores altos podrían ser dañinos para la salud.

## 2.17. Importancia de los nutrientes en la zanahoria.

La fertilización nitrogenada si bien puede mejorar los grados brix en el jugo de la zanahoria, tiene efectos un tanto inconsistentes cuando se analiza el rendimiento total. El nitrógeno también tiene efectos sobre la hoja, aumenta la succulencia junto al Mg, ambos contribuyen a la formación de clorofila que dan un color verde a las hojas. Si se tiene un nivel alto de nitrógeno las raíces son más succulentas y pueden presentar problemas de *Fusarium* sp. Sin embargo, un exceso de nitrógeno en las últimas etapas del cultivo puede conducir a un desarrollo excesivo y desequilibrado de las hojas respecto de la raíz, con la consecuente reducción de la calidad de la cosecha (Soto, 1981).

Soto (1981), menciona que aplicaciones de fósforo provoca un efecto en el aumento de la calidad y longitud de las raíces de la zanahoria. El fósforo tiene gran importancia para asegurar un buen desarrollo de la zanahoria y de una absorción equilibrada de los demás nutrientes. El aporte es esencial, sobre todo en el inicio del cultivo, evitando descuidar la aplicación durante el resto del ciclo del cultivo. La zanahoria responde muy bien a la fertilización de boro y zinc, cuando los suelos se encuentran en niveles bajos de estos elementos. Aplicaciones de hasta 40 kg/Ha de bórax y 20 kg/Ha de sulfato de zinc aumentan la calidad y rendimiento de la zanahoria.

La fertilización a base de potasio es indispensable para un buen balance hídrico y para la acumulación de grados brix, aunque el exceso puede provocar concentraciones bajas de calcio, ya que según León (1987), los contenidos elevados de potasio afectan la absorción y utilización de Ca. La aplicación de potasio es importante en cuanto a la calidad de la cosecha, además de influir en la resistencia a las condiciones ambientales adversas (heladas, sequías, plagas).

El calcio influye en la dureza de las paredes celulares, lo cual impide que las zanahorias puedan rajarse. El calcio es importante para un buen desarrollo de raíces e influye en la calidad de postcosecha de la zanahoria. La deficiencia

de calcio provoca su deterioro durante su almacenaje. Otro elemento importante para la zanahoria es el Mg se debe aportar siempre y cuando el agua y el suelo no contengan cantidades suficientes, la ausencia provoca una disminución de la capacidad fotosintética (plantas amarillas y de crecimiento lento).

En el Cuadro 2.17.1 se puede observar ejemplos del contenido normal de nutrientes en las hojas de zanahoria, obtenidos mediante un análisis foliar.

**Cuadro 2.17.1. Niveles normales del análisis foliar en hojas de zanahoria.**

<b>Elemento</b>	<b>Adecuado</b>
Nitrógeno	2.10 – 3.50 %
Fosforo	0.20 – 0.50 %
Potasio	2.70 – 4.00 %
Calcio	1.20 – 3.00 %
Magnesio	0.30 – 0.80 %
Hierro	50.00 – 300.00 ppm
Boro	30.00 – 100.00 ppm

(CAGDR, 2009).

## **2.18. Función de los elementos esenciales y síntomas de deficiencia.**

Los elementos esenciales para las plantas son aquellos que desempeñan funciones específicas y que no pueden ser reemplazados por otro elemento (Gaviola, 2013). Aun cuando las nuevas técnicas analíticas han indicado la existencia de nuevos elementos esenciales Salas (2003), sostiene que los elementos esenciales son 16, los cuales son el C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cl, B, Cu, Mn, Mo y Zn.

### **2.18.1. Carbono (C).**

Existen cantidades suficientes, ya que las plantas son capaces de asimilar bioxido de carbono de la atmosfera atravez de las hojas de los vegetales que utilizan en la fotosintesis solo carbon de CO<sub>2</sub> y liberan oxigeno que se reintegra en el aire, (Salas, 2003).

### **2.18.2. Oxígeno (O).**

Casi todo el oxígeno que utiliza las plantas para respirar y para su metabolismo, penetra por las hojas y proviene del agua, del suelo y del aire, (Salas, 2003).

### **2.18.3. Hidrógeno (H).**

Las plantas lo obtienen directamente del agua y otros compuestos, el bioxido de carbono e hidrogeno se convierten durante la fotosintesis en carbohidratos simples y luego se transforman en aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos, lípidos, (Salas, 2003).

### **2.18.4. Nitrógeno (N).**

Según Gaviola (2013), el nitrógeno esta involucrado en la síntesis de aminoácidos y proteínas, y es un componente de la clorofila. Mientras que Vivancos (1997), menciona que también es un constituyente de ácidos nucleicos, aminas, amidas y nucleoproteínas.

Los síntomas de deficiencias puede variar según la especie y el género, pero en general, los signos externos más característicos son una reducción en el crecimiento, debilitamiento generalizado de color verde, amarillamiento que comienza en las hojas inferiores más viejas y que por lo general avanza desde el ápice hacia la base, llegando a producir la muerte de tejidos y la caída de hojas (Salas, 2003).

El exceso de nitrógeno tiende a favorecer el crecimiento exagerado de las hojas, de los órganos de reserva y las semillas. Además, provoca efectos negativos en el ambiente, como lo son la contaminación con nitratos y la volatilización de óxido nítrico que interviene junto con los gases de efecto invernadero (Gaviola, 2013).

### **2.18.5. Fósforo (P).**

Estimula la pronta formación de las raíces y su crecimiento, les da un rápido y vigoroso inicio a las plantas, acelera la maduración, estimula la lozanía y ayuda a la formación de la semilla (German, 1988). Interviene en la formación de las nucleoproteínas y ácidos nucleicos y fosfolípidos. Tiene una importancia vital en la división celular, respiración, fotosíntesis, síntesis de azúcares, grasas y proteínas, en la acumulación de energía en los compuestos ATP y NADP en los fenómenos de fosforilación y en la regulación del pH de las células (sus ácidos y sales de “metal fuerte” forman soluciones Buffer que regulan el pH de las soluciones celulares (Rodríguez, 1989).

Las deficiencias de fósforo determinan un crecimiento lento del tallo, ramas cortas y maduración retardada. El rendimiento de raíces y semillas se reduce. Las hojas, tallos y pecíolos pueden desarrollar coloraciones rojizas o púrpuras, sin embargo se debe tener presente que la zanahoria desarrolla normalmente color morado en el margen de las hojas viejas (Gaviola, 2013).

El exceso rara vez se observa por las propiedades de fijación que tienen la mayoría de los suelos y que reduce su disponibilidad para las plantas.

### **2.18.6. Potasio (K).**

El potasio está implicado en el proceso de cierre y apertura de estomas, debido que al aumentar su concentración en las células genera que da como resultado un aumento en la presión osmótica, incrementando su turgencia y por ende produciendo la apertura de los estomas (Edwards, *et al.*, 1988). Por otro lado Rodríguez (1989), menciona que el potasio interviene en procesos fisiológicos como la síntesis de azúcar y almidón, traslado de azúcares y en la síntesis de proteínas (en las uniones peptídicas de las mismas).

La deficiencia conduce a la disminucion del rendimiento, con sintomas tipicos en las hojas, caracterizados por un moteado y manchado acompañado de un enrollamiento y quemado del borde de las hojas. Las hojas viejas desarrollan áreas bronceadas y grisáceas cerca de los margenes y areas cloroticas que pueden desarrollarse a lo largo de toda la hoja, tomando una apariencia de quemadas y despues se caen. Los peciolo de las hojas afectadas se caen y mueren. Los tallos tienden a ser debiles y el sistema radical se desarrolla pobremente (Gaviola, 2013).

Las plantas pueden absorber altas cantidades de potasio sin sufrir efectos negativos. Sin embargo cantidades elevadas de K en el suelo incrementan la salinidad del mismo ademas de provocar deficiencias de magnesio y en ocasiones de calcio por efecto antagonico (Gaviola, 2013).

#### **2.18.7. Calcio (Ca).**

El calcio unido al pectato es esencial para fortalecer las paredes celulares y de los tejidos de la planta. Esta función del calcio es claramente reflejada por la alta correlacion entre la capacidad de intercambio cationico de las paredes celulares y el contenido de calcio en los tejidos de la planta requerido para un optimo crecimineto (Konno, *et al.*, 1984).

La deficiencia de este elemento en zanahoria causa el colapso de los foliolos y de tejidos cercanos al punto de insercion del peciolo, los tejidos suculentos se secan o mueren. También puede ocurrir en las raíces el pardeamiento de la sección central y la muerte de la punta de la raíz (Gaviola, 2013).

#### **2.18.8. Azufre (S).**

Forma parte, entre otros compuestos, de los aminoacidos esenciales, cistina y metionina, de la coenzima A y de las vitaminas biotina y tiamida. Entre

las funciones principales del azufre esta la de formar enlaces bisulfuros (-S-S-) entre cadenas de polipeptidos, por la unión de grupos sulfhídricos (SH<sup>-</sup>). También puede formar enlaces covalentes entre cadenas diferentes o dentro de una misma cadena de polipéptido, aumentando de este modo la estabilidad de la estructura (Vivancos, 1997).

La deficiencia de azufre impide la formación adecuada de proteínas en las plantas, con lo que el desarrollo de la planta reduce significativamente. El follaje adquiere un color verde pálido que se extiende a toda la planta seguida de clorosis y marchitez (Vivancos, 1997). Además, la deficiencia de este elemento produce una acumulación de nitrato y de nitrógeno soluble en la planta (Karmorker, *et al.*, 1991).

#### **2.18.9. Hierro (Fe).**

El papel principal del hierro en la planta es su participación en procesos de óxido-reducción, especialmente en mitocondrias y cloroplastos. Estos contienen el 80% del hierro total de la planta, en forma de depósitos de fitoferritina, ferrosulfoproteínas. El hierro interviene también en sistemas enzimáticos no oxidoreductores en los que, generalmente actúan de elemento puente en el establecimiento del complejo enzimático, desempeña un papel fundamental en la biosíntesis de la clorofila, constituye un elemento clave en el proceso de fijación de N<sub>2</sub> en la simbiosis *Rhizobium*-leguminosa, formando parte del sistema enzimático de reducción de N<sub>2</sub> a NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Salas, 2003).

Los síntomas de deficiencia aparecen como un tipo de amarillamiento en área entre nervaduras de las hojas jóvenes, esto a causa que el hierro se desplaza de la raíz a los meristemos de crecimiento (Gaviola, 2013).

Se puede llegar a producir un exceso de hierro generalmente cuando en el suelo se dan condiciones reductoras, como en el caso de suelos inundados. En estos suelos, puede elevarse la concentración de hierro desde menos de una

ppm hasta 50-100 ppm. Los síntomas comienzan con la aparición de pequeñas manchas de color marrón en las hojas, que después se extienden a toda la planta (Vivancos, 1997).

#### **2.18.10. Magnesio (Mg).**

Como componente de la clorofila realiza un papel prioritario en la fotosíntesis. Sin embargo, una función importante de este elemento es la de actuar como complemento en todas las enzimas que activan el proceso de fosforilación mediante la formación de un enlace entre la estructura pirofosfato de ADP o ATP y la molécula de las enzimas. También desarrolla una actividad importante en los cloroplastos mediante el intercambio con el ion hidrógeno  $H^+$  en la asimilación de  $CO_2$  (Vivancos, 1997).

Los síntomas de deficiencia aparecen en primer lugar en las hojas viejas. Estas muestran amarillamiento progresivo entre las nervaduras, hasta generalizarse a toda la hoja. Aunque las características varían con las especies (Vivancos, 1997).

Altas concentraciones de magnesio en las hojas (>1.5% en peso seco) puede ser crítica en condiciones de estrés hídrico, ya que pueden inhibir la fosforilación y la fotosíntesis (Rao, *et al.*, 1987).

#### **2.18.11. Boro (B).**

Las funciones del boro en la planta no están bien aclaradas todavía. Por sus efectos, se deduce su influencia en la formación de los ácidos ribonucleicos (RNA) que son esenciales para el desarrollo de nuevos tejidos. Por otra parte, parece afectar al transporte de los productos de síntesis en los que es básico la sacarosa. Estos efectos podrían ser explicados si se comprueba la influencia del boro en la síntesis del uracil, componente esencial del RNA y compuesto

necesario para la formación de una coenzima determinante de la síntesis de sacarosa (Vivancos, 1997).

La deficiencia de boro ocasiona fisiológicamente una acumulación de nitrógeno soluble y azúcares. Los síntomas generales son detección del crecimiento y desarrollo, deformaciones en las hojas, enroscamiento, la planta presenta un aspecto “arrosetado” y muerte de los puntos meristemáticos (Rodríguez, 1989).

#### **2.18.12. Zinc (Zn).**

El zinc actúa principalmente como enlace en muchos sistemas enzimáticos, entre el enzima y el sustrato, de modo similar al manganeso y el magnesio. La primera enzima conocida, que fue activada específicamente por el zinc, fue la relacionada con la hidrólisis del anhídrido carbónico. Posteriormente, se han identificado numerosas enzimas. Entre ellas varias dehidrogenasas, así como varias peptidasas y proteinasas relacionadas con la síntesis y degradación de proteínas (Vivancos, 1997).

El síntoma más característico es la clorosis progresiva entre los nervios de las hojas jóvenes principalmente. Además se reduce el desarrollo de las hojas y del tallo, con frecuente arrosetado de los brotes (Vivancos, 1997).

El exceso de zinc presenta síntomas como reducción del crecimiento de raíz y desarrollo de las hojas seguido de clorosis.

#### **2.18.13. Cobre (Cu).**

La actividad principal del cobre se desarrolla en el campo de las enzimas: oxidasas del ácido ascórbico, polifenol, citocromo. También forma parte de la plastocianina contenida en los cloroplastos y que participa en la cadena de transferencia de electrones de fotosíntesis (Vivancos, 1997).

Los síntomas de deficiencia difieren mucho según el cultivo. Como características generales, presenta clorosis general, reducción de los entrenudos, deformación de las puntas y bordes de las hojas que se tuercen, los síntomas aparecen en las hojas nuevas de plantas jóvenes (Vivancos, 1997).

En los síntomas de exceso se produce una inhibición rápida del desarrollo de la raíz y se observa clorosis similar a la falta de hierro.

#### **2.18.14. Manganeso (Mn).**

El manganeso tiene una clara ubicación cloroplastica, donde desempeña un papel fundamental como integrante del complejo responsable de la lisis del agua, en el lado oxidante del fotosistema 2 de la cadena de transporte electrónico de la fotosíntesis (Salas, 2003).

Los síntomas de deficiencia son en general parecidos a los de la deficiencia de magnesio: clorosis que se inicia entre los nervios de las hojas que aparecen, en este caso en los brotes y hojas jóvenes. En otros casos puede observarse moteado de las hojas (Vivancos, 1997).

Los síntomas de exceso se manifiestan comunmente como manchas de color café en las hojas viejas, en otras especies se manifiesta con la pérdida de dominancia apical y la aparición de brotes laterales (Horst, 1988).

#### **2.18.15. Molibdeno (Mo).**

La principal actividad se manifiesta en la reducción de nitratos. Esta acción se desarrolla a través de la enzima nitrato reductasa de la que es componente el molibdeno. También participa por medio de la enzima nitrógenasa, en la reducción del nitrógeno atmosférico a la forma amoniacal, desempeñando un papel fundamental en la fijación de este elemento por las bacterias de *Rhizobium* y otros microorganismos (Vivancos, 1997).

La deficiencia de molibdeno presenta síntomas similares a los del nitrógeno, por su papel en la asimilación de este elemento. Generalmente los síntomas aparecen primero en las hojas bien desarrolladas y en las más viejas, aparecen frecuentemente, además de la clorosis típica, manchas necróticas (Vivancos, 1997).

El exceso de molibdeno se manifiesta como una malformación de las hojas y una coloración amarillenta dorada en los puntos de crecimiento y es conocida como molibdenosis.

#### **2.18.16. Cloro (Cl).**

No se conoce bien aún el papel fisiológico del cloro en la planta, pero esta bien establecida su especialidad. Parece tener una actividad ligada al proceso de fotosíntesis. Dada su gran movilidad parece comportarse como anión complementario del potasio y participar en el mantenimiento de la turgencia celular (Vivancos, 1997).

Mientras que Salas (2003), asegura que el cloro participa específicamente en el funcionamiento de la cadena de transporte electrolítico de la fotosíntesis, en el lado oxidante del fotosistema 2, a nivel del complejo responsable de la lisis del agua .

La deficiencia de cloro se manifiesta por la pérdida de turgencia o marchitamiento de las hojas, especialmente en el margen de las mismas. Gaviola (2013), menciona síntomas como detenimiento del crecimiento de las raíces, pardeamiento y clorosis de hojas.

Los síntomas de exceso son quemadura de ápice y bordes de la hoja, bronceado, amarillamiento progresivo y caída de las hojas.

## **2.19. Plagas y enfermedades.**

### **2.19.1. Pulgones (*Cavariella aegopodii*, *Aphis spp.*, *Myzus persicae*).**

Los áfidos se alimentan directamente del floema picando a través de la epidermis, por lo que presenta problemas en las hojas que toman un color amarillento. Los pulgones son vectores de enfermedades virósicas, lo que los hace doblemente peligrosos. Los pulgones del género *Pemphigus* fácilmente reconocibles por el revestimiento lanoso y blanco de su cuerpo.

Para su control químico se utilizan ingredientes activos como el Diazinon, Pymetrozine y Clorpirifos, también se utilizan métodos biológicos este consiste en la utilización de depredadores naturales como la *Coccinella septempunctata* o mariquita y *Chrysopa*.

### **2.19.2. Trips (Thysanoptera: Thripidae).**

La acción de estos insectos interesa más en los cultivos que son destinados a la producción de semillas. Estos insectos se encuentran en las hojas, se alimentan de las partes tiernas de la planta, aunque también se alimentan de polen es por esto por lo que se pueden localizar en las flores, la zanahoria es atacada por dos especies: *Thrips tabaci* Linderman y *Frankliniella occidentalis* Pergande. Los daños son consecuencia por su alimentación estos originan lesiones de coloración blanquecina-plateada, la planta toma en general una tonalidad cenicienta y si el ataque es severo se producen deformaciones (Gaviola, 2013).

Para el control químico se utilizan ingredientes activos como la zeta-cipermetrina y Dinotefuran, para el control biológico se utilizan adultos de *Orius insidiosus*, las ninfas y adultos de *Geocoris* sp, al igual que entomopatógenos que producen enfermedades como los hongos *Verticillium* sp y *Beauveria* sp.

### **2.19.3. Mosca negra de la zanahoria (*Psila rosae*) (Diptera: Psilidae).**

Las larvas son amarillas sin patas de hasta 10 mm de largo, el adulto es una mosca de color negro y delgada de 6 mm de largo con alas claras, cabeza y piernas amarillas y grandes ojos marrones rojizos. Los daños son causados por las larvas que se alimentan de la raíz, estos se introducen formando galerías de color marrón, las plantas a menudo mueren cuando son atacadas, las plantas más viejas son más resistentes al ataque de esta plaga (Ekman y Tesoriero, 2015).

El control se realiza mediante la desinfección del suelo y/o desinfección de la semilla.

### **2.19.4. Mosquitas blancas (*Bemisia tabacii* Gennadius y *Bemisia argentifolii* Gennadius (= *B. tabaci*, Biotipo B)) (Hemiptera: Aleyrodidae).**

Son insectos pequeños que miden aproximadamente 1 mm de largo, el cuerpo y las alas están cubiertas con una fina cera blanquecina polvorienta que es de un aspecto opaco. Colonizan en el envés de las hojas, los adultos y los huevos se encuentran comúnmente en la superficie inferior de las hojas más jóvenes y las etapas ninfales se localizan en hojas más viejas. Los daños en infestaciones ligeras a moderadas, las hojas no presentan síntomas distintivos como resultado de la alimentación de esta, sin embargo, cantidades grandes de miel excretada por las mosquitas blancas se depositan en las hojas, dando como resultado un aspecto brillante y pegajoso (UC, 2013).

Para el control químico se utilizan ingredientes activos como Piretrinas, Dinotefuran e Imidacloprid, para un control biológico se utilizan varias avispas parasitarias, entre ellas especies de los géneros *Encarsia formosa* *Eretmocerus eremicus*, de igual manera hongos entomopatógenos como el *Verticillium lacanii*.

### **2.19.5 Gusano gris o cortador (*Agrotis* spp.) (Lepidoptera: Noctuidae).**

Son larvas de lepidópteros que poseen la particularidad de alimentarse del cuello de las plantas y también de sus raíces, son de hábitos nocturnos, se alimentan de las hojas o ya sea cortan a ras del suelo las plantas jóvenes. Durante el día permanecen enterradas en el suelo a pocos centímetros de profundidad al pie de la planta adoptando la forma de una rosquilla (Gaviola, 2013).

Para el control químico se utilizan ingredientes activos como el Clorpirifos, Diazinon, Fonofos o Isofenfos, para el control biológico son utilizados hongos como *Beauveria*, *Nomuraea* y *Metarhizium*, también son utilizadas bacterias entomopatógenas como *Bacillus thuringiensis*.

### **2.19.6. Tizón de la hoja (*Alternaria dauci* Kuehn).**

Los síntomas aparecen como lesiones de forma irregular de color café oscuro a negro en las hojas y los peciolo, las manchas se rodean inicialmente por un margen amarillo y comienza en las hojas más viejas, las lesiones que se desarrollan en los peciolo pueden llegar a matar hojas enteras. Este patógeno puede sobrevivir en desechos de zanahorias, las esporas se dispersan con el aire y con las gotas de lluvia salpicando en el cultivo, para su crecimiento e infección requiere una temperatura optima de 28°C, algunas infecciones ocurren a temperaturas bajas de 14°C y tan altas de 35°C. Aunque el hongo sobrevive en los restos de la zanahoria que se quedan en la cosecha, al descomponerse estos residuos el hongo muere (UC, 2013).

Se recomienda tratamiento con fungicidas preventivos tales como Captan, Maneb, Mancozeb y Clortalonil, también se recomienda tratar las semillas con un baño de agua caliente a una temperatura de 50°C durante 25 minutos.

### **2.19.7. Cenicilla (*Erysiphe umbelliferarum* y *Leveillula taurica*).**

Los ataques son parecidos y se caracterizan por la formación y son caracterizados por la formación de un polvo blanquecino y sucio constituida por conidióforos y conidias. Esta enfermedad se favorece con temperaturas elevadas y ambientes secos, *Erysiphe* se puede presentar sobre los residuos de los cultivos o sobre las umbelíferas silvestres (Roque, 2015).

Para su control se utilizan ingredientes activos a base de Azufre, Cobre, Polioxina y Quinometionato.

### **2.19.8. Tizon bacteriano de la hoja (*Xanthomonas hortorum* pv *carotae*).**

Esta bacteria produce manchas cloróticas en las hojas luego se tornan necróticas, la infección se favorece cuando se presentan condiciones de humedad relativas más del 98% y temperaturas superiores a 25°C. La bacteria puede sobrevivir en los restos vegetales y se transmite por las semillas (Gaviola, 2013).

Para prevenir esta enfermedad se debe hacer rotaciones de cultivo de al menos tres años, la utilización de semillas libres de esta bacteria, en caso de detectarse la bacteria se puede tratar con un baño en agua a 50°C durante 20 minutos.

### **2.19.9. Amarillamiento del Aster (*Candidatus Phytoplasma asteris*).**

Este patógeno se puede presentar en más de 300 especies de 48 familias, entre las especies que destacan están la lechuga, endibia, escarola y apio. Las chicharritas son las transmisoras del fitoplasma, los principales síntomas se presentan en las hojas, como amarillamiento, bronceado y hojas en “escoba”, mientras que en la raíz se observa la proliferación de diversas raíces secundarias y necrosis interna. El fitoplasma se mantiene en plantas

ornamentales perennes y malezas, mientras que el vector pasa el invierno en verdeos invernales y cultivos de cereales, de ahí se dirige a otros cultivos por medio del viento (Gaviola, 2013).

Para prevenir este patógeno se debe eliminar las malezas o plantas ornamentales en invierno, es preferible no sembrar si hay cultivos cercanos infectados por el patógeno y establecer un programa de aplicación de insecticidas para disminuir la población de chicharritas.

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

#### **3.1. Sitio experimental.**

El experimento se realizó en el año 2017, en un predio ubicado detrás del edificio conocido como “La Gloria” que se encuentra dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la cual se ubica en la col. Buenavista, saltillo, con coordenadas 25°21’09” latitud norte y 101°01’55” longitud oeste, a una altitud de 1610 msnm.

#### **3.2. Características del sitio experimental.**

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

#### **3.3. Suelo.**

El suelo presenta una textura migajón arcilloso, bajos niveles de materia orgánica y una capa subyacente de carbonato de calcio.

Para el análisis de suelo, se tomó una muestra del suelo del experimento a una profundidad de 30 cm con la ayuda de una pala y se realizó un análisis físico y químico del suelo, los resultados se indican en el (Cuadro 3.3.1).

### 3.4. Material genético.

Se utilizó semilla de zanahoria de la variedad “Nantes”, las cuales son comercializadas por la empresa Fax de Occidente S.A. de C.V., es una variedad de madurez intermedia tardía aproximadamente de 140 días después de la siembra y desarrolla raíces cilíndricas, uniformes con punta redondeada o tipo roma, el follaje puede alcanzar una altura de 41 a 51 cm, las raíces pueden alcanzar un diámetro de 4 a 5 cm, una longitud de 15 a 18 cm y con un color naranja intenso.

**Cuadro 3.3.1. Resultados de análisis de fertilidad 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

### 3.5. Preparación del terreno.

Se realizó la preparación del terreno de forma mecánica, mediante un paso de barbecho profundo, seguido de un paso de rastra para desmoronar los terrones y quedando el suelo mullido.

### **3.6. Establecimiento de la parcela experimental.**

Se colocó una tubería principal de PVC de 1<sup>1/4</sup>" , la cual era abastecida por medio de una toma de agua de ½ pulgada, posterior a esto se colocó una cintilla de riego de 16 mm de grosor calibre 5,000 por surco, con emisores cada 10 cm y un gasto de 0.9 L/h, los surcos se realizaron con un ancho de 90 cm y 34 metros de largo.

### **3.7. Siembra.**

La siembra se llevó a cabo el día 03 de octubre del año 2017, se realizó a chorrillo de forma manual a doble hilera, con una distancia de 10 cm entre hileras y a una profundidad no mayor a 2 cm.

### **3.8. Riego.**

El riego se llevó a cabo cada dos días, con la finalidad de mantener el suelo a capacidad de campo y evitar un estrés hídrico. De igual forma se regó cada vez que se fertilizaba para mantener la disponibilidad de los nutrientes.

### **3.9 Fertilización.**

La fertilización se llevó a cabo con una programación de cada 7 días, la aplicación se comenzó inmediatamente después de la emergencia de la plántula, se aplicó de manera directa al suelo y posterior a cada aplicación un riego para facilitar a la planta la absorción. Para los tratamientos se utilizaron fertilizantes hidrosolubles tales como Urea (46-00-00), Fosfato Monoamónico técnico (12-61-00), Nitrato de Potasio (12-00-46), Nitrato de Calcio (15.5-00-00), (Ca; 18.8%), Sulfato de Magnesio (10% Mg y 13.07% 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 (12.48% S) y ácido Sulfúrico (32% S, D=1.7%, Pureza 98%).

### 3.10. Descripción de tratamientos.

Los factores fueron combinados por medio de un diagrama de árbol, obteniendo como resultado la siguiente combinación de tratamientos (Cuadro 3.10.1).

**Cuadro 3.10.1. Descripción de tratamientos aplicados en el cultivo de zanahoria, originados por la combinación de los factores A (Tipo de solución) y B (Capacidad de extracción).**

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

### 3.11. Preparación de soluciones nutritivas.

Se utilizó el método de soluciones madre para la preparación de cada uno de los fertilizantes, manejándose de tal forma que se aplicaron los siguientes fertilizantes, siendo disueltos en agua y aforada a un litro y aplicándose a los tratamientos correspondientes (Cuadro 3.11.1 y 3.11.2).

**Cuadro 3.11.1. Cantidad de fertilizantes aplicados por unidad experimental, 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>
<b>Fertilizantes</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>
<b>Urea</b>	0.1543	0.3086	0.6172	1.2344
<b>Fosfato Monoa.</b>	0.025	0.5	0.1	0.2
<b>Nitrato de K</b>	0.1331	0.2662	0.5324	1.0648
<b>Nitrato de Ca</b>	0.4066	0.8132	1.6264	3.2528
<b>Sulfato de Mg</b>	0.1528	0.3056	0.6112	1.2224
<b>Ácido Bórico</b>	0.0045	0.009	0.018	0.036
<b>Sulfato de Fe</b>	0.0076	0.0152	0.0304	0.0608
<b>Sulfato de Mn</b>	0.0032	0.0064	0.0128	0.0256
<b>Sulfato de Zn</b>	0.0007	0.0014	0.0028	0.0056
<b>Sulfato de Cu</b>	0.00039	0.00078	0.00156	0.00312
<b>Ácido Sulfúrico</b>	0.4113	0.8226	1.6452	3.2904
<b>Total</b>	<b>1.30</b>	<b>2.60</b>	<b>5.20</b>	<b>10.40</b>

**Cuadro 3.11.2. Cantidad de fertilizantes aplicados por unidad experimental, correspondiente 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>
<b>Fertilizantes</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>	<b>(g)</b>
<b>Fosfato Monoa.</b>	0.025	0.5	0.1	0.2
<b>Nitrato de K</b>	0.1331	0.2662	0.5324	1.0648
<b>Nitrato de Ca</b>	0.4066	0.8132	1.6264	3.2528
<b>Sulfato de Mg</b>	0.1528	0.3056	0.6112	1.2224
<b>Ácido Bórico</b>	0.0045	0.009	0.018	0.036
<b>Sulfato de Fe</b>	0.0076	0.0152	0.0304	0.0608
<b>Sulfato de Mn</b>	0.0032	0.0064	0.0128	0.0256
<b>Sulfato de Zn</b>	0.0007	0.0014	0.0028	0.0056
<b>Sulfato de Cu</b>	0.00039	0.00078	0.00156	0.00312
<b>Ácido Sulfúrico</b>	0.4113	0.8226	1.6452	3.2904
<b>Total</b>	<b>1.30</b>	<b>2.60</b>	<b>5.20</b>	<b>10.40</b>

### 3.12. 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). El factor B corresponde a la capacidad de extracción de fertilizantes/Ha/año (B1= 250 kg/Ha/año, B2= 500 kg/Ha/año, B3= 1000 kg/Ha/año y B4= 2000 kg/Ha/año).

### 3.13. Diseño del experimento.

El experimento fue establecido bajo condiciones de campo abierto y considerando que se tenían ambientes heterogéneos se realizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial AXB (2X4), dando un total de 8 tratamientos con tres repeticiones cada uno, arrojando un total de 24 unidades experimentales, cada unidad experimental estuvo constituida por una sección de 3 metros de surco.

### 3.14. Modelo estadístico.

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

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor de la  $i$ -ésima tipo de nutrición, vegetativa y reproductiva,  $j$ -ésima capacidad de extracción de fertilizantes,  $k$ -ésima repetición.

$\mu$  = Media general.

$\alpha_i$  = Fertilizaciones con influencia vegetativa y reproductiva.

$\beta_j$  = Capacidad de extracción.

$\alpha\beta_{ij}$  = Interacción de los tipos de fertilización con las capacidades de extracción.

$rk$  = Repeticiones.

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental.

### **3.15. Variables evaluadas y forma de medición.**

#### **3.15.1. Diámetro de zanahoria (DZ).**

El diámetro se obtuvo midiendo la raíz en la parte de los hombros con la ayuda de un vernier y los datos se registraron en centímetros, se midieron 30 cm de surco de cada unidad experimental tomando una media de 75 plantas

#### **3.15.2. Largo de zanahoria (LZ).**

Se obtuvo midiendo desde la parte inicial más gruesa hasta la parte final más delgada de la raíz con la ayuda de una regla los datos se registraron en centímetros, se midieron 30 cm de cada unidad experimental tomando una media de 75 plantas.

#### **3.15.3. Peso de zanahoria (PZ).**

Las raíces fueron pesadas en una báscula digital y las lecturas fueron registradas en gramos, se midieron 30 cm de cada unidad experimental y se tomó una media de 75 plantas.

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

Los datos se obtuvieron con la ayuda de una regla registrándolos en centímetros, se tomaron 10 plantas de cada unidad experimental midiendo solo la hoja más larga de cada una.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La información obtenida fue analizada estadísticamente con el programa SAS versión 9.0 se discuten por separado los resultados obtenidos en las variables evaluadas de acuerdo con el experimento realizado.

En el cuadro 4.1 se presentan los cuadrados medios de las variables analizadas y posteriormente se describen cada una de ellas.

**Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancias para las variables evaluadas de acuerdo con sus factores.**

FV	GL	Diámetro de zanahoria (DZ)	Largo de zanahoria (LZ)	Peso de zanahoria (PZ)	Largo de hoja (LH)
A	1	0.00109 <sup>NS</sup>	1.34948 <sup>NS</sup>	58.99130 <sup>NS</sup>	3.53434 <sup>NS</sup>
B	3	0.00335 <sup>NS</sup>	0.02031 <sup>NS</sup>	2.38747 <sup>NS</sup>	14.68149 <sup>NS</sup>
A*B	3	0.02502 <sup>NS</sup>	0.29104 <sup>NS</sup>	6.28661 <sup>NS</sup>	5.03266 <sup>NS</sup>
REP	2	0.03251 <sup>NS</sup>	2.73682 <sup>NS</sup>	208.32671*	5.24784 <sup>NS</sup>
Error	14	0.03732	0.82657	54.56185	6.22959
Total	23				
CV		10.64%	8.22%	25.55%	5.54%

FV= Fuente de Variación, GL= Grados de Libertad, CV= Coeficiente de Variación, \*\* = Altamente Significativo, \* = Significativo, <sup>NS</sup> = No Significativo, Prueba de medias Tukey p=0.001

##### 4.1. Diámetro de zanahoria (DZ).

Esta variable influye en la calidad organoléptica ya que entre mayor es el diámetro, mayor es el contenido de azúcares y carotenos, de igual manera influye en la calidad de la producción, para la industria se requiere zanahorias de diámetros mayores, mientras que para el consumo en fresco son requeridas de menor diámetro, aunque esto afecta el rendimiento, el que se ve compensado con el precio.

Al analizar los resultados, no se encontró una diferencia estadística significativa tanto para el factor A (tipo de solución nutritiva) como para el factor B (capacidad de extracción). Cuando se utilizó una formula con características vegetativas se obtuvo un diámetro de 1.81 cm, mientras que cuando se utilizó una formula con influencia reproductiva la media reportada es de 1.823 cm con una diferencia de tan solo 0.014 cm sobre la formula vegetativa, lo que indica que es lo mismo utilizar una formula con influencia vegetativa que una formula con influencia reproductiva (Figura 4.1.1). Es posible que la variable diámetro de zanahoria no tuvo una respuesta positiva a causa de que no se llevado a cabo la labor de raleo, pudiendo esto generar un aumento en la competencia entre plantas y esto a su vez disminuir el aumento del tamaño de raíces como lo menciona Roque (2015). Este resultado coincide con Nahar, *et al.*, (2014), que en su investigación con diferentes niveles de fosforo en el cultivo de zanahoria obtuvieron que con cantidades elevadas de fosforo se puede lograr diámetros mayores de zanahorias. Si embargo esto no coincide con Alanoca (2005), que al estudiar dos niveles de fertilización con influencia vegetativa obtuvo una diferencia estadística significativa en cuanto al diámetro de la raíz de zanahoria, sin embargo comenta que este resultado pudo haber sido efecto del bajo contenido de fosforo en las formulación.

Con respecto a la capacidad de extracción de fertilizantes, la dosis mínima maneja de 250 kg/Ha/año de fertilizante reportó una media de 1.821 cm y la dosis más alta de 2,000 kg/Ha/año fue ligeramente superior con 1.836 cm, las dosis 500 y 1,000 kg/Ha/año reportaron una media de 1.826 cm y 1.782 cm respectivamente (Figura 4.1.2), por lo tanto, con menores concentraciones se puede obtener el mismo diámetro y sin aumentar los costos de producción. Rios, *et al.*, (2010), reportaron datos similares en su investigación donde evaluaron diferentes niveles de fertilización en el cultivo de papa, obteniendo una respuesta positiva en la dosis más alta de 3,000 kg ha<sup>-1</sup> logrando aumentar el tamaño y el peso del tubérculo. Madrigal (2003), en su estudio de fertilización complementaria en el cultivo de zanahoria no encontró diferencia significativa en la variable

diámetro de raíz sin embargo el tratamiento fertilización balanceada más fósforo y micronutrientes obtuvo un mayor diámetro a comparación de los demás tratamientos.

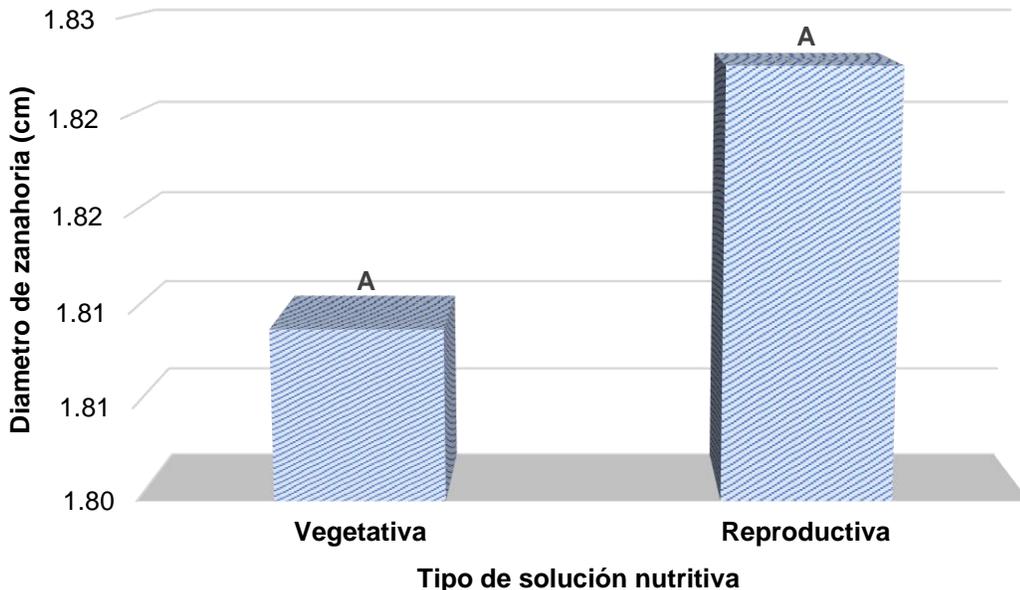


Figura 4.1.1. Respuesta al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable diámetro de zanahoria (DZ).

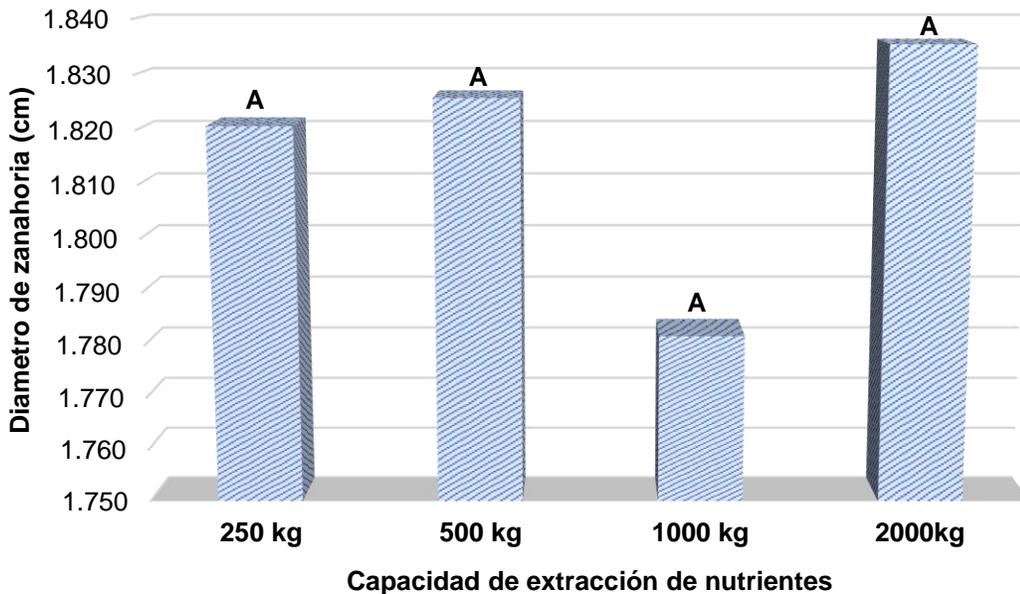
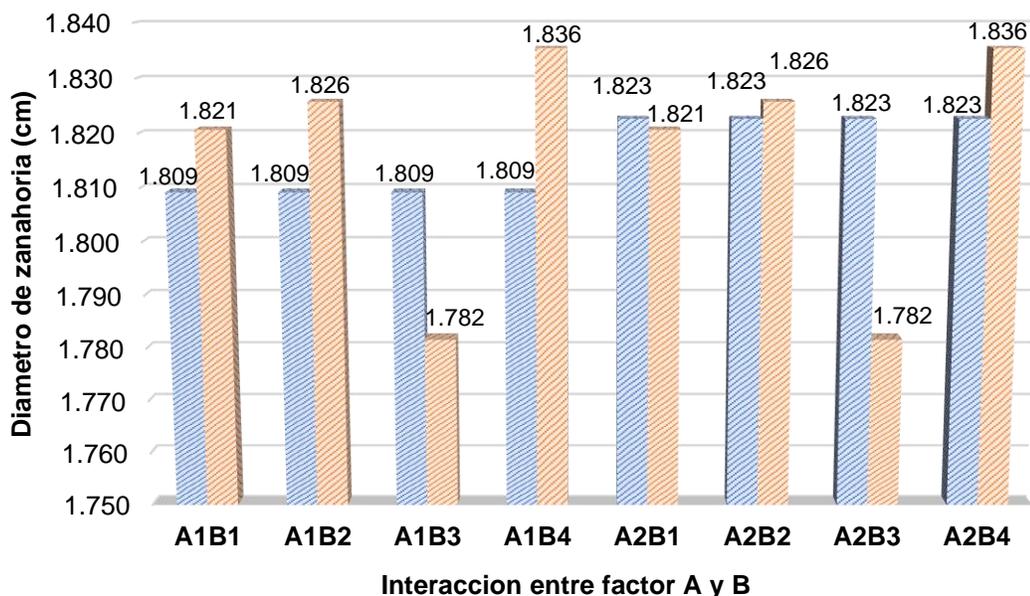


Figura 4.1.2. Respuesta al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable diámetro de zanahoria (DZ).

En la interacción de factores se observó que aplicando una dosis de 2,000 kg/Ha/año con influencia reproductiva se tuvo los valores más altos, sin embargo la misma dosis pero con una influencia vegetativa presentó valores similares, al utilizarse la dosis menor de 250 kg/Ha/año con soluciones nutritivas vegetativas y reproductivas se pudo observar que de igual forma los valores medios son muy similares a las dosis más elevadas, por lo que desde el punto de vista económico, al productor le es más conveniente utilizar dosis más bajas con el fin de evitar gastos innecesarios en fertilizantes, y por otro lado evitar la contaminación de suelos y evitar niveles de salinidad, desde el punto de vista ecológico.

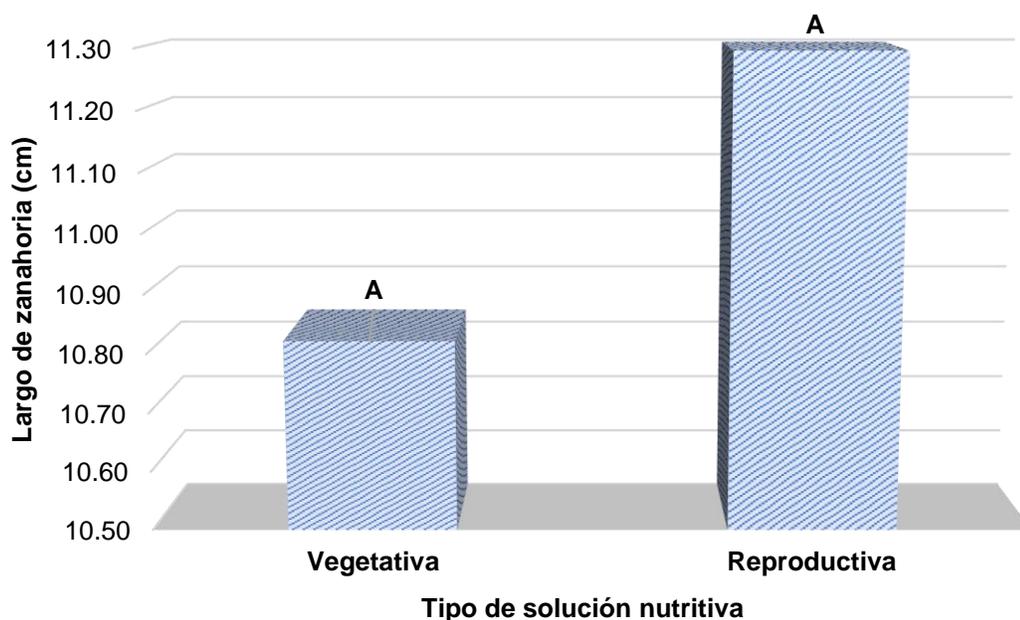


**Figura 4.1.3. Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable diámetro de zanahoria (DZ).**

#### **4.2. Largo de zanahoria (LZ).**

Esta variable está relacionada directamente con la calidad comercial, ya que para su consumo en fresco son requeridas con un mayor tamaño, sin embargo, para el uso industrial no importa el largo de la zanahoria mientras presente un buen diámetro.

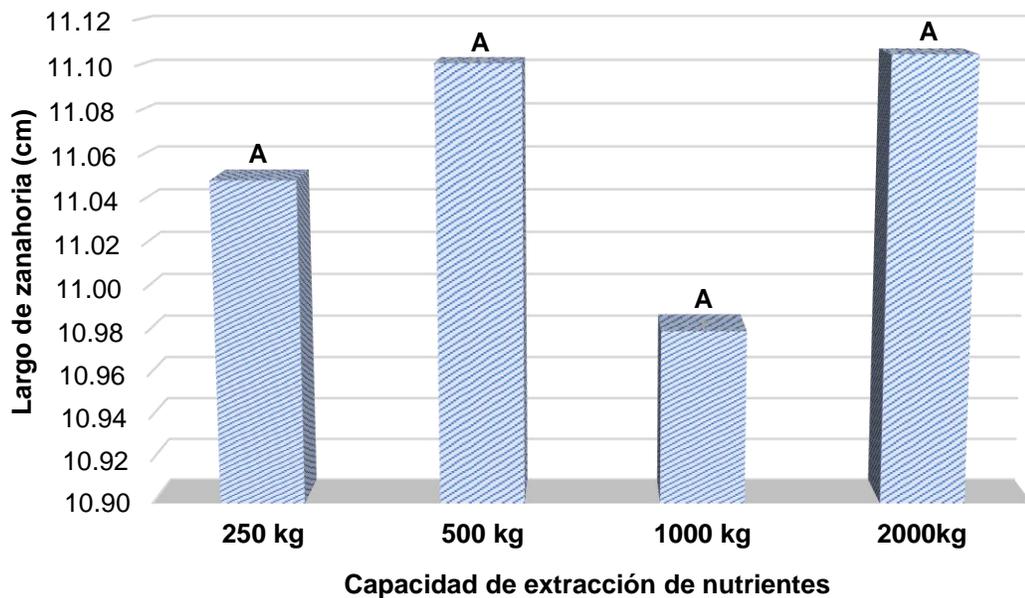
Al analizar los resultados para la variable LZ se encontró una respuesta estadísticamente no significativa en cuanto al factor A (tipo de solución nutritiva). Aunque al realizar una comparación mediante un análisis porcentual, se pudo observar un aumento de tan solo 0.48 cm en la solución con influencia reproductiva superando en un 4.4% a la solución con influencia vegetativa (Figura 4.2.1), esto indica que para poder tener mayor largo de zanahoria es necesario utilizar una solución con influencia reproductiva. Estos datos no coinciden con lo reportado por Moniruzzaman, *et al.*, (2013), quienes en su investigación mencionan que la longitud de la raíz de zanahoria es influenciada significativamente ante las dosis altas de nitrógeno. Por otro lado Díaz (2002), en su investigación no encontró diferencias significativas en la longitud de raíz por efecto de influencias vegetativas y reproductivas, presentando valores que oscilaban entre 19.13 a 19.90 cm en ambos casos.



**Figura 4.2.1. Respuesta al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable largo de zanahoria (LZ).**

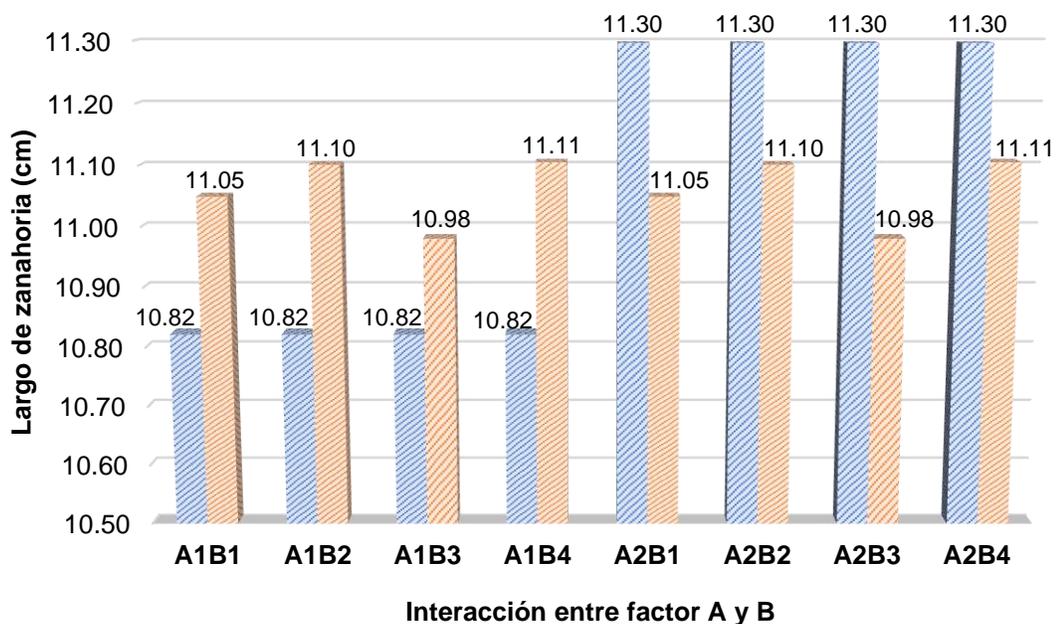
Se analizaron los datos obtenidos del factor B (capacidad de extracción de fertilizantes) los cuales arrojaron una respuesta estadística no significativa lo que indica que es independiente de la capacidad de extracción utilizada, sin

embargo, se encontró una diferencia mínima entre los niveles de capacidad de extracción, la dosis más alta de 2,000 kg/Ha/año reporto un valor de 11.11 cm, mientras que el valor más bajo corresponde a la dosis de 1,000 kg/Ha/año con una media de 10.98 cm, para las dosis de 250 y 500 kg/Ha/año se encontraron valores 11.05 cm y 11.10 cm respectivamente (Figura 4.2.2). Desde el punto de vista económico resulta mejor utilizar la dosis más baja ya que se puede obtener los mismos resultados para esta variable que con una dosis alta. Este resultado es parecido al de Miculax (2014), que en su investigación evaluó dos niveles de fertilización bajo influencia reproductiva y tuvo como resultado que el nivel mas bajo de 500 kg/Ha de fertilizante presento el mejor rendimiento. Mientras que Madrigal (2003), encontró que con una fertilización balanceada mas aplicaciones foliares de fosforo y micronutrientes se obtuvieron zanahorias mas largas.



**Figura 4.2.2. Respuesta al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable largo de zanahoria (LZ).**

En la comparación de factor A x B no se encontró una diferencia estadística significativa, se pudo observar que la solución que se manejó bajo influencia reproductiva con el nivel más alto de 2,000 kg/Ha/año de fertilizante fue la que presentó el valor medio más alto, por otro lado la solución con influencia vegetativa presentó valores un poco parecidos al utilizarse con los cuatro niveles de fertilización, por lo tanto es más conveniente usar una solución nutritiva con influencia vegetativa con niveles bajos de entre 250 y 500 kg/Ha/año de fertilizante. Este resultado es parecido al de Sierra (2013), quien menciona que niveles de fertilización de 108 Kg/Ha de nitrógeno es posible tener un buen rendimiento y con posibilidades de poder disminuirla aún más sin afectar el rendimiento.



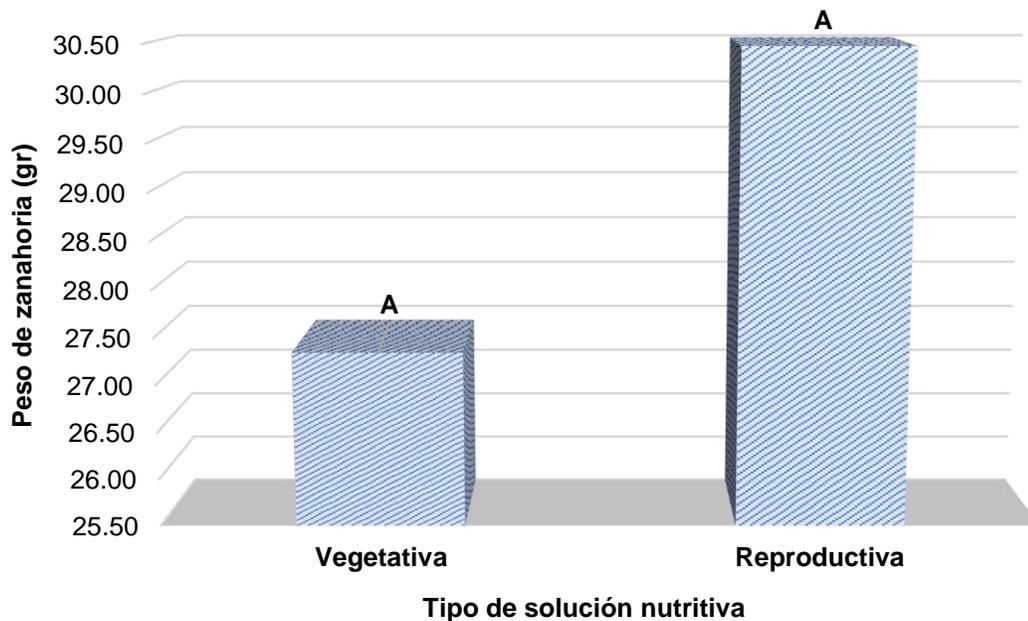
**Figura 4.2.3. Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable largo de zanahoria (LZ).**

#### **4.3. Peso de zanahoria (PZ).**

Esta variable es importante en lo que respecta al rendimiento, esto debido a que entre mayor sea el peso de la raíz, se obtiene un mayor rendimiento y también un mayor peso de raíz se puede relacionar con una mayor capacidad

almacenamiento de reservas de nutrientes, un buen peso de zanahoria se puede interpretar como un buen manejo de la nutrición del cultivo.

Los datos analizados para la variable peso de zanahoria, no arrojaron una respuesta estadísticamente significativa para el factor A (tipo de solución nutritiva). Sin embargo, entre las soluciones se tuvo una diferencia de 3.14 g, siendo la solución nutritiva con influencia reproductiva la más alta, superando en un 11.5 % a la solución nutritiva con influencia vegetativa (Figura 4.3.1), esto significa que para obtener peso en la zanahoria es necesario una formulación con influencia reproductiva, estos resultados son similares a los obtenidos por Tenorio (2019), quien observó que al utilizar una solución nutritiva con influencia reproductiva en el cultivo de cebolla tuvo un aumento en el peso del bulbo en comparación con una solución de influencia vegetativa. Armands, *et al.*, (2017), observó que la aplicación de 5 kg m<sup>-2</sup> de gallinaza tuvo una importante influencia sobre el peso de la raíz de la zanahoria, explica que esto se debe a la gran concentración de nutrientes que contiene la gallinaza principalmente fósforo y potasio los cuales son muy importantes para este cultivo.



**Figura 4.3.1. Respuesta al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable peso de zanahoria (PZ).**

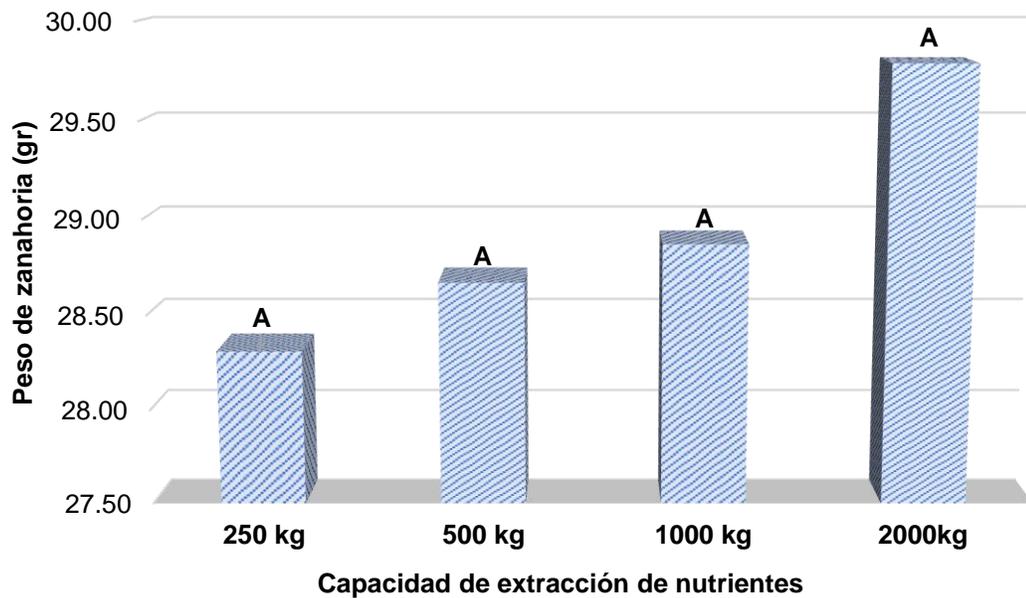
Para el factor B (capacidad de extracción) tampoco se encontró una respuesta estadísticamente significativa, se observó que mientras aumentaba el nivel de fertilización también aumentaba el peso de la zanahoria, al comparar los datos mediante un análisis porcentual se pudo observar una diferencia mínima entre las cuatro capacidades de extracción, siendo la dosis de 2,000 Kg/Ha/año de fertilizante la que reportó el valor más alto, esta supera a la capacidad de extracción de 250 Kg/Ha/año con un 5.2 %, para las capacidad de 500 y 1,000 Kg/Ha/año de fertilizante en un 3.9 % y 3.2 % respectivamente (Figura 4.3.2), por lo tanto para tener un aumento en el peso de zanahoria, es necesario emplear niveles altos de fertilización, sin embargo por razones ecológicas es más conveniente la aplicación de niveles bajos de fertilización.

Alanoca (2005), en su investigación, en la que se evaluó dos niveles de fertilización en el cultivo de zanahoria, obtuvo como resultado un aumento en el rendimiento alcanzado las 80 t/Ha esto con una dosis de 250 Kg/Ha de fertilizante, por lo que se puede observar que con cantidades bajas de fertilizante se puede aumentar el peso de la zanahoria.

Mientras que Morales, *et al.*, (2013), en el cultivo de papa obtuvieron resultados que indicaron una mejor capacidad de rendimiento con una dosis de 720 kg/Ha de fertilizante alcanzando 34.3 ton Ha<sup>-1</sup>.

Por otro lado Pérez (2015), reporta un incremento de peso en el fruto de chile habanero al usar una capacidad de extracción de 1,000 Kg/Ha/año y que a medida que se aumenta la dosis de fertilización el peso del fruto se va reduciendo.

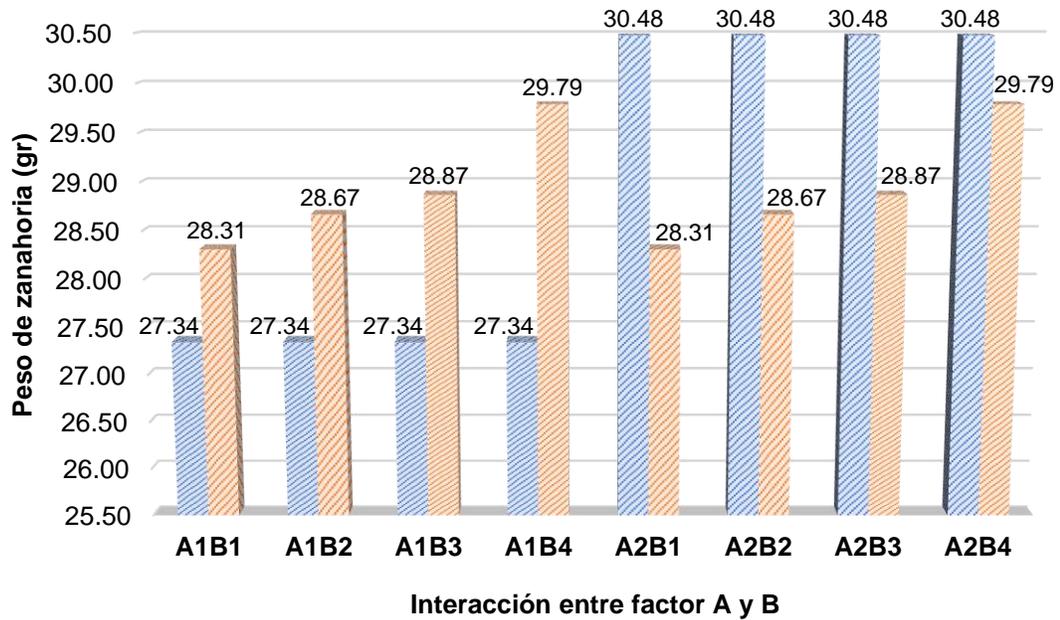
Domínguez (2002), en el cultivo de betabel tuvo como resultado un aumento del rendimiento por hectárea al manejar una dosis de 526 Kg/Ha de fertilizante mas con una aplicación foliar adicional de boro y molibdeno.



**Figura 4.3.2. Respuesta al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable peso de zanahoria (PZ).**

En la interacción de factores se observó que la capacidad de extracción de 2,000 kg/Ha/año de fertilizante con influencia reproductiva tuvo los valores medios más altos, mientras que la dosis más baja de 250 kg/Ha/año bajo la misma influencia tuvo resultados similares. Por otro lado, la fertilización con influencia vegetativa presento valores bajos en las cuatro capacidades de extracción en cuanto al peso de la zanahoria (Figura 4.3.3).

Si el objetivo fuera producir zanahorias con mayor peso y aumentar el rendimiento considerablemente sería necesario una fertilización con niveles altos y con influencia reproductiva, sin embargo, si el objetivo del productor fuera disminuir el costo de producción, podría utilizar soluciones nutritivas con influencias reproductivas o vegetativas con dosis bajas de fertilizantes.



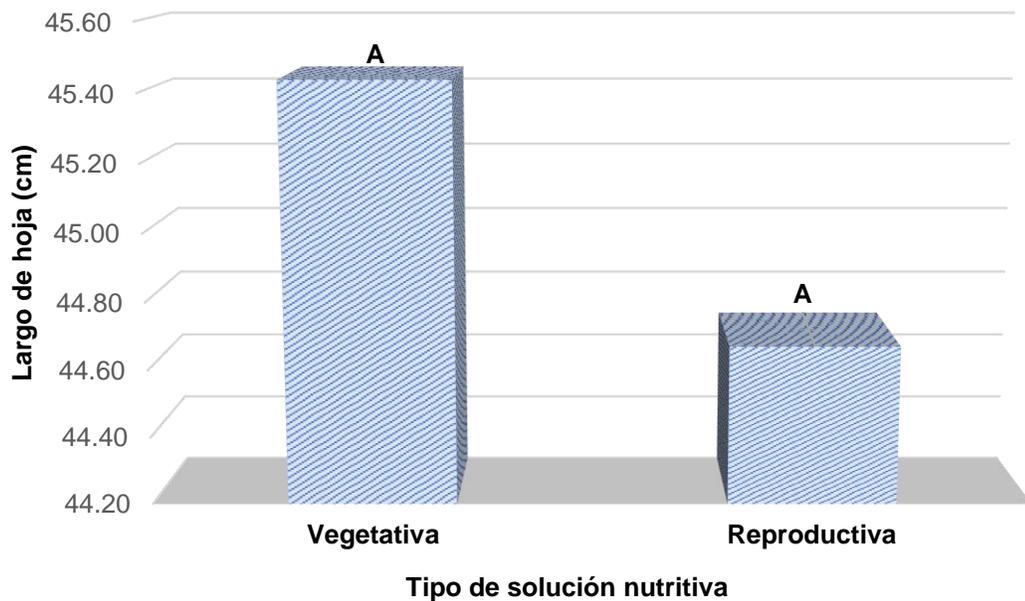
**Figura 4.3.3. Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable peso de zanahoria (PZ).**

#### 4.4. Largo de hoja (LH).

Esta variable está relacionada con la fotosíntesis, un mayor número y tamaño de hojas aumenta la tasa fotosintética de la planta, esto se puede expresar como un mayor contenido de materia orgánica (glúcidos, lípidos y proteínas).

No se encontró una diferencia estadísticamente significativa en esta variable para el factor A (tipo de solución nutritiva), al realizar un análisis porcentual, se observó que el tipo de solución nutritiva con influencia vegetativa tuvo el valor medio más alto de 45.44 cm, se pudo observar un aumento tan solo 0.77 cm superando en 1.7 % a la solución con influencia reproductiva (Figura 4.4.1), este resultado se pudo presentar por el alto contenido de nitrógeno de la solución nutritiva con influencia vegetativa que promovió el tamaño de las hojas. Estos resultados son similares a los que obtuvo Maurya y Goswami (1985), en el cultivo de zanahoria que observó que conforme aumentaba el nitrógeno también

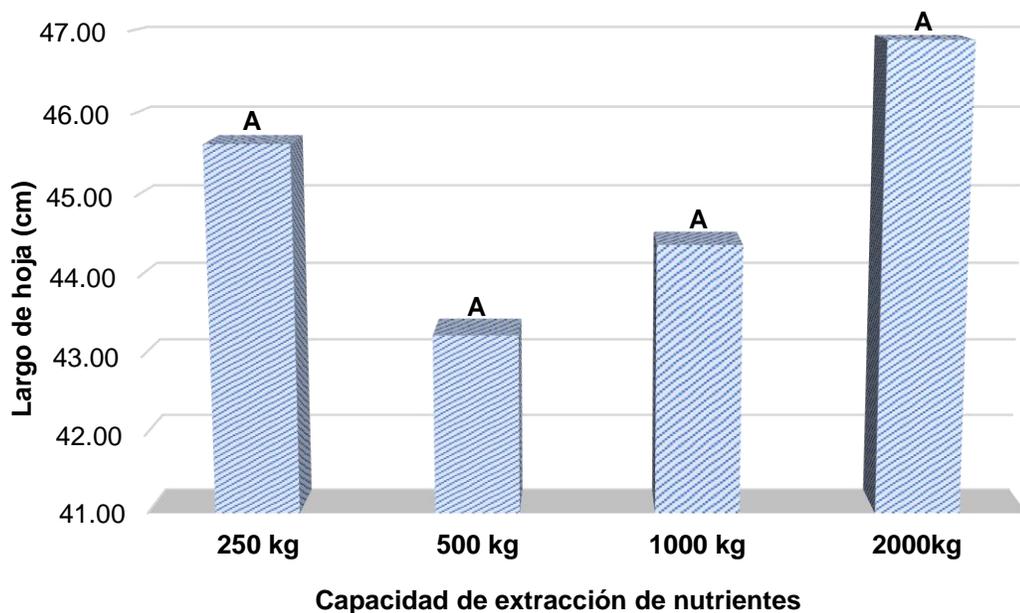
aumentaba el largo de la hoja. Oleas (2015), encontró resultados muy similares en el cultivo de papa, observó que utilizando una solución nutritiva con influencias vegetativa el tamaño de la hoja fue mayor. Ramírez, *et al.*, (2004), tuvieron los mismos resultados en el cultivo de papa al utilizar formulaciones con influencia vegetativa y que en cuanto mas aumentaban la cantidad de nitrógeno en las formulas de igual manera aumentaba la altura de las plantas.



**Figura 4.4.1. Respuesta de la zanahoria al factor A (tipo de solución nutritiva empleada), para la variable largo de hoja (LH).**

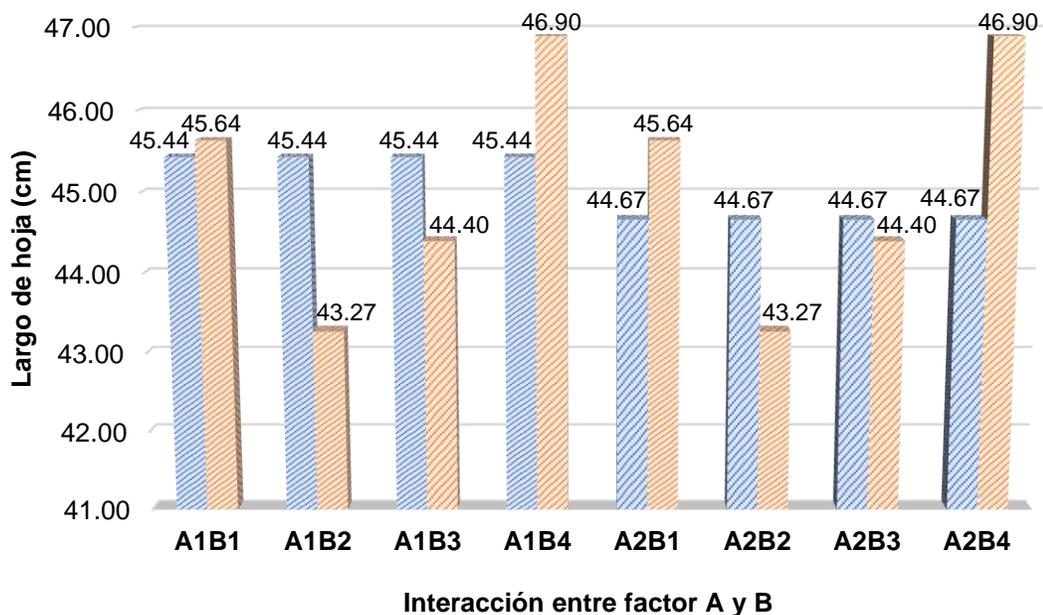
Para el factor B (capacidad de extracción), los datos analizados no arrojaron una respuesta estadísticamente significativa, lo que indica que la respuesta es muy similar entre ellas, independientemente de la capacidad de extracción manejada, al realizar una comparación de las medias obtenidas se encontró lo siguiente, la capacidad de 2,000 Kg/Ha/año de fertilizante fue la que tuvo la mejor respuesta superando en un 8.4 % a la capacidad de extracción de 500 Kg/Ha/año de fertilizante, 5.7 % en la capacidad de extracción de 1,000 Kg/Ha/año de fertilizante y por último con un 2.8 % a la capacidad de extracción de 250 Kg/Ha/año de fertilizante (Figura 4.4.2.). Posiblemente las capacidades de extracción de 500 y 1,000 Kg/Ha/año de fertilizante pudieron haberse visto

afectadas disminuyendo el tamaño de las hojas, por algún antagonismo entre los elementos de N y K, por el alto contenido en las soluciones nutritivas con influencia reproductiva de potasio, asimilándose una mayor cantidad de potasio y bloqueando al nitrógeno. Tenorio (2019), observó resultados similares en el cultivo de cebolla, al utilizar una capacidad de extracción de 2,000 Kg/Ha de fertilizante el largo de la hoja se incrementó considerablemente. Ramírez, *et al.*, (2004), tuvieron una respuesta similar al realizar un estudio en el cultivo de papa con diferentes capacidades de extracción, cada vez que aumentaban el contenido de nitrógeno en las formulaciones la respuesta era positiva en cuanto al crecimiento de la planta. Alanoca (2005), al estudiar dos niveles de fertilización en el cultivo de zanahoria observó que no hay diferencia significativa entre los dos niveles, el promedio de altura más alto reportado fue de 30.06 cm aún más bajo que el obtenido en la capacidad de extracción de 500 kg/Ha/año de fertilizante que fue de 43.27 cm, menciona que el resultado que obtuvo pudo haber sido causa de la continua renovación de hojas ya que a medida que surgen hojas nuevas las más viejas se agobian.



**Figura 4.4.2. Respuesta de la zanahoria al factor B (capacidad de extracción de fertilizante/Ha/año), para la variable largo de hoja (LH).**

En la interacción de factores A x B, se observó claramente un aumento en la longitud de las hojas, manejando una solución nutritiva con influencia vegetativa en la capacidad de extracción de 2,000 Kg/Ha/año de fertilizante con una media de 46.9 cm, esto principalmente por el alto contenido de nitrógeno de la solución nutritiva con influencia vegetativa. Mientras que, al utilizar la misma capacidad de extracción, pero con una influencia reproductiva esta disminuyó a 44.67 cm, se logró observar una disminución en las capacidades de extracción de 500 y 1,000 Kg/Ha/año de fertilizante con influencia reproductiva, esto puede ser a causa del bajo contenido de nitrógeno de las soluciones con influencia reproductiva y posiblemente por un antagonismo de entre N y K por el alto contenido de potasio en la solución.



**Figura 4.4.3. Interacción del factor A (tipo de solución nutritiva), con el factor B (capacidad de extracción de fertilizantes), para la variable largo de hojas en el cultivo de zanahoria (LH).**

## **V. CONCLUSIONES**

Con base a las condiciones en las cuales se estableció este trabajo de investigación y de los resultados obtenidos de los datos analizados de cada variable estudiada, se puede hacer las siguientes conclusiones tomando en cuenta la hipótesis y objetivos planteados de este experimento.

Se observó un efecto positivo en cuanto al manejo de una fertilización completa con diferentes capacidades de extracción. A medida que se incrementaba la cantidad de fertilizante, se favorecen las variables de productividad de fruto.

Es posible utilizar la dosis mas baja, ya que no afecta la producción, a su vez se puede evitar la contaminación por el uso excesivo de fertilizantes y favorecer en la economía del productor.

Para incrementar los valores del diámetro, largo y peso de zanahoria se debe utilizar una formula con influencia reproductiva.

## VI. LITERATURA CITADA

- Alanoca, E. J. C. (2005). *Producción de zanahoria (Daucus carota L.) bajo riego por cintas de aspersión con tres niveles de humedad y dos niveles de fertilización*. Tesis de Grado, Universidad Mayor De San Andrés, Facultad De Agronomía, La Paz, Bolivia.
- Armands, R. A., Britos, U., & Barrios, O. (2017). Respuesta del cultivo de zanahoria a la aplicación de dos abonos organicos al suelo. *Horticultura Argentina*, 36(91), 38-45.
- Barahona, M. 2003. Manual de horticultura. Editorial Sangolquí. Quito-Ecuador; pp 47-51.
- Bertsch, F. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informaciones Agronómicas*. INPOFOS. 57:1-10.
- CAGDR. (2009). Niveles normales foliares en el cultivo de zanahoria. Ficha técnica de la zanahoria. Uruguay.
- Carranza, D. C. A. (2006). Reacción Fenológica y Agronómica de Dos Cultivares de Zanahoria (*Daucus carota*) a la Inoculación de Cepas de Micorriza en Campo. Tesis, Escuela Politecnica del Ejercito, Facultad de Ciencias Agropecuarias I.A.S.A, Sangolquí, Ecuador. 103 p.
- Chen, Q., X. Li, D. Horlacher, y H.P. Liebing. 2004. Effects of different rates on open-field vegetable growth and nitrogen utilization in the North China plain. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 35(11-12):1725-1740.
- Claridades Agropecuarias. 2000. Zanahoria y Algodón. Revista de publicación mensual No. 79. SAGARPA y ASERCA. México. D.F. p.p. 1-3, 19.
- Cruz, P. D. A. (2008). *Evaluación del Potencial Forrajero del Pasto Maralfalfa (Pennisetum violaceum) con Diferentes Niveles de Fertilización de Nitrógeno y Fósforo con una Base Estándar de Potasio*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Riobamba, Ecuador. pp 144.
- Díaz, V. R. (2002). Evaluación de diez niveles de fertilización en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*) en la zona de la Esperanza, Intibucá, Honduras. *FHIA*, pp 23-32.
- Domínguez, F. M.A. (2002). Evaluación de diez niveles de fertilización en el cultivo de remolacha (*Beta vulgaris*) en la zona de la Esperanza, Intibucá, Honduras. *FHIA*, pp 3-10.

- Edwards, M.C.; Smith G.N. and Bowling D.J.F. 1988. Guard cells extrude protons prior to stomatal opening –a study using fluorescence microscopy and pH microelectrodes. *J. Exp. Bot.* 39, 1541-1547.
- Ekman J., and L. Tesoriero. 2015. Pests, diseases and disorders of carrots, celery and parsley: a field identification guide. National Library of Australia Cataloguing. Australia. 64 p.
- Garman W. H. 1998. *Manual de fertilizantes*. Editorial limusa S. A. de C. V. México, D. F. 291 p.
- Gaviola, J. C. 2013. Manual de producción de zanahoria. *INTA*, 207 p.
- Guenkov, G. 1983. Fundamento de Horticultura Cubana. 3ra Edición. Instituto Cubano del libro. La Habana, Cuba. 355 p.
- Guerrero, A. C. (2018). *Manejo de Nutrición Completa Considerando Capacidad de Extracción y Densidad en la Producción de Calabacita*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico. 88 p.
- Hart, J., y M. Butler. 2004. Hybrid seed carrot. Nutrient management guide. Oregon State University Extension Service. USA. EM8879-E.
- Horst W.J. 1988. The Physiology of manganese toxicity. In *Manganese in Soils and Plants*. (R.D. Graham, R.J. Hannam and N.C.Uren, eds.) pp. 175-188. Kluwer Academic, Dordrecht.
- Jiménez, V. R. (2019). *Manejo de Nutrición Considerando Capacidad de Extracción de Fertilizante en la Producción de Calabacita*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, Mexico. 80 p.
- Karmoker J.L.; Clarkson D.L.; Saker L.R.; Rooney J.M. and Purves J.V. 1991. Sulphate deprivation depresses the transport of nitrogen to the xylem and the hydraulic conductivity of Barley (*Hordeum vulgare* L.) roots. *Plants* 185, 269-278.
- Konno H., Yamaya T., Yamasaki Y. and Matsumoto H. 1984. Pectic polysaccharide break-down of cell walls in cucumber roots growth with calcium starvation. *Plant Physiol.* 76, 633-637.
- Lara, H. A. (1999). Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. *Terra Latinoamericana*, 17 (3), 221-229.
- Lardizabal, R., & Theodoracopoulos, M. (2007). Manual de producción de zanahoria. Entrenamiento y Desarrollo de Agricultores. La Lima, Cortes, Honduras: MCA-Honduras. 145-159.

- León, G. (1987). Botánica de los cultivos tropicales. (2da. Ed.) San José, Costa Rica: IICA.
- López, C. A. F. (2011). *Gestión de la calidad en zanahoria* (Primera ed.). INTA, EEA Balcarce.
- López, M. 1994. Horticultura. primera edición. Editorial Trillas. México. México. pp 114,115, 301.
- Madrigal, S. O. A. (2003). La Fertilización Complementaria en el Cultivo de Zanahoria (*Daucus carota L*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. 58 p.
- Malavolta, E.; Vitti, G. C.; Oliveira S. A. (1989) Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios y aplicaciones. Piracicaba, S.P., Associação Brasileira para pesquisa da Potasa e do fosfato. pp 1-7.
- Maroto, J. V. 2008. Elementos de horticultura general. Barcelona, España: Ediciones Mundi Prensa. pp 481.
- Maroto, J. V. 1989. Horticultura Herbácea. 3ra Edición, Ediciones Mundi Prensa Madrid – España. P.45-53.
- Martínez, O. R. 1990. Estudio comparativo de cuatro niveles de labranza para la producción de zanahoria (*Daucus carota L*) en Derramadero, Coahuila. Tesis licenciatura UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 100 p.
- Maurya, K.R. y Goswami, R.K. 1985. Efectos de los fertilizantes NPK en el crecimiento, rendimiento y calidad de la zanahoria. *Prog. Hort* 17 (3): 212-217.
- Mazzei, M.E; Puchulu, M.R.; Rochaix, M.A. 1995. Tablas de composición química de alimentos. Segunda edición. CENEXA, FEIDEN.
- Mengel, K., & Kirkby, E.A. (1978). Principles of plant nutrition. Int. Potash Inst. Bern.
- Mengel, K., & Kirkby, E.A. (1982). Principles of plant nutrition. 3ra edición, International Potash Institute, Bern. 643 p.
- Miculax, C. J. D. (2014). *Efecto de la fertilización con NPK sobre rendimiento y calidad en dos híbridos de zanahoria*. Tesis de Grado, Universidad Rafael Landívar, Patzicía, Chimaltenango, Guatemala.

- Molina, E. (2003). Fertilizantes líquidos y para fertirriego. En fertilizantes: características y manejo, G. Meléndez & E. Molina (Edits.), Laboratorio de suelos, CIA-UCR/ACCS, San José, Costa Rica. pp. 79-88.
- Moniruzzaman, M., Akand, M., Hossain, M., Sarkar, M., & Ullah, A. (2013). Efecto del nitrógeno en el crecimiento y rendimiento de la zanahoria (*Daucus carota* L.). *The Agriculturists*, 11(1), 76-81.
- Morales, J., J.P. 1995. Cultivo de Zanahoria. Boletín Técnico No. 23. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. (FDA). Santo Domingo, República Dominicana. 31 p.
- Musser, A. M., Edmond, J. B. and Andrews, F. S. 1957. Fundamentals of horticulture. Segunda edición. Editorial McGraw-Hill. Nueva York, U.S.A. 456 p.
- Oleas, B. E. F. (2015). *Efecto de la aplicación de tres niveles de nitrógeno usando tres fuentes orgánicas en el rendimiento del cultivo de papa (Solanum phureja) cv. yema de huevo*. Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador.
- 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, México. 83 p.
- Pérez R, P. J., & Figueredo Sánchez, M. (2009). Guía técnica para la producción del cultivo de la zanahoria. Instituto de Investigación Hortícolas "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. pp 13.
- Quintero, D. R. (2008). Efectos de la aplicación de elementos menores en caña de azúcar en suelos del valle del río Cauca. *Tecnicaña*, 12(20), pp 18-16.
- Rao, I.M.; Sharp R.E. and Boyer J.S. 1987. Leaf magnesium alter photosynthetic response to low water potentials in sunflower. *Plant Physiol.* 84, 1214-1219.
- Rodríguez, S. F. (1989). Fertilizantes: nutrición vegetal. (A.G.T. Editor.), Argentina. pp 157.
- Roque, E. A. (2015). Evaluación de fertilizantes orgánicos (materia orgánica, enraizador y foliar) en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*). Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila. 84 p.

- Rubatzky, E. V., C.F. Quiros, and P.W. Simon. 1999. Carrots and related vegetable Umbelliferae. Crop production science in horticulture series, No. 10. CABI Publishing. Reino Unido. 304 p.
- Salas, E. J. L. (2019). *Manejo de Nutrición Considerando Capacidad de Extracción de Fertilizantes en la Producción de Acelga (Beta vulgaris)*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 69 p.
- Salas, R. E. (2003). Nutrición mineral de plantas y el uso de fertilizantes. En Fertilizantes: características y manejo, G. Meléndez & E. Molina (Edits.), Laboratorio de suelos, CIA-UCR/ACCS, San José, Costa Rica. pp. 1-19.
- Sierra, B., C. 2013 . Fertilización y Manejo del Suelo en Hortalizas: Alcachofa, Apio, Lechuga, Pepino Dulce, Pimiento, Tomate y Zanahoria. Boletín INIA N°271. Instituto de Investigaciones 4 Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Intihuasi, La Serena Chile. 112 p.
- Soto. J. (1981) Efecto de la fertilización con nitrógeno y fosforo sobre el rendimiento y la calidad de la zanahoria (*Daucus carota*) en Fraijanes (Poasito) de Alajuela, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica, san José. 54 p.
- 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. Soilles culture. In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy. pp. 324-341.
- Tenorio Sandoval, J. (2019). *Capacidad de Extracción de Fertilizantes, en la Producción de Cebollines con Fines de Propagación*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México. 88 p.
- Tirador M. 2011. Caracterización del contenido de nitratos y la composición nutricional en zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada con diferentes dosis de fertilización NP. Tesis de Licenciatura. Facultán de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. 61 p.
- Tiscornia, J. R. 1976. Cultivo de hortalizas terrestres: bulbos, raíces ect. Buenos Aires, Argentina: Albatros. pp 146.
- Valadez, L. A. 1996. Producción de Hortalizas. Editorial Limusa. México, D. F. 298 p.
- Valadez, L., A. 1989. Producción de hortalizas. Noriega Editores. Ed. Limusa. S.A. de C.V.U.T.H.E.A. D.F., México. 300 p.

- Vivancos. D. A. 1997. *Tratado de Fertilización* (Tercera ed.). Madrid, España: Mundi-Prensa. pp 586.
- Westervel, M.S., M.R. McDonald, y A.W. McKeown. 2007. Nitrogen utilization timeline of carrot over the growing season. *Can. J. Plant Sci.* 87:587-592.
- Yamaguchi M. 1983. *World vegetables. Principles, production and nutritive values.* Avi. Publishing company. Inc. Westport Connecticut. pp 431.

### CITAS DE INTERNET

- Agronomía. (2012). Fertilidad de los suelos (capítulo II). Recuperado el 12 de agosto de 2019: <http://agronomiaybiologia.blogspot.com/>
- FAO. (2017). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.* Recuperado el 05 de junio de 2019, de FAOSTAT: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>
- IC'AMEX. (2019). *Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México.* Recuperado el 01 de Julio de 2019, de Secretaría de Desarrollo Agropecuario: <http://icamex.edomex.gob.mx/zanahoria>
- KRBG. (2019). *Kew Royal Botanic Gardens.* Recuperado el 13 de junio de 2019, de: <http://www.kew.org/science-conservation//plants-fungi/daucus-carota-wild-carrot>
- Lora, S. R., López Alayón, A. P., Gómez, R., & Bernal, H. (2008). Efecto de Dosis de Fe, Cu, Mn, Zn, B y Mo en el Contenido de Azúcares Reductores y Totales y en la Calidad de Fritado en Papa Criolla (*Solanum phureja*). *U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 11(2), 163-173. Recuperado el 24 de septiembre de 2019, de [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0123-42262008000200017&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262008000200017&lng=es&tlng=es).
- Medina Morales, Ma. del Consuelo (2002). Desbalance nutrimental y respuesta en rendimiento en experimentos de fertilización en nogal pecanero. *Terra Latinoamericana*, 20(4), undefined-undefined. [fecha de Consulta 24 de septiembre de 2019]. ISSN: Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=573/57320414>

- Morales, H. José Luis, & Hernández Martínez, Juvencio, & Rebollar Samuel (2013). Rendimiento de papa con fuentes de fertilización mineral en un Andosol del Estado de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(6), undefined-undefined. [fecha de Consulta 9 de octubre de 2019]. ISSN: 2007-0934. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=2631/263128354005>
- Nahar, N., Mazed, H., Moonmoon, J., Mehraj, H., & Jamal Uddin, A. (2014). Respuesta de crecimiento y rendimiento de la zanahoria ( *Daucus carota* L.) al fósforo. *INTERNATIONAL JOURNAL OF BUSINESS, SOCIAL AND SCIENTIFIC RESEARCH*, 1(2), 125-128. Obtenido de <http://www.ijbssr.com/currentissueview/13090121>
- Ramírez, O., & Cabrera, A., & Corbera, J. (2004). FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE LA PAPA (*Solanum tuberosum* L.) EN LA PROVINCIA DE HOLGUÍN. DOSIS ÓPTIMA DE NITRÓGENO. *Cultivos Tropicales*, 25(2), undefined-undefined. [fecha de Consulta 11 de octubre de 2019]. ISSN: . Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1932/193217832011>
- Rios, Q. Jairo Yovani, & Jaramillo Villegas, Sonia del Carmen, & González Santamaría, Luis Hernán, & Cotes Torres, José Miguel (2010). Determinación del Efecto de Diferentes Niveles de Fertilización en Papa (*Solanum tuberosum* ssp. Andigena) DIACOL Capiro en un Suelo con Propiedades Ándicas de Santa Rosa de Osos, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 63(1), undefined-undefined. [fecha de Consulta 7 de octubre de 2019]. ISSN: 0304-2847. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=1799/179914617002>
- Serrano, J. P., & Sanchez, C. (2010). Un abonado racional produce mayores cosechas y de mejor calidad, es económicamente rentable y conserva y mejora la fertilidad del suelo. Recuperado el 12 de agosto de 2019: [http://acm.fertiberia.es/ACM\\_upload/1410LIH612010.pdf](http://acm.fertiberia.es/ACM_upload/1410LIH612010.pdf)
- SIAP. (2018). *Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado el 05 de junio de 2019, de Avance de Siembras y Cosechas de Zanahoria. Resumen nacional por Estado. Ciclo: Año Agrícola. Modalidad: Riego + Temporal: [http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola\\_siap\\_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do](http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/AvanceNacionalCultivo.do)
- UC. 2013. Universidad of California Agriculture & Natural Resource, Statewide Integrated Pest Management Program (UC IPM). How to Manage Pests Carrot. Recuperado el 07 de agosto del 2019: <http://ipm.ucanr.edu/PMG/selectnewpest.carrots.html>