

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS**



**Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.), para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.**

**POR:**

**ABRAHAM LÓPEZ CRISPÍN**

**TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL  
TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO**

**TORREÓN, COAHUILA**

**ABRIL 2017**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.), para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.

POR:

ABRAHAM LÓPEZ CRISPÍN

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR  
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

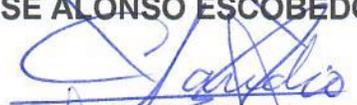
INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR

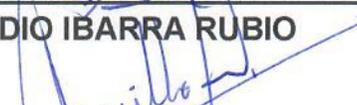
PRESIDENTE:

  
\_\_\_\_\_  
ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

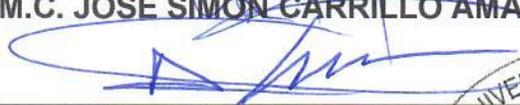
VOCAL:

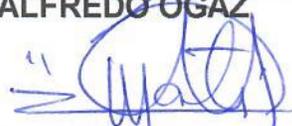
  
\_\_\_\_\_  
M.C. CLAUDIO IBARRA RUBIO

VOCAL:

  
\_\_\_\_\_  
M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

VOCAL SUPLENTE:

  
\_\_\_\_\_  
DR. ALFREDO OGAZ

  
\_\_\_\_\_  
M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ABRIL 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
UNIDAD LAGUNA  
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Eficacia de Abamectina en tratamiento a semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.), para el control de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.

POR:

ABRAHAM LÓPEZ CRISPÍN

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORIA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO PARASITÓLOGO

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:

ING. JOSÉ ALONSO ESCOBEDO

ASESOR:

M.C. CLAUDIO IBARRA RUBIO

ASESOR:

M.C. JOSÉ SIMÓN CARRILLO AMAYA

ASESOR:

DR. ALFREDO OGAZ

M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA

ABRIL 2017



## AGRADECIMIENTOS

### A DIOS

Gracias a ti 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 y así ser un profesional, gracias por darme una familia tan maravillosa a la cual quiero y amo mucho, por guiarme por el camino correcto.

### A MI ALMA MATER

La “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” por permitirme forma parte de esta maravillosa escuela y abrirme las puertas para así cumplir uno de mis grandes sueños y metas en la vida y culminarla. Estoy plenamente agradecido con mi **Alma Terra Mater** por ser mi segunda casa y me siento feliz por ser un egresado de esta gran institución.

A mi asesor de tesis el **Ing. José Alonso Escobedo**, quiero agradecer infinitamente todo su apoyo brindado durante gran parte de mi carrera, por el apoyo, motivación y disposición para realizar este proyecto de investigación llamado tesis y sobre todo gracias por brindarme su confianza y amistad de una manera incondicional. También quiero agradecer a mis demás asesores, al **Dr. Alfredo Ogaz**, **M.C. José Simón Carrillo Amaya** y al **M.C. Claudio Ibarra Rubio** por la asesoría, revisión y colaboración del presente estudio.

A mi tutor de carrera el **M. C. Javier López Hernández**, le quiero agradecer toda la confianza y amistad que me ha brindado durante todo mi proceso de formación académica en esta universidad. Por los regaños y consejos que me dio, así como por la disposición que mostro siempre a la hora de pedirle un consejo.

**A mis profesores**, a todo el grupo de maestros que forman el Departamento de Parasitología; M. C. Javier López Hernández, Ing. José Alonso Escobedo, Dr. Florencio Jiménez Díaz, M. C. Sergio Hernández y la Ing. Bertha Cisneros Flores y los que faltaron por ofrecerme su apoyo en todo momento durante las clases y fuera de ellas que de uno u otra forma fortalecieron mis conocimientos y sobre todo por brindarme su amistad.

## DEDICATORIAS

### *Honor a quien honor merece:*

A las dos personas que siempre me impulsaron a seguir adelante, que siempre quisieron lo mejor para mí. Con todo el amor y cariño del mundo para las personas que más amo, admiro y respeto en mi vida.

A mis padres:

**Sr. Abraham López Fabián**

**Sra. Francisca Crispín Salcedo**

Por todo el apoyo moral, social y económico, por estar conmigo en todos los momentos buenos y malos de mi vida, por brindarme todos aquellos consejos que ayudaron en demasía a forjarme en un hombre de bien.

El esfuerzo y apoyo que siempre me han brindado para realizar mi sueño es incomparable. Gracias por darme la mejor herencia que se le puede dar a un hijo, muchas gracias mama y papa, por creer en mí.

A mi hermana, **Estefanía López Crispín** por el apoyo moral y por qué a veces me escuchaba cuando en algo andaba mal. También a su hija, mi sobrina; **Regina**, que quiero mucho y siempre estaré para apoyarla en lo que pueda.

A mi novia, **Marina García Espinosa**, por todo su apoyo incondicional que mostro durante este largo tiempo que llevamos juntos, por escucharme en los buenos y malos momentos y por ayudarme a tomar decisiones importantes en mi vida. Te amo. Gracias por estar conmigo.

A mi abuelo **Jaime** por enseñarme que con el esfuerzo, trabajo y dedicación se logra lo que se quiere. Por esos regaños y por los consejos que me ha dado muchas gracias abuelito. A mis otros abuelos **Santiago** y **Constantina** por sus bendiciones que me dan.

Quiero dedicar a alguien muy especial en mi vida que, aunque ya no se encuentre junto a mí, sé que desde el cielo me hecha muchas bendiciones a mi querida Abuelita **Engracia Fabián Domínguez †**.

A mis familiares en especial a mis tíos **Jaime, Ana, Gerardo, Guadalupe, Gaspar, Gloria** y **Rebeca**. Como olvidar a mis primos que siempre preguntaban por mí; **Jaime, Luis, Valeria, Gerardo, José, Michelle, Alexander, Patricia** y **Adriana**.

HAY HOMBRES Y MUJERES QUE LUCHAN UN DÍA Y SON BUENOS, HAY OTROS QUE LUCHAN UN AÑO Y SON MEJORES, HAY QUIENES LUCHAN MUCHOS AÑOS Y SON MUY BUENOS, PERO HAY LOS QUE LUCHAN TODA LA VIDA Y ESOS SON LOS IMPRESCINDIBLES.

Bertolt Brecht

DE TODAS LAS OCUPACIONES DEL HOMBRE QUE DERIVAN BENEFICIO ALGUNO, NO HAY NINGUNA TAN AMABLE, TAN SALUDABLE Y TAN MERECEDORA DE LA DIGNIDAD DEL HOMBRE LIBRE COMO LA AGRICULTURA.

Cicerón

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. En este experimento se aplicaron 3 dosis diferentes de Abamectina (Avicta 400 FS) de 0.40 ml., 0.60 ml. y 1.00 ml. de PF/1000 semillas de zanahoria y un Testigo sin tratamiento a la semilla y con un diseño experimental en bloques completamente al azar con 4 repeticiones. La semilla de zanahoria fue la variedad Soneto, de la casa comercial Vilmorín. Cada unidad experimental constó de 6 macetas, para así tener un total de 24 macetas por tratamiento y se completó un total de 96 macetas. El objetivo general de la investigación fue evaluar y analizar los cuatro tratamientos desarrollados y así evaluar 6 parámetros, el primer parámetro evaluado fue el diámetro de la base del tallo, en el cual la dosis de 0.60 ml. de PF/1000 semillas fue estadísticamente mayor en comparación con los otros 3 tratamientos, presentando una media de 1.3125 cm. La longitud de la raíz la dosis de 0.40 ml., 0.60 ml. y 1.00 ml fueron estadísticamente igual pero la dosis 0.60 ml. obtuvo el mayor valor numérico con una media de 9.4875 cm. Longitud de follaje, la dosis de 0.60 ml de PF/1000 semillas, muestra estadísticamente una diferencia significativa y mayor, presentan una media de 17.2458 cm. En el peso de la raíz el Testigo fue el que obtuvo el mayor valor numérico con una media de 0.14167 gr. y estadísticamente hablando fue similar a las dosis de 0.40 y 0.60 ml de PF/1000 semillas. En el peso de follaje la dosis de 0.60 ml de PF/1000 semillas de zanahoria muestra una diferencia significativa desde el punto de vista estadístico, de tal forma que presentó un mayor valor numérico con una media de 1.025 gr. El parámetro evaluado que más importancia se le dio fue el agallamiento radicular. La dosis de 1.00 ml. de PF/1000 semillas fue la que obtuvo el menor número de agallamiento, con una media de 1.875 nódulos por planta evaluada, obteniendo así, porcentaje de daño radicular causado por *Meloidogyne incognita* de dieciocho punto siete, el más bajo de los 3 tratamientos con abamectina, incluyendo el testigo.

**Palabras clave:** *Meloidogyne*, Abamectina, Avermectinas, *Daucus carota* L., nematodos, PF: Producto Formulado.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS .....	i
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE GENERAL .....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. Objetivos: .....	3
1.2. Hipótesis: .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1. Características generales del cultivo de zanahoria.....	4
2.1.1. Origen.....	4
2.1.2. Clasificación taxonómica .....	5
2.1.3 Distribución .....	5
2.1.4 Variedades o especies cultivas.....	6
2.1.5. Valor nutricional .....	6
2.1.6. Características de la planta .....	7
2.2. Importancia del cultivo de zanahoria en el mundo.....	8
2.3. Importancia del cultivo de zanahoria en México.....	9
2.3.1. Producción y superficie sembrada.....	9
2.3.2 Comercialización .....	10
2.4. Manejo del cultivo.....	11
2.4.1. Temperatura.....	11
2.4.2. Humedad .....	11
2.4.3. Suelos.....	11
2.4.4. Nutrición.....	12
2.5. Problemas fitosanitarios del cultivo de zanahoria .....	13
2.5.1. Artrópodos plaga en el cultivo de zanahoria .....	13
2.5.1.1. Pulgones (Hemiptera: Aphididae).....	13
2.5.1.2. Trips (Thysanoptera: Thripidae) .....	15
2.5.1.3. Mosca negra de la zanahoria ( <i>Psila rosae</i> Fabricius) (Diptera: Psilidae) .....	16

2.5.1.4. Mosquitas blancas ( <i>Bemisia tabacii</i> Gennadius y <i>Bemisia argentifolii</i> Gennadius (=B. tabaci, Biotype B)) (Hemiptera: Aleyrodidae) .....	16
2.5.1.6. Gorgojo o taladrillo de la zanahoria ( <i>Listronotus oregonensis</i> Le Conte) (Coleoptera: Curculionidae) .....	17
2.5.1.6. Gusano soldado ( <i>Spodoptera exigua</i> Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) .....	18
2.5.1.7. Gusanos del suelo .....	18
2.5.2. Enfermedades causadas por hongos .....	19
2.5.2.1. Tizón de la hoja ( <i>Alternaria dauci</i> Kuehn).....	19
2.5.2.2. Tizón por <i>Cercospora</i> ( <i>Cercospora carotae</i> Pass).....	20
2.5.2.3. Cavitti spot ( <i>Pythium violae</i> Chesters & Hickman, <i>P. sulcatum</i> Pratt & Mitch, <i>P. ultimum</i> Trow, <i>P. coloratum</i> Vaartaja)....	21
2.5.2.4. Moho Polvoriento ( <i>Erysiphe heraclei</i> Crypt).....	21
2.5.3. Enfermedades causadas por bacterias .....	22
2.5.3.1. Tizón bacteriano ( <i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>carotae</i> Pammel & Dowson).....	22
2.5.4. Enfermedades causadas por fitoplasmas .....	23
2.5.4.1. Amarillamiento del Aster ( <i>Candidatus Phytoplasma asteris</i> Lee et all) .....	23
2.5.5. Enfermedades causadas por virus .....	24
2.5.5.1. Virus de la hoja roja de la zanahoria .....	24
2.5.6. Enfermedades causadas por nematodos.....	24
2.5.6.1. Importancia de los nematodos en el cultivo de la zanahoria	25
2.6. <i>Meloidogyne incognita</i> Kofoid & White. ....	26
2.6.1. Ubicación taxonómica .....	26
2.6.2. Distribución mundial de las especies del genero <i>Meloidogyne</i> . ....	27
2.6.4. Hospedantes .....	29
2.6.5. Biología y ciclo de vida.....	30
2.6.6. Síntomas de daño por especies del genero <i>Meloidogyne</i> .....	34
2.6.7. Índice de agallamiento .....	36
2.6.8. Interacción hospedero – parásito .....	37
2.7. Manejo Integrado de Nematodos (MIN) .....	39
2.7.1. Control cultural.....	40

2.7.1.1. Barbecho.....	41
2.7.1.2. Sustratos en el suelo .....	42
2.7.1.3. Inundación .....	43
2.7.1.4. Solarización .....	44
2.7.2. Rotación de cultivos .....	45
2.7.3. Resistencia inducida.....	45
2.7.4. Variedades resistentes .....	46
2.7.5. Control biológico.....	47
2.7.6. Control químico .....	48
2.7.6.1. Nematicidas recomendados.....	49
2.7.6.2. Avermectinas (Abamectina).....	50
2.7.6.2.1. Efecto de la abamectina sobre nematodos parásitos de las plantas .....	52
2.8. Información técnica del producto evaluado.....	54
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>55</b>
3.1. Lugar de la realización del estudio .....	55
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>62</b>
4.1. Vigor de las plantas .....	62
4.1.1. Diámetro de la base del tallo .....	62
4.1.2. Longitud de la raíz.....	64
4.1.3. Longitud del follaje.....	65
4.1.4. Peso de la raíz .....	67
4.1.5. Peso del follaje .....	68
4.1.6. Índice de agallamiento .....	70
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>72</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
<b>VI. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Aporte nutricional al cuerpo humano de zanahoria en 100 gr. ....	7
Cuadro 2. Producción de Zanahoria por países en 2014.....	9
Cuadro 3. Producción nacional de zanahoria por entidad en 2015.....	10
Cuadro 4. Sistemas para medir el índice de agallamiento, según Barker (1985). .....	36
Cuadro 5. Escala de agallamiento propuesto por Maluf y colaboradores en 2002. .....	37
Cuadro 6. Distribución del diseño experimental de bloques completamente al azar utilizado para evaluar Abamectina (Avicta 400 FS) aplicado en el tratamiento a semilla de zanahoria para el control del nematodo agallador ( <i>Meloidogyne incognita</i> ) en Torreón, Coahuila., México. 2016. ....	56
Cuadro 7. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador de la zanahoria ( <i>Meloidogyne incognita</i> ) en Torreón, Coah., México. 2016.....	58
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semillas en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016. ....	63
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.....	64
Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016. ....	66
Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.....	67
Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016. ....	69

Cuadro 13. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016. .... 70

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el consumo de hortalizas ha aumentado principalmente por el cambio en el hábito de consumo, privilegiándose productos frescos y naturales que sean fáciles de preparar y consumir. Como consecuencia de lo anterior, ha aumentado la demanda por estos hacia un tipo más elaborado, como son los jugos, ensaladas picadas y mezcladas (mínimo proceso o IV Gama, V Gama) de todo tipo de hortalizas, incluyendo a la zanahoria, que juega un papel importante por el gran contenido de carotenoides, los que resultan ser un antioxidante natural (Rosas, 2011).

En los últimos treinta años, el consumo de zanahoria en el mundo se incrementó a un ritmo superior que el crecimiento poblacional. Los consumidores la valorizan nutricionalmente por ser una excelente fuente de vitaminas y minerales, y por poseer  $\beta$ -caroteno (léase beta-caroteno) o pro-vitamina A, como así también vitaminas del grupo B (B3), folatos y vitamina E (Tirador, 2011).

