

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISION DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIA DEL SUELO



Evaluación de fertilizantes orgánicos (materia orgánica, enraizador y foliar) en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*)

Por:

ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ

TESIS

Presentada como Requisito Parcial Para Obtener el Título de:

Ingeniero Agrícola y Ambiental

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2015

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISION DE INGENIERIA

Evaluación de fertilizantes orgánicos (materia orgánica, enraizador y foliar) en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*)

POR:

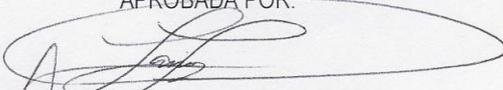
ALBERTO ROQUE ENRIQUEZ

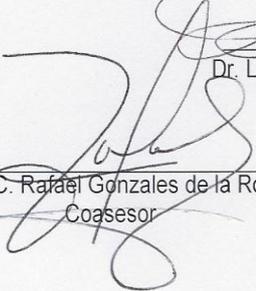
TESIS

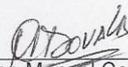
QUE SE SOMETE A CONSIDERACION DEL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TITULO DE:

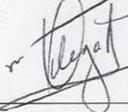
INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

APROBADA POR:

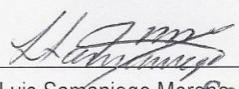

Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza
Asesor principal


M.C. Rafael Gonzales de la Rosa
Coasesor


M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala
Coasesor


M.C. María Martha Ortega Rivera
Coasesor

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"


Dr. Luis Samaniego Moreno
EL CORDINADOR DE LA DIVISION DE INGENIERIA



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2015

AGRADECIMIENTO

A DIOS

Gracias a tí señor por darme la dicha de vivir y permitirme llegar hasta este momento de mi vida, por haberme guiado en los buenos y malos momentos para terminar mi carrera profesional, gracias por darme una familia tan maravillosa a la cual quiero y amo mucho, por guiarme por el camino correcto.

AMI ALMA TERRA MATER

La “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” por haberme permitido estar en esta maravillosa escuela y por abrirme las puertas para así poder cumplir uno de mis grandes sueños y metas en la vida y culminarla, estoy plenamente orgulloso de mi “Alma Terra Mater” por ser mi segunda casa y me siento feliz de ser un egresado de la Narro.

*A mi asesor **Dr. Luis Miguel Lasso Mendoza**, quiero agradecer infinitamente todo su apoyo brindado durante toda la carrera, por el apoyo y motivación para la realización de mi tesis y sobre todo gracias por brindarme su confianza y sobre todo su amistad incondicional.*

*Al **M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala**, gracias por su ayuda y su apoyo incondicional para realizar esta trabajo, por su asesoramiento, disponibilidad de tiempo y consejos y por brindarme su amistad.*

*Al **M.C. Rafael Gonzales de la Rosa**, por su apoyo en la elaboración de este trabajo y asesorarme, haber aceptado ser mi asesor de tesis, por su amistad.*

***M.C. María Martha Ortega Rivera**, por su incondicional apoyo durante la carrera, asesoramiento, disponibilidad y consejos para la realización del presente trabajo de investigación y por su amistad incondicional.*

*Al **Ing. Valentín Pineda Raygoza**, gracias por su incondicional apoyo en la realización de mis prácticas lo cual me ayudó mucho en la realización del presente trabajo, por sus consejos y por brindarme su amistad.*

*A la **Lic. Guadalupe Lucía Barrera Valdéz**, gracias por su apoyo en los trabajos que se realizó en el laboratorio del presente trabajo.*

A todos los profesores del departamento ciencias del suelo, que me impartieron clases clase y a todos los que de una y otra forma

fortalecieron mis conocimientos y sobre todo por brindarme su amistad incondicional.

DEDICATORIA

Con todo el amor y cariño del mundo para las personas que más amo, admiro y respeto en mi vida:

A mis padres Sr. Orlando Roque González y

Sra. María del Socorro Enríquez Figueroa

Por darme el regalo más maravilloso y hermoso que se puede dar a un ser humano "la vida" por todo su apoyo moral, social y económico, por estar conmigo en todos los momentos buenos y malos de mi vida, por brindarme todos aquellos consejos que asieron de mí un hombre respetuoso y humilde. El esfuerzo y el apoyo moral que siempre me han brindado, para realizar mi sueño, por darme la mejor herencia que le pueden dar a un hijo, muchas gracias mamá y papa, gracias por creer en mí, los amo y quiero mucho.

A mi Hermana, Fanny Yaneth Roque Enríquez, por todos los bellos momentos que hemos pasado juntos, por apoyarme moralmente en todos los momentos difíciles. A todos mis primos que siempre creyeron en mí Karen, Milagros, Dulce, Jiesí, Isidro, Fidel, Alexis, Juan Luis, Luis Angel.

A mis familiares por estar siempre unidos y compartir todas aquellas alegrías, tristezas y su apoyo en todo el trayecto de mi carrera y por creer en mí en todo momento muchas gracias.

A mis tíos Isidro Roque Cervantes (+) y Edith Roque Gonzales, Belisario Córdoba Trinidad (+) y Lucinda Enríquez Figueroa, por todo su apoyo brindado moral y económicamente, por sus grandes consejos que hicieron de mí una mejor persona muchas gracias los quiero.

A mis abuelos Gloria Gonzales Ocaña, Elvia Figueroa Ramírez, Santiago Enríquez Balboa, José Luis Domínguez Marroquín, por creer en mí y su incondicional apoyo los quiero.

A mis Amigos Luis, Jiesí, César, Darvín, Catalina, Daniela, Areli, por su gran amistad que me brindaron durante mi trayectoria como estudiante y por los grades momentos vividos, gracias los quiero mucho.

ÍNDICE DE CONTENIDO	PÁGINA
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>iii</i>
DEDICATORIA.....	iv
INDICE.....	v
INDICE DE CUADROS.....	ix
INDICE DE GRÁFICAS.....	x
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Origen e historia	4
Clasificación taxonómica	4
Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
Radiación	5
Humedad del aire.....	6
Requerimiento agroecológico en el cultivo de zanahoria	6
Temperatura	6
Suelo.....	6
Luz.....	7
pH	7
Necesidades hídricas.....	7
Humedad	8
Fertilización	8
Necesidades nutricionales	8
Función de los elementos esenciales y síntomas de deficiencia. ...	10
Carbono (C)	10
Oxígeno (O)	11
Hidrógeno (H)	11
Nitrógeno (N)	11
Fósforo (P).....	12

Potasio (K)	13
Calcio (Ca)	13
Magnesio (Mg)	14
Manganeso (Mn)	15
Boro (B).....	15
Azufre (S)	16
Hierro (Fe).....	16
Zinc (Zn).....	17
Molibdeno (Mo)	17
Cobre (Cu)	18
Cloro (Cl).....	18
Valor nutricional de la zanahoria	19
Características botánicas	19
Morfología	19
Parte aérea.....	19
Tallo	19
Hojas.....	20
Flores	20
Fruto.....	21
Raíz.....	21
Semilla	22
Principales plagas y enfermedades.....	22
Mosca de la zanahoria (<i>Psila rosae</i>).....	22
Pulgonos (<i>Cavariella aegopodii</i> , <i>Aphis</i> spp., <i>Myzus persicae</i>)	23
Gusanos grises (<i>Agrotis</i> spp.)	23
Gusanos de alambre (<i>Agriotes obscurus</i> , <i>Agriotes sputator</i> , <i>Agriotes lineatus</i>)	24
Nematodos (<i>Heterodera carotae</i> , <i>Meloidogyne incógnita</i> , <i>M. Arenaria</i> , <i>M. Javanica</i> , <i>M. Hapla</i>).....	24
Heterodera	24
Meloidogyne.....	24
Control biológico.....	25
Enfermedades	25

Quemadura de las hojas (<i>Alternaria dauci</i>).....	25
Enfermedad del picado (<i>Pythium violae</i>).....	26
Oídio (<i>Erysiphe umbelliferarum</i> y <i>Leveillula taurica</i>)	27
Podredumbre negra de las raíces (<i>Stemphylium radicum</i>)	27
Mildiu de la zanahoria (<i>Plasmopara nivea</i>).....	28
Bacteriosis de la zanahoria (<i>Erwinia carotovora</i> , <i>Xanthomonas carotae</i>).....	28
Establecimiento del cultivo	28
Sistemas y densidad de siembra.....	28
Prácticas del cultivo	29
Sustancias húmicas.....	30
Sobre el suelo	31
Físicas.....	31
Químicas.....	31
Biológicas:	31
Ácidos húmicos	32
Ácidos fúlvicos.....	33
Importancia en la agricultura.....	34
Funciones en la planta.....	34
Auxinas.....	35
Metabolismos de las auxinas	36
Efectos fisiológicos de las auxinas	36
Crecimiento y formación de raíces.....	36
Fertilización foliar.....	36
MATERIALES Y MÉTODOS	39
Localización del área experimental	39
Establecimiento del experimento.....	40
Características de la parcela.....	40
Características del suelo.....	40
Sustratos que se usaron para germinación	41
Material genético	41
Productos Químicos:.....	41
Tratamientos.....	42

Distribución de tratamientos	43
Diseño experimental	44
Modelo experimental	45
Desarrollo del experimento	45
Altura de planta	46
Grosor del tallo.....	46
Peso seco de la planta.....	47
Longitud del fruto	47
Diámetro del fruto.....	47
Grados brix	47
Peso de fruto.....	47
Firmeza del fruto	47
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFIA	67

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la zanahoria.....	5
Cuadro 2. Requerimiento de nutrientes para la zanahoria.....	9
Cuadro 3. Dosis utilizada por el agricultor.....	10
Cuadro 4. Características físicas y químicas del suelo.....	40
Cuadro 5. Distribución de los tratamientos.....	43
Cuadro 6. Se muestra los cuadros medios y significancia de las variables evaluadas, en el rendimiento total durante el desarrollo del experimento, con la aplicación de tres productos orgánicos.....	64
Cuadro 7. Comparación de medias del rendimiento ton/Ha.....	65

ÍNDICE DE GRAFICAS

Figura 1. Localización del área experimental.....	39
Figura. 2. Altura de la planta en cm, de la zanahoria variedad “Nantes” en respuesta con los 3 productos orgánicos y sus diferentes dosis.....	48
Figura 3. Respuesta de la comparación de medias para la variable grosor de tallo (mm), en la aplicación de tres productos orgánicos.....	49
Figura 4. Rendimiento de materia seca ton/ha en la evaluación de tres productos orgánicos.....	50
Figura 5. Respuestas de la comparación de medias para la variable longitud de la raíz cm, en la aplicación de tres productos orgánicos.....	51
Figura 6. Diámetro de la raíz (mm) con la aplicación de tres productos orgánicos.....	52
Figura 7. Peso de raíz gr en el cultivo de zanahoria, con aplicación de tres productos orgánicos.....	53
Figura 8. Medición de grados brix en el cultivo de la zanahoria, con la aplicación de tres productos orgánicos.....	54
Figura 9.firmeza del fruto de la zanahoria, bajo los tres productos orgánicos.....	55
Figura 10. Respuesta de la altura de la planta cm, representado gráficamente con los tres productos orgánicos.....	56

Figura 11. Comparación de medias de grosor del tallo mm en respuesta a los tratamientos usados tres productos orgánicos.....	57
Figura 12. Respuesta de la variable materia seca ton/ha, en la aplicación de tres productos orgánicos.....	58
Figura 13. Longitud de la raíz mm comprado gráficamente entre tratamientos, con tres productos orgánicos con diferentes dosis.....	59
Figura 14. Resultados en respuesta al diámetro de la raíz, con la prueba de tres productos orgánicos.....	60
Figura 15. Respuesta peso del fruto gr, con la aplicación de tres productos orgánicos.....	61
Figura 16. Medición de grados brix en respuesta de los tres productos orgánicos.....	62
Figura 17. Consistencia del fruto de zanahoria, con la aplicación de tres productos orgánicos.....	63

RESUMEN

Evaluación de fertilizantes orgánicos (materia orgánica, enraizador y foliar) en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota L.*)

La zanahoria (*Daucus carota L.*) es una de las hortalizas de mayor importancia y difusión en el mundo. Los consumidores la valorizan nutricionalmente por ser una excelente fuente de vitaminas y minerales.. La calidad nutricional e higiénico-sanitaria de esta hortaliza depende de las prácticas agronómicas como la fertilización.

La presente investigación, se efectuó en el área experimental del Departamento Ciencias del Suelo, bajo condiciones controladas, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se localiza Geográficamente a los 25°21'13.61" Latitud Norte y 101°2'3.68" Longitud Oeste, a una altura de 1742 m.s.n.m.

El objetivo fue determinar si los fertilizantes foliares satisfacen las necesidades del cultivo de la zanahoria (*Daucus carota L.*) de la variedad Nantes, para reducir el uso de agroquímicos y tener una mejor producción de calidad. Se tuvieron 5 tratamientos con tres repeticiones con arreglo factorial completamente al azar. Las variables evaluadas son: altura de tallo, grosor del tallo, peso de materia seca, longitud de la raíz, diámetro de raíz, peso fresco del fruto, grados brix (°brix) y firmeza del fruto. Los resultados obtenidos fueron diferencias altamente significativas entre tratamientos y los productos evaluados se comportaron de una manera positiva con respecto al testigo.

Palabras clave: zanahoria, rendimiento, fertilización foliar.

Correo electrónico; Alberto Roque Enriques. Roque_doko@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

El cultivo de la zanahoria experimenta un importante crecimiento en los últimos años tanto en superficies, como en producción, ya que se trata de una de las hortalizas de mayor con mayor demanda a nivel mundial. Asia es el mayor productor seguida por Europa y E.E.U.U, este cultivo que ha aumentado considerablemente su consumo, se debe a su alto valor nutricional.

De esta hortaliza la parte útil es la raíz, ya que se puede consumir cruda en ensalada, licuada o en jugos o bien puede cocinarse o industrializarse. La calidad nutritiva radica especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno, pues cada molécula de beta-caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. en general se caracteriza por su elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas.

La zanahoria juega un papel importante en la alimentación humana, en el siglo XIX el descubrimiento de las vitaminas y en concreto la vitamina A hizo que las zanahorias adquirieran una gran calidad en la alimentación sirviendo para la prevención de la ceguera nocturna.

En México se cultivan cerca de 14 500 ha de zanahoria, el 45% de las cuales corresponde a la zona agrícola del bajío con un rendimiento promedio de 23.3 ton/ha (SIAP, 2013), el cual es bajo ya que el potencial productivo de esta especie puede ser superior a 100 ton /ha (Reid y English, 2000).

El consumo per-cápita durante algunos años estuvo por encima de los 2 kilogramos/habitante, llegando incluso en 1998 por arriba de los 3 kilogramos/habitante, en los últimos años el consumo de este cultivo se ha ido incrementando paulatinamente.

Nuestro país destina una parte importante de productos hortofrutícolas a EE.UU., convirtiéndose en el mercado internacional por antonomasia, se considera que México participa con el 30% de las importaciones totales de Norteamérica en productos frescos incluyendo hortalizas y frutas.

OBJETIVOS

1. Determinar si los fertilizantes foliares orgánicos satisfacen las necesidades del cultivo, para así reducir el uso de agroquímicos.
2. Evaluar el rendimiento en la zanahoria con diferentes dosis de fertilización foliar y materia orgánica líquida.
3. Generar un mejor equilibrio nutricional, para promover un mayor enraizamiento, ya que el trasplante de la planta requiere mayor vigor en la raíz

HIPÓTESIS

1. Es posible reducir los fertilizantes químicos con fertilización foliar y obtener buenos rendimientos en la producción de zanahoria
2. Comprobar si con la aplicación de la materia orgánica líquida al suelo la planta puede tener un mejor aprovechamiento de los nutrientes.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e historia

El origen botánico de la zanahoria parece situarse en Asia menor, donde aún se puede encontrar en estado espontáneo. De esa forma original y gracias a las selecciones realizadas desde el siglo XVII proceden los distintos tipos que conocemos actualmente.

La zanahoria ha sido cultivada desde hace 2,000 años o más ya que fue mencionada por Plinio 300 años A.C. Su uso comenzó con la agricultura primitiva y puede ser encontrada en abundancia en su forma natural, además se encuentra a todo lo largo del territorio de Norteamérica y en muchos lugares es considerada una mala hierba. Todas las variedades cultivadas se consideran derivadas de la forma salvaje.

Las zanahorias naranjas aparecieron en los países bajos durante el siglo XVII. *Daucus carota* subespecie *savitus*, la zanahoria pertenece a la familia de las umbelíferas, también denominadas opiáceas. Es la hortaliza más importante y de mayor consumo de las pertenecientes a dicha familia (LÓPEZ, M 1994).

Clasificación taxonómica

La zanahoria regularmente son plantas herbáceas bianuales o anuales, según el propósito del cultivo, ya sea para obtener raíces en el primer año y que son carnosas y de sabor agradable, o para obtener semilla en el segundo año del ciclo vegetativo.

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

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la zanahoria

Reino	Vegetal
División	Spermatophyta.
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Dicotiledónea
Subclase	Archichlamydeae
Orden	Umbelliflorae
Familia	Umbelliferae o Apiaceae o Ammiaceae
Subfamilia	Apioideae
Tribu	Dauceae (caucalideae)
Genero	<i>Daucus</i>
Especie	<i>Carota</i>
Variedad	Nantes

Requerimientos climáticos y edáficos

Radiación

La zanahoria es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo requiere de una buena iluminación, la cual será modificada según la densidad de siembra, el sistema de poda y tutorado.

Humedad del aire

En el cultivo de zanahoria. La humedad relativa (HR) del aire debe ser entre 70 y 80 %.

Requerimiento agroecológico en el cultivo de zanahoria

Temperatura

Es una planta bastante rústica, aunque tiene preferencia por los climas templados. Al tratarse de una planta bianual, durante el primer año es aprovechada por sus raíces y durante el segundo año, inducida por las bajas temperaturas, inicia las fases de floración y fructificación. La temperatura mínima de crecimiento es cercana a los 8°C y la óptima de 15-18°C soporta heladas ligeras; en reposo las raíces no se ven afectadas hasta -5 °C lo que permite su conservación en el terreno. Las temperaturas elevadas (más de 28°C) provocan una aceleración en los procesos de envejecimiento de la raíz y pérdida de coloración.

La temperatura normal para la germinación está comprendida entre 15-20°C, no obstante la semilla comienza a germinar, aunque más lentamente a partir de 7°C.

El desarrollo de este cultivo oscila con temperaturas entre 15 y 18°C., sin embargo en ciertos momentos del ciclo vegetativo las zanahorias pueden soportar heladas de hasta -3°C para llegar a perder su parte aérea y de hasta -5°C para sufrir daños en las raíces.

Suelo

Prefiere el suelo franco-arenoso y/o arcillo-arenoso, aireado y fresco, rico en materia orgánica bien descompuesta y en potasio, con pH comprendido entre 5.5 y 6.8. Los terrenos compactos y pesados originan raíces fibrosas, de menor peso,

calibre y longitud, incrementándose más el riesgo de podredumbres. Los suelos pedregosos origina raíces deformes o bifurcadas y los suelos con excesivos residuos dan lugar a raíces acorchadas.

Los suelos arcillosos mal estructurados o compactados inducen a la formación de raíces cortas, gruesas y muchas veces bifurcadas, por tanto una mayor producción de raíces no comercializables.

Luz

La zanahoria es un cultivo insensible a la duración del día, sin embargo requiere una buena iluminación, la cual será modificada según la densidad de la siembra, el sistema de poda y el tutorado.

La luz no ejerce efecto directo en la ocurrencia anticipada de la etapa reproductiva, la zanahoria es indiferente al fotoperiodo.

pH

Este cultivo requiere terrenos neutros o ligeramente alcalinos no soporta los suelos ácidos. El pH óptimo está comprendido entre 5,5 y 6,8. Es considerada como una planta sensible a la salinidad.

Necesidades hídricas

Tiene grandes requerimientos en humedad y en caso de sufrir un estrés hídrico, la raíz adquiere un aspecto menos cilíndrico y más fibroso que deprecia su calidad comercial

Humedad

En relación a este factor lo más importante es mantener un régimen constante, ya que una irregularidad en el suministro de la misma, provoca generalmente rajaduras en la raíz y un déficit da lugar a la formación de raíces más largas y decoloradas. Si bien la incidencia de la humedad en la calidad de las raíces es de menor magnitud que de la temperatura, en periodos de falta de agua, además de los efectos mencionados anteriormente, se desarrollan raíces con una alta proporción de raicillas secundarias.

Fertilización

Necesidades nutricionales

Los bajos rendimientos de la zanahoria se deben a que la mayoría de los agricultores utilizan bajas dosis de fertilizantes y variedades de polinización libre. La aseveración anterior se basa en que cuando se utilizan híbridos en combinación con una fecha de siembra óptima y un programa de fertilización balanceada es factible obtener cerca de 70 t/ha de zanahoria comercial (Ortiz y Amado, 2004).

El bajo uso de fertilizantes en la zanahoria en parte se debe a que todavía existe la creencia generalizada no solo en México sino también en otras partes del mundo, de que este cultivo no responde a la fertilización (Westerveld et al., 2007).

Una metodología que se utiliza para estimar la demanda de nutrientes en un cultivo y decidir el momento y la dosis de fertilización es la curva de acumulación nutrimental (Bertsch, 2005), su aplicación ha permitido que hoy en día exista mucha información acerca del patrón de acumulación de biomasa total y nutrientes de varios cultivos hortícolas de nuestro país.

A modo orientativo y para rendimientos superiores a 50 Ton. /Ha. se ofrecen los siguientes requerimientos nutricionales, siendo siempre aconsejable verificar con un análisis de suelo y ver cuál es el estado de la parcela antes de diseñar el abonado necesario:

Cuadro 2. Requerimiento de nutrientes para la zanahoria, recomendado por Benton Jones.

ELEMENTO	Suficiencia %
Nitrógeno (N)	2.10 a 3.5
Fósforo (P)	0.20 a 0.5
Potasio (K)	2.80 a 4.0
Calcio (C)	1.40 a 3.0
Magnesio (Mg)	0.30 a 0.5
MICRO ELEMENTOS	Ppm
Boro (B)	30 – 100
Cobre (Cu)	5 – 15
Hierro (Fe)	50 – 300
Manganeso (Mn)	60 – 200
Molibdeno (Mo)	0.5 – 1.5
Zinc (Zn)	25 – 250

La zanahoria es especialmente exigente en potasio, siendo este el nutriente que absorbe del suelo en mayor cantidad seguido por el nitrógeno y el fósforo, en ese orden, la fuente de fertilización que usa el productor es: sulfato de amonio, fosfatodiamónico y cloruro de potasio. La dosis se presenta en el siguiente cuadro.

Cuadro 3. Dosis utilizada por el agricultor

Fertilización química de fondo	
Nitrógeno	250 kg/ha
Fósforo	150 kg/ha
Potasio	180 kg/ha

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. Las deficiencias de nutrientes esenciales son el resultado de un inadecuado nivel del elemento en el suelo o de factores ambientales que limitan su disponibilidad para la plantas. Contrariamente, la toxicidad es causada cuando una excesiva cantidad de nutrientes es absorbida por la planta. Para evitar estas condiciones, se debe prestar atención a factores de suelo tales como textura, pH, nivel de humedad del suelo, y mantener el equilibrio de los nutrientes en el suelo ya presente o agregados con la fertilización. (INTA, 2003).

Las principales funciones de los nutrientes y los síntomas de deficiencia más comunes en zanahoria se presentan a continuación.

Carbono (C)

Existe en cantidades suficientes, puesto que las plantas son capaces de asimilar el bióxido de carbono de la atmosfera a través de las hojas de los vegetales que utilizan en la fotosíntesis solo carbón del CO₂ y liberan el oxígeno que se reintegra en el aire.

Oxígeno (O)

Casi todo el oxígeno que utilizan las plantas para respirar y para su metabolismo, penetra por las raíces, hojas y proviene del agua, del suelo y el aire.

Hidrógeno (H)

Las plantas lo obtienen directamente del agua y otros compuestos, el bióxido de carbono e hidrógeno se convierten durante en la fotosíntesis en carbohidratos simples y luego se transforman en aminoácidos, proteínas, ácidos nucleídos, lípidos.

Nitrógeno (N)

El N está involucrado en la síntesis de aminoácidos y proteínas y es un componente de la clorofila. (INTA, 2003).

La deficiencia de N en zanahoria causa un crecimiento lento y restringido, raíces pequeñas, tallos finos, erectos y duros, maduración retardada. Las hojas se toman de color verde pálido, y cuando las deficiencias son severas pierden el verde completamente. Las hojas basales son las primeras en ser afectadas debido a la movilidad del N en la planta. Las hojas viejas pueden desarrollar un tinte rojo en el margen. La raíz se ve afectada directamente de este elemento siendo de menor tamaño y color. (INTA, 2003).

El exceso de N tiende a favorecer el crecimiento exagerado de las hojas, órganos de reservas y las semillas. Además, provoca efecto negativo sobre el ambiente, como lo son la contaminación con nitratos y la volatilización de óxido nitroso que interviene junto con los gases de efecto invernadero. (INTA, 2003).

Suelos de textura gruesa, escasos en materia orgánica, bajas temperaturas y condiciones anaeróbicas, reduce la disponibilidad de nitrógeno (INTA, 2003).

Las fuente más comunes de nitrógeno son: el sulfato de amonio, nitrato de amonio, fosfato de amonio, urea, amoniaco anhidro, nitrato de calcio, nitrato de sodio, abonos verdes, estiércoles y otros.

Fósforo (P)

El P está vinculado principalmente a la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos. Una adecuada nutrición fosfórica está asociada con un incremento del tamaño de la raíz y la maduración temprana. (INTA, 2003).

La deficiencia de P determina un crecimiento lento del tallo, ramas cortas y maduración retrasada. Las hojas, tallos y peciolo pueden desarrollar coloraciones rojizas o purpuras, sin embargo, se debe tener presente que la zanahoria desarrolla normalmente color morado en el margen de las hojas viejas. (INTA, 2003).

La deficiencia se produce más fuerte en suelos ácidos, especialmente cuando esta frío y húmedo por una alcalinidad elevada también puede reducir la disponibilidad de P. (INTA, 2003).

La absorción excesiva de P y por lo tanto la toxicidad rara vez se observan por las propiedades de fijación que tiene la mayoría de los suelos y que reducen su disponibilidad para las plantas. (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes de fósforo que se aplican son: el súper fosfato simple y triple de calcio, fosfato de amonio, formulas compuestas como roca fosfórica, estiércoles como gallinaza y otros materiales.

Potasio (K)

El K está involucrado en la transpiración, crecimiento del tejido meristemático, formación de azúcar y almidón, síntesis de proteínas, y también la regulación de las funciones de nutrición de otros minerales. (INTA, 2003).

Su deficiencia conduce a la disminución del rendimiento, con síntomas típicos en las hojas, caracterizados por un moteado y manchado que acompaña un enrollamiento y quemado del borde de las hojas. Las hojas viejas desarrollan áreas broceadas y grisáceas cerca de los márgenes y áreas cloróticas que pueden desarrollarse a lo largo de toda la hoja, tomando una apariencia de quemadas y colapsan. Los peciolo de hojas afectadas se desecan y mueren. Los tallos tienden a ser débiles y el sistema radical se desarrolla pobremente. (INTA, 2003).

Las plantas pueden absorber cantidades altas de K sin sufrir efectos negativos. Sin embargo cantidades elevadas de K en el suelo incrementan la salinidad del mismo además de provocar deficiencias de magnesio y a veces de calcio, por efecto antagónico. (INTA, 2003).

La fuente más común de potasio son: el nitrato de potasio, sulfato de potasio y magnesio, cloruro de potasio, fosfato de potasio, estiércoles, granos y compostas.

Calcio (Ca)

El calcio (Ca) tiene un papel importante en la formación de la pared celular, crecimiento y división celular y asimilación de N.

La deficiencia de este elemento provoca el colapso de los folíolos y de los tejidos cercanos al punto de inserción al peciolo, los tejidos suculentos se secan o

mueren. También suelen ocurrir en las raíces el pardeamiento en la sección central y la muerte del extremo. La disponibilidad de calcio es baja en suelos ácidos y de textura arenosa. Altos contenidos de K en el suelo y la falta de humedad limitan la disponibilidad de Ca. Las lluvias pueden reducir los niveles de Ca en el suelo. (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes de calcio son: sulfato de calcio, nitrato de calcio, carbono de calcio, superfosfatos de calcio y quelatos de calcio. En muchos suelos ricos en este elemento la transacción pueden ser un problema y esta se puede estimular mediante el uso de ácidos fúlvicos y carboxílicos.

Magnesio (Mg)

El magnesio ocupa entre el 0.04 y 1.00 del peso seco de las hojas, presenta alta movilidad en plantas, y su movilidad en el suelo es media, forma parte de la molécula de clorofila y sirve como factor de la mayoría de las enzimas que activan los procesos de la fosforilación. Es necesario en la formación de azúcares, ayuda a regular la asimilación de potasio y calcio. Actúa como transporte de fósforo en la planta y promueve la formación de aceites, grasas y hasta en la clorofila

El magnesio es otro elemento esencial en la formación de clorofila como también en la síntesis de algunos aminoácidos y vitaminas. Cuando el contenido es bajo, las hojas más viejas exhiben amarillamiento y clorosis internerval, empezando en los márgenes y los bordes adquieren un tinte rojo. Una deficiencia prolongada o severa causa síntomas en hojas jóvenes semejantes a las deficiencias de N. Las deficiencias se producen más frecuentemente en los suelos ácidos, o con altos contenidos de K, o frecuentemente lixiviados y en los altamente alcalinos. (INTA, 2003).

Los elementos minerales azufre (S),manganeso (Mn), boro (B), hierro (Fe), zinc (Zn), molibdeno (Mo), cobre (Cu) y cloro (Cl), conocidos como nutrientes

menores o micro - nutrientes, son también esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (INTA, 2003).

Manganeso (Mn)

Está involucrado en la síntesis de clorofila. En caso de deficiencia aparecen áreas moteadas amarillas en hojas jóvenes, las que carecen de vigor. Las deficiencias ocurren más frecuentemente cuando el pH del suelo es superior a 6,8. La mayoría de las umbelíferas tienen requerimientos moderados de manganeso. (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de manganeso y diferentes tipos de quelatos.

Boro (B)

El boro tiene su nivel de suficiencia en plantas dicotiledóneas entre 20 y 70 ppm del peso seco; la movilidad de este elemento es media alta en suelo y muy baja en el floema de las plantas; participa en la síntesis de una de las bases del ácido ribonucleico y en actividades celulares de división, diferenciación, maduración y otras; afecta la floración y la germinación del polen, participa en la estabilidad de la membrana y pared celular e influye en el rendimiento y calidad de frutos.

Está relacionado con el metabolismo del nitrógeno, del agua y en el crecimiento del tubo polínico. Cuando hay deficiencia es común la muerte del meristemo apical, además los folíolos de hojas jóvenes se reducen y mueren, las hojas viejas se vuelven cloróticas, enruladas y distorsionadas, ocasionalmente se produce la división de los folíolos y los tallos se tornan cortos y duros. También las raíces se opacan, con tendencia a la partición, y el cilindro central puede presentar áreas ahuecadas. El B se vuelve menos disponible en suelos arenosos

y alcalinos. La aplicación de borato de sodio puede reducir los síntomas de deficiencia. (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes que se aplican son: el bórax, el ácido bórico y diferentes boratos; algunos fertilizantes foliares contienen este elemento como complemento.

Azufre (S)

Entre las principales funciones en la planta está la síntesis de proteínas y forma parte de los aminoácidos cistina y tiamina y de la clorofila, aumenta el color verde intenso, activa la formación de nódulos, estimula la producción de semillas.

Es un componente esencial de algunos aminoácidos y vitaminas. Los síntomas de deficiencia son similares a los del N. el crecimiento general es reducido y en los tallos débiles. La disponibilidad de S es pobre en los suelos ácidos. (INTA, 2003).

Hierro (Fe)

El contenido de hierro en el follaje varía de 10 a 1000 ppm del peso seco con rango de suficiencia entre 35 y 75 ppm; presenta baja movilidad tanto en suelo como en planta y es un componente importante en varios sistemas enzimáticos y de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos y nitratos, así como para la síntesis de clorofila y de proteínas en las regiones meristemáticas.

Está involucrado en la síntesis de clorofila y es un componente de muchas enzimas. Los síntomas de deficiencia aparecen como un típico amarillamiento en áreas entre nervaduras de las hojas más jóvenes. La disponibilidad de Fe es baja

en suelos alcalinos. Las umbelíferas en general poseen una tolerancia bastante buena a bajos niveles de Fe en el suelo. (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes de hierro que se aplica son: el sulfato de hierro y diversos tipos de quelatos de hierro.

Zinc (Zn)

El nivel de suficiencia de zinc en el follaje varía de 20 a 150 ppm del peso seco; este elemento presenta baja movilidad en el suelo y en tejidos vegetales y participa en la síntesis de auxinas, y en las mismas funciones enzimáticas del manganeso y magnesio

Juega un papel importante en la síntesis de cloroplastos, almidón y auxinas. El primer síntoma es la aparición de amarillamiento intervenal en hojas jóvenes de umbelíferas, seguido por un crecimiento reducido del tallo. Las deficiencias son comunes en suelos gruesos ácidos y lavados. Altos contenidos de materia orgánica y fertilizaciones exageradas de P incrementa las posibilidades de deficiencias de zinc. La mayoría de las umbelíferas tiene requerimientos bajos en zinc. (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes que se aplican son el sulfato de zinc y diferentes tipos de quelatos.

Molibdeno (Mo)

La concentración del molibdeno es generalmente menor de 15 ppm del peso seco de las plantas; es componente de la nitrogenasa y nitrato reductasa, que son sistemas enzimáticos importantes y participa en a la síntesis de proteínas; presenta una movilidad media en el suelo y en tejidos vegetales.

Esencial en la síntesis de proteínas y algunos sistemas enzimáticos. Su deficiencia causa palidez en las hojas, las cuales se vuelven muy angostas, y con un amarillamiento internerval en las más viejas. (INTA, 2003).

Cobre (Cu)

La movilidad de este elemento es baja en el suelo y en tejidos vegetales y participa como constituyente de la proteína plastocianina del cloroplasto y sirve como parte del sistema de transporte en electrones ligando los fotosistemas I y II. Participa en la síntesis de lignina, y se contracta en la síntesis de ácidos nucleicos.

Es esencial en la síntesis de enzimas y clorofila, la respiración y en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Cuando hay deficiencia las hojas más jóvenes se presentan verde oscuro y no se despliega. Las hojas más viejas parecen marchitas y es común el amarillamiento. Las deficiencias son más comunes en suelos orgánicos. Una alta alcalinidad disminuye la disponibilidad de Cu (INTA, 2003).

Las fuentes más comunes que se aplican son sulfato de cobre y diferentes fungicidas que contienen este elemento.

Cloro (Cl)

Importante para el crecimiento de raíces y tallos. Su deficiencia resulta en el detenimiento del crecimiento de las raíces, marchitamiento, pardeamiento y clorosis de hojas, y algunas veces estas últimas mueren. Si bien es poco frecuente la zanahoria es bastante sensible a la toxicidad con Cl. (INTA, 2003).

Valor nutricional de la zanahoria

La zanahoria tiene un pH que varía ente 4.9 a 5.2. Posee un elevado poder energético (40 a 47 calorías por 100 gramos de producto comercial) dependiendo del contenido de azúcar. Contiene una buena cantidad de ácidos orgánicos, en especial málico, sales minerales, y vitaminas entre las que se destaca el caroteno. Este compuesto además es el responsable de la pigmentación anaranjada intensa, y está constituido por alfa y beta caroteno representando un 90% de los carotenoides totales presentes en esta especie.

Características botánicas

Morfología

Planta bianual durante el primer año se forma una roseta de pocas hojas y la raíz. Después de un periodo de descanso, se presenta un tallo corto en el que se forman las flores durante la segunda estación de crecimiento. (INFOAGRO, 2009).

Parte aérea

Tallo

Durante la primera temporada de crecimiento el sistema caulinar es arrosetado, con un tallo pequeño y muy comprimido, en el cual se generan hojas grandes (30 a 60 cm), pubescentes, con pecíolo largo, delgado, de base abrazadora, y de lámina fuertemente dividida (bi o tripinnatisecta), con segmentos lineales.

En la segunda temporada, el crecimiento se reinicia a partir de las reservas almacenadas en la raíz pivotante, la que pasa a ser de una estructura fibrosa a leñosa, no comestible.

Hojas

Las primeras hojas que pueden considerarse como tal salen después de 10-15 días con una nueva hoja desarrollándose aproximadamente en el mismo intervalo durante la mayoría del crecimiento activo. Las hojas y la roseta basal son alternas y compuestas. Las nuevas hojas se desarrollan en una espiral dentro de la formación básica de los peciolo precedentes. Los filos de las hojas son pinada en dos o tres, estando las hojas divididas repetidamente.

Flores

Cada umbela contiene numerosas flores blancas, pequeñas, epíginas, en su mayoría hermafroditas, con 5 sépalos pequeños, 5 pétalos blancos a púrpura, 5 estambres protándricos y un ovario bicarpelar, provisto de nectarios.

La zanahoria es una planta andromonoica, cada umbela está formada por un cierto número de umbelulas, a su vez compuestas por flores hermafroditas y flores masculinas. La flor bisexual de zanahoria es actinomorfa. El cáliz está formado por cinco diminutos sépalos verdes y una corola por cinco pétalos blancos y emarginados. Los cinco estambres son alternipetalos y están insertos en el margen de un disco epígono. (INTA, 1992).

Fruto

El fruto desarrollado después de la polinización cruzada entomófila es un esquizocarpo, formado por dos mericarpios (aquenios) espinosos que hacia madurez se dividen ventralmente, conteniendo una semilla cada uno.

Raíz

La zanahoria tiene caracteres según las variedades, se pueden agrupar según el color de la raíz en blancas, amarillas y rojas. La raíz generalmente es pivotante, fusiforme que penetra profundamente la tierra de las cual salen las hojas que abrazan el tallo.

El sistema radicular consiste en una raíz primaria pivotante engrosada que, incluyendo parte del hipocotíleo, constituye el órgano de consumo de la especie.

Está rodeada por numerosas raíces secundarias, ramificadas y finas, que se forman a partir de la mitad inferior de la raíz principal y que alcanzan una profundidad de hasta 1 m en el suelo.

En la segunda temporada, el crecimiento se reinicia a partir de las reservas almacenadas en la raíz pivotante, la que pasa a ser de una estructura fibrosa a leñosa, no comestible.

El color interno y externo de las raíces de las zanahorias occidentales domesticadas oscila entre anaranjado claro y anaranjado rojizo, distribuido más o menos uniformemente. Esta coloración se debe al contenido de pigmentos denominados carotenoides. Una raíz bien coloreada posee de 5 a 10 % de xantofilas y 90 a 95 % de carotenos, pero no todas sus partes tienen la misma cantidad de pigmentos. Es mayor en el floema o corteza que en el xilema o cilindro central, y en la porción superior cercana a la superficie que en la inferior. (INTA, 1992).

Semilla

Las semillas son pequeñas, de color verde oscuro y con dos caras asimétricas, una plana y otra convexa, provista en sus extremos de uno agujones curvados con capacidad germinativa de tres años. (Maroto, 1989).

Principales plagas y enfermedades

Mosca de la zanahoria (*Psila rosae*)

El adulto mide 4,5 mm y presenta cabeza parda y abdomen alargado y negro la larva es de color blanco amarillento brillante, y de 7-8 mm de longitud, inverna en el suelo en estado pupario, haciendo su aparición en primavera.

Biología

Ovipositan en el suelo u otros cultivos, a los 10-12 días salen las larvas que penetran el interior de la raíz, excavando una galería descendente que llega hasta casi el final de la raíz. Los adultos hacen su aparición a mediados o finales de julio para después convertirse en ninfas.

Daños

Las larvas penetran en la raíz, donde practican galerías sinuosas, sobre todo en la parte exterior, que posteriormente serán origen de pudriciones, si las condiciones son favorables se producen una pérdida del valor comercial de las raíces atacadas.

Control

Desinfección del suelo y/o desinfección de la semilla.

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

Estos áfidos se alimentan directamente del floema picando a través de la epidermis, por lo que producen fuertes abarquillamientos en las hojas que toman un color amarillento. Los pulgones son vectores de enfermedades viróticas, lo que los hace doblemente peligrosos. Las raíces, resultan también dañadas por pulgones del género *Pemphigus* fácilmente reconocibles por el revestimiento lanoso y blanco de su cuerpo. En cuanto a métodos de control recomendamos:

Control biológico

Existen numerosos depredadores de los pulgones, como la *Coccinella septempunctata* o mariquita, la *Chrysopa* y algunos parásitos himenópteros que desarrollan sus larvas en el interior del pulgón.

Control químico

Hay buenos productos aficidas de contacto, penetrantes o sistémicos. Los de contacto sólo son eficaces si llegan a tocar el insecto y, por lo tanto únicamente son aplicables en el caso de que los pulgones no estén protegidos en el interior de las hojas abarquilladas. Las materias activas más usadas son: Diazinon, Clorpirifos.

Gusanos grises (*Agrotis* spp.)

Las orugas de estos lepidópteros noctuidos devoran las partes aéreas de las plantas durante la noche, por lo tanto permanecen en el suelo o bajo las hojas secas durante el día. Como métodos de lucha se recomiendan materias activas como: Clorpirifos, Diazinon, Fonofos o Isofenfos.

Gusanos de alambre (*Agriotes obscurus*, *Agriotes sputator*, *Agriotes lineatus*)

Estos coleópteros atacan las raíces de la zanahoria, produciendo galerías que a menudo generan podredumbre. En determinadas zonas han llegado a convertirse en una plaga muy importante. Los métodos de lucha son los mismos que se recomendaron para los gusanos grises.

Nematodos (*Heterodera carotae*, *Meloidogyne incógnita*, *M. Arenaria*, *M. Javanica*, *M. Hapla*)

Según las especies se pueden distinguir dos grupos de daños:

Heterodera

Muy importante en climas templados. Sus ataques se traducen en plantas con follaje muy reducido y hojas de color rojizo. Las raíces son pequeñas y en ocasiones bifurcadas, provocando una cabellera anormal de raicillas oscuras.

Meloidogyne

En condiciones cálidas producen importantes daños sobre las raíces de zanahorias, transformándolas en ristras de agallas.

Los nematodos se desplazan muy lentamente, lo que hace que las zonas atacadas dentro de una misma parcela puedan localizarse con facilidad por los rodales en el terreno.

Sin embargo, todos estos síntomas pueden ser debidos a otras plagas, si se quiere determinar con seguridad la existencia de estos parásitos es conveniente enviar muestras de tierra y raíces a un laboratorio especial para su análisis.

Control biológico

Existen numerosos nematodos depredadores nocivos descritos anteriormente.

Prácticas culturales

Las medidas preventivas consistentes en procurar que la plaga no se traslade de un campo a otro: lavar bien los aperos de labranza, las ruedas de máquinas, etc., que hayan estado trabajando en campos contaminados. Una cuidadosa rotación de cultivos, una vez conocida la especie existente en el campo, de modo que las plantas preferidas por la especie de nematodos no se cultiven sino tras un periodo de tiempo de al menos 5 años. Una gran parte de las especies de nematodos son polífagas, por lo que pueden permanecer a costa de las raíces de la vegetación silvestre. Por ello, una limpieza de ésta a base de herbicidas o trabajos culturales será muy conveniente.

Control químico

Se conocen varios compuestos químicos indicados para combatir los nematodos, los cuales son realmente eficaces bien aplicados; aunque son muy caros y tóxicos: dicloropropeno, metam-sodio, etc.

Enfermedades

Quemadura de las hojas (*Alternaría dauci*)

Se trata de una enfermedad muy común en el cultivo de la zanahoria. Aparece durante el verano y el otoño, sobre todo, en ambientes húmedos y calurosos.

Los síntomas se presentan primero en forma de pequeñas manchas parduzcas, aureoladas de amarillo y diseminadas por el borde de las hojas. Al aumentar el número de las manchas mueren los tejidos intermedios, con lo que deseca el foliolo completo. La planta aparece como quemada por el sol o por un tratamiento mal efectuado.

El hongo puede provocar primero mareas de nacencia muy considerables al ser transportado por las semillas y más tarde, chancros en la raíz principal.

Si hay riesgo de ataques son recomendables tratamientos con fungicidas preventivos como: Captan, Maneb, Mancozeb y Clortalonil. Van apareciendo variedades con aceptable tolerancia a esta enfermedad.

Enfermedad del picado (*Pythium violae*)

Esta enfermedad constituye actualmente uno de los mayores problemas del cultivo de la zanahoria. Los primeros síntomas se caracterizan por la aparición sobre la raíz de pequeñas manchas elípticas y translúcidas con contornos netamente delimitados. Dichas manchas evolucionan rápidamente a depresiones de color marrón claro, provocando un hundimiento y oscurecimiento de los lechos de células superficiales

La humedad del suelo permite el acceso de *Pythium* a las raíces, por lo que los terrenos pesados y de mal drenaje son particularmente favorables a la enfermedad, junto a una fuerte fertilización nitrogenada.

El cultivo frecuente de zanahorias sobre el mismo terreno agrava el estado sanitario de los cultivos.

Existen diferencias varietales de sensibilidad a esta enfermedad, aunque actualmente no se dispone de tipos comerciales resistentes.

Control químico

Puede ser eficaz, aunque cara, mediante desinfecciones del suelo.

Las posibilidades del control químico no deben hacer olvidar el interés de las prácticas de cultivo, métodos preventivos como: drenaje, rotaciones y fertilización nitrogenada razonada.

Oídio (*Erysiphe umbelliferarum* y *Leveillula taurica*)

Los ataques son parecidos y se caracterizan por la formación en la superficie de las hojas de un tipo de pudrición blanca y sucia constituida por los conidióforos y conidias.

Temperaturas elevadas y ambiente seco favorecen a esta enfermedad, afectando a los cultivos en verano y otoño. *Erysiphe* puede aparecer sobre los residuos de los cultivos o sobre las umbelíferas silvestres.

En cuanto a métodos de control se utilizarán materias activas autorizadas como Azufre, Polioxina, Quinometionato.

Podredumbre negra de las raíces (*Stemphylium radicum*)

Provoca lesiones en la parte superior de la raíz recubiertas de un moho negruzco.

Entre los métodos de control para esta enfermedad están la desinfección de las semillas con fungicidas previa a la siembra y si hay riesgo de ataques hacer tratamientos preventivos a base de materias activas autorizadas como Clortalonil, Captan, etc.

Mildiu de la zanahoria (*Plasmopara* *anivea*)

Produce manchas amarillentas en el haz que corresponden con un micelio afieltrado por el envés.

Es la enfermedad más común en invernadero que al aire libre, ya que requiere concentraciones de humedad importantes para desarrollarse.

Como métodos de control se recomiendan tratamientos preventivos a base de materias activas autorizadas como: Mancozeb, Captan u Oxidloruro de cobre.

Bacteriosis de la zanahoria (*Erwinia carotovora*, *Xanthomonas carotae*)

Provocan podredumbres más o menos blandas en raíces.

Establecimiento del cultivo

Se darán una labor de arada y rastra, posteriormente se darán unas labores complementarias de grada o cultivador, para dejar de este modo el suelo bien molido. Se realizan camellones separados entre 0,20 a 0,30 m, según el desarrollo de la variedad que se va a cultivar. (Hidalgo, L 2008).

Requiere buena preparación del terreno, de forma que este se halle perfectamente mullido en una determinada profundidad, mayor en las variedades largas y semilargas, pudiéndose dar en primer lugar una labor profunda, en la que se incorpora el abonado de fondo y la continuación de labores superficiales como sean necesarias para dejar una tierra bien fina. (Maroto, 1989).

Sistemas y densidad de siembra.

La semilla deberá quedar a una profundidad de unos 5 mm. Normalmente la siembra se realiza con sembradora mecánica y semilla desnuda o calibrada en bandas entre 1.8 – 2.3 millones de semillas por hectárea.

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 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 a la barra portaherramientas del tractor, como las Planet Jr (Martínez, 1990).

Prácticas del cultivo

El riego varía dependiendo de la época del año en que se haya sembrado. Sin embargo a nivel comercial se dan unos promedios de 10 a 20 riegos.

La zanahoria generalmente necesita de un aclareo, esto permite el aumento de tamaño de las raíces; se efectúa cuando la planta tiene de 10 a 15 centímetros de altura y el terreno se encuentra húmedo, se recomienda dejar las plantas a una distancia de 3 a 5 cm.

Escarda y aporque se recomienda que estas prácticas sean ligeras en suelos arcillosos, con la finalidad de que estén lo más sueltos posible; además llevar acabo 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).

Se sugiere dar dos escardas con el fin de aflojar el terreno y mantener libre de malezas el cultivo, para este fin se recomienda realizar los deshierbes ya sea con la mano, con el azadón o a través del empleo de herbicidas; este se recomienda aplicarlo cuando el terreno se encuentra húmedo (Martínez, 1990).

Sustancias húmicas

El término materia orgánica del suelo se refiere al conjunto de sustancias orgánicas que contienen carbón, química y físicamente, sustancias sintetizadas microbiológica y/o químicamente de productos desmenuzados, cuerpos vivos y muertos de microorganismos y pequeños animales que permanecen descompuestos (Schnitzer y Schultem 1995, Schnitzer, 2000).

La humificación de la materia orgánica, origina las sustancias húmicas, las cuales son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original, proviene de la degradación de residuos de plantas, animales, y de la actividad de síntesis de microorganismos (Stevenson, 1982; Schnitzer, 2000).

Las sustancias húmicas han sido divididas en grupos de acuerdo a su solubilidad en soluciones ácidas y básicas concentradas: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y húmicas. Los ácidos húmicos son moléculas más grandes y complejas que los ácidos fúlvicos, además presentan contenidos más altos de nitrógeno, pero menor de grupos funcionales (Meléndez, 2003).

Las sustancias húmicas, estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100 ppm (Zachariakis et al. 2001). Dursun et al. (2007) afirma que tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente en el trasplante y disponibilidad de microelementos.

La quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que quelata cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta, además de que previene su precipitación. Los elementos metálicos son más adsorbidos que los alcalinos térreos, ya que se compleja el hierro y zinc más rápido que el sodio (Orlov, 1995), por lo que al adicionar ácidos fúlvicos el hierro es más abundante en tejidos vegetal de follaje por la mayor absorción (Ramos, 2000)

Sobre el suelo

La adición al suelo de sustancias húmicas que se utilizan como fuente de carbono, incrementa la población microbiana y por lo tanto la actividad asociada (Lizararo, 2001).

(Cadahia, 1998), menciona que las principales propiedades atribuidas a las sustancias húmicas son:

Físicas

En dosis adecuada; mejora la estructura del suelo, incrementa la capacidad de retención de agua en el suelo, que junto a la propiedad anterior evitarían los procesos de erosión a incrementa la temperatura del suelo.

Químicas

Son transportadores de metales, principalmente los ácidos fúlvicos; ejercen control de la disponibilidad de nutrimentos y elementos tóxicos, poseen elevada capacidad de intercambio catiónico (ácidos húmicos) y son acidificantes.

Biológicas:

Propician un ambiente adecuado para el desarrollo de micro y macro organismos, ejercen efectos benéficos sobre la fisiología de plantas, liberan sustancias de bajo peso molecular y son precursoras de hormonas vegetales e incrementa absorción de nutrimentos. Las sustancia húmicas pueden incidir indirectamente en la nutrición vegetal por distintos mecanismos.

Las sustancias húmicas sobre las plantas, se centralizan en los efectos bioestimulantes al considerar la aplicación de estos productos en los diferentes procesos fisiológicos-bioquímicos que tiene lugar en la planta (Ramos, 2000).

Ácidos húmicos

Se menciona que los ácidos fúlvicos se distinguen de los ácidos húmicos por su coloración más clara, contenido bajo de carbono (menos del 50 por ciento), por su buena solubilidad en agua, alcohol, álcalis y ácidos minerales. Los ácidos fúlvicos pertenecen al grupo de los ácidos hidroxicarboxilos y el la hidrosis acidá, forma sustancias reductoras, tiene alta capacidad de cambio (hasta 700 meq 100 gr de sustancia), actúan destructivamente sobre los minerales, son propensos a formar complejos R_2O_3 que poseen gran movilidad, por lo tanto no existen dudas sobre los ácidos fúlvicos, como grupos independientes de minerales húmicos con propiedades distintas a la de los ácidos húmicos (Meléndez, 2003).

Los ácidos húmicos son activadores de la flora microbiana del suelo, con lo que aumenta la mineralización de la materia orgánica y la consecuente liberación de nutrimentos a formas disponibles para las raíces de las plantas. Los ácidos húmicos y fúlvicos incrementan la capacidad de intercambio catiónico del suelo y la retención de humedad, estimula el desarrollo de la raíz y a nivel foliar aumenta la permeabilidad de la membrana celular, facilitando la absorción de nutrimentos y son agentes naturales quelantes de metales catiónicos, por lo que son utilizados para la nutrición mineral de los cultivos debido a la acción acomplejante que ejerce sus grupos funcionales carboxílicos (COOH) e hidroxilicos (OH) (Molina, 2003).

Los ácidos húmicos en terrenos arcillosos ayudan a mejorar la estructura del suelo, consiguiendo mejorar la permeabilidad del terreno y aumentar la aireación a nivel radicular de la planta. Los suelos arenosos, que suelen tener bajos niveles de la materia, ayudan a incrementar el intercambio catiónico de los

macro y micronutrientes, mejora la capacidad de retención de agua y por lo tanto se evita una pérdida de nutrientes por lixiviación.

Los ácidos húmicos de distintos suelos y la materia orgánica en descomposición presentan estructuras muy semejantes. La forma de las moléculas juegan un papel importante en la formación de la estructura del suelo, poseen una estructura flexible y ramificada con multitud de cavidades internas, que determinan su capacidad de absorción frente al agua (labrador, 2001).

Ácidos fúlvicos

Los primeros conocimientos sobre el ácido crenico y apocrenico o ácidos fúlvicos, se deben a las investigaciones realizadas en la primera mitad del siglo XIX por el científico sueco berzelius. El ácido crenico tiene un color amarillo claro y cuando se oxida en el aire forma una coloración pardo oscura, transformándose en una sustancia poco soluble parecida al ácido húmico, clasificado como ácido apocrenico.

Fúlvicos procede de la palabra “fulvus” amarillo, en referencia al color que suelen mostrar (hortícola, 1998). Fracción soluble tanto en solución acida como alcalina de la materia orgánica humificada. Los ácidos fúlvicos son mezclas de sustancias orgánicas a diferencia de los ácidos húmicos, por lo cual no pueden mezclarse, ya que cada uno contiene sustancias de una amplia gama de pesos moleculares.

Los ácidos fúlvicos presentan un peso molecular bajo, de 40-50 por ciento de (C), contiene menos del 4 por ciento de nitrógeno, 44-48 por ciento de (O), además de grupos funcionales: carboxílicos (-COOH) de 8-9 meq/gr, metoloxilicos (OCH₃) <0.5 meq/gr, alcohólicos (OH) de 3-6 meq/gr, fenólicos (-OH) de 3-6 meq/g y carboxilos (C=O) DE 1-3 meq/gr (Cosmocel, 1992), citado por Cueva L. (2004), expresa que el ácido fúlvicos es el material sobrante en la

solución única que se ha extraído del ácido húmico por acidificación. Tiene carga negativa.

Importancia en la agricultura

Los ácidos fúlvicos son de gran interés para productores del campo, debido a que posibilitan un mejor aprovechamiento de fertilizantes foliares y radiculares, además de estimular el crecimiento de la planta. Como resultado de un incremento en cuanto a rendimiento de cosecha, también se obtiene un mejoramiento y recuperación del suelo al favorecer la formación de agregados y la producción exponencial de microorganismos benéficos (Camacho, 2001).

Funciones en la planta

La aplicación de los ácidos húmicos en cereales y hortalizas, bajo condiciones controladas, estimula el crecimiento vegetal de las plantas, ya que intervienen en varios mecanismos como: la formación de raíces adventicias, respiración de raíces, síntesis de proteínas, división celular e indirectamente en la disponibilidad de iones y su translocación dentro de la planta, actúa como suplemento y reguladores de la nutrición de la planta, cuando se aplica concentraciones bajas de ácidos fúlvicos (Aza,2001; Camacho, 2001; Frias,2000;Ovalle, 2005).

Los efectos de los ácidos fúlvicos son visibles principalmente en la parte subterránea de las plantas, ya que poseen un extraordinario poder estimulante en la raíz. Por esta razón, son utilizados como enraizantes. De forma general, la aplicación de ácidos húmicos y fúlvicos en el suelo, contribuye al bloqueo de los nutrientes y actúan como agentes complejantes naturales, facilitando la asimilación de los mismos en la planta.

Auxinas

Estas hormonas son un grupo de compuestos que estimulan la elongación de la planta. El ácido indolacético es una auxina que realiza una acción directa sobre la elongación y es la forma predominante. Sin embargo, evidencia reciente sugiere que existen otras auxinas indólicas naturales en plantas. Su acción principal radica en determinar el crecimiento de la planta y favorecer la maduración del fruto (en el caso del ácido indolacético) y el proceso del enraizamiento (ácido indol butírico). Las auxinas se sintetizan principalmente en el ápice del tallo, en las yemas, ramas jóvenes y en general en los meristemas a partir del aminoácido triptófano. Ayuda a que los tallos débiles se desarrollen y que se formen raíces adicionales de soporte para complementar el sistema radicular, el ácidoindolil-3 acético es sintetizado en la planta L –triptófano, el cual puede estar libre o formado parte de proteínas (Teale y palme, 2006).

Las auxinas constituyen un grupo pequeño de hormonas vegetales, originalmente identificada por su rol en respuestas trópicas. Actualmente se sugiere que poseen propiedades morfogénicas análogas a hormonas presentes en el reino animal, participando en procesos que incluyen desarrollo de embrión, raíz, fruto, diferenciación de sistema vascular, crecimiento trópico y dominancia apical, este flujo de auxinas reprime el desarrollo de brotes auxiliares laterales a lo largo del tallo, manteniendo de esta forma la dominancia apical. El movimiento de la auxina fuera de la lámina foliar hacia la base del peciolo parece también prevenir la abscisión (Dharmasiri et al., 2005).

En forma natural, las concentraciones más altas de auxinas se encuentran en los ápices de crecimiento. Sin embargo, también se encuentra auxinas ampliamente distribuidas por la planta, sin duda provenientes de las regiones meristemáticas. La auxina natural más común es el ácido indolacético pero dependiendo de la especie, edad de la planta, estación del año y condiciones de crecimiento pueden aparecer otras auxinas naturales en los tejidos como son el ácido 4-cloroindol -3-acético y ácido indol-3-acrílico (dobrev. Et al 2005).

Metabolismos de las auxinas

Son conjugadas con azúcares, aminoácidos y péptidos. Los conjuntos de auxinas actúan como formas de almacenamiento inactivas de auxinas: dicotiledóneas: auxinas–ácido aspártico, auxina-glucosa: monocotiledóneas: auxina-glucósidos, no conjugan con aminoácidos (gray, 2004).

Efectos fisiológicos de las auxinas

Crecimiento y formación de raíces

Debido a que las auxinas influyen tanto la división, crecimiento y diferenciación celular, están involucradas en muchos procesos del desarrollo, en algunos de ellos interactuando con otras fitohormonas. Diversos ensayos han sido descritos para analizar respuestas a auxinas, los cuales han sido útiles en la identificación de compuestos con actividad típica de auxinas. Uno de los ensayos que caracterizan el efecto de auxinas en el desarrollo es la regulación del crecimiento radicular, el cual es definido desde el desarrollo embrionario. Mientras las auxinas estimulan el crecimiento de los tallos y coleóptilos, inhiben el crecimiento de la raíz primaria, pero estimula la formación de raíces secundarias. La concentración óptima para promover elongación de tallos es entre 10^{-6} y 10^{-5} M, sin embargo, en raíces esta concentración es muy alta y retarda su crecimiento (jenik y barton, 2005).

Fertilización foliar

El uso de fertilizantes foliares de ahora ampliamente, pero sobre todo en las áreas donde son notables las deficiencias de nutrientes. Se ha recurrido a este método de fertilización debido a que las aplicaciones de fertilizantes al suelo tropiezan a veces con ciertos problemas, como: toxicidad, lentitud en la transformación de formas no asimilables a fácilmente asimilables de transportación interna, nitrificación, PH, etc. (Lasso, 2013).

Cuando se aplican los nutrientes en solución o en alguna otra forma a la superficie de las hojas, generalmente se realiza la absorción a un ritmo inicial muy rápido y luego disminuye a un ritmo menor, pero sostenido. El fenómeno de la movilidad determina que las aspersiones foliares se efectúen con mucho cuidado y precisión(Lasso, 2013).

La fertilización foliar es un concepto reciente de la nutrición vegetal, consiste en aportar pequeñas cantidades de nutrimentos en forma asimilable al follaje de las plantas. El aporte y asimilación de los compuestos químicos requeridos para el crecimiento, desarrollo y metabolismo, se define como nutrición vegetal. El mecanismo por el cual cada nutrimento es convertido a material celular o utilizado para propósitos energéticos, se conoce como metabolismo (Lasso, 2013).

La fertilización foliar, es la nutrición a través de las hojas, se utiliza como un complemento a la fertilización al suelo. Factores influyen en la fertilización foliar pueden clasificarse en tres grupos; aquellos que corresponden a la planta, el ambiente y la formulación foliar. Dentro de los aspectos de la planta, se analiza la función de la cutícula, estomas y ectodermos en la absorción foliar. En el ambiente, la temperatura, luz humedad relativa y hora de aplicación. (Pérez, 1998)

La fertilización foliar es útil para varios propósitos ya que permite la incorporación inmediata de los elementos esenciales en los metabólicos que se están generando en el procesos de fotosíntesis. (Jyung y Wittwer, 1994)

Algunos propósitos son: corregir las deficiencias nutrimentales que en algún momento dado se presentan durante el desarrollo de la planta, corregir requerimientos nutrimentales que no son cubiertos con la fertilización común al suelo, mejorar la calidad del producto, acelerar o retardar alguna etapa fisiológica de la planta, corregir problemas fitopatológicos del cultivo al aplicar cobre o azufre y respaldar la fertilización edáfica para optimizar el rendimiento de la cosecha.

Lo anterior indica que la fertilización foliar debe ser específica, de acuerdo con el propósito y el problema nutricional que se quiere resolver o corregir en el cultivo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del área experimental

La presente investigación, se efectuó en el área experimental del Departamento Ciencias del Suelo, bajo condiciones controladas, dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), la cual se ubica en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se localiza geográficamente a los 25°21'13.61" Latitud Norte y 101°2'3.68" Longitud Oeste, a una altura de 1742 m.s.n.m. (figura 1).



Figura 1. Localización del área experimental

Establecimiento del experimento

Características de la parcela

El presente experimento se realizó en un área de 1x10 m², bajo condiciones controladas, donde se ocuparon 4 parcelas ubicadas a un costado del Departamento de Ciencias del Suelo. En el siguiente cuadro se muestran las características físicas y químicas del suelo.

Características del suelo

Cuadro 4. Características físicas y químicas del suelo

Propiedades físicas	
Textura	Arcillosa
Densidad aparente	0.85 gr/cc
Color	Gris muy negro 10YR1/2 negro
Densidad de solidos	1,71 gr/cc
Propiedades químicas	
M.O	1.75 %
PH	6.5
C.E	2.0 mmhos/cc
CIC	20 Meq/100gr
Nitrógeno total	0.0875 %
Fósforo aprovechable	6.06 ppm
Potasio	75 ppm
Calcio	15 meq/100gr
Magnesio	2.5 meq/100gr

Sustratos que se usaron para germinación

Peat moss y perlita

El sustrato se define como, todo material solido distinto de los suelos naturales, que colocados en un contendor en forma pura o mezcla, permite el anclaje y soporte de toda la planta.

El mejor sustrato es aquel que proporcione a las raíces las mejores condiciones de desarrollo, en cuanto a retención de agua, aireación, nutrientes y temperatura. Los sustratos pueden ser de materiales sintéticos, orgánicos o minerales, pueden ser químicamente inertes o activos.

Material genético

La variedad que se utilizó fue: NANTES (*Daucus Carota*).

Productos requeridos para el tratamiento

Productos Químicos:

Insecticidas: picus 70 WG INSECTICIDA AGRICOLA

Control: mosquita blanca, gusanos falso medidor.

Fungicidas: FUNGICIDA BAVISTIN (CARBENDAZIM)

Control: cenicilla.

Fertilizantes

Nitrógeno (N)

Fósforo (P₂O₅)

Potasio (K₂O)

Tratamientos

Miya raíz (Mr) (bioestimulador enzimador orgánico).

Acido fúlvico	9.96%
Boro (B)	0.04%
Acondicionadores y diluyentes naturales	90.00%

Miyaction (M) fertilizante foliar liquido

Acido fúlvico	11.07%
Nitrógeno total	0.65%
Fósforo disponible	5.00ppm
Potasio disponible	2.00ppm
Fierro	5.00ppm
Zinc	1.00ppm
Acondicionadores y diluyentes naturales	88.28%

Spring Soil (Sp)

Materia orgánica (M.O)	20 %
Nitrógeno total (NT)	80-87 %
Fosforo (P2O5)	3-3.5 %
Potasio (K2O)	0.10-0.15 %
Azufre(S)	5-7 ppm
Magnesio (Mg)	100-150 ppm
Calcio (Ca)	90 ppm
Fierro (Fe)	25-28 ppm
Boro (B)	1-1.3 ppm
Zinc (Zn)	2.5-3.5 ppm
Manganeso (Mn)	13-13 ppm
Cobre (Cu)	1-1.5 ppm
Carbohidratos	5.0 %

Distribución de tratamientos

Cuadro 5. Distribución de los tratamientos

N° de tratamiento	Fertilización de fondo	Ácido fúlvicos (11.07%) fertilizante foliar	Materia Orgánica (20-26%) líquida	Ácido fúlvicos(9.96 %), Raíz bioestimulantes Enzimador orgánico
T1	0	0	0	0
T2	25%	6.25 ppm	18.75 ppm	10 ppm
T3	50%	12.5 ppm	37.5 ppm	20 ppm
T4	75%	18.75 ppm	56.25 ppm	30 ppm
T5	100%	25 ppm	75 ppm	40 ppm

Repetición 1

	T 1	T 2	T 3	T 4
T	Mr	Mr	Mr	Mr
E	Sp	Sp	Sp	Sp
S	M	M	M	M
T	25%	50%	75%	100%

Repetición 2

	T 1	T 2	T 3	T 4
T	Mr	Mr	Mr	Mr
E	Sp	Sp	Sp	Sp
S	M	M	M	M
T	25%	50%	75%	100%

Repetición 3

	T 1	T 2	T 3	T 4
T	Mr	Mr	Mr	Mr
E	Sp	Sp	Sp	Sp
S	M	M	M	M
T	25%	50%	75%	100%

Diseño experimental

En el presente trabajo se utilizó un diseño factorial (2x5x3) con arreglo en parcelas divididas y distribución de bloque al azar.

Este es uno de los diseños más utilizados en experimentos de campo. Su objetivo es agrupar la Unidades Experimentales en bloques uniformes, de tal manera que la variedad entre las Unidades Experimentales sea mínima aun cuando la variación entre bloques sea alta (Coronado, 2001).

Modelo experimental

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \epsilon_{ij} \quad i = 1, \dots, t; j = 1, \dots, b$$

μ media general

T_i efecto del i-esimo tratamiento

β_j efecto del j-esimo bloque

ϵ_{ij} error experimental en la unidad j del tratamiento i

$\epsilon_{ij} \sim \text{NID}(0, \sigma^2)$.

Desarrollo del experimento

En charolas germinadoras de polietileno de 200 cavidades, que contenían la mezcla de peat moss con perlita (relación 1:1 v/v), como sustrato se germinaron semillas de zanahoria variedad Nantes, se inició la germinación de la semilla a los 18 Días de siembra, cuando las plantas presentaron 5 centímetros de altura (con dos pares de hojas verdaderas), fueron trasplantadas en las parcelas.

Después de 60 días del trasplante se realizó la siembra directa de zanahoria con la finalidad de comparar la diferencia entre trasplante y siembra directa de la zanahoria. Los tratamientos fueron de igual forma.

Los tratamientos, consistieron en la adición vía foliar, de Miyaction, con dosis de 18.75, 37.5, 56.25, y 75 ppm/Lt de agua, la cual se utilizaba una bomba manual para la aplicación.

Los tratamientos por banda se realizaron, preparando en un litro de agua las dosis correspondientes de los productos, Spring Soil 6.25, 12.5, 18.5, 25 ppm y

Miyaraiz 10, 20, 30, 40 ppm las cuales se prepararon en una probeta de un litro donde se realizó la aplicación se distribuía uniformemente en cada tratamiento.

Se realizó una serie de labores culturales, los riegos variaron debido a las condiciones del clima y en repetidas ocasiones se presentaron lluvias por lo cual se suspendían los riegos.

Después de la siembra directa a los 45 días se realizaron actividades de aclareo de las zanahorias la cual se realizó manualmente, se fue dejando dos o tres plantas de zanahoria por cada 3-5 cm para la evaluación.

Después de haber cumplido dos semanas de siembra se procedió a escardar el suelo, con la finalidad de tener el suelo flojo para un mejor desarrollo de la raíz este labor se realizó cada 8 días en todos los tratamientos.

Para el control de algunos insectos se aplicó un insecticida con la finalidad de prevenir cualquier efecto dañino, también se aplicó fungicidas como un preventivo para evitar la presencia de hongos.

Se realizaron mediciones a los 100 días donde los parámetros a evaluar son:

Altura de planta

Es la distancia que hay desde la base de la planta hasta la última hoja. Esto se determinó en cm, con la ayuda de una regla de 30cm.

Grosor del tallo

Se toma de la base de la planta nivel del suelo, con ayuda de un vernier electrónico.

Peso seco de la planta

Para la obtención de este dato se mete la planta verde en la bolsa de papel, posteriormente se coloca en la estufa para su secado después de 48 o 72 horas se saca y se toma el peso seco.

Longitud del fruto

Para determinar esta variable, con ayuda de una regla de 30cm se tomó medida de la parte donde termina el tallo hacia la parte de abajo de la zanahoria.

Diámetro del fruto

Este dato se obtiene con la ayuda de un vernier electrónico y se toma de la parte media de la zanahoria.

Grados brix

Con la ayuda de un reflectómetro (SST - °brix), se exprime una gota de jugo de la zanahoria y deposita en el reflectómetro donde se lleva a cabo la lectura.

Peso de fruto

Este dato se toma del peso de toda la muestra representativa utilizando una balanza analítica.

Firmeza del fruto

Para la obtención de esta variable, con la ayuda de un penetrometro (un probador de dureza, modelo FH200, con punta de 3 mm).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La interpretación de las gráficas siguientes es en relación a la siembra, que fue el trasplante, nos muestra gráficamente los resultados de los tratamientos.

Altura de la planta

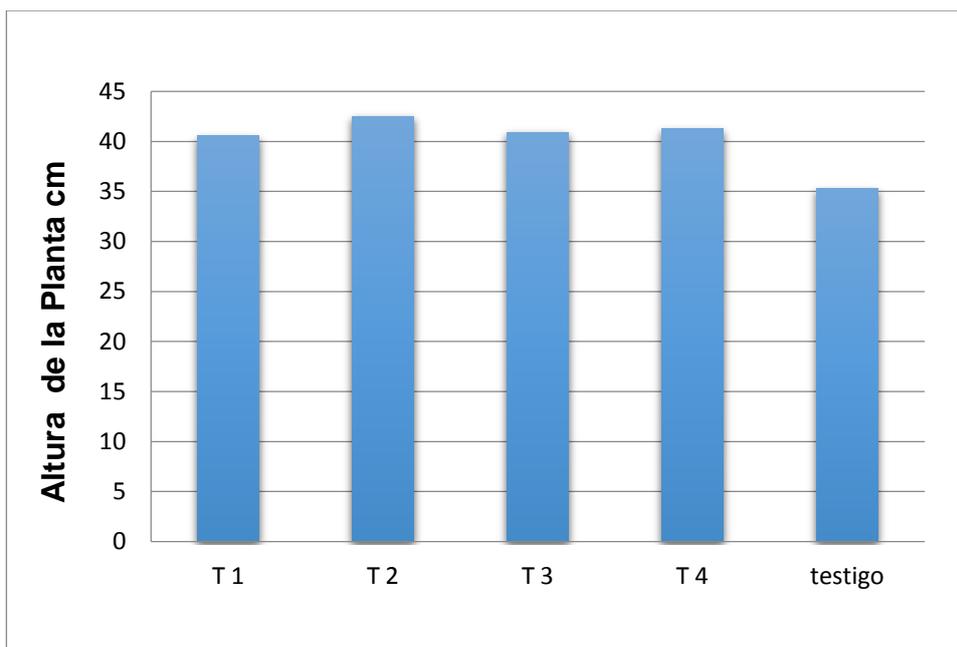


Figura. 2. Altura de la planta en cm, de la zanahoria variedad “Nantes” en respuesta a los 3 productos orgánicos y sus diferentes dosis.

Los resultados obtenidos en la prueba de comparación de medias para la altura de la planta (Figura 2) muestran gráficamente que el T2 con dosis al 50% tuvo mejor altura siendo así el mejor tratamiento que el testigo. Seguido del tratamiento, T1 al 25%, T3 al 75% y T4 al 100%, que de igual forma superan al testigo, teniendo así una respuesta favorable de las dosis aplicadas.

Delfune y scofield (1999), señalaron que los ácidos fúlvicos influyen en la estructura anatómica de la planta, en particular, acelera la diferenciación de ápice

del crecimiento, aumenta la permeabilidad de membranas vegetales e incrementa la absorción de los nutrientes.

Grosor de tallos

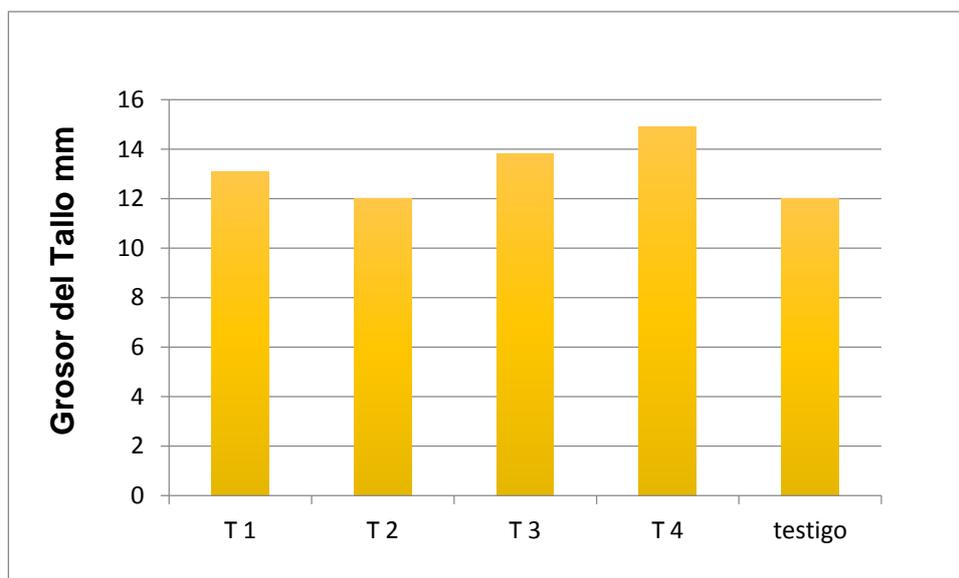


Figura 3. Respuesta de la comparación de medias para la variable grosor de tallo (mm), en la aplicación de tres productos orgánicos.

En los resultados que muestran la comparación de medias (Figura 3) se puede apreciar gráficamente que el tratamiento con mejor resultado, fue el T4 con dosis al 100% resultando el mejor tratamiento, superando al testigo, siendo también de igual forma los tratamientos T1 al 25% y T3 al 75% que estuvieron por arriba del testigo mostrando mejor grosor del tallo, el tratamiento T2 al 50% igual que el testigo lo que nos indica que no hubo diferencia gráficamente el ese tratamiento.

Chen y aviad (1990), mencionan que las sustancias húmicas y fúlvicas naturales estimulan el crecimiento de tallos de varias plantas cuando se aplican con soluciones nutritivas en diversas concentraciones

Materia seca

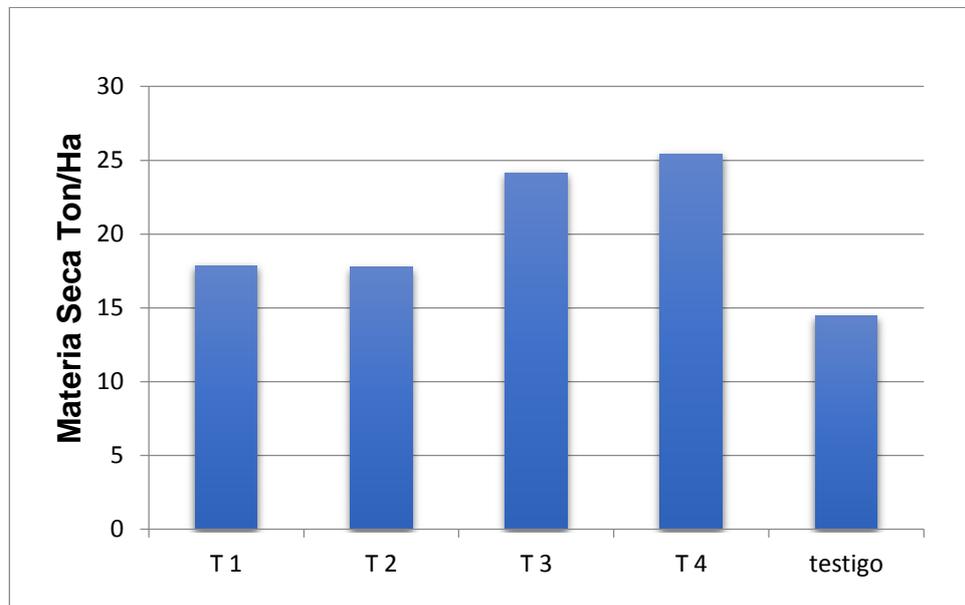


Figura 4. Rendimiento de materia seca (ton/ha) en la evaluación de tres productos orgánicos.

La figura 4 muestra de acuerdo a los resultados obtenidos de medias de materia seca; se puede observar gráficamente que el tratamiento T4 con dosis al 100% mostro los valores más altos de materia seca. El T3 al 75% se ubica en la segunda categoría demostrando efectos similares a la variable evaluada, los tratamientos T1 al 25% y T2 al 50% mostraron mayor resultado que el testigo, siendo este el más bajo.

Fox y Cameron (1961) y López et al. (1995) mencionan que, al aplicar foliarmente productos bioestimulantes, las enzimas que estas contienen refuerzan en las plantas su sistema inmunitario (más defensa) y su sistema alimentario (más nutrición) y activa sus funciones fisiológicas (más vigor).

Longitud de la raíz

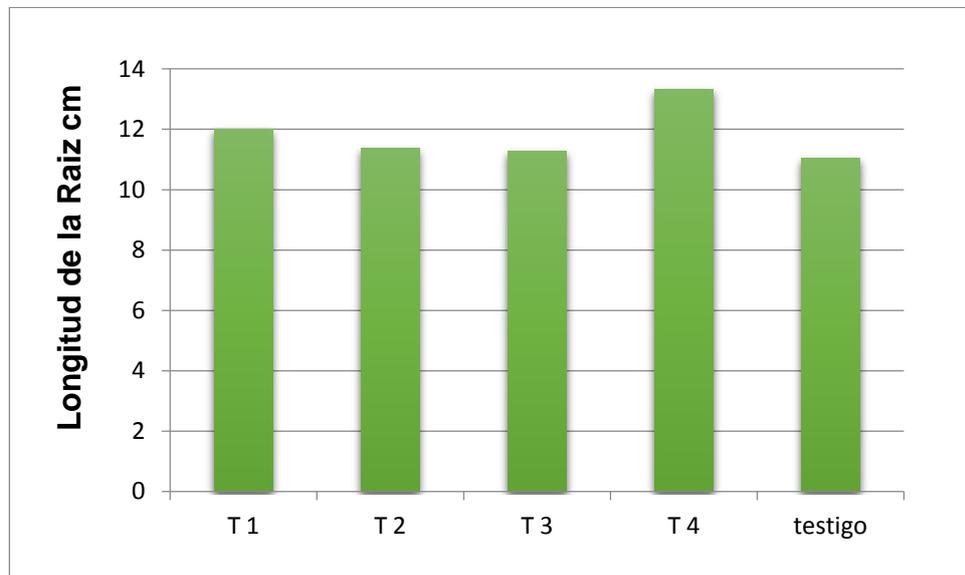


Figura 5. Respuestas de la comparación de medias para la variable, longitud de la raíz cm, en la aplicación de tres productos orgánicos.

Estos resultados muestran que el T4 con dosis al 100% fue claramente superior en longitud de raíz a comparación de los demás tratamientos superando al testigo. El T1 al 25% de igual forma fue mejor que el testigo, el T2 al 50% y T3 al 75% resultaron resultados más bajos que no pudieron superar al testigo.

Adami et al. (1998), menciona que el orden de magnitud de sustancias húmicas y fúlvicas tanto naturales como comerciales, estimulan la producción y elongación de raíces y el crecimiento.

Diámetro de la raíz

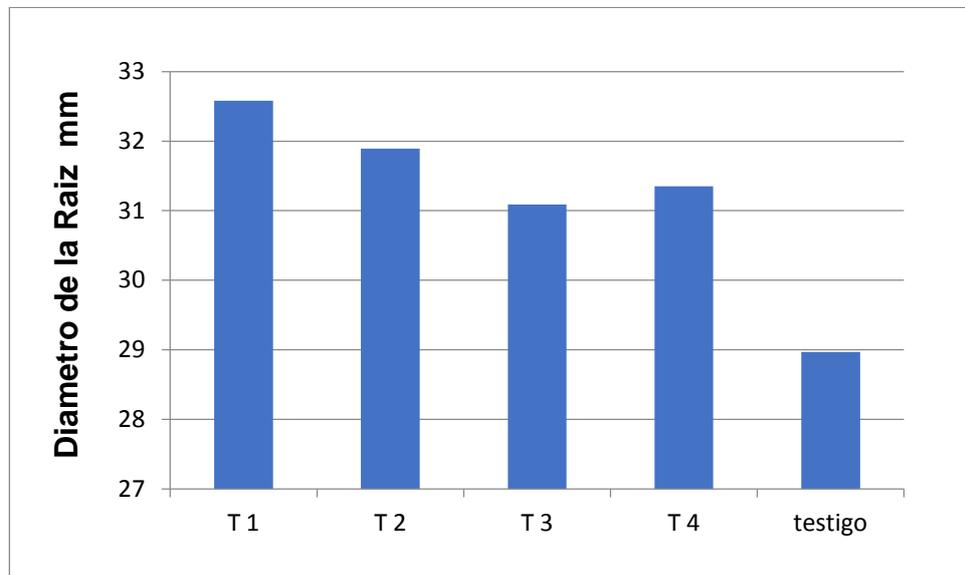


Figura 6. Diámetro de la raíz (mm), con la aplicación de tres productos orgánicos.

Esta gráfica muestra el comportamiento de los tratamientos obtenidos con mayor resultado fue el tratamiento con dosis al 25% T1, superando a los demás tratamiento, los cuales el T2 al 50% , T3 al 75% y T4 al 100% quedando el segundo plano de igual forma superaron el testigo, siendo este más bajo.

Los ácidos húmicos son fracciones químicas que por si mismas provocan efectos nutricionales y/o bioestimulación en el crecimiento y el desarrollo de las plantas (García, 2004)

Peso del fruto

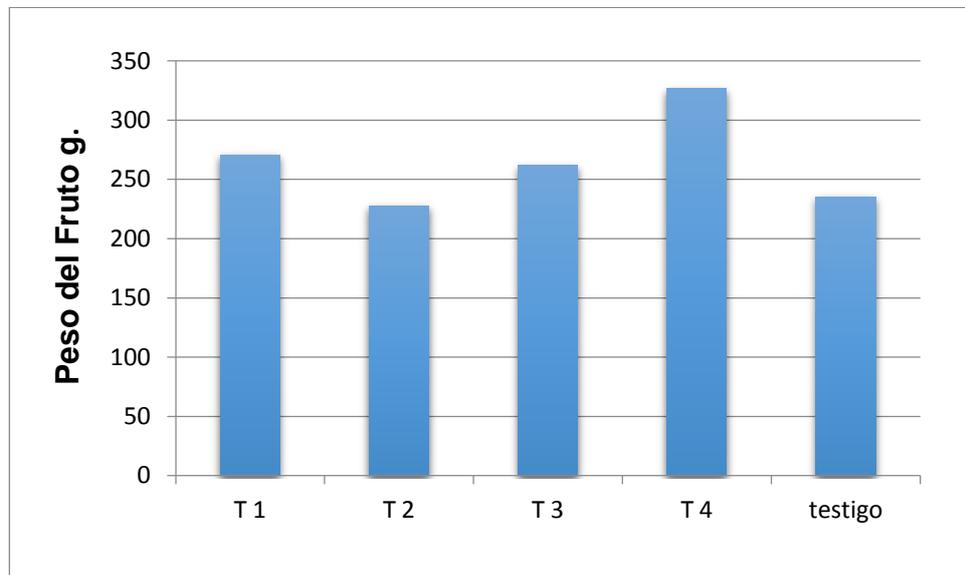


Figura 7. Peso de raíz (g) en el cultivo de zanahoria, con aplicación de tres productos orgánicos.

Los resultados obtenidos en la medición de esta variable se muestra en la imagen anterior (Figura 7), podemos distinguir la diferencia entre tratamientos y el mejor tratamiento fue el T4 con dosis al 100%.

Podemos observar que los tratamientos T1 al 25% y T3 al 75% dieron casi el mismo resultado quedando así en el segundo plano. El tratamiento T2 al 50% fue el peor tratamiento quedado igual que el testigo, lo que hubo una respuesta favorable de los productos respecto al peso de la raíz.

Stevenson y Schnitzer, 1982 menciona que los ácidos fúlvicos son compuestos que están constituidos por dos grupos que son: carboxílicos y fenólicos, estos grupos pueden absorber cationes cuando están en forma libre, siendo los cationes bivalentes los que adhieren con mayor fuerza a las cargas negativas, esto influye en el desarrollo de la raíz.

Grados brix

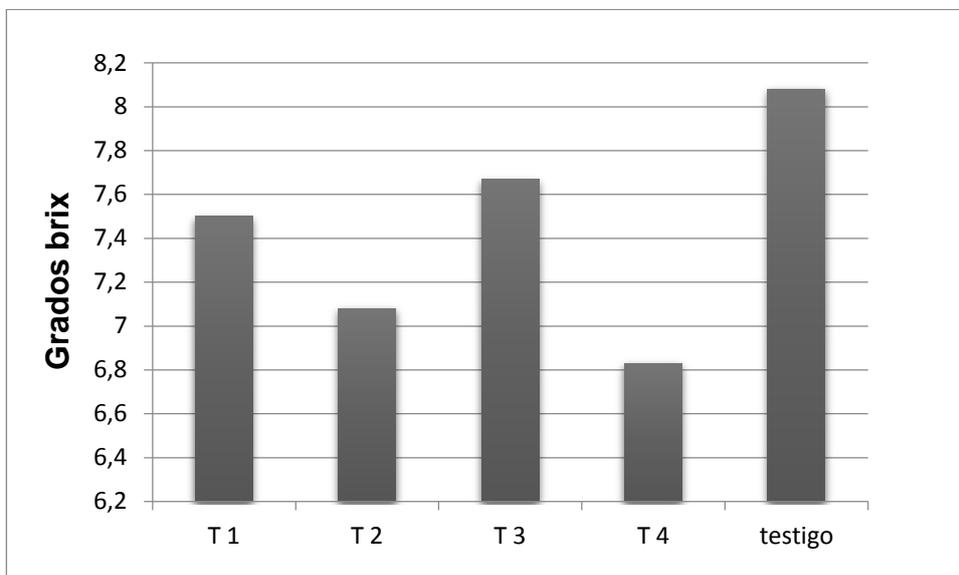


Figura 8. Medición de grados brix en el cultivo de la zanahoria, con la aplicación de tres productos orgánicos.

Los resultados obtenidos en la medición de esta variable se muestran en la figura 8. Podemos distinguir la diferencia entre tratamientos y el mejor tratamiento fue el testigo superando los demás tratamientos.

En otros estudios se ha encontrado que el alto régimen de riego reduce la calidad del fruto debido a un alto contenido de agua (reducción en azúcares solubles, ácidos orgánicos, vitaminas, minerales y compuestos volátiles) y conduce al agrietamiento del fruto (Abbott et al., 1985; Abbott et al., McAvoy, 1994; McAvoy, 1995; Balibrea et al., 1996; De Kreij, 1995; Peet Willist, 1995).

Consistencia

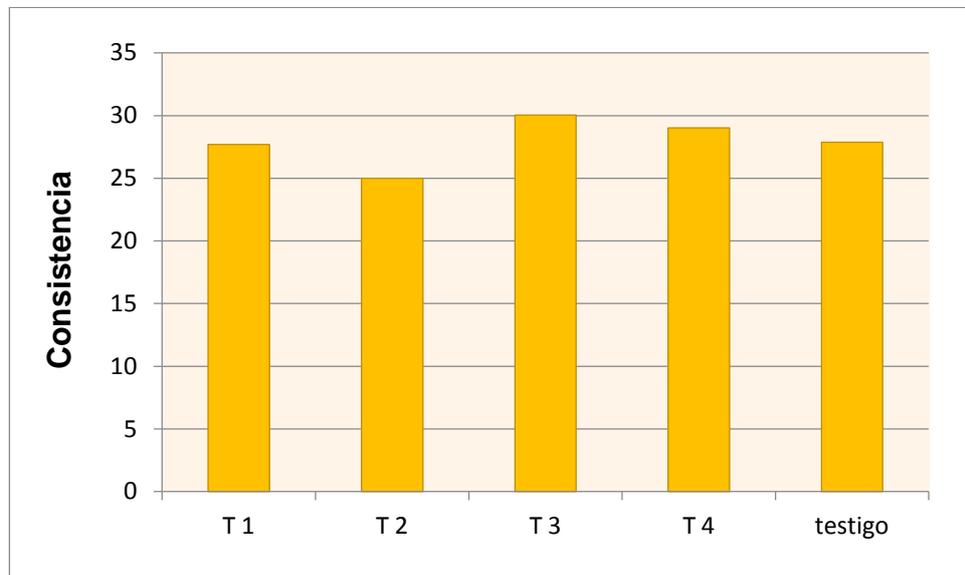


Figura 9. Firmeza del fruto de la zanahoria, bajo los tres productos orgánicos

Gráficamente en la consistencia del fruto de acuerdo a lo que muestran los tratamientos se puede apreciar que el tratamiento T3 con dosis al 75% fue el mejor superado al testigo. En cuanto a los tratamientos T1 al 25% y T4 al 100% quedan en un segundo plano superando de igual manera al testigo, el T2 al 50% mostro quedar por debajo del testigo, siendo el más bajo tratamiento, superado por el testigo.

Hulme (1971; citado por acosta 1997), indica que, los sólidos solubles totales se incrementa durante la maduración y senescencia de los frutos. Sin embargo, los frutos no deben dejarse que se sobre maduren o que se vuelvan senescente ya que pierden apariencia extrema así como su firmeza, lo cual disminuirá la calidad y por ende su precio en el mercado

La interpretación de las gráficas siguientes, es con relación a la siembra directa, la cual nos muestra gráficamente los resultados de los tratamientos.

Altura de la planta

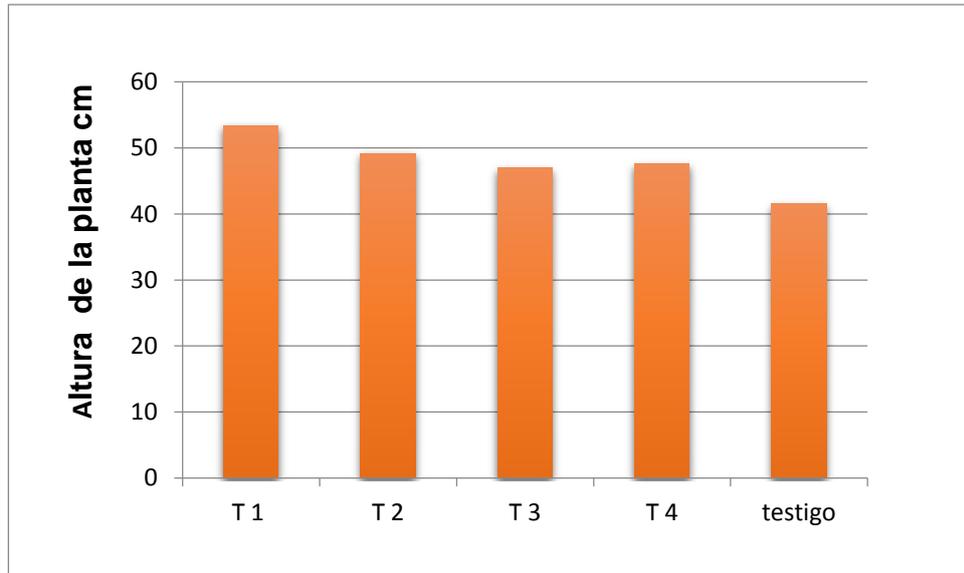


Figura 10. Respuesta de la altura de la planta (cm), representado gráficamente con los tres productos orgánicos.

Como se puede observar en la imagen anterior (figura 10); el mejor tratamiento fue el T1 con dosis al 25% mostro una mejor altura con respecto al testigo, seguido de los tratamientos T2 al 50%, T3 al 75% y T4 al 100% quienes de igual forma tuvieron un mejor resultado que el testigo, quedando como el mas bajo en cuanto a los resultados de los demás tratamientos.

Albert (1956) y Porter (1965), citado por Canales (1997), aseguran que los seres vivos sintetizados enzimáticamente, entre otros complejos de la vida; las proteínas. Por lo general las enzimas son proteínas, pero no todos son enzimas, estas tienen facultad de provocar y/o activar reacciones catalíticas reversibles a la temperatura del organismo vivo. Sin embargo, Small (1968), dice que las enzimas

que actúan al interior de la célula, se le denomina endoenzima y las que actúan en el exterior exoenzimas

Grosor del tallo

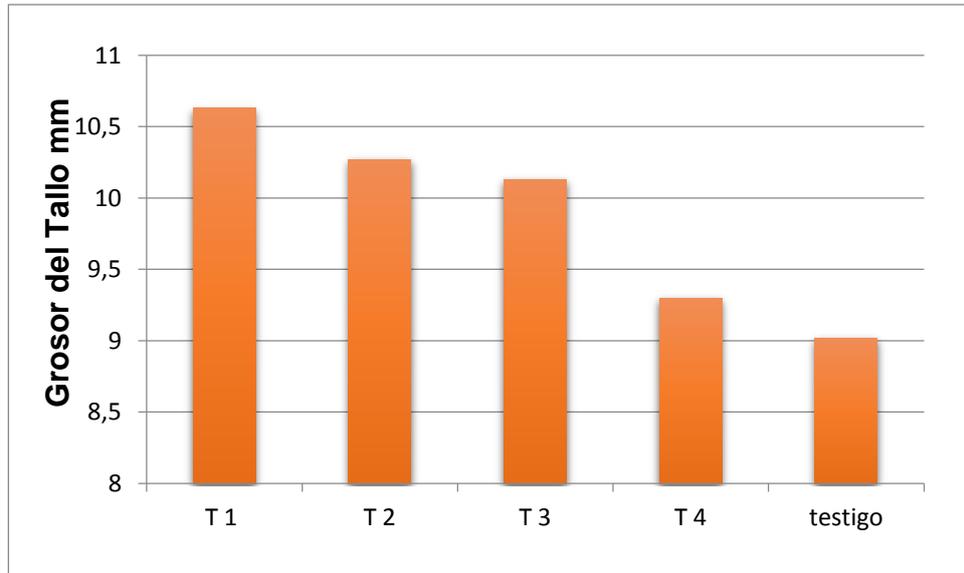


Figura 11. Comparación de medias de grosor del tallo (mm) en respuesta a los tratamientos usados tres productos orgánicos.

De acuerdo a los datos obtenidos y gráficamente representados (figura 11), se puede ver las diferencias entre los tratamientos mostrando el comportamiento del grosor del tallo nos indica que el mejor tratamiento fue el T1 con dosis al 25% siendo superior a los demás tratamientos y de igual forma supera al testigo el cual de acuerdo a la gráfica fue el peor tratamiento. En segundo lugar el T2 al 50% y T3 al 75% superando al testigo y el T4 al 100% no mostro mucha diferencia con respecto al testigo.

El tallo es el soporte de la planta y el sistema distribuidor principal de agua y nutrientes, de ahí es importante que se encuentre en las mejores condiciones posibles, el diámetro del tallo influye de manera significativa en el rendimiento. Stevenson y Meters (1980), Esaú (1976) y Adams (1982) el tallo es un órgano de

sostén, translocación de agua, nutrimentos y asimilación, de arquitectura y de almacén, funciones de gran importancia en la productividad de los cultivos. Leperen et al (2003), menciona que el estrés hídrico causado por la mala distribución del xilema provoca la abscisión de frutos, esto refuerza la importancia de tener un tallo en buenas condiciones y buen diámetro

Peso de materia seca

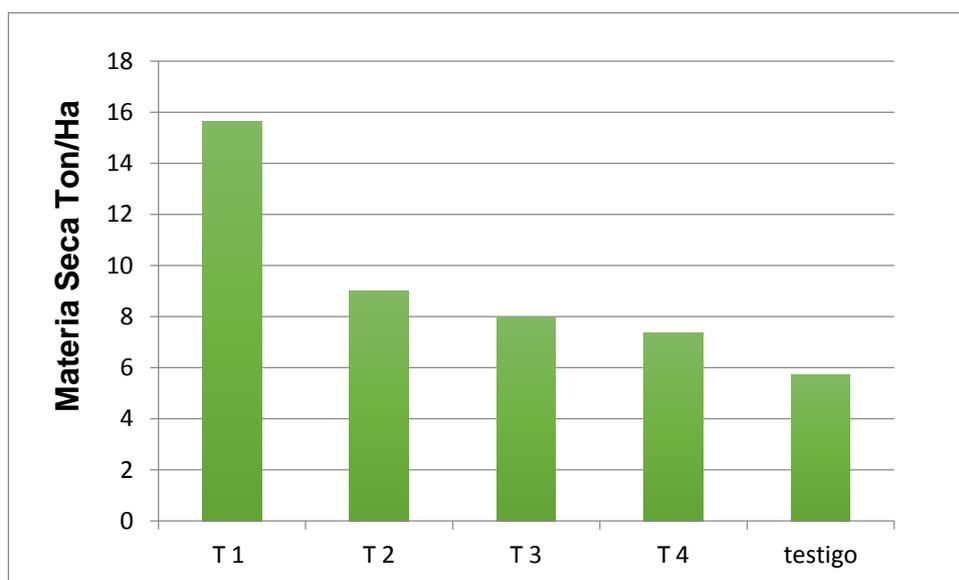


Figura 12. Respuesta de la variable materia seca (ton/ha), en la aplicación de tres productos orgánicos.

En la figura 12 muestra el comportamiento en cuanto al peso de la materia seca de la planta, el mejor tratamiento es el T1 con una dosis de 25% lo que indica que supera de forma significativa al testigo, el T2 al 50%, T3 al 75% y T4 al 100% quedan en un segundo plano de igual forma superan al testigo, que mostro ser el más bajo.

Cooper et al (1998), reportaron que un incremento en el desarrollo y aumento de peso de la planta es el resultado del efecto que ejercen las sustancia

húmicas en dos de los procesos más importantes de los vegetales como son, la fotosíntesis y la respiración.

Longitud de la raíz

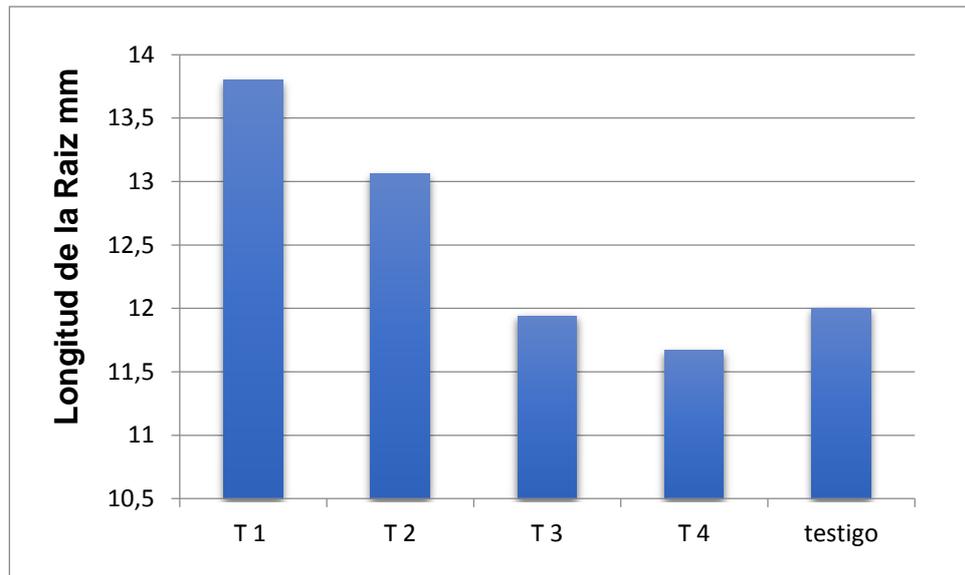


Figura 13. Longitud de la raíz (mm) comparado gráficamente entre tratamientos, con tres productos orgánicos con diferentes dosis.

De acuerdo a los resultados que se muestran en la figura 13; la diferencia entre los tratamientos el cual se puede apreciar que el tratamiento T1 con una dosis al 25% tuvo una mejor respuesta que el testigo, el T2 con dosis al 50% ocupa el segundo lugar superando al testigo, el T3 al 75% y T4 al 100% fueron los peores tratamientos quedando por debajo del testigo.

Adaniet al. (1998) menciona: el orden de magnitud de sustancias húmicas y fúlvicas tanto naturales como comerciales, estimulan la producción y elongación de raíces y el crecimiento.

Diámetro del fruto

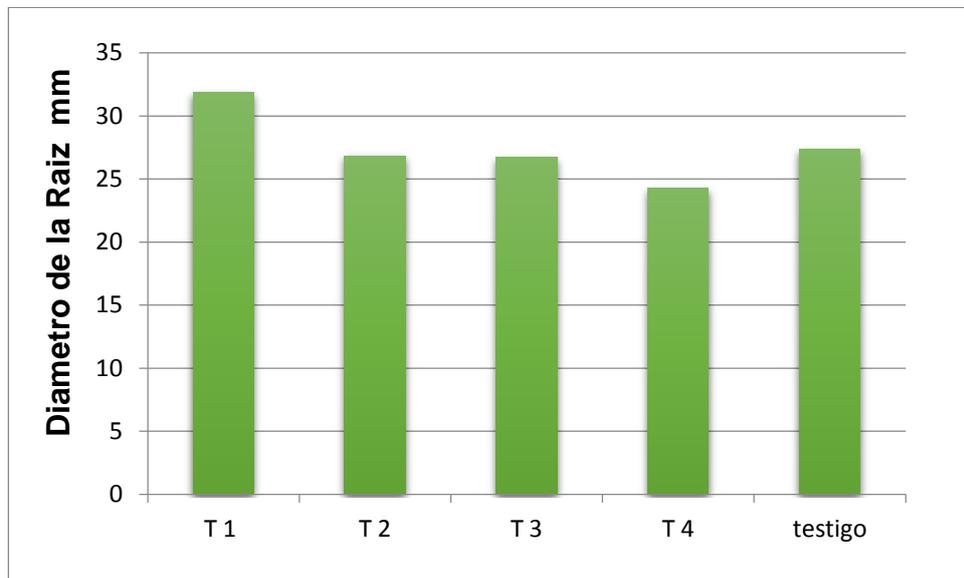


Figura 14. Resultados en respuesta al diámetro de la raíz, con la prueba de tres productos orgánicos.

La figura 14 muestra la respuesta de cada tratamiento sobre el diámetro de la raíz, podemos ver que el mejor tratamiento con dosis al 25% T1 fue el mejor, los tratamientos T2 al 50% y T3 al 75% quedaron igual al testigo y el T4 al 100% quedando por debajo del testigo, quedando como el más bajo.

Davies et al, (2000) demostraron que el déficit de agua en el suelo puede limitar la expansión del fruto en la ausencia de cambios en el estado hídrico de la planta.

Peso del fruto

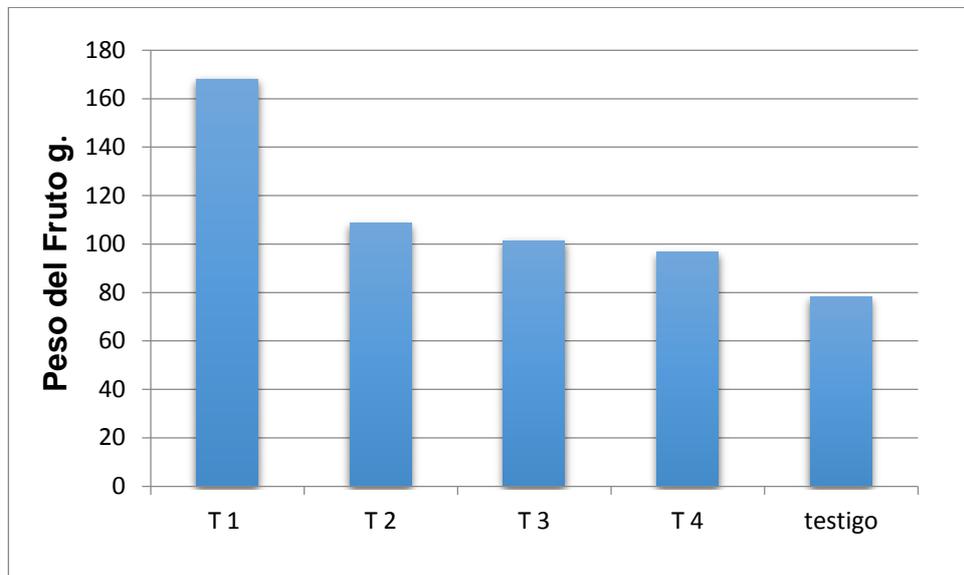


Figura 15. Respuesta peso del fruto (g), con la aplicación de tres productos orgánicos.

La gráfica anterior (figura 15) muestra el efecto de los tratamientos al peso del fruto. El tratamiento con mejor respuesta a la variable fue el T1 con una dosis al 25%, seguido del T2 al 50%, T3 al 75% y T4 al 100% que estuvieron por arriba del testigo.

Grados brix

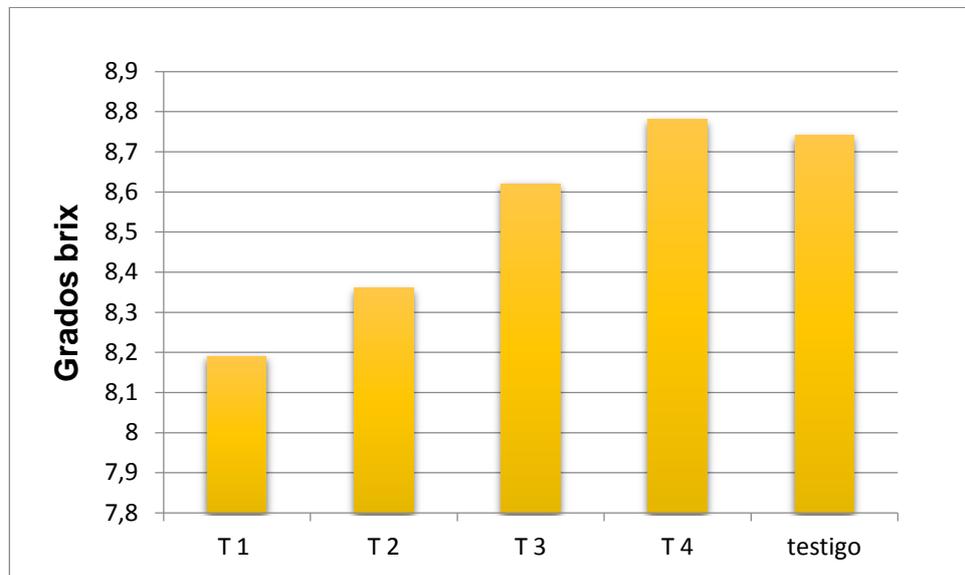


Figura 16. Medición de grados brix en respuesta de los tres productos orgánicos.

La figura 16 muestra los efectos de un mejor tratamiento fue el T4 con dosis al 100% que supero al testigo. Los tratamientos T1 al 25%, T2 al 50% y T3 al 75% fueron los más bajos, el testigo que ocupa el segundo lugar.

la mayor parte de las variedades de tomate se sitúa entre 4.5 y 5.3 °brix; el carácter varietal influye sobre el contenido de los sólidos solubles, pero factores agronómicos, en especial, el clima durante el periodo de maduración y el riego, pueden modificar los grados brix (°brix) en frutos de una misma variedad entre 4 y 7 (Diez, 1995).

Consistencia

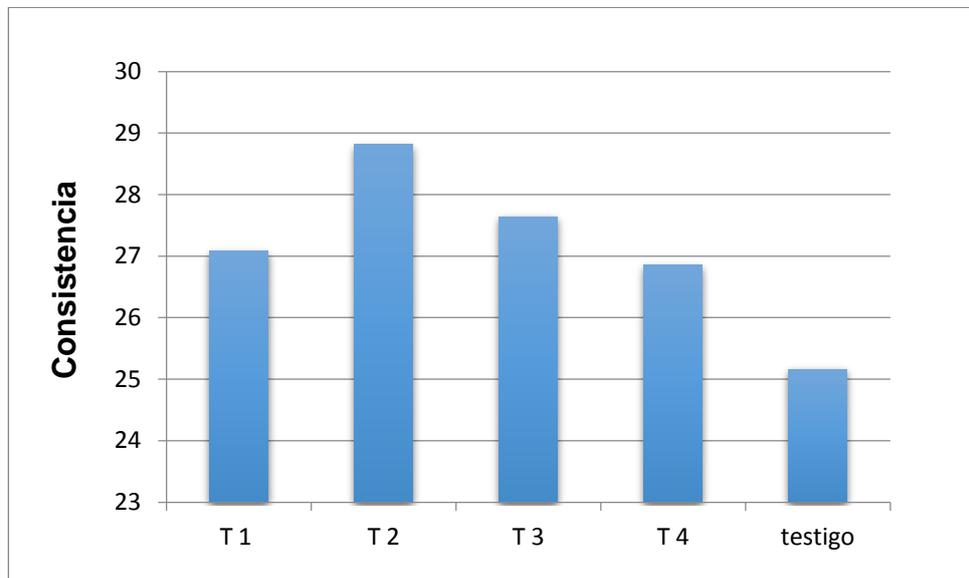


Figura 17. Consistencia del fruto de zanahoria, con la aplicación de tres productos orgánicos

Gráficamente podemos ver los resultados obtenidos en la medición de la consistencia, en la figura 17 podemos ver claramente los tratamientos, siendo el T2 al 50% el mejor tratamiento superando al testigo, los tratamientos T1 AL 25%, T3 al 75% y T4 al 100% superaron el testigo, quedado en segundo plano siendo el testigo mostrando resultados más bajos.

ANÁLISIS DE VARIANZA

Cuadro 6. Se muestra los cuadros medios y significancia de las variables evaluadas, en el rendimiento total durante el desarrollo del experimento, con la aplicación de tres productos orgánicos.

FV	GL	SC	CM	F	P>F
RETICIONES	2	2062.105469	1031.052734	5.6204	0.152
FACTOR A	1	12385.054688	12385.054688	67.5129	0.011
ERROR A	2	366.894531	183.447266		
FACTOR B	4	972.160156	243.040039	37342	0.025
INTERACCION	4	1177.691406	294422852	4.5237	0.012
ERROR B	16	1041.351563	65.084473		
TOTAL	29	18005.257813			

C.V. = 19.10%

El coeficiente de variación se mostro de manera normal, ya que no supero la regla, que menciona que el coeficiente de variación tiene que ser menor a 30%.

Para determinar cual de los tratamientos en el mejor se realizo la prueba multiple de comparacion de medias con el metodo Tukey al 95% de probabilidad.

Tablas comparacion de medias

Cuadro 7. Comparacion de medias del rendimiento ton/ha

Tratamiento	Media
1	50.2833 A
2	43.5500 AB
3	42.7417 AB
4	42.1583 AB
5	32.4750 B

Nivel de significancia = 0.05

La prueba de medias nos muestra que el mejor tratamiento fue T1 con dosis al 25%, lo que nos indica que si hubo significancia en los tratamientos ya que se supera el testigo, los tratamientos T2 al 50%, T3 al 75% y T4 al 100% tuvieron comportamientos similares ya que no tuvieron diferencia entre ellos, pero de igual manera superan el testigo, siendo este el que presento los valores mas bajo.

CONCLUSIONES

Con base a los objetivos planeados y los resultados obtenidos en el presente trabajo se concluye:

1. Los fertilizantes foliares orgánicos pueden satisfacer las necesidades del cultivo de la zanahoria. Esto permite reducir el uso de agroquímicos, con lo cual se establecen nuevas dosis de fertilización para una mejor producción y calidad de fruto.

2. Considerando la hipótesis planteada y los resultados obtenidos en el trabajo experimental, se concluye que los fertilizantes foliares orgánicos y la aplicación de materia orgánica al suelo reduce el uso de agroquímicos, por tanto se acepta la hipótesis planteada, ya que la gran mayoría de los tratamiento superan al testigo.

3. Los tres productos orgánicos mostraron resultados muy interesantes, entre los que destacan los siguientes:

En el trasplante la variable de altura de la planta el T2 con dosis al 50% fue el mejor, en cuanto a grosor del tallo, materia seca, longitud de la raíz, peso de fruto, el T4 al 100% mostro mejores resultados, el diámetro de raíz fue T1 con dosis al 25% el mejor y °brix el mejor fue el testigo mostrando respuesta positiva en esta variable, en cuanto a la firmeza del fruto el T3 al 75% mostro ser mejor.

Respecto a la siembra directa las variables altura de planta, grosor del tallo materia seca, longitud de raíz, diámetro de raíz, peso del fruto, mostró ser mejor el T1 con dosis al 25% superando al testigo, los °brix el mejor fue T4 al 100% y la firmeza T2 al 50%.

En cuanto al rendimiento ton/ha el tratamiento T1 al 25% mostró ser mejor que los demás tratamiento y superando al testigo, por lo que se recomienda para establecer una dosis de fertilización con fertilizantes orgánicos y la aplicación de materia orgánica para una mejor un uso menor de los químicos y así tener mejores productos y calidad para el consumo.

BIBLIOGRAFIA

Aza A. E. 2001. Efecto de Ácidos Fúlvicos de dos Orígenes en el Tomate. Tesis de Licenciatura, Ing. Agrónomo en horticultura. UAAAN, Saltillo, Coahuila, México. p. 42.

Abbot, J.D., Peet M.M., Willist D.H., Sanders D.C 1986. Effects of irrigation frequency and scheduling on fruit production and radical fruit cracking in greenhouse tomatoes in soil beds and less medium in bags. *Sci. Hortic.* 28: 209-217.

Bertsch, f. 2005. Estudios de absorción de nutrientes como apoyo a las recomendaciones de fertilización. *Informes Agronómicas. INPOFOS.* 57:1 -10.

Cruz, M, J.M. 2001. Ácidos húmicos y fúlvicos en papa, en la sierra de Arteaga Coahuila, tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila, México.

Camacho, I. F. A. 2001. Efecto de los ácidos fúlvicos en la calidad fisiológica y el crecimiento de algunas especies vegetales. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coahuila, México

Cueva, L. 2004. Efecto de las sustancias húmicas en el crecimiento y producción de banano cavendish en la zona de baba. Tesis de grado. Facultad de ciencias agrarias. Universidad agraria del ecuador. p. 80.

Dharmasiri N, S Dharmasiri, D Weijers, E Lechner, M Yamada, L Hobbie, JS Ehrismann, G Jurgens y M Estelle. 2005. Plant development is regulated by a family of auxin receptor F box proteins. *Developmental Cell* 9:109-19.

Davies W.J. 2000. Regulation of leaf and fruit growth in plants in drying soil: explotación of the plants chemical signaling system and hydraulic architecture to

increase the efficiency of water use in agricultura journal of Experimental botany 51: 1617-1626.

Diez N., M. J. 1995. Tipos variedades. In: F Nuez (ed). El cultivo del tomate. Mundi- prensa. Bilbao, España. Pp 93-129.

Delfune, G. y A. M. Scofield. 1999. Efectos de los ácidos húmicos y de tres preparados biodinámicas en el crecimiento de las plántulas de trigo. In: I congreso de la sociedad española de agricultura ecológica. Toledo, España. Disponible en: www.agroecologia.net/congreso/toledo/25pdf.

Dobrev PI, Havlicek L, V Agner M, Malbeck J, Kaminek M. 2005. Purification and determination of plant hormones auxin and abscisic acid using solid phase extraction and two-dimensional high performance liquid chromatography. J Chromatography a .2005; 2:1-8.

Dursun, I. K. M. tugrul and E. Dursun. 2007. Some physical properties of sugar beet seed. Journal of stored products research 43(2):149 – 155.

Frías M. S. 2000. Efecto de dos tipos de Ácidos Fúlvicos en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum L.*) Tesis. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Gray W.M. 2004. Hormonal Regulation of Plant Growth and Development. PLoS Biol., 2 (9): 311.

Jenik P y M Barton. 2005. Surge and destroy: the role of auxin in plant embryogenesis. Development 132:3577-3585

Infoagro. 2009. Hortalizas/cultivos de zanahoria. Disponible en <http://www.infoagro.com/hortalizas/zanahoria.htm>.

INTA, 1992. manual de producción de zanahoria. Editor julio cesar gaviola.

INTA, 2003. manual de producción de zanahoria. Editor julio cesar gaviola.

Lasso, M. L. M. 2013. Curso, relación suelo planta atmosfera (RASPA), departamento ciencias del suelo. UAAAN. Buenavista, saltillo, Coahuila, México

López, M. 1994. Horticultura. 1ar edición. Editorial Trillas. México – México p. 114,115, 301.

López, C. R. 2002. Comportamiento de sustancias húmicas de diverso origen en la física de un suelo limo-arcilloso y en la fisiología del tomate. Buenavista saltillo, Coahuila, México.

Lizarazo, L. M. 2001. Incidencia de sustancias húmicas comerciales sobre microorganismos del suelo. Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad de Alicante.

Maroto, J. 1989. Horticultura Herbácea. 3ar Edición. Ediciones Mundiprensa 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.

Meléndez, Gloria. 2003. Residuos orgánicos y materia orgánica del suelo. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica. Taller de Abonos Orgánicos.

Molina, E. A. 2003. Quelatos como fertilizantes. Centro de investigaciones agronómicas. Universidad de Costa Rica. Taller de Abonos Orgánicos.

Ortiz, F.P y A.J.P, Amado. 2004. Validación productiva de zanahoria en el noreste de chihuahua. INIFAP.CIRNCE. Campo Experimental sierra de chihuahua. Cd. Cuauhtémoc, chihuahua, México.

Orlov, D. S. 1995. Humic Substances of the Soil and General Theory of Humification. A. A. Publishers, Old Post, Road, Brookfield, VT. USA.

Ovalle, R. M. C. 2005. Efecto de sustancias húmicas de leonardita en el crecimiento y desarrollo de plántulas de tomate en invernadero. Tesis de licenciatura, UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Pérez, I., C. 1988. Fertilización foliar de macro y micronutrientes en un andosol de la sierra tarasca, Michoacán. Tesis de M. en C. CEDAF-CP. Montecillo, Mex.

Reid, B.J y J.M. English. 2000. Potencial yield in carrots (*Daucus carotae* L.): test and application. *Annals of botany*.85: 593-605.

Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.

Schniser, M. 2000. *Advances in agronomy*. Academic press. p 5.

Schnitzer, M. Life 2000. Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.) Schnitzer and Klan. *Soil Organic Matter*. Elsevier, Amsterdam.

Stevenson, F.J. 1982. *Humus chemistry*. John wiley. New york.

SIAP. Sistema de información agroalimentaria y pesquera.

Schnitzer, M. And Schulten, H-R. 1995. Analysis of organic matter in soil extracts and whole soils by pyrolysis-mass spectrometry. (Ed). D.L. Sparhs. *Advances in Agronomy*, volume 55:167-217. Academic Press.

Valadez L. A.1996. *Producción de Hortalizas*. Editorial limusa. México, D. F.

Westerveld, 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.

Zachariankis, M. Tzorakakis, E., kritsotakis, I., siminis, C. I. and manios, V. 2001. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rooststocks. *Acta horiculturae*. p.549.