En el 2015, de acuerdo a los datos oficiales del SIAP, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) la producción de Zanahoria en México fue de 318, 365.81 toneladas, con una superficie cosechada de 11, 657.42 hectáreas, donde Puebla (29.96%), Guanajuato (28.52%), Zacatecas (13.89%), Edo. de México (11.02%) y Querétaro (3.4%) contribuyeron con el 86.88% de la producción nacional durante este año.

De los nematodos fitoparásitos el género *Meloidogyne*, conocido como nematodo agallador o nodulador, es el que más daño causa en hortalizas y se encuentra ampliamente distribuido en las regiones hortícolas de México y en el mundo (Cepeda, 1996).

Las pérdidas en rendimiento de los cultivos son inevitables en toda actividad agrícola. El IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (1979) estimó que las pérdidas en zanahoria, producidas durante las etapas de precosecha, cosecha y poscosecha, varían del 18 al 51% en los diferentes procesos. Estas pérdidas o material de rechazo se deben tanto a factores bióticos como abióticos. El cual, uno de los más importantes es el ataque por patógenos (Davis y Raid, 2002) ya que este determina el porcentaje de producto comercial y no comercial (Herrero, 1987).

Los nematodos parasitarios de las plantas, se encuentran entre las enfermedades más extendidas en las últimas dos décadas que atraen la atención de los investigadores, especialmente en el campo de la protección de las plantas. Existen miles de géneros y especies de nematodos parásitos vegetales (PPN), que causan daños en calidad y cantidad de rendimientos en cultivos variados; Además, aumentan los costos de producción (Khalil, 2013).

Por lo tanto, la mayor parte de las investigaciones se refieren a los nematodos de nudos de raíz, que son los más importantes y responsables de al menos el 90% de todos los daños causados por los nematodos, así como, causando una pérdida anual a los cultivos de todo el mundo que asciende a la cantidad de 118 billones de dólares (Castagone, 2002; Atkinson, 2012).

De lo anterior se planeó la realización de este trabajo donde se utilizará un tratamiento con Abamectina a semilla de zanahoria para el control del nematodo agallador, con la finalidad de buscar alternativas para su control.

### **1.1. Objetivos:**

Evaluar la eficacia biológica de tres dosis de Abamectina, en tratamiento a semillas de zanahoria (*Daucus carota* L.), para prevención del daño del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood, bajo condiciones de macrotúnel.

### **1.2. Hipótesis:**

Las semillas de zanahoria tratadas con Abamectina, evita la penetración a la raíz de formas infectivas J2 del nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, bajo condiciones de macrotúnel.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Características generales del cultivo de zanahoria

#### 2.1.1. Origen

La zanahoria, cuyo nombre científico es *Daucus carota* L. var. *sativus* D. C., es originaria de la cuenca del Mediterráneo. Según autores deriva del cruzamiento de dos umbelíferas espontáneas: *Ducus carota* L. Var. *typicus* y *Ducus carota* var. *maxima* (Siviero y Donelli, 1997).

En cuanto a la etimología del término castellano “Zanahoria” tiene su origen en la palabra árabe "Isfannariya", ya que fueron verdaderamente los árabes los que introdujeron este cultivo en España. La denominación *Daucus* deriva del griego “dukos” que significa “yo irrito, enciendo”, alusivo al color preferente de su raíz (Rubastzky *et al.*, 1999).

Las primeras referencias históricas de la difusión de este cultivo corresponden al 1700 en Italia. Solo en épocas recientes (1960) el cultivo se destinó también a la industria (Siviero y Donelli, 1997).

Al género *Daucus* pertenecen cerca de sesenta especies, muchas de las cuales son plantas silvestres. En la antigüedad, la zanahoria fue utilizada como una planta medicinal. Al parecer, una de las primeras zanahorias comestibles fue domesticada en Afganistán y tenía raíces solo púrpura o violeta, por la presencia de un pigmento llamado antocianina. Después hubo producciones de zanahorias amarillas y los cultivares con raíces de color naranja fueron

desarrollados en Holanda a partir del siglo XVII. Este color se debe a la presencia de los carotenoides, pigmentos vegetales, que son antecesores de la vitamina A (Bravo, 1987).

En la antigüedad, durante los siglos XIII y XV fueron llevadas por los árabes a Europa Occidental, donde además aparecieron las zanahorias blancas, las cuales probablemente derivaron de las púrpura o amarillas áfganas. Las zanahorias que actualmente se comercializan (anaranjadas) parecen ser consecuencia de la selección que el agricultor europeo realizó sobre las de coloración amarilla, aunque otros autores plantean que las zanahorias originales son las de color blanco (Oliva, 1992).

### **2.1.2. Clasificación taxonómica**

Reino: Plantae

Division: Magnoliophyta

Subclase: Magnoliidae

Superorden: Asteranae

Orden: Apiales

Familia: Apiaceae o umbelifera

Género: *Daucus*

Especie: *Daucus carota* L.  
(KRBG, 2017)

### **2.1.3 Distribución**

La zanahoria silvestre se cree que se originó en la meseta iraní (un área que ahora incluye a Afganistán, Pakistán e Irán). Ahora crece en gran parte de Asia occidental y Europa (KRBG, 2017).

#### **2.1.4 Variedades o especies cultivas**

Hay una treintena de variedades disponibles. A continuación, se citan aquellas que se prestan mejor a un cultivo en la tierra y se conservan bien durante de invierno: Boltex, Buror, Chantenay de corazón rojo, De Carenta, De la Halle, De Luc, De Meaux, Maestro F1, Nanco, Nantesa mejorada, De Colmar de corazón rojo e Ivon (Guedj *et al*, 2012).

En el país también se están introduciendo nuevos materiales híbridos los cuales han dado buen resultado, entre ellos se encuentran: Maestro F1, Concerto F1, Soneto F1, Bolero, Soprano, Romance, Elegance, Laguna y Nanco (Vilmorín, 2017; Nunhems, 2012)

#### **2.1.5. Valor nutricional**

Las cualidades nutritivas de las zanahorias son importantes, especialmente por su elevado contenido en beta-caroteno (precursor de la vitamina A), pues cada molécula de caroteno que se consume es convertida en dos moléculas de vitamina A. En general se caracteriza por un elevado contenido en agua y bajo contenido en lípidos y proteínas (Servicios y Almacigos, 2017).

Su color naranja característico se debe al contenido de  $\beta$ -caroteno. Éste tiene propiedades antimutagénicas, antibacteriales, antifúngicas y como fotoprotector; además es un componente que fortalece el sistema inmunológico (Northolt *et al.*, 2004).

También contiene otras sustancias secundarias que cumplen funciones benéficas para la salud humana, como los terpenoides, carotenoides, antocianinas y otros flavonoides (Lang *et al*, 2014).

Cuadro 1. Aporte nutricional al cuerpo humano de zanahoria en 100 gr.

Tamaño de la Porción: 100 g	
<b>por porción</b>	
<b>Kilojulios</b>	<b>172 kj</b>
<b>Calorías</b>	<b>41 kcal</b>
<b>Proteína</b>	0,93 g
<b>Carbohidrato</b>	9,58 g
	Fibra 2,8 g
	Azúcar 4,54 g
<b>Grasa</b>	0,24 g
	Grasa Saturada 0,037 g
	Grasa Poliinsaturada 0,117 g
	Grasa Monoinsaturada 0,117 g
<b>Colesterol</b>	0 mg
<b>Sodio</b>	69 mg
<b>Potasio</b>	320 mg

Fuente: Fatsecret México, 2017

### 2.1.6. Características de la planta

En las zanahorias existen dos tipos; anuales y bianuales. Ambos tipos se encuentran en Europa, pero a nivel mundial muy pocos cultivares (variedades cultivadas) son del tipo anual. El tipo bianual es el más común, produciendo el follaje y la raíz engrosada en el primer ciclo de crecimiento y luego de un periodo de inducción produce los órganos reproductivos en el segundo ciclo. Comercialmente solo se completan los ciclos cuando se quiere obtener semillas (Morales, 1995).

El sistema radicular de la zanahoria que se considera la parte comestible consta de una raíz principal típica o pivotante y alcanza a desarrollarse entre 0.7 y 1.5 m, dependiendo de las características físicas del suelo. En la parte superior de la raíz se acumulan sustancias nutritivas de reserva formándose la raíz carnosa que dependiendo de la variedad puede ser: en cuanto a forma (napiforme, fusiforme, cilíndrica), tamaño (cortas o largas, su longitud puede variar de 15 a 18 cm), textura interna (blandas o duras), superficie (plegadas o lisas), etc. (Guenkov, 1983).

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

Las hojas son pubescentes, bipinasectas o tripinasectas, de segmentos dentados y lobulados y con pecíolos largos. La inflorescencia en umbelas compuestas, con numerosas flores blancas hermafroditas la mayoría de las veces (Whitaker *et al.*, 1970).

El fruto es un diaquenio en forma de umbela y las semillas son pequeñas (3mm), elípticas y de color café claro (Valadez, 1989).

## **2.2. Importancia del cultivo de zanahoria en el mundo**

Según la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) 2014, este cultivo ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años, tanto en superficie, como en producción, ya que se trata de una de las hortalizas más producidas en el mundo. Asia es el mayor productor seguida por Europa y las Américas. Tan solo, esas

tres regiones producen el 93.9% de la producción mundial. La producción mundial total en toneladas de Zanahoria para ese año fue de 38, 835,235 en un área de 1, 368, 358 hectáreas.

A continuación, una tabla de la producción de zanahorias por país.

Cuadro 2. Producción de Zanahoria por países en 2014.

<b>Producción</b>	
<b>País</b>	<b>Toneladas</b>
China Continental	17,311,975.00
Uzbekistán	1,791,540.00
Federación de Rusia	1,662,098.00
Estados Unidos de América	1,443,120.00
Ucrania	890,710.00
Polonia	822,602.00
Reino Unido	754,697.00
Japón	633,200.00
Alemania	609,353.00
Turquía	557,977.00

Fuente: FAOSTAT, 2014.

## **2.3. Importancia del cultivo de zanahoria en México**

### **2.3.1. Producción y superficie sembrada**

La producción total de Zanahoria en México fue de 331, 069 toneladas en una superficie de 12, 582 hectáreas (FAOSTAT, 2014)

En el 2015, de acuerdo a los datos oficiales del SIAP, la producción de Zanahoria en México fue de 318, 365.81 toneladas, con una superficie cosechada de 11, 657.42 hectáreas, donde Puebla (29.96%), Guanajuato (28.52%), Zacatecas (13.89%), Edo. de México (11.02%) y Querétaro (3.4%) contribuyeron con el 86.88% de la producción nacional durante este año.

A esto es importante agregar que es una de las verduras de mayor demanda comercial en nuestro país y el resto del mundo, a continuación, una tabla de producción de Zanahoria por Estado.

Cuadro 3. Producción nacional de zanahoria por entidad en 2015

<b>Producción</b>	
<b>Estado</b>	<b>Toneladas</b>
Puebla	78,701.94
Guanajuato	77,701.12
Zacatecas	45,035.24
Edo. México	38,706.52
Querétaro	25,468.90
Tlaxcala	12,484.50
Michoacán	8,551.20
Veracruz	6,936.00

Fuente: SIAP, 2015

### **2.3.2 Comercialización**

En el mercado nacional la zanahoria se comercializa de acuerdo a su tamaño encontrándose: la zanahoria Leña, es la de mayor tamaño (12.5 cm) y se utiliza para exportación, zanahoria mediana (9.5 a 12.5 cm) y zanahoria polvo con un tamaño menos a 9.5 cm de longitud, la cual se utiliza de manera industrial, como complemento de los chiles enlatados (SAGARPA-SIAP, 2003).

Hay una gran disponibilidad entre el mercado local y el de exportación. Debido a que el 90% de las zanahorias de México se venden en el mercado interno solamente el 10% del suministro está disponible para la exportación (Nunhems, 2012).

## **2.4. Manejo del cultivo**

### **2.4.1. Temperatura**

Requiere de climas templados, soporta heladas, aunque para su buen desarrollo se requieren temperaturas de entre 20 a 22° C, lográndose con ello buenas características de color, forma y longitud de la raíz carnosas. A temperaturas altas suelen resultar duras y de baja calidad o con coloración más clara de las raíces (Quintero, 1999).

### **2.4.2. Humedad**

Esta planta requiere diferente humedad dependiendo de la fase del cultivo, aunque se puede decir que requiere de buena humedad, pero no en exceso pues puede causar pudriciones o retardar el crecimiento y además cuando se hayan formado las raíces carnosas es posible que sean atacadas por hongos y bacterias. Por el contrario, la falta de ella da origen a la formación de anillos o estrangulamiento de la raíz a falta de un buen desarrollo (Hernández, 1991).

### **2.4.3. Suelos**

Se puede cultivar en casi todos los tipos de suelo, pero se desarrolla mejor en suelos con textura ligera como los arenosos o aluviales que son mejor drenados, bien mullidos, sin piedras, aireados y que retengan buena humedad, ya que estas características determinan el desarrollo y crecimiento de la raíz, permiten la emergencia de la delicada plúmula durante la germinación y por lo tanto la producción (Lira, 2001).

Se ha encontrado que un contenido menor al 6% de oxígeno en el suelo contribuye a la reducción del engrosamiento de las raíces carnosas y la intensificación de su color, en los suelos pedregosos se da una mayor bifurcación de las raíces y que suelos compactos y pesados originan raíces con fibrosidades endurecida que la deprecian, menor diámetro, peso y desarrollo, siendo además propensas al desarrollo de podredumbres (Cásseres, 1980; Guenkov, 1974).

#### **2.4.4. Nutrición**

Los fertilizantes de fácil disolución no pueden aplicarse en grandes cantidades, porque las plantas de zanahoria son muy sensibles al aumento de la concentración de la solución del suelo. Esta no debe ser mayor del 5% para las plantas jóvenes y para las plantas viejas no mayor del 1% debido a que, si una concentración alta de la solución del suelo entra en contacto con la planta recién germinada, esta se daña, por tanto, para obtener zanahorias de buena calidad es importante balancear bien las sustancias nutritivas del suelo (Guenkov, 1974).

La fertilización nitrogenada debe ser de preferencia en base a nitratos y sulfatos de amonio, ya que la urea origina la formación de raíces dobles. El exceso de este elemento provoca que las raíces no sean lo suficientemente dulces no siendo aptas para almacenarse, se agrietan y son susceptibles a enfermedades (Lira, 2001).

Cuando se proporciona a la zanahoria un suministro adecuado de fósforo, se obtienen raíces de excelente calidad, mayor contenido de azúcares y

alta resistencia al almacenamiento. La presencia de potasio aumenta los contenidos de azúcar y mejora la resistencia durante el almacenaje, mientras que su deficiencia provoca un crecimiento exiguo. Guenkov (1983), señala que para obtener zanahorias de buenas propiedades de conservación y excelente calidad gustativa, debe recibir suficiente cantidad de fósforo y calcio, ya que una deficiencia puede provocar una pudrición hueca en la raíz carnosa (Quintero, 1999).

## **2.5. Problemas fitosanitarios del cultivo de zanahoria**

### **2.5.1. Artrópodos plaga en el cultivo de zanahoria**

#### **2.5.1.1. Pulgones (Hemiptera: Aphididae)**

La zanahoria alberga diversas especies de pulgones (Hemiptera: Aphididae). Entre ellas estas son las más importantes:

#### **Pulgón sauce de la zanahoria (*Cavariella aegopodii* Scopoli) (Hemiptera: Aphididae)**

Descripción. Ninfa: De color amarillento a verde, similar al adulto. Adulto. De color verdoso a verde claro con patas y puntas de antenas más oscuras. Tiene hasta 3 mm de largo con forma ligeramente aplanada. Los adultos con alas generalmente son de color negro a gris con alas claras. Daños. Las infestaciones fuertes pueden causar el amarillamiento y la distorsión del follaje. Puede actuar como un vector para el virus Y de zanahoria, pero las tasas de transmisión son bajas en comparación con otras especies de pulgones (Ekman y Tesoriero, 2015).

**Pulgón verde del duraznero (*Mysus persicae* Sulzer) (Hemiptera: Aphididae)**

Descripción. Los adultos sin alas son de color amarillo pálido a verde y mide alrededor de 2 mm de largo; Las hembras aladas tienen cabezas negras con los ojos rojo oscuro y los cuerpos más grandes (Ekman y Tesoriero, 2015).

El pulgón verde del duraznero es más común en primavera y otoño, pero puede encontrarse en cualquier momento durante todo el año. A veces, una forma rosada puede estar presente. Durante el tiempo frío, los individuos de las colonias pueden ser ligeramente de color verde más oscuras que las encontradas durante las épocas más calurosas del año. Tanto las formas aladas como las ápteras tienen cornículos prominentes que están ligeramente hinchados y tienen un aspecto parecido al de su apariencia. Las formas aladas tienen una línea oscura en la parte superior del abdomen que los distingue; Las formas sin alas carecen de esa línea oscura. Daños. El pulgón verde del duraznero es el más importante vector de virus de las plantas que cualquier otro, transmite más de 100 virus diferentes. Mas sin embargo, es el principal vector de un virus llamado Carrot motley dwarf virus (Virus del moteado de la zanahoria) o Carrot red leaf virus (Virus de la hoja roja de la zanahoria). Las hojas infestadas por pulgones están distorsionadas y encrespadas. Si las poblaciones son lo suficientemente altas, puede ocurrir un retraso en el crecimiento (UC, 2013).

### 2.5.1.2. Trips (Thysanoptera: Thripidae)

La acción de estos insectos interesa en especial en cultivos destinados a la producción de semilla. Los trips se encuentran en las hojas, con preferencia en las partes tiernas o cogollo de la planta, aunque también se alimentan de polen, de allí su presencia en las flores. El cultivo de zanahoria es atacado por 2 especies, ellas son:

*Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) “trips de la cebolla”: se trata de un insecto muy pequeño, de aproximadamente 1 mm, que debido al reducido tamaño tanto de la larva como del adulto se hace dificultosa su observación a simple vista. El adulto se caracteriza por poseer la cabeza rectangular, las alas son en forma de dientes de sable, con flecos largo de color amarillento a gris. El aparato bucal es raspado-chupador. Las hembras se reproducen sin la intervención del macho (partenocarpia).

*Frankliniella occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) “trips occidental o trips californiano de las flores”: los adultos son pequeños insectos de 1 a 1,3 mm de largo. La coloración varía de acuerdo a la época del año; en los meses cálidos predominan las formas claras (amarillentas), mientras que en invierno las formas oscuras.

Daños. Como consecuencia de su alimentación, se originan lesiones de coloración blanquecino-plateada característica, atribuyéndose ellas al llenado de aire de los espacios vacíos de las células de las que se alimentó. La planta toma en general una tonalidad cenicienta y si el ataque es severo se producen deformaciones. El desarrollo de las poblaciones de este insecto se ve

favorecido por el tiempo cálido y seco. En tiempo seco, aumenta la pérdida de agua a través de las lesiones que produce debido a su alimentación, y como consecuencia las plantas atacadas se ven más afectadas (Gaviola, 2013).

### **2.5.1.3. Mosca negra de la zanahoria (*Psila rosae* Fabricius)**

#### **(Diptera: Psilidae)**

Larvas: larva amarilla sin patas, de hasta 10 mm de largo. Adulto: mosca color negro y delgada de 6 mm de largo con alas claras, cabeza y piernas amarillas y grandes ojos marrones rojizos. Daños. Las larvas se alimentan de raíces de zanahoria, se introducen en el tejido vegetal y dejan canales o túneles color marrón y de formas irregulares en la raíz. En el apio, las larvas perforan las raíces, la corona y los pecíolos de las hojas. Las raíces principales hojas del perejil también pueden estar infestadas. Las plántulas a menudo mueren cuando son atacadas, las plantas más viejas son más resistentes (Ekman y Tesoriero, 2015).

### **2.5.1.4. Mosquitas blancas (*Bemisia tabacii* Gennadius y**

#### ***Bemisia argentifolii* Gennadius (= *B. tabaci*, Biotype B)) (Hemiptera: Aleyrodidae)**

Descripción. Las moscas blancas (Hemiptera: Aleyrodidae) son insectos pequeños que miden aproximadamente 0,04 pulgadas (1 mm) de largo. El cuerpo y las alas de los adultos están cubiertos con una fina cera blanquecina polvorienta que es de aspecto opaco. Las moscas blancas colonizan el envés de las hojas; Los adultos y los huevos se encuentran comúnmente en la superficie inferior de las hojas más jóvenes y las etapas ninfales se localizan en

hojas más viejas. Distinguir especies de mosca blanca es difícil; Utilice una lupa para examinar a los inmaduros y a los adultos. Las moscas blancas adultas de plata (*Bemisia argentifolii*) mantienen sus alas ligeramente inclinadas verticalmente como el pico del tejado de una casa, en lugar de estar planas sobre sus cuerpos como la mosca blanca del invernadero. Durante la última parte de la cuarta etapa ninfal, a menudo llamada la pupa, la mosca blanca desarrolla ojos rojos y deja de alimentarse. Esta es la etapa que es más fácil de identificar a las moscas blancas; Las pupas no tienen filamentos cerosos alrededor de sus bordes como lo hacen la mayoría de las otras especies de moscas blancas.

Daños. Las poblaciones extremadamente densas de la mosca blanca de plata pueden inmigrar en finales de agosto o septiembre, en esas fechas las plantaciones de zanahorias en los desiertos bajos del sur de California sufren daños severos. En las infestaciones ligeras a moderadas, las hojas no muestran síntomas distintivos como resultado de la alimentación con mosca blanca; Sin embargo, cantidades grandes de miel excretada por las mosquitas blancas se depositan en las hojas, dando por resultado un aspecto brillante, pegajoso (UC, 2013).

#### **2.5.1.6. Gorgojo o taladrillo de la zanahoria (*Listronotus oregonensis* Le Conte) (Coleoptera: Curculionidae)**

Descripción. Larvas: Gusano cremoso con la cabeza café rojiza. Adulto: Picudo o gorgojo café oscuro alrededor de 6 mm de largo con aparato bucal prominente. Daño. Tanto los adultos como las larvas que infestan a cultivos de

zanahorias, apio y el perejil. Los adultos se alimentan principalmente de follaje, las larvas cavan en los pecíolos de las plantas y las partes superiores de las raíces, formando túneles en zigzag. Las plantas jóvenes pueden ser defoliadas a tal punto de morir, las raíces que tengan daños por las lavar no son comercializables (Ekman y Tesoriero, 2015).

#### **2.5.1.6. Gusano soldado (*Spodoptera exigua* Hubner)**

##### **(Lepidoptera: Noctuidae)**

Descripción. Huevo: Se coloca en una masa o grupo sobre la parte inferior de la hoja y se cubre con material blanco y algodonoso. Larva: el gusano soldado, inicialmente es color verde pálido, que se vuelve de color verde más oscuro con rayas cafés, amarillas y blancas que van variando a medida que madura. Adulto: La palomilla es color gris y marrón, de alrededor de 15 mm de largo, alas mantenidas en forma de tejado de casa a lo largo del cuerpo. Daños. Las larvas jóvenes a menudo se alimentan en grupos, defoliando las hojas. Las larvas maduras se alimentan individualmente, particularmente prefiriendo el centro de la planta (Ekman y Tesoriero, 2015).

#### **2.5.1.7. Gusanos del suelo**

Gusano cortador (*Agrotis* spp.) (Lepidoptera: Noctuidae). - Huevo: son esferas color cremoso de alrededor de 0,5 mm de diámetro con un aspecto ligeramente acanalado. Por lo general cuando ovopositan son colocados en una gran masa sobre la planta huésped o tierra húmeda. Larva: Inicialmente es de color grisácea, los gusanos se oscurecen a medida que envejecen, quedando de color negro con marcas rojas, amarillas y crema. Los gusanos maduros

pueden alcanzar 50 mm de largo. Tienden enrollarse en una bola si son molestados. Adulto: sus alas son sostenidas en la parte posterior en forma de capa, estas pueden ser color café combinado con crema y un poco de gris. Daños. Las larvas se alimentan inicialmente de las hojas, dejando agujeros irregulares en forma de balaceado. Las larvas más viejas cortan las plántulas al nivel del suelo, generalmente durante la noche. Las plantas pueden ser arrastradas para que el gusano pueda alimentarse durante el día (Ekman y Tesoriero, 2015).

Gusano de alambre (*Conoderus* spp., *Melanotus* spp. (Coleoptera: Elateridae). - Descripción. Larvas: Los gusanos de alambre son de color brillante, cuerpo duro, y delgado. Las larvas son de color amarillo pardo y 1/2 - 1 1/2 pulgadas de largo. Los adultos son escarabajos grandes, cafés que hacen un sonido de clic cuando tratan de enderezarse después de estar boca abajo. Daños. Los gusanos de alambre, una plaga esporádica en las zanahorias, son un problema mayor en suelos que contienen materia orgánica que en los suelos con altos contenidos de minerales. Pueden atacar directamente las zanahorias en desarrollo, causando pérdida severa, o pueden proporcionar puntos de entrada para los patógenos que causan podredumbres secundarias (Weeb, 2015).

## **2.5.2. Enfermedades causadas por hongos**

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

Los síntomas del tizón de la hoja de *Alternaria* aparecen como lesiones de color café oscuro a negro en los peciolos de las hojas. Los puntos se rodean

inicialmente por un margen amarillo y comienzan a menudo en las hojas más viejas. Las lesiones que se desarrollan en los pecíolos de las hojas. Las hojas debilitadas por el tizón pueden romperse al ser sujetadas cosechadoras mecánicas o por lluvias fuertes, resultando en que las raíces queden descubiertas en el suelo. La enfermedad es favorecida por el clima lluvioso y / o por el riego de arriba. El patógeno también puede sobrevivir en desechos de zanahoria y en zanahorias voluntarias. Las esporas se dispersan con el aire y con las gotas de lluvia salpicando en el cultivo. La temperatura óptima para el crecimiento y la infección es 28 °C con una infección que ocurre a temperaturas tan bajas como 14 °C y tan altas como 35 °C (UC, 2013).

#### **2.5.2.2. Tizón por *Cercospora* (*Cercospora carotae* Pass)**

El tizón por *Cercospora* puede ocurrir en cualquier parte de la hoja de la zanahoria e incluso en talos del follaje. Sin embargo, los síntomas suelen ser más graves y evidente a lo largo de los márgenes donde se origina el daño. Los sitios de infección aparecen inicialmente como una mancha de color café con un margen de color café más oscuro, incluso hasta negro. Un halo clorótico a menudo se desarrolla en torno a estos puntos de infección. A medida que la enfermedad progresa, las hojas se vuelven amarillentas y los márgenes de ellos se empiezan a enchinar. Las lesiones en los pecíolos de las hojas, los tallos y las partes florales son generalmente alargadas en forma de ovalo y de color café oscuro. Cuando hay una infección severa de la enfermedad, se puede producir una severa pérdida de follaje. *Cercospora carotae* no solo se transmite por semilla, sino también entre los cultivos, sobrevive en los restos de plantas o

en el suelo. La infección se produce en un amplio intervalo de temperaturas con un óptimo de 28 °C (UC IPM, 2013).

### **2.5.2.3. Cavitti spot (*Pythium violae* Chesters & Hickman, *P. sulcatum* Pratt & Mitch, *P. ultimum* Trow, *P. coloratum* Vaartaja)**

Esta enfermedad de las raíces se encuentra en todo el mundo. Los factores responsables son numerosos hongos del genero *Pythium*: *Pythium violae*, *P. sulcatum*, *P. ultimum*, *P. coloratum*. Los ataques graves pueden causar hasta un 50% de pérdida de rendimiento. Síntomas; manchas largas y undidas en la superficie de la raíz de color traslucido cuando empieza la infección y a como se desarrolla van tomando un color negro, posteriormente aparecen grietas y fisuras longitudinales. Una infección bacteriana puede cambiar esas manchas en lesiones podridas. Las raíces atacadas no pueden ser comercializadas. Un ataque temprano desde el comienzo de la cosecha puede causar el amortiguamiento de raíces y bifurcadas. Factores favorables; Uso excesivo de agua y nitrógeno, falta de rotación de cultivo y temperaturas entre 15 ° C y 25 ° C. Los ataques son más severos se presentan en suelos con pH menor de 7 (Vilmorin, 2017).

### **2.5.2.4. Moho Polvoriento (*Erysiphe heraclei* Crypt)**

Síntomas. El crecimiento de hongos blancos pulverulentos aparece inicialmente en las hojas más antiguas, pero se extiende para cubrir todas las superficies de las hojas. El follaje infectado se vuelve quebradizo y distorsionado y los pecíolos se vuelven cafés y mueren. El rendimiento se reduce y la rotura del pecíolo afecta la cosecha mecánica. Esta enfermedad le

favorece condiciones de alta humedad y temperaturas moderadas. Las esporas se propagan fácilmente por el viento (Ekman y Tesoriero, 2015).

### **2.5.3. Enfermedades causadas por bacterias**

#### **2.5.3.1. Tizón bacteriano (*Xanthomonas campestris* pv. *carotae* Pammel & Dowson)**

El tizón bacteriano de la hoja se observa a menudo en campos como áreas de color café con un tamaño cerca de 90 a 120 centímetros de diámetro. Los síntomas de la hoja aparecen como manchas cafés claro y de una forma irregular, comenzando a menudo en los márgenes de la hoja. Las lesiones inicialmente tienen un halo amarillo irregular y pueden aparecer con condiciones de lluvia. Los puntos se unen y causan una mancha grande en la hoja y las rayas café oscuras se desarrollan en los pecíolos de la hoja. Las partes florales también pueden ser dañadas. Un líquido pegajoso y aguanoso de color ámbar, puede observarse fluir sobre pecíolos y tallos florales. Este es un signo para poder diagnosticar esta enfermedad (UC, 2013).

La enfermedad fungosa viene en la semilla, y sobrevive inactiva hasta que la semilla de zanahoria germina. La bacteria también sobrevive en restos de cosecha de zanahoria, pero no pueden sobrevivir en el suelo por sí sola, sin restos de zanahoria. El clima cálido favorece la infección y el desarrollo de la enfermedad. Las temperaturas óptimas para su desarrollo están entre 25 ° y 30 °C; La infección no ocurre por debajo de 18°C. La propagación de planta a planta puede ocurrir bajo condiciones de riego pesado o lluvias intensas (UC, 2013).

### **2.5.3.2. Costra (*Streptomyces* sp. Waksman & Henrici 1943)**

Las zanahorias tienen manchas secas prominentes en la parte superior de la raíz. Estas manchas tienen una estructura de corcho. Esta bacteria también se encuentra en la raíz de remolacha, papa y rábano. Esta enfermedad aparece esencialmente en condiciones climáticas secas anormales y en suelos bastante ácidos (pH entre 5 y 7) (Vilmorín, 2017).

### **2.5.4. Enfermedades causadas por fitoplasmas**

#### **2.5.4.1. Amarillamiento del Aster (*Candidatus Phytoplasma asteris* Lee et al)**

La enfermedad es causada por un fitoplasma (Aster yellows fitoplasma). Este patógeno puede atacar a más de 300 especies de 48 familias, entre las especies hortícolas se destacan lechuga, endibia, escarola, apio. El fitoplasma se transmite por chicharritas y los síntomas que provoca en hojas son amarillamiento y bronceado y hojas en “escoba”; mientras que en las raíces se observa la proliferación de raíces secundarias y la necrosis de la parte interna (Gaviola, 2013).

El primer síntoma observado en los cultivos, es un amarillamiento de las hojas más jóvenes y las venas que están cerca de la raíz de zanahoria son de color blanco. Más tarde aparece una masa de nuevos brotes amontonados y enfermizos que crece alrededor de la corona de la raíz, dando una apariencia de escoba de bruja a la parte superior. Las hojas más viejas son blanquecinas al principio, y luego se vuelven de bronce o enrojecidas, o ambas. Los tallos de las hojas se reducen de tamaño y son retorcidos y eventualmente se rompen,

dejando un follaje corto e inadecuado para la cosecha mecánica y para la creación de racimos aptos para el mercado fresco. En las raíces suelen aparecer muchas raicillas fibrosas malformadas, que crecen a lo largo del eje de la raíz principal. La enfermedad puede continuar desarrollándose en el proceso de almacenamiento (Creter, 1977).

### **2.5.5. Enfermedades causadas por virus**

#### **2.5.5.1. Virus de la hoja roja de la zanahoria**

Las hojas se ponen rojas o amarillas. En caso de infección grave, el crecimiento de las hojas se detiene y puede causar una disminución del rendimiento. Los dos virus responsables son el virus de la hoja roja de zanahoria (CRLV) y el virus del moteado de la zanahoria (CMV). Son transmitidas a la planta por el pulgón: *Cavariella aegopodii* (Vilmorín, 2017).

### **2.5.6. Enfermedades causadas por nematodos**

Uno de los problemas más severos en la producción de las hortalizas, son dos especies de nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne hapla* Chitwood y *M. incognita*, nematodos fitoparásitos microscópicos que se encuentran en el suelo y raíces de plantas. Estos nematodos se alimentan perforando las células de las raíces succionando los contenidos líquidos. La penetración a la raíz y alimentación usualmente empiezan detrás del ápice de la raíz donde los nematodos de los nódulos radiculares se establecen permanentemente. El ataque de esta plaga causa reducción o pérdida total en rendimiento. Cuando las plantas son infectadas en el estado de plántula, las

pérdidas son extremadamente fuertes y pueden dar como resultado una muerte temprana de la planta (Brust *et al.*, 2003).

Sus efectos a menudo son subestimados por los agricultores, agrónomos y consultores en el manejo de plagas. Se estima que los nematodos fitoparásitos reducen cerca del 12 % de la producción agrícola global (Stirling *et al.*, 2002), mientras que en hortalizas y frutales se estima que la pérdida anual por estos organismos es del 14% en hortalizas y frutales en los EUA (Appleman y Hanmer, 2003).

En la subfamilia Meloidogyninae se reportan varias especies parásitos de importancia económica de un amplio rango de cultivos agrícolas y hortícolas, particularmente en regiones tropicales, subtropicales y templadas (Agrios, 1997; Luc *et al.*, 2005).

#### **2.5.6.1. Importancia de los nematodos en el cultivo de la zanahoria**

Los nematodos de los nódulos radiculares (*Meloidogyne* spp.) son un serio problema en la producción de zanahorias con un conservativo estimado de 5% de pérdidas en producción a pesar del intensivo uso de plaguicidas. Aparte de causar pérdidas directas al rendimiento, los nematodos también pueden bajar la calidad de los productos cosechados porque pueden causar el daño de tecedor en la zanahoria y que es una apariencia indeseable. Consecuentemente, los nematodos pueden dramáticamente bajar la producción mercadeable (Becker, 2011).

Los nematodos son frecuentes en todo el mundo en casi todas las áreas de producción. Dos grupos principales tienen consecuencias económicas en los cultivos de zanahorias: nematodos de nudos radiculares (*Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria*) y nematodos de los quistes de zanahoria (*Heterodera carotae*) (Vilmorín, 2017).

## **2.6. *Meloidogyne incognita* Kofoid & White.**

Su nombre común es: nematodo Agallador o Nematodo de los nódulos radiculares.

### **2.6.1. Ubicación taxonómica**

Ubicación Taxonómica del nematodo agallador o nodulador: (UCDb, 2017; Taylor y Sasser, 1978; Cepeda, 1996)

Reino: Animalia

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea, Von Lingstow 1950, Dougherty 1958.

Subclase: Diplogasteria, Chitwood y Chitwood 1937.

Orden: Tylenchida, Thorne 1949.

Suborden: Tylenchina, Chitwood 1950.

Superfamilia: Tylenchoidea, Orley 1880

Familia: Meloidogynidae, Schuurmans Stekhoven 1941.

Subfamilia: Meloidogyninae, Skarbilovich 1959.

Género: *Meloidogyne*, Goeldi 1892.

Especie: *Meloidogyne incognita* Kofoid & White

### **2.6.2. Distribución mundial de las especies del género *Meloidogyne***

Sasser (1977) menciona que los nematodos del género *Meloidogyne* están distribuidos ampliamente en todo el mundo y son considerados como uno de los fitoparásitos, que afectan económicamente la producción de los cultivos.

La amplia distribución de estos patógenos puede atribuirse a varios factores; por una parte, la característica del organismo de soportar condiciones adversas, y, por otra, las condiciones ambientales favorables para que se incrementen rápidamente las poblaciones; a esto se debe agregarse el efecto de transportar material vegetal o implementos y maquinaria agrícola infestados (Cepeda y Gallegos, 2008).

### **2.6.3. Características anatómicas y morfológicas**

La caracterización en cuanto a morfología no ha producido una definición objetiva de lo que constituye una especie de *Meloidogyne*. Se produce por partenogénesis; esto significa que el concepto de especie biológica no puede ser aplicado a *Meloidogyne*, o al menos debería hacerse con algunas aclaraciones (Sasser, 1977)

Los estados juveniles del nematodo de los nódulos radiculares (*Meloidogyne incognita*) son descritos como vermiformes con longitud aproximada de 0.28 a .5 mm y su cutícula anillada es migratoria; con región cefálica y estilete delicados; presentan el área labial sin constricción y el segundo estado avanzado es sedentario, hinchado y con cola aguda se define como “estado infectivo” y tiene un estilete libre que tiene una longitud entre 10 y

20 micras y; el tercer y cuarto estado se presentan en el interior de la cutícula del segundo estado, con estilete (UCDa, 2006; Calderoni, 1978).

Las larvas infectivas de segundo instar tienen una región labial bien definida, con 2 a 3 anillos o plana, amfidios con abertura a manera de ranuras. La región labial porta una estructura a manera de gorra. Los 6 labios marcadamente más grandes que los submedianos. Estilete delgado con bien definidos nódulos basales (Mai y Lyon, 1975).

La hembra de tercer estadio se caracteriza por la ausencia casi total del estilete y al avanzar en su desarrollo aumenta de tamaño, adquiriendo la forma de pera o subesférica, excepto por la elongación en la parte anterior que se denomina cuello. La cutícula del cuerpo de la hembra esférica es blanca y de textura suave, sola ausente, el estilete de la hembra es punzante y pequeño, nódulos basales desarrollados, el poro excretor se encuentra a nivel, o un poco anterior al bulbo medio. Esófago desarrollado con bulbo medio grande con vulva, istmo corto y grueso y una glándula que se sobrepone ventralmente al intestino: la longitud de las hembras varía de 0.4 a 1.3 m, son di délficas, con ovarios grandes y reflejados varias veces; en la región perineal la cutícula presenta estrías ligeras, las cuales, en conjunto con vulva, ano y fasmidias, dan lugar a patrones o modelos característicos que permiten diferenciar a las especies (Jatala, 1986).

Los machos a diferencia de las hembras, no son esféricos, son vermiformes, una vez que alcanzan el estado de adulto presentan de 1000 a 1500 micras de longitud, no obstante, en las primeras fases de su desarrollo

larvario, su cuerpo es ligeramente engrosado. La longitud labial de los machos es alargada, presentando labios laterales; el estilete presenta nódulos basales prominentes y el poro excretor está localizado a nivel del anillo nervioso; el esófago presenta desarrollo normal del procorpus y del bulbo medio valvulado, teniendo istmo estrecho y región glandular sobrepuesta ventralmente al intestino, pero no tan fuertemente desarrollada como en las hembras. Actualmente las características morfológicas de la cabeza del macho son más usadas para identificar con precisión, las especies más comunes de este género (Sasser, 1977).

Las espículas y el gubernáculo están localizados cerca de la parte final del cuerpo por lo que prácticamente no existe cola, con bursa ausente. Dependiendo de la nutrición, durante el desarrollo del macho se pueden formar uno o dos testículos, pero los individuos diorquicos son infértiles; aunque la mayoría de las especies de *Meloidogyne* son partenogenéticas, se supone que después de llevar a cabo la función de copular, el macho muere (Brodie, 1984).

#### **2.6.4. Hospedantes**

Los nematodos del género *Meloidogyne* se alimentan de una gran diversidad de plantas, a tal grado que se considera que casi todos los vegetales cultivados son susceptibles a este patógeno, algunos son poco susceptibles y no son dañados seriamente, pero otros, por el contrario, son muy susceptibles a una o más especies (Agrios, 1995).

Jensen *et al.*, en 1997, enlistó 874 cultivos como hospederas de 7 u 8 especies de *Meloidogyne* en el oeste de los Estados Unidos de América (UCDa,

2006). En California (EUA) se reporta atacando cucurbitáceas, frijol, zanahoria, tomate, lechuga, chícharo, chile y rábano entre otras hospedantes (Brust *et al.*, 2003).

También se tiene información de la antigua Unión Soviética, en la que se señalan pérdidas totales en cultivos de zanahorias atacadas por *Meloidogyne* (Cepeda y Gallegos, 2008)

### **2.6.5. Biología y ciclo de vida**

Hay seis etapas en el desarrollo de la mayoría de los nematodos del género *Meloidogyne*: el huevo, cuatro etapas juveniles y el adulto. El huevo es generalmente depositado, en distintas etapas de desarrollo, en el suelo o dentro del tejido de la planta. En algunas especies estos están protegidos por una capa gelatinosa. El huevo fecundado sufre una serie de divisiones mientras pasa etapas de blástula y grástula hasta llegar al estado juvenil (nematodo filiforme). En la mayoría de las especies fitoparasíticas, el segundo estado juvenil emerge del huevo, se mueve por el suelo y penetra e invade el tejido vegetal. Esta etapa, que es generalmente la infecciosa, en la mayoría de las especies una que resiste las condiciones ambientales favorables (Román y Acosta, 1984).

El ciclo se inicia con un el huevecillo el cual tiene lugar el desarrollo embrionario, este es ovalado alargado. En la primera etapa de desarrollo se divide en dos células, conteniendo cada una en un núcleo; cada una de estas células se divide para dar lugar a cuatro metámeros aunque ocasionalmente podemos ver 3 en vez de cuatro, debido a que la división de las dos primeras

no han sido simultaneas; luego se observan 8, 16,32, etc.; posteriormente pasan por la fases de mórula, bástula y gástrula y finalmente viene la formación de la larva la cual aún no se sabe el número de células necesarias para su formación, al terminar el desarrollo embrionario, la larva sufre la primera muda, quedando doblada varias veces dentro del corion; a esta etapa de desarrollo se le llama “huevecillo larva” (Cepeda, 1996).

Si las condiciones ambientales son favorables, las larvas emergen dando lugar al segundo estadio juvenil o estadio infectivo que queda libre en el suelo, este estadio es el que penetra las raíces y fue descrito por Linford en 1939 (Cepeda y Gallegos, 2008).

Montes (1988), afirma que este estadio la larvas no están diferenciadas sexualmente y una vez dentro de los tejidos se establece, se establecen cerca del parénquima vascular; en el momento de la penetración la larva se mueve dentro de los espacios intercelulares del tejido de la planta hospedera, hasta llegar al sitio donde se fija y se hace sedentaria, iniciando su alimentación sobre las células cercanas a su cabeza, estas células se deforman y carecen varias de ellas, para dar origen a un sincio al cual se llama célula gigante.

La formación del sincio es inducida por sustancia de tipo enzimático que salen por el estilete del nematodo y son inyectadas a las células, estas enzimas provienen de la glándula cefálica dorsal. Una vez establecida la larva, se engrosa y después muda para dar origen juvenil del tercer estadio; en este, el sexo se define y también se inicia el desarrollo de las gónadas; al finalizar el tercer estadio, los órganos reproductores se desarrollan ya que están

perfectamente diferenciados, por lo que se puede distinguir fácilmente a las hembras de los machos. Llegando el momento se efectúa la tercera y finalmente la cuarta muda, durante esta etapa las hembras sufren un engrosamiento mayor del cuerpo, adquiriendo la forma periforme o casi esférica, pero conservando el cuello (Calderoni, 1978).

Si el vegetal es un hospedero, las hembras comienzan a depositar huevecillos después de 20 a 30 días de haber penetrado la raíz, secretando con anterioridad la matriz gelatinosa que sirve como barrera protectora y mantiene a los huevecillos aglomerados; al final del desarrollo, el extremo posterior de la hembra puede sobresalir de la raíz, pero si esto no sucede, se localiza cerca de la superficie para que los huevecillos salgan fácilmente al exterior, en donde se observan en forma de masas compactas, estas masas de huevecillos presentan un color amarillo claro o marrón (Brodie, 1984).

Si el cuerpo de la hembra se encuentra profundamente introducido en el tejido del hospedero, como sucede en los tubérculos o raíces suculentas, las masas de los huevecillos se acumulan dentro de los tejidos de la planta. Existen casos como el tubérculo de papa, en que las masas pueden encontrarse encerradas en una especie de membrana en forma de saco, que se forma como reacción del vegetal (Cepeda y Gallegos, 2008).

Después de llevarse a cabo la incubación, la larva puede emerger y quedar libre en el suelo, para buscar nuevas raíces e iniciar su ciclo o permanecer y desarrollarse en la misma raíz, reinfectando el mismo tejido en que se originó; esto es menos frecuente ya que los tejidos del vegetal están

diferenciados y maduros, siendo más difícil la penetración de ellos (Jatala, 1986).

En el caso de los machos, al llegar al cuarto estadio larvario, recuperan el aspecto filiforme y la movilidad, aunque permanecen dentro de la exuvia del tercer estadio juvenil; al mudar por primera vez, quedan libres en el suelo. En ocasiones se han encontrado poblaciones altas de machos, lo que se atribuye a condiciones ambientales desfavorables, como la falta de alimento (Cepeda y Gallegos, 2008).

Las hembras empiezan a depositar sus huevecillos a los 19 días después de haber penetrado la raíz, la ovoposición termina a los 35 días. El promedio de huevecillos por hembra es de 23 a 30 diarios (Calderoni, 1978). El número de generaciones *Meloidogyne* por año varía según las especies (De Guiran y Ritter, 1979).

Montes (1988) menciona que una hembra de nueve semanas produce una cantidad de 2,882 huevecillos, después de la penetración en chícharo canadiense silvestre.

La tasa de desarrollo aumenta para la mayoría de las especies con temperaturas de hasta 28 ° C. El tiempo mínimo requerido para el ciclo de vida de *M. incógnita* fue de 87 días a 16 °C y 25 días a 27 °C (De Guiran y Ritter, 1979).

El número medio de generaciones de especies tropicales de *Meloidogyne* oscila entre 7-10 generaciones. *M. arenaria*, por ejemplo, tiene 9

generaciones al año y la duración del ciclo de vida puede variar de 18 días en verano a 54 días en invierno según lo informado por La Massese (1961).

#### **2.6.6. Síntomas de daño por especies del genero *Meloidogyne*.**

Una de las primeras indicaciones de una infección por nematodos agalladores en un área de un lote, es cuando las plantas se marchitan a mediodía, aunque parezca que hay suficiente humedad para prevenir esto, lo cual es más común en suelos arenosos. Estas plantas bajo infestaciones severas también pueden estar achaparradas y amarillentas. La producción de frutos en las plantas infectadas es muy pobre, y el fruto formado frecuentemente falla al madurarse y es de mala calidad. Sin embargo, esto es a menudo confundido con bajas concentraciones de nutrientes u otras enfermedades radiculares. Cuando las plantas cultivadas son atacadas en el estado de plántula, las pérdidas son extremadamente fuertes y puede presentarse una muerte prematura (Brust *et al.*, 2003).

Los síntomas más característicos del ataque de *Meloidogyne* spp. son los que se presentan en las partes subterráneas de la planta. Las raíces infectadas se hinchan en el punto de invasión y se transforman en las típicas agallas radiculares, que son 2 – 3 veces de mayor diámetro comparadas con las raíces sanas. Se pueden presentar múltiples infecciones en el sistema radicular y la raíz puede quedar completamente agallada. También, se inhibe la conducción de agua por las raíces, de manera que el movimiento de agua y nutrientes hacia la parte superior de las plantas sea lento o se detiene. Al avanzar la temporada suele presentarse pudrición de raíces (Brust *et al.*, 2003).

En los cultivos de zanahoria atacados los síntomas se presentan particularmente en el follaje causando un crecimiento irregular y menor al de la demás población y se presenta en áreas localizadas en forma de óvalo. Las plantas atacadas son atrofiadas en la raíz y el follaje de la planta es color verde claro y amarillo y las plantas se observan marchitas. Numerosas agallas aparecen en la raíz, especialmente en el sitio de penetración del nematodo. Las raíces con agallas a menudo se ramifican para formar grupos de raíces peludas. El tejido invadido produce nódulos o hinchazones en las raíces laterales. Las raíces de zanahorias que son bifurcadas, peludas y con nódulos no son comercializables (Crete, 1980; Oliva, 1992).

El nematodo de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood causa infecciones en una gran diversidad de plantas, es un parásito obligado que debe completar su ciclo de vida en la planta hospedante. Los huevos son persistentes y pueden permanecer inactivos en la ausencia de una planta hospedante y/o en suelos barbechados por meses o años. A medida que las larvas de este nematodo de los nódulos radiculares penetran en la raíz de la planta, se alimentan y maduran, las células que rodean la raíz de la planta incrementan su tamaño y se dividen causando hinchazones, a menudo conocidas como nódulos radiculares. El flujo de agua y nutrientes se restringe y la planta se marchita rápidamente. Si el ataque se lleva a cabo en estado de plántula, éstas a menudo se achaparran y se tornan cloróticas. Las plantas infectadas raramente se mueren, pero generalmente no alcanzan a producir (UA, 2010).

### 2.6.7. Índice de agallamiento

De acuerdo con Barker (1985), existen varios sistemas para medir el índice de agallamiento que a continuación se muestran en el cuadro 4:

Cuadro 4. Sistemas para medir el índice de agallamiento, según Barker (1985).

<b>Sistema</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>
<b>Número de agallas</b>	0-4	0-5	1-6	0-10
<b>Daño en porcentaje</b>	0 = 0% 1 = 25% 2 = 50% 3 = 75% 4 = 100%	0 = 0% 1 = 10% 2 = 20% 3 = 50% 4 = 80% 5 = 100%	1 = 0% 2 = 10% 3 = 20% 4 = 50% 5 = 80% 6 = 100%	0 = 0% 1 = 10% 2 = 20% 3 = 30% 4 = 40% 5 = 50% 6 = 60% 7 = 70% 8 = 80% 9 = 90% 10 = 10%

Así mismo, se trabaja con otro índice de agallamiento propuesto por Maluf y colaboradores en 2002, manejando una escala de 1 – 5, basado en el número de agallas por sistema radicular y diámetro de agallas, este se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Escala de agallamiento propuesto por Maluf y colaboradores en 2002.

Número de agallas	Daños	Diámetro
1	Sin agallas o escasas agallas	Con un promedio de diámetro de agallas menores de 1 mm.
2	Escasas agallas	Con un promedio de diámetro de agallas entre 1 y 2 mm.
3	Las agallas en su mayoría no están unidas	Con un diámetro promedio entre 2 y 3 mm
4	Agallas numerosas y unidas	Con un diámetro promedio entre agallas entre 3 y 4 mm.
5	Agallas numerosas y unidas	Con un diámetro promedio de agallas mayores de 4 mm.

### 2.6.8. Interacción hospedero – parásito

Atracción hacia las raíces. - Las formas juveniles J2 son atraídos hacia el ápice de la raíz en la zona de alargamiento y también son atraídos hacia áreas donde hay emergencia de raíces secundarias. Son atraídas por el dióxido de carbono y aparentemente por pequeñas moléculas de aminoácidos (Jenkins y Taylor, 1967).

Penetración a la raíz y migración al sitio de alimentación. - Las larvas de 2º instar penetran las células de la raíz próximos a la zona de elongación por medios mecánicos a través de repetidos y rápidos embates de sus estiletos y probablemente por medios químicos (celulosa y pectinasa). Esta penetración es seguida de un breve descanso después del cual los contenidos de la célula son succionados por el nematodo mediante la acción de una porción muscular de su esófago. La penetración de la larva toma más de 6 horas, dependiendo de la especie de nematodo, hospedante y factores ambientales. A medida que la

larva invade la raíz se alimenta de las células internas y células de la lamela media. Se mueven entre las células corticales hacia el ápice de la raíz, prosiguen al meristemo y regresan migrando hacia el cilindro vascular en la zona de diferenciación celular. Finalmente reposan con sus cabezas y estilete en desarrollo cerca de la región de alargamiento de células y cuerpos en la corteza. Después de que la larva alcanza lo que será su sitio permanente, en sus estados subsecuentes se alimenta solamente sobre células que rodean su parte anterior (Jenkins y Taylor, 1967).

Inicio en el sitio de alimentación. - Los J2 penetran en las células cortando con su estilete las paredes celulares e inyectan secreciones de la glándula dorsal esofágica. Estas secreciones causan el engrandecimiento de las células en el cilindro vascular y se incrementan los grados de división celular en el periciclo. Esto lleva a la formación de células gigantes (sincitia) formada por el engrandecimiento de las células (hipertrofia), disolución de las paredes celulares, agrandamiento de los núcleos y cambios en la composición de los contenidos de la célula. Al mismo tiempo se presenta una intensa multiplicación celular (hiperplasia) alrededor de la cabeza de la larva. Estos cambios pueden ir acompañados por un alargamiento de la raíz para formar las agallas características. Sobre raíces pequeñas, las agallas que contienen solo una hembra son redondas a fusiformes y pueden tener de 1 – 3 mm de diámetro (Taylor y Sasser, 1978; UCDA, 2006).

Los J2 de *M. incógnita* entran en el ápice de la raíz y avanzan entre y a través de las células en los tejidos de la corteza en la zona de elongación hasta

que sitúan su cabeza en los tejidos vasculares. El daño a las células ocurre como resultado de la migración y si varios J2 entran en la parte apical de la raíz, la división celular se detiene y no se presenta el alargamiento de la raíz. A medida que la alimentación continúa, varias células cercanas a la cabeza del nematodo comienzan a agrandarse y se vuelven multinucleadas. Estas son denominadas células gigantes y usualmente hay de 3 – 6 asociadas con cada nematodo. Estos cambios son inducidos por sustancias (secreciones salivales) introducidas en las células y tejidos que los rodean durante la alimentación del nematodo. Durante este proceso los vasos del xilema se distorsionan y las raíces no pueden funcionar normalmente con respecto a agua y nutrientes. Durante el proceso de formación de agallas los nematodos pasan por la 2ª, 3ª y 4ª muda para alcanzar el estado adulto (Chacón, 2010).

## **2.7. Manejo Integrado de Nematodos (MIN)**

El Manejo Integrado de Plagas es un método socialmente aceptable, ambientalmente responsable y económicamente práctico para controlar las poblaciones de plagas. El MIP incorpora una variedad de métodos culturales, biológicos y químicos para manejar eficientemente las poblaciones de plagas, mientras reduce la dependencia de los medios químicos de control (Sikora y Skowronek, 2002).

Actualmente el manejo integrado de nematodos utiliza consideraciones que incluyen la rotación de cultivos menos susceptibles o variedades resistentes, prácticas culturales y el uso de tratamientos nematicidas antes de los trasplantes y postrasplantes. Estas prácticas son generalmente integradas

en el verano o en invierno "fuera de temporada" del cultivo. Se debe reconocer que no todo el manejo del suelo, con la integración de las prácticas culturales es igualmente eficaz en el control de nematodos parásitos de plantas y diversos grados de control de nematodos. Este método, a diferencia de otros métodos químicos, tiende a reducir gradualmente las poblaciones de nematodos a través del tiempo. Para el manejo integrado de nematodos se debe tomar en cuenta las siguientes condiciones específicas, tales como el tipo de suelo, la temperatura, la humedad, pueden ser muy importantes para determinar si las diferentes prácticas pueden ser utilizados eficazmente para el manejo de nematodos (UF/IFAS, 2008).

Ningún programa de control puede eliminar al nematodo de los nódulos radiculares en un campo de cultivo, y lo más que puede hacerse es reducir su población lo suficiente, como para darle tiempo a las plántulas para que queden bien establecidas antes del ataque de los nematodos (Brust *et al.*, 2003).

### **2.7.1. Control cultural**

Existen métodos de control dirigidos a reducir las poblaciones del patógeno en un área, en una planta, o en partes de esta. Muchos de estos se basan en la implantación de una o varias prácticas agronómicas para lograr tal objetivo. A estas prácticas se le conocen como métodos de control cultural y difieren del control químico en el período que toman para surtir su efecto. Generalmente la acción de los compuestos químicos es rápida, mientras que los efectos del control cultural son relativamente lentos. Entre las prácticas culturales más utilizadas para el control de nematodos fitoparásitos se

encuentran la rotación de cultivos, el uso de plantas antagónicas, la aplicación de sustratos orgánicos, entre otros (Santiago, 2006; UF/IFAS, 2008).

Las prácticas culturales como barbechos, inundaciones, aplicaciones de abonos orgánicos, cultivo de plantas de cobertura y rotación de cultivos entre otras, reducen lo suficiente las poblaciones de nematodos parásitos de plantas cultivadas. Generalmente estas prácticas culturales causan condiciones adversas para los nematodos, por lo que la capacidad de estos para sobrevivir, multiplicarse y producir enfermedad se afecta notablemente. Mediante la realización de estas prácticas no se puede tener un suelo agrícola libre de nematodos, porque muchas especies pueden soportar los cambios frecuentes que provocan tales métodos agrícolas; por otro lado, si se suspende la siembra del cultivo de plantas susceptibles, no se garantiza que el nematodo vuelva a aparecer. En contraste con el control químico, el control cultural reduce gradualmente la cantidad de nematodos, pero es relativo, porque un equilibrio económico conveniente no puede lograrse con el uso de una práctica, pero sí con una combinación de ella (Cepeda, 1996).

#### **2.7.1.1. Barbecho**

El barbecho durante la temporada baja es probablemente la más importante y eficaz medida de control cultural para disminuir la población de nematodos. Cuando las fuentes de alimentos ya no son fácilmente disponibles, la densidad de población de nematodos disminuye gradualmente con la muerte que se produzca como consecuencia de la inanición causada por la acción al secado del suelo por el viento y el sol. Debido a la amplia gama de huéspedes

de muchas especies de nematodos, la maleza y cultivos voluntarios deben ser controlados durante el período de barbecho para evitar la reproducción y además el aumento de la población (UCDa, 2006).

Un barbecho estricto por 1-2 años normalmente reducirá las poblaciones de nematodos en un 80-90 por ciento. Este efecto puede lograrse en tan sólo una estación introduciendo otras medidas culturales. Sin embargo, barbechar puede ser inaceptable para el agricultor debido a la potencial pérdida de materia orgánica, peligro de erosión y reducción del periodo productivo (Luján, 2010).

#### **2.7.1.2. Sustratos en el suelo**

Muchos diferentes tipos de sustratos y materiales de compostas que se han aplicado al suelo para suprimir las poblaciones de nematodos parásitos de plantas y mejorar el rendimiento de los cultivos y la salud de las plantas han dado muy buenos resultados. Los estiércoles de animales, la gallinaza y otros residuos de cosecha son típicos ejemplos de sustratos del suelo utilizados en la agricultura para mejorar la calidad del suelo y como un medio para mejorar el potencial biológico del suelo. Algunos sustratos que contienen quitina y fertilizantes inorgánicos que liberan nitrógeno amoniacal en el suelo reprimen directamente a las poblaciones de nematodos y mejoran el desarrollo selectivo de los organismos microbiales antagonistas de nematodos (UF/IFAS, 2008).

Estudios recientes en Florida, Estados Unidos (2007) han demostrado que los aumentos de las tasas de aplicación de un sustrato de residuos de composta han causado un efecto en el vigor de la raíz de las plantas de tomate a tolerar la

infección por especies del nematodo de los nódulos radiculares (*Meloidogyne* spp.). Estos estudios demostraron que en un suelo arenoso pobre en contenido de materia orgánica (menos del 2%), los rendimientos de tomate podrían aumentar significativamente con los sustratos aplicados al suelo sin presencia de nematodos o infestados de nematodos del suelo. El impacto del nematodo de los nódulos radiculares en el rendimiento de tomate fue efectivamente constante, sin embargo, no siempre la aplicación del sustrato al suelo podría aumentar la capacidad de plantas de tomate a tolerar la infección por el nematodo de los nódulos radiculares. Gran parte de lo anterior de la investigación en Florida parece indicar que los principales efectos de los sustratos del suelo a los rendimientos de los cultivos parecen estar menos relacionadas con nematodos del suelo o el control de patógenos, sino a una mayor nutrición de las plantas y la disponibilidad de agua. Sin embargo, con nuevas investigaciones y avances en la aplicación de tecnología y eficiencia el uso de suelo puede convertirse en un componente integral de los sistemas de producción de cultivos de Florida (UF/IFAS, 2008).

### **2.7.1.3. Inundación**

Las inundaciones han demostrado suprimir las poblaciones de nematodos. En ciclos de inundación de 2 a 3 semanas favorecen la disminución de nematodos del suelo en la producción agrícola (UF/IFAS, 2008).

El efecto de esta práctica proviene de la anaerobiosis que causa, la cual actúa sobre los nematodos tanto de forma directa, disminuyendo el oxígeno

disponible para su respiración, como de forma indirecta, por la producción de metabolitos por parte de los microorganismos anaerobios del suelo, los cuales son tóxicos para varios patógenos edáficos (Cook y Baker, 1983).

#### **2.7.1.4. Solarización**

Solarización del suelo es una técnica no química que se establece con lonas de polietileno transparente sobre el suelo húmedo, en un período de 6 a 12 semanas exponiendo el suelo al calor solar ha temperaturas letales a los nematodos del suelo y otros patógenos. La temperatura del suelo se magnifica debido a la captura de la radiación solar entrante en los paneles de polietileno. Para ser eficaz, el suelo debe mantener un alto contenido de humedad para aumentar la susceptibilidad (sensibilidad térmica) a cargo de las plagas del suelo y la conductividad térmica del suelo (UCDa, 2006).

Su modo de acción se relaciona tanto con el efecto directo que tiene el aumento de la temperatura sobre los patógenos como con el estímulo que ejerce sobre microorganismos benéficos (MBTOC, 2010). Por otro lado, han puesto de relieve que los cambios ocasionados en la microbiota edáfica propician el incremento del crecimiento y la producción en las plantas (Stapleton y DeVay, 1984; Medina, 2002).

Para las malezas ha sido suficiente un período de solarización de 30 días, pero en el caso del nematodo *Meloidogyne incognita* ha sido necesario como mínimo 45 días. De vital importancia resulta ser la preparación óptima del suelo, siempre tratando de llevar a la superficie los huevos y larvas de nematodos, así como las semillas y órganos de reproducción de las malezas.

En otros períodos (después de julio-agosto), a pesar de notarse cierta reducción de malezas, el efecto no es suficiente (Fernández y Labrada, 1995)

### **2.7.2. Rotación de cultivos**

La rotación de cultivos es la práctica cultural que mejores resultados ha mostrado en el control de nematodos fitoparásitos, este método consiste en la siembra de plantas que no sean hospederas de los patógenos que atacan al cultivo de interés por un periodo determinado (Santiago, 2006).

Uno de los métodos más antiguos y baratos para controlar o reducir el daño del nematodo agallador es la rotación con cultivos no hospederos, ya que este nematodo es un parásito obligado, que podría morir de inanición si no tiene un hospedero disponible presente. Algunos cultivos potencialmente resistentes incluyen al zacate Sudán y algunos pequeños granos. Para reducir los números del nematodo de los nódulos radiculares por bajo del umbral económico, el productor no deberá plantar un cultivo hospedero al menos por dos años. Usualmente este método de control no elimina al parásito, pues rotación de cultivos por tantos como 12 años han resultado ineficientes para erradicar al nematodo, posiblemente por la presencia de maleza hospedera (Kim *et al.*, 1997).

### **2.7.3. Resistencia inducida**

La resistencia sistémica adquirida (SAR: Systemic acquired resistance) es un mecanismo natural de defensa de las plantas, mediante la activación de sus defensas en respuesta al ataque de un patógeno o de un parásito. Una planta que expresa SAR puede ser protegida contra una gama amplia de

patógenos durante semanas a varios meses. Sin embargo, contra algunos patógenos, estos mecanismos tienen poco efecto (Walters *et al.*, 2005).

Las bacterias del género *Rhizobium* en leguminosas establecen mecanismos de competencia entre *Rhizobium* y *Meloidogyne* por zonas de la raíz, permitiendo soportar mayor nivel poblacional y disminuyendo los índices de nodulación por nematodos. Las micorrizas son asociaciones simbióticas generalmente beneficiosas entre ciertos hongos especializados y las raíces de algunas plantas. Las micorrizas vesículo-arbusculares (VAM, Vesicular Arbuscular Micorriza) son las más estudiadas, puesto que mejoran la captación del fósforo y otros nutrientes desde el suelo, facilitando la nodulación por rizobacterias en leguminosas y el crecimiento de las plantas en general. A su vez establece una barrera física que dificulta el acceso de los nematodos a la raíz y confiere a las plantas cierta tolerancia frente a *Meloidogyne*. En cualquier caso, el incremento de fósforo en el suelo disminuye la colonización y producción de esporas (Diez *et al.*, 2010).

El uso de endófitos elimina la dependencia de condiciones ambientales propias de los organismos de control biológico, ampliando el rango de condiciones a aquellas que sean adecuadas para la planta (MBTOC, 2010).

#### **2.7.4. Variedades resistentes**

Los estudios de mejora genética en zanahoria se basan en la obtención de nuevas variedades ausentes de cuello verde, piel lisa, buen comportamiento frente a la subida a flor, resistencia a enfermedades y mejora de los rendimientos y calidad del producto final. Además, se está ensayando con la

fortaleza de la hoja y la raíz para facilitar la recolección mecanizada (Servicios y Almácigos, 2017).

### **2.7.5. Control biológico**

Las medidas de control que emplean organismos antagónicos a los nematodos de los nudos radicales se han intentado por muchos investigadores. Los agentes de control biológico utilizados más comúnmente son los hongos y las bacterias. Hay muchos tipos de hongos nematófagos (nematodo de la lactancia). Algunos hongos utilizan trampas de micelio o esporas pegajosas para capturar nematodos, por ejemplo, *Arthrobotrys* spp. y *Monacrosporium* spp. Otros hongos parasitan huevos y hembras de nematodos de los nudos radicales, por ejemplo, *Pochonia chlamydosporia* y *Paecilomyces lilacinus*. Los principales antagonistas bacterianos son *Pasteuria penetrans* y especies del género *Bacillus*. Endosporas de *P. penetrans* se adhieren a la cutícula de un nematodo juvenil, producen estructuras de penetración que entran en el nematodo, y poco a poco lo consumen. Varios antagonistas de nematodos se han estudiado tanto en invernadero y experimentos de campo. Un número de productos comerciales basados en agentes de biocontrol están disponibles para la gestión de los nudos de la raíz y otros nematodos. Sin embargo, un problema importante en el desarrollo de agentes de control biológico eficaz es la incapacidad para generar económicamente las grandes cantidades de material biológico necesarios para su aplicación en grandes áreas (Mitkowski y Abawi, 2003).

En la actualidad los agentes de control biológico existentes en el mercado no suelen ser considerados alternativas de control de nematodos y de acuerdo con la experiencia actual no es previsible a corto plazo la sustitución de los nematicidas de origen químico por los agentes de control biológicos, pero éstos sí pueden tener una función en las alternativas de control integrado o ecológico, tanto en países desarrollados como en países en desarrollo. Con carácter general, el control biológico con agentes nematicidas o nematostáticos es menos consistente y efectivo, resultando más lento en su acción que los nematicidas de origen químico (Barres *et al.*, 2006).

#### **2.7.6. Control químico**

El manejo de nematodos típicamente descansa en el uso de fumigantes del suelo tales como 1,3-D y metam sodio. En el 2005 estos fumigantes fueron utilizados en un 12% y 45% respectivamente sobre el área cultivada con zanahorias en California; estas aplicaciones incluyen también su uso contra otros objetivos como malas hierbas y hongos fitopatógenos del suelo. Sin embargo, los fumigantes del suelo han estado implicados como importantes contribuidores a la baja calidad del aire en la mayoría de las áreas agrícolas de California, con serios efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Por lo anterior, la industria de la zanahoria ha reconocido la urgente necesidad de nuevas estrategias de manejo de nematodos de menos riesgo para la salud humana y el medio ambiente (Becker, 2011).

### 2.7.6.1. Nematicidas recomendados

La aplicación de nematicidas es casi la única forma práctica para controlar al nematodo de los nódulos radiculares en cultivos de alto valor como pepino y sandía. Entre los nematicidas recomendados para el control del nematodo de los nódulos radiculares se encuentran el Bromuro de metilo, Metam sodio (Vapam) y Oxamyl (Vydate). Desafortunadamente muchos nematicidas han sido retirados debido a su naturaleza tóxica y habilidad para lixiviarse hacia las aguas subterráneas. También, los nematicidas no volátiles presentan extensivas propiedades residuales que restringen su aplicación, porque pueden ser tóxicos a mamíferos y al humano. Aunque estos materiales han sido efectivos presentan riesgos de seguridad y daños al medio ambiente (Brust *et al.*, 2003; Appleman y Hanmer, 2003).

Los nematicidas no fumigantes suelen ser menos efectivos que los fumigantes. Pues, estos solo eliminan estados activos de nematodos, pero no a los huevos. Se sugiere utilizarlos cuando las densidades de población de nematodos en el predio son bajas o medias. El Aldicarb (Temik), es un producto carbámico con actividad sistémica y se usa para combatir a una amplia gama de nematodos. Pero puede producir toxicidad en algunos cultivos, aún a las dosis recomendadas. El Carbofuran (Furadan), es un Metil carbamato que tiene actividad nematicida. Su actividad nematicida es corta y puede causar fitotoxicidad en algunos cultivos. El Oxamyl (Vydate), es un carbamato de buena actividad sistémica en suelos ácidos, pero no en suelos con pH menor de 7. Se degrada en pocos días en compuestos sin acción nematicida.

Usualmente, las acumulaciones de sus residuos en los tejidos de las plantas son bajas, cuando es aplicado apropiadamente (Greco, 2006).

Todos los nematicidas no fumigantes registrados son utilizados para aplicación al suelo, con la excepción del Vydate que también puede ser aplicado por la vía foliar. Estos materiales deberán ser incorporados con el suelo o acarreados con agua en el suelo para ser efectivos. Estos compuestos deberán ser aplicados uniformemente en el suelo para que alcancen la futura zona radicular de las plantas, donde tendrán contacto con los nematodos o, en el caso de sistémicos, en áreas donde estos puedan ser fácilmente absorbidos por las plantas. Proporcionan una protección para la germinación de la semilla, establecimiento de trasplantes y protegen el desarrollo inicial de las raíces de las plantas, ya sea por semilla o trasplante (Noling, 2005).

Por lo anterior, se vuelve muy importante el desarrollar métodos de control de nematodos no selectivos y más económicos como los métodos de biocontrol (Noling, 2005).

#### **2.7.6.2. Avermectinas (Abamectina)**

Las Avermectinas fueron descubiertas y desarrolladas en el laboratorio por los científicos de Merck Sharp Dohme Research (Burg *et al.*, 1979).

Las avermectinas contienen cuatro compuestos de par que contienen cuatro componentes principales A1a, A2a, B1a y B2a, y cuatro componentes menores A1b, A2b, B1b y B2b (Khalil, 2013).

Las lactonas macrocíclicas (avermectinas y milbemicinas) son productos o derivados químicos de microorganismos del suelo pertenecientes al género *Streptomyces*. Las avermectinas son una familia de lactonas macrocíclicas de 16 miembros, tales como ivermectina, abamectina, doramectina, eprinomectina y selamectina (Jayakumar, 2009).

La abamectina es un producto de fermentación natural de la bacteria del suelo *Streptomyces avermitilis* (Omura, 2007; Pitterna *et al*, 2009).

Además, la abamectina es una mezcla de avermectinas B1a y B1b, que contienen al menos aproximadamente 80% de avermectina B1a y 20% de avermectina B1b (Pitterna *et al*, 2009)

La abamectina ha demostrado una baja toxicidad para los artrópodos benéficos no objetivo, lo que se consideró una motivación para utilizarla en los programas de MIP. Se evaluó la abamectina contra nematodos parasitarios de las plantas como tratamiento de semillas, aplicación de drenaje de suelos y remoción de raíces contra varios géneros de nematodos como *Meloidogyne incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *Tylenchulus semipenetrans* y *Rotylenchulus reniformis*. La persistencia de la abamectina en el medio ambiente es moderada. La vida media aeróbica de suelo de laboratorio informada fue de 115 días, y la vida media de disipación de campo reportada fue de  $31 \pm 6$  días. La abamectina es relativamente estable a la hidrólisis, pero puede sufrir fotólisis directa con vida media en suelo superficial = 21 horas. También, se encontró que la toxicidad de abamectina aumentó con el aumento de la temperatura de 17 a 37 ° C (Boina *et al.*, 2009).

Las Avermectinas son lactones macrocíclicos producidos por *Streptomyces avermitilis*. Abamectina es una mezcla de Avermectinas B (1a) y B(1b), que está siendo utilizada como tratamiento a la semilla para controlar a nematodos parásitos de plantas en algodónero y algunas hortalizas (Faske y Starr, 2006). La abamectina tiene una rápida degradación y su vida media es de 20 – 47 días (Chen *et al.*, 2006).

Un ensayo con zanahorias en 2009 en un campo infestado con *M. javanica* en el Valle de San Joaquín, California, mostró que los lotes con semilla de zanahoria tratada con Abamectina resultaron con zanahorias significativamente más vigorosas, los más altos rendimientos (lbs/acre) y un incremento en rendimiento mercadeable de aproximadamente 10% comparado con zanahorias cuya semilla no fue tratada con Abamectina (Ploeg *et al.*, 2010).

#### **2.7.6.2.1. Efecto de la abamectina sobre nematodos parásitos de las plantas**

La forma de actuar de las avermectinas es bloqueando el neurotransmisor ácido Gama – aminobutírico (GABA) en la unión neuromuscular de insectos y ácaros. La actividad visible, tal como alimentarse o poner huevos, se detiene pronto después de la exposición, aunque la muerte puede no sobrevenir durante varios días (Ware y Whitacre, 2004).

Una investigación neurofisiológica demostró que las avermectinas actúan como mediador de la sinapsis del GABA tanto en artrópodos como en nematodos (Wang & Pong, 1982; Mellin *et al.*, 1983). Estos resultados fueron soportados por las observaciones que las avermectinas limitan el movimiento

del nematodo después de adicionar los antagonistas del GABA (Wang & Pong, 1982; Mellin et al., 1983). En general la respuesta de los J2 de *M. incognita* J2 hacia la avermectina es descrita como trifásica (Wright et al., 1984).

Estos tres estados involucran 1) pérdida inicial de la actividad locomotora donde los J2 permanecen sensitivos al contacto por las avermectinas, 2) una fase de recuperación y 3) una pérdida final donde los J2 son relativamente insensitivos al contacto por avermectinas (Wright et al., 1983).

Este último proceso es en contraste con el efecto inhibitor de la acetilcolinesterasa causado por el oxamyl, el cual inicialmente resulta en hiperactividad de los J2, seguido por una declinación gradual en el movimiento de tales nematodos juveniles (Wright et al., 1983 & 1984).

El retrasar la penetración de nematodos durante el altamente sensitivo estado de plántula es a menudo suficiente para el establecimiento de un vigoroso sistema radicular. Tratamiento a la semilla con el nematicida microbiano Abamectina en dosis de 7 – 20 gr de i.a. / ha otorga buena protección a plántulas de pepino desarrolladas en suelos infestados con *Meloidogyne incognita*. La longitud de raíz y altura de plantas tres semanas después de la siembra se incrementaron considerablemente comparadas con el testigo no tratado. Resultaron incrementos en producción arriba del 50%, y esta ganancia se le atribuye al incremento en número de frutos por planta. La protección de la semilla con Abamectina es una herramienta efectiva para retrasar el daño de *Meloidogyne incognita* y mejorar el desarrollo de plantas en suelos infestados (Becker et al., 2004).

Este modo de acción único es efectivo en plagas de insectos que son resistentes a otros insecticidas, tales como organofosfatos, piretroides y otros acaricidas. En los nematodos, los receptores GABA se encuentran en las uniones neuromusculares y los cordones ventrales centrales. GABA también se ha informado en la segunda etapa juveniles de *Globodera rostochiensis* y *Meloidogyne incognita* (Stewart *et al.*, 1994).

## **2.8. Información técnica del producto evaluado**

Avicta es un verdadero nematicida que elimina a los nematodos instantáneamente. Presenta una intrínseca actividad matando a los nematodos de manera instantánea. Estudios en invernaderos demuestran que las plantas que se desarrollaron a partir de semillas tratadas con Avicta fueron más altas, presentaron sistemas radiculares mayores y estadísticamente tuvieron menos agallas en la raíz y nematodos en el suelo (Syngenta, 2017).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Lugar de la realización del estudio**

El presente estudio se realizó en el interior de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro – Unidad Laguna, localizada en periférico carretera Santa Fé, Municipio de Torreón, Coahuila, México, que de acuerdo al GPS StreetPilot™ Garmin, se encuentra ubicado geográficamente a los 25° 33' 367" de latitud norte, 103° 22' 498" de longitud oeste, a una altura sobre el nivel medio del mar de 1107 m. se utilizaran semillas de zanahorias sembradas en macetas de polietileno con capacidad de 3 kg, bajo condiciones de macrotúnel.

Para la realización de este trabajo de investigación se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar consistente en 4 tratamientos y 4 repeticiones; cada unidad experimental constó de 6 macetas con capacidad de 3 kg de suelo, para un total de 24 macetas por tratamiento y completando un total de 96 macetas en los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Distribución del diseño experimental de bloques completamente al azar utilizado para evaluar Abamectina (Avicta 400 FS) aplicado en el tratamiento a semilla de zanahoria para el control del nematodo agallador (*Meloidogyne incognita*) en Torreón, Coahuila., México. 2016.

1	4	3	4
3	2	1	2
2	3	4	3
4	1	2	1
<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>

I, II, III, IV = Tratamientos

1, 2, 3, 4 = n: Repeticiones

n = 4

T = 4

Para la realización de este trabajo se utilizó las semillas de zanahoria; vasos de precipitado para el tratamiento a las semillas; bolsas de polietileno de capacidad de 3.5 kg; herramientas de campo, como son: pala, azadón y manguera de riego, y materiales para la toma de datos, báscula, microscopio estereoscopio, vernier, regla graduada y periódico.

Las dosis evaluadas de Abamectina (Avicta 400 FS) utilizadas para la aplicación de los tratamientos se muestran en el cuadro 7. La aplicación del

producto Avicta 400 FS se efectuó directamente a la semilla de zanahoria de la variedad Soneto®, de la casa de semillas Vilmorin® por el método de slurry, para cada uno de los tratamientos a evaluar por separado, excepto el testigo absoluto sin aplicación.

Los tratamientos evaluados fueron tres dosis de Abamectina y un testigo sin aplicación y se presentan en el Cuadro 5. Antes de realizar el tratamiento, el día **10 de mayo de 2016** se dejó reposar las semillas en una solución de ácido giberélico por 24 horas, esto para tener una rápida germinación. Primero se preparó una solución madre añadiendo 5gr de ácido giberélico en 100ml de agua, de la solución madre se extrajo 5ml para verterlo en 50 ml de agua destilada, esto en un frasco por aparte, en el cual se añadió las semillas dejándolas en reposo. Pasando las 24 horas, el día **11 de mayo de 2016**, se extrajeron las semillas de la solución de ácido giberélico para dejarlos 72 horas expuestas al ambiente.

La aplicación del producto Avicta 400 FS se efectuó directamente a la semilla de zanahoria por el método de slurry el día 15 de mayo de 2016, el cual consistió en vaciar en un vaso de precipitado la dosis recomendada de Abamectina (Avicta 400 FS) de cada uno de los tratamientos por separado, más 1.5 ml de agua destilada, para luego mezclarlo con 1000 semillas, excepto el testigo absoluto. Tomando en cuenta que después de realizar el tratamiento a las semillas, dejamos que se sequen y luego podemos sembrarlas.

Cuadro 7. Tratamientos y dosis a evaluar en tratamiento de semilla para el control del nematodo agallador de la zanahoria (*Meloidogyne incognita*) en Torreón, Coah., México. 2016.

<b>Tratamientos</b>	<b>Dosis mg i.a./1000 semillas</b>	<b>Dosis ml PF/1000 semillas</b>
1. Testigo absoluto (Sin aplicación)	-	-
2. Abamectina (Avicta 400 FS)	160.0	0.40 ml
3. Abamectina (Avicta 400 FS)	240.0	0.60 ml
<b>4. Abamectina (Avicta 400 FS)</b>	400.0	1.00 ml

i.a.: ingrediente activo; PF: Producto Formulado

Fuente: Empresa Syngenta

Para iniciar el trabajo de campo el día **05 de mayo de 2016**, se colectó suelo y raíces de arbustos de truenos de los jardines de la UAAAN – UL y de “Rancho Negro” infestados con nematodos de los nódulos radiculares *Meloidogyne incognita*, ya que el trueno *Ligustrum lucidum* es uno de los hospederos importantes para la supervivencia de este nematodo fitoparásito. Se extrajeron 10 submuestras de suelo y raíces, para luego realizar la homogenización de una muestra compuesta.

Después de obtener la muestra compuesta de suelo y raíces de truenos, se tomaron trozos de raíces, las cuales fueron disectadas en el Laboratorio de Parasitología y con la ayuda de un microscopio estereoscópico se determinó la presencia de hembras y huevecillos de *Meloidogyne incognita*, con la finalidad

de verificar la viabilidad de los nódulos radiculares. Al observar las raíces de trueno *L. lucidum* extraídas, se detectó una gran cantidad de nódulos radiculares, lo que nos demostró una severa infestación de este nematodo y por ende altas infestaciones de este patógeno en el suelo utilizado para lograr el experimento en las plantas de zanahoria.

Las bolsas de polietileno utilizadas fueron de una capacidad de 3.5 kg, se llenaron con 3.0 kg del suelo, dejando un espacio vacío para el manejo del riego, actividad que se realizó poco después de coleccionar las submuestras y obtener la muestra compuesta, para evitar la inanición de los nematodos expuestos al sol y al viento. Las macetas fueron colocadas sobre una cubierta de costales de polipropileno para evitar la contaminación de otras plagas del suelo. Del 100% del suelo coleccionado se utilizaron  $\frac{3}{4}$  partes para llenar las macetas de los tratamientos de 1.00, 0.60 y 0.40 ml i.a. de Avicta 400 FS en 1000 semillas, mismas que fueron colocadas sobre sobre la cubierta mencionada anteriormente, ya que, si se colocaban sobre la superficie de la tierra, podían subir nematodos que hay en el suelo. Posteriormente, se etiquetó cada maceta con sus datos correspondientes; la otra  $\frac{1}{4}$  parte del suelo restante se utilizó para el llenado de las macetas del testigo absoluto.

El día **16 de mayo de 2016** se llevó a cabo la instalación del sistema de riego para el experimento. Este sistema de riego fue por goteo, contando un tanque de abastecimiento de 200 litros. Se instaló la manguera de media pulgada en el experimento y a su vez se instalaron goteros con un gasto de un galón por hora mismos que se les instaló una manguera más pequeña llamada tubing y con ellas unos goteros tipo estaca para que se fijaran en las macetas,

en total se instalaron 96 goteros con sus respectivos 40 cm de tubing de un cuarto de pulgada unido a su estaca de gotero.

La siembra se llevó a cabo el día **17 de mayo de 2016** y esta se efectuó con un riego de presiembra a tierra venida, colocando ocho semillas de zanahoria por maceta para garantizar la germinación, a una profundidad de aproximadamente 1 cm. El total de la población del experimento fue de 768 semillas.

El **19 de mayo de 2016** se realizó una aplicación del herbicida Harness EC a una dosis de 2 lts/ha al interior y exterior del macrotúnel para combatir la maleza y así evitar la llegada de plagas a las plantas.

La emergencia de las plántulas ocurrió el día **23 de mayo de 2016** a 7 días después de la siembra (dds) en un 70% de las macetas, el otro 30% se llevó a cabo un día después. Las labores culturales se realizaron una vez por semana como el aporque y deshierbes. A partir del día de la germinación en adelante se tuvo un mayor cuidado de las plantas y del área por completo.

El aclareo de las plántulas fue el día **01 de junio de 2016**. Solo dejando una planta por maceta y así contar con una población en el experimento de 96 plantas.

El día **8 de junio de 2016** se fertilizó con una solución Scott de 9 – 45 - 15. También aparte de la fertilización se dio un aporque a las macetas y se bajó el nailon que sobraba a las macetas para que las plantas quedaran a ras de maceta y así no le hiciera sombra.

A los 30 dds, tomando en cuenta los días a partir de la emergencia, el día **24 de junio de 2016** se realizó la toma de datos de los parámetros requeridos

para evaluar y determinar el vigor de las plantas. Lo primero que se realizó fue la extracción de las plantas de zanahoria de las bolsas de polietileno cuidando el sistema radicular. Luego fueron lavadas con agua a presión, para descubrir totalmente el sistema radicular, este proceso se realizó con mucho cuidado para no dañar las raicillas de las plantas.

Al terminar de remover el suelo de la raíz de las plantas, se colocaron en papel periódico humedecido y se introdujeron en bolsas de polietileno etiquetadas, para posteriormente ser trasladadas al Laboratorio de Parasitología de la UAAAN UL, para llevar a cabo la medición individual de cada planta, tomando los datos de la longitud y peso de la raíz; diámetro de la base del tallo, con un vernier y longitud y peso del mismo. Con un microscopio estereoscopio se realizó el conteo del número de agallas radiculares (de acuerdo con la escala propuesta por Barker).

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Considerando que las plantas de zanahoria sembradas se desarrollaron bajo condiciones de un macrotúnel y con el suelo infestado de nematodo agallador *Meloidogyne incognita*, en comparación con plantas de lotes donde la distribución de este nematodo no es uniforme se obtuvieron los siguientes resultados:

### 4.1. Vigor de las plantas

Para evaluar y determinar el vigor de las plantas, diámetro de la base del tallo, longitud y peso de la raíz, longitud y peso del follaje, e índice de agallamiento en los diversos tratamientos, se les aplicó el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Tukey con un  $\alpha = 0.05$  utilizando el paquete de análisis estadístico SAS®, como también la escala propuesta por Barker (1985) para determinar únicamente el índice de agallamiento en el sistema radicular.

#### 4.1.1. Diámetro de la base del tallo

La evaluación del diámetro de la base del tallo de las plantas de zanahoria de acuerdo a la prueba de Tukey, indica que el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) resultó estadísticamente diferente, observándose mayor diámetro de la base del tallo con una media de 1.3125 cm, en comparación con los tratamientos 1 (Testigo) con 0.825 cm, seguido por los tratamientos 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) y 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con 0.72083 cm y 0.71667 cm respectivamente, que resultaron estadísticamente iguales. Cuadro 8.

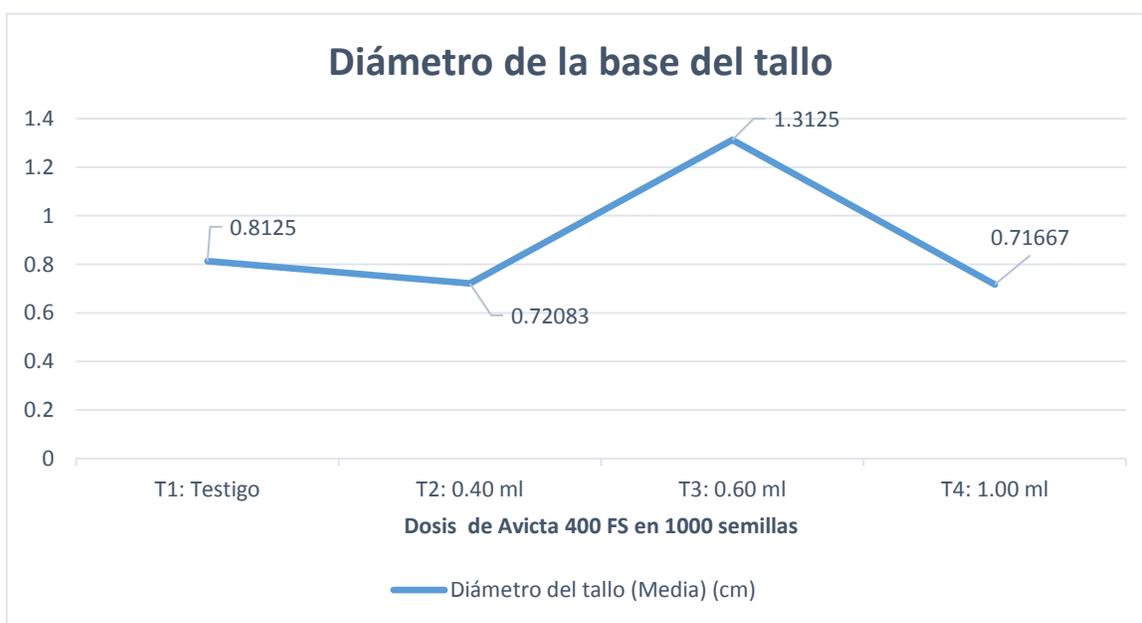
Cuadro 8. Comparación de medias en la evaluación del diámetro del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semillas en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas (ml)	Diámetro de la base del tallo (Media) (cm)	Comparación ( $\alpha=0.05$ )
1	Testigo	0.8125	B
2	0.40	0.72083	B
3	0.60	1.3125	A
4	1.00	0.71667	B

PF: Producto Formulado

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05%

Gráfica 1. Gráfica de medias en la evaluación del diámetro de la base del tallo con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.



#### 4.1.2. Longitud de la raíz

La comparación de medias de la longitud de la raíz de las plantas de zanahoria de acuerdo a la prueba de Tukey, muestra en el cuadro 9 y gráfica 2 que los resultados del tratamiento 2 (0.40 ml de dosis de PF/1000 semillas), 3 (0.60 ml de dosis de PF/1000 semillas) y 4 (1.00 ml de dosis de PF/1000 semillas) resultaron estadísticamente iguales y superiores al tratamiento 1 (Testigo). Sin embargo, cabe señal que el tratamiento 3 muestra un mayor valor numérico en la longitud de la raíz con una media de 9.4875 cm.

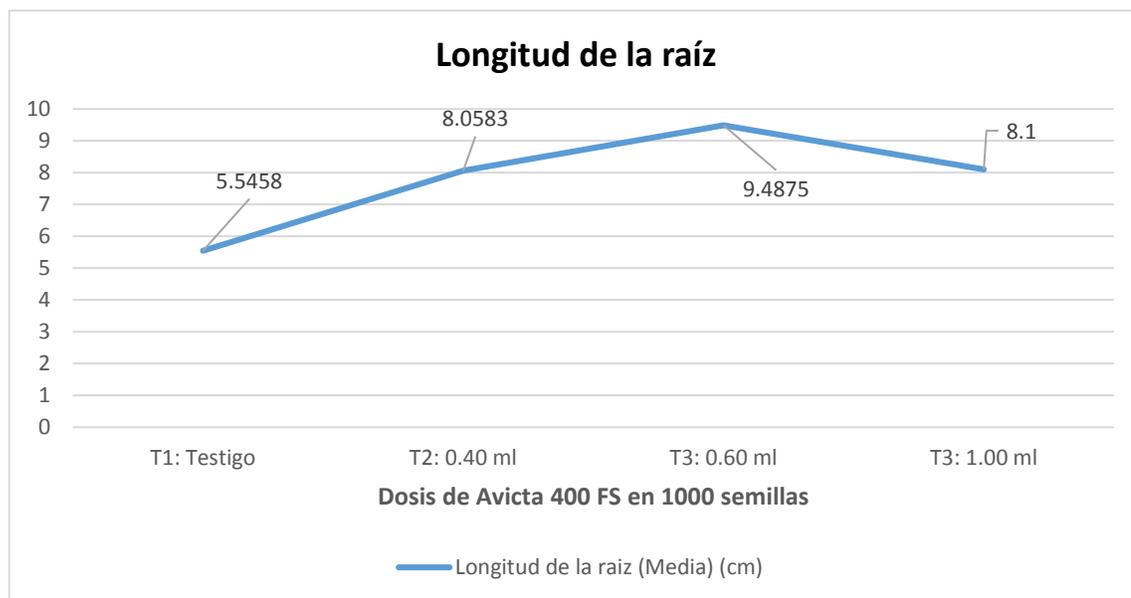
Cuadro 9. Comparación de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas (ml)	Longitud de la raíz (Media) (cm)	Comparación ( $\alpha=0.05$ )
1	Testigo	5.5458	B
2	0.40	8.0583	A
3	0.60	9.4875	A
4	1.00	8.1	A

PF: Producto Formulado

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05%

Gráfica 2. Gráfica de medias en la evaluación de la longitud de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.



#### 4.1.3. Longitud del follaje

Al evaluar la longitud del follaje de las plantas de zanahoria según la prueba de Tukey, muestra en el cuadro 10 y gráfica 3, que el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) muestra una diferencia significativa con una media de 17.2958 cm. Seguido por los tratamientos 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) y 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) que son estadísticamente similares estos obtuvieron una media de 14.6208 cm y 13.9625 cm respectivamente, seguidos al final por el tratamiento 1 (Testigo) el cual obtuvo los datos de menor longitud de raíz obteniendo una media de 11.525 cm.

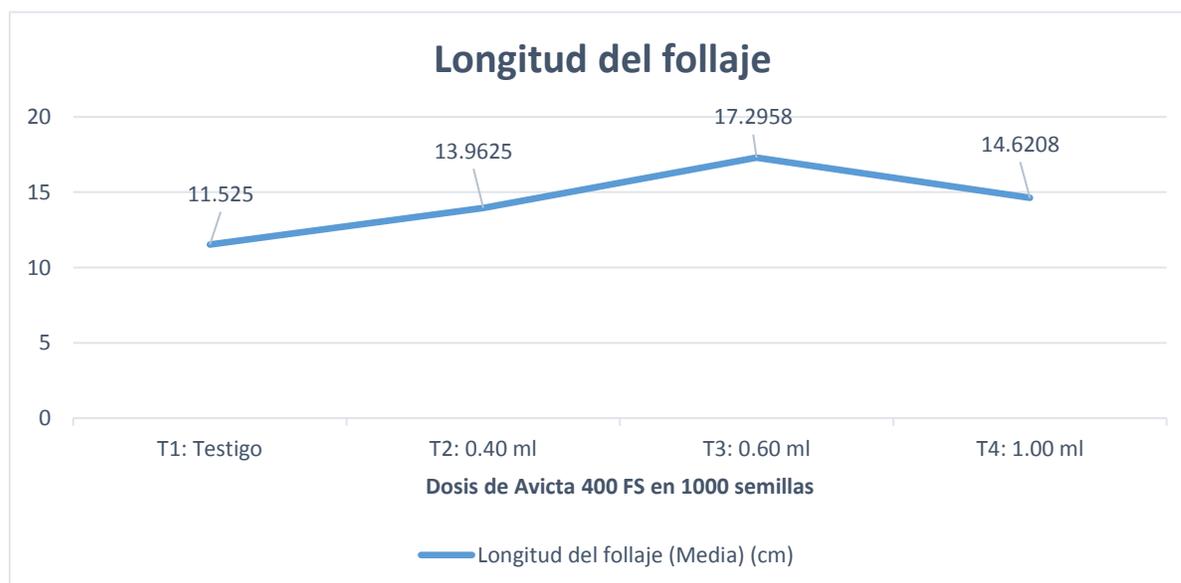
Cuadro 10. Comparación de medias en la evaluación de la longitud del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas (ml)	Longitud del follaje (Media) (cm)	Comparación ( $\alpha=0.05$ )
1	Testigo	11.525	C
2	0.40	13.9625	B
3	0.60	17.2958	A
4	1.00	14.6208	B

PF: Producto Formulado

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05%

Gráfica 3. Gráfica de medias en la evaluación de la longitud del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.



#### 4.1.4. Peso de la raíz

La evaluación del peso de la raíz de las plantas de zanahoria de acuerdo a la prueba de Tukey, demuestra en el cuadro 11 y la gráfica 4, que los resultados de los tratamientos 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) y 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) son estadísticamente iguales, pero también son estadísticamente similares al tratamiento 1 (Testigo) y no existe una diferencia significativa. Pero el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) es diferente estadísticamente hablando al tratamiento 1 (Testigo). Según la prueba de Tukey, nos señala que el tratamiento 1 (Testigo) con una media de 0.14167 gr es el que tiene el mayor valor de peso de la raíz, seguido por el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.09167 gr, posteriormente el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.05 gr, y por último el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) con una media de 0.03333 gr es el que obtuvo el menor valor de peso de la raíz.

Cuadro 11. Comparación de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas (ml)	Peso de la raíz (Media) (gr)	Comparación ( $\alpha=0.05$ )
1	Testigo	0.14167	A
2	0.40	0.05	A B
3	0.60	0.09167	A B
4	1.00	0.03333	B

PF: Producto Formulado

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05%

Gráfica 14. Gráfica de medias en la evaluación del peso de la raíz con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.



#### 4.1.5. Peso del follaje

De acuerdo a la prueba de Tukey (cuadro 11 y gráfica 5), se muestra una diferencia significativa desde el punto de vista estadístico, de tal forma que el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) resultó con el mayor peso de follaje con una media de 1.025 gr. Seguido por los tratamientos 4 (1.00 ml. de PF/1000 semillas), 1 (Testigo) y el tratamiento 2 (0.40 ml. de PF/1000 semillas), los cuales son estadísticamente iguales con medias de 0.5417 gr., 0.4417 gr. y 0.4333 gr. respectivamente.

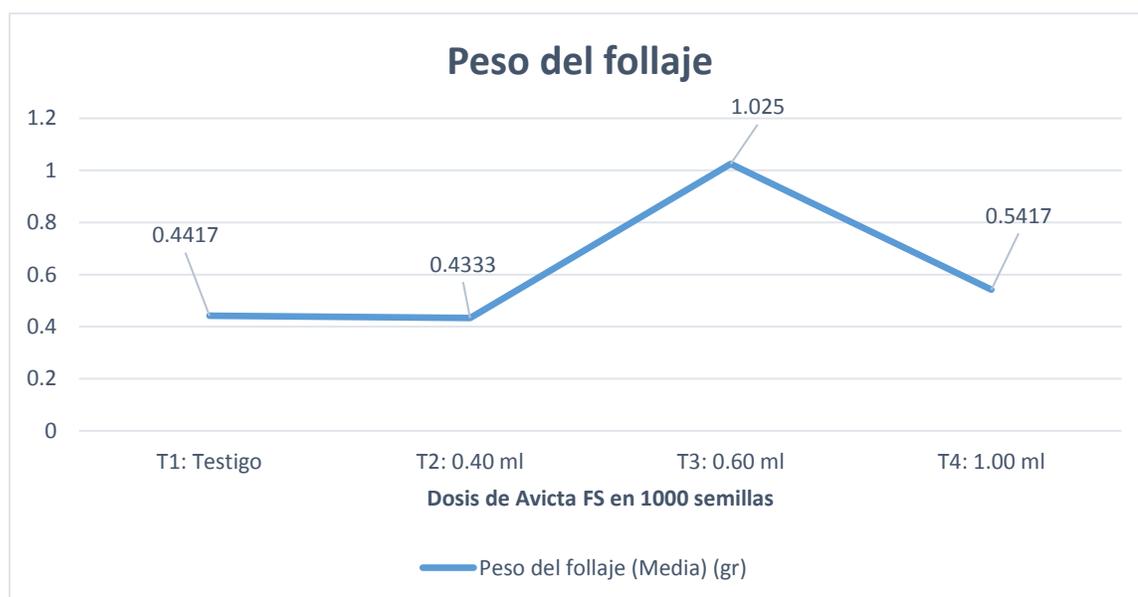
Cuadro 12. Comparación de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas (ml)	Peso del follaje (Media) (gr)	Comparación ( $\alpha=0.05$ )
1	Testigo	0.4417	B
2	0.40 ml	0.4333	B
3	0.60 ml	1.025	A
4	1.00 ml	0.5417	B

PF: Producto formulado

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

Gráfica 5. Gráfica de medias en la evaluación del peso del follaje con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.



#### 4.1.6. Índice de agallamiento

Al evaluar el índice de agallamiento radicular en zanahorias de acuerdo a la prueba de Tukey, a los 30 días después de la emergencia de la planta, se muestra en el cuadro 11 y gráfica 6 que el tratamiento 2 (0.40 ml de PF/1000 semillas) y 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) mostraron un índice de agallamiento menor y estadísticamente similar, con una media de 2.5833 y 1.875 respectivamente. El tratamiento 1 (Testigo) y 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) hablando estadísticamente son similares y su índice de agallamiento de ambos tratamientos muestran cifras superiores en el índice de agallamiento, 2.5833 y 1.875 respectivamente.

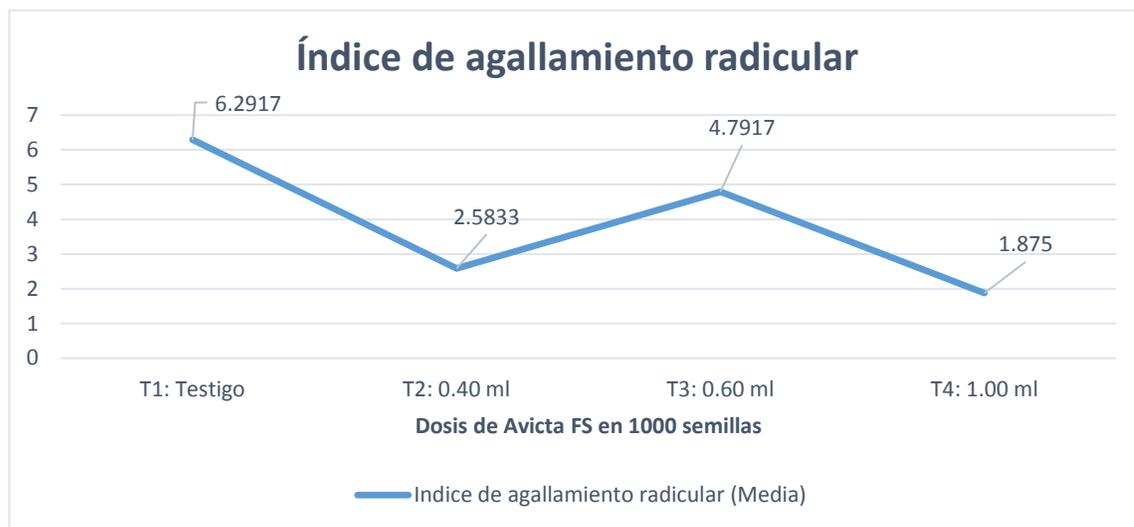
Cuadro 13. Comparación de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coahuila, México. 2016.

Tratamientos	Dosis PF en 1000 semillas (ml)	Índice de agallamiento radicular (Media)	Comparación ( $\alpha=0.05$ )
1	Testigo	6.2917	A
2	0.40	2.5833	B
3	0.60	4.7917	A
4	1.00	1.875	B

PF: Producto formulado

\*Tratamientos con la misma letra son estadísticamente iguales según la prueba de Tukey al 0.05 %

Gráfica 6. Gráfica de medias en la evaluación del índice de agallamiento con la aplicación de Abamectina (Avicta 400 FS), en el tratamiento a semilla en el cultivo de zanahoria en Torreón, Coah., México. 2016.



Para obtener el índice de agallamiento, se utilizó el sistema D) propuesto por Backer (1985), con el índice de agallamiento 1 – 10 del cuadro 4.

De acuerdo con el sistema de evaluación de grado de agallamiento radicular propuesto por Backer en 1985, los diferentes tratamientos obtuvieron a los 30 días después de la emergencia de plantas diferentes índices de agallamiento, con diferentes valores numéricos, siendo el tratamiento 1 (Testigo) el que obtuvo el máximo número de agallas con un daño radicular del 62.9% y el tratamiento 4 (1.00 ml de PF/1000 semillas) obtuvo el menor número de agallas obteniendo así solo el 18.7% de daño radicular.

## V. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se concluye lo siguiente:

1. Las dosis de producto formulado de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de zanahoria, que fueron estadísticamente iguales, sin embargo, la dosis que mostró el mayor desarrollo de diámetro de la base del tallo a los 30 dds, fue la dosis de 0.60 ml, con una media de 1.3125 cm.
2. En la evaluación de los resultados de longitud de la raíz, el tratamiento 3 (0.60 ml de PF/1000 semillas) muestra una diferencia entre los demás tratamientos al tener una media de 9.4875 cm, aunque estadísticamente es similar con los tratamientos 2 y 4, el tratamiento 1 (Testigo) presentó los valores mínimos entre los demás con una media de 5.5458 cm.
3. Las dosis de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de zanahoria resultaron estadísticamente iguales para longitud de follaje, aunque numéricamente destaca la dosis de 0.60 ml, con 17.2958 cm.
4. El mayor peso de la raíz a los 30 dds se mostró en el tratamiento 1 (Testigo), por lo que las dosis de producto formulado de Abamectina (Avicta 400 FS), de 1.00 ml, 0.60 ml y 0.40 ml/1000 semillas de zanahoria no presentan una opción para tener un mayor peso de la raíz.
5. Estadísticamente los resultados obtenidos en medias de las dosis de 1.00 ml y 0.40 ml de PF/1000 semillas, en el peso del follaje son iguales, pero la dosis de 0.60 ml es la que muestra un valor numérico más sobresaliente con una media de 0.09167 gr y además muestra una diferencia estadística a las dos dosis anteriores.
6. El tratamiento 1 (Testigo) sin aplicación y la dosis de 0.40 ml PF/1000 semillas de zanahoria, estadísticamente son iguales ya que presentaron un índice de agallamiento en el sistema radicular muy elevado seguidos por la dosis de 0.40 ml y 1.00 ml, las cuales son estadísticamente iguales entre ellos obteniendo los valores de índice de agallamiento más bajos, más sin embargo la dosis 1.00 ml es recomendable al obtener el valor más bajo en los nódulos radiculares a los 30 dds.
7. Se sugiere el uso de Abamectina (Avicta 400 FS) a una dosis de 1.00 ml de PF/1000 semillas de zanahoria, ya que los resultados obtenidos, fue la dosis que obtuvo un menor índice de agallamiento y en base a ello se recomienda para el control de *Meloidogyne incognita* en el suelo con altas infestaciones, a los 30 dds.

## VI. RECOMENDACIONES

\*El tratamiento a semilla con Abamectina (Avicta 400 FS) presenta los siguientes beneficios:

- 1) Se utilizan pequeñas cantidades de i.a por ha., en comparación con la mayoría de los nematicidas.
- 2) La aplicación va dirigida directamente al nematodo patógeno.
- 3) Reducción en costos al incrementar la eficiencia operacional, en comparación con el equipo utilizado para la aplicación de nematicidas fumigantes o granulados.
- 4) Se reducen los efectos sobre organismos benéficos en comparación con los nematicidas sistémicos.
- 5) Se reducen los riesgos de resistencia.
- 6) Es compatible con otras estrategias de manejo integrado de plagas.
- 7) Se tiene menos contaminación al ambiente con este método y los operadores presentan menor riesgo de contaminación, comparado con nematicidas fumigantes o granulados.
- 8) Retrasando la penetración del nematodo durante el altamente sensitivo estado de plántula, con tratamiento a semilla de Abamectina (Avicta 400 FS), es a menudo suficiente para el establecimiento de un vigoroso sistema radicular.
- 9) Para tener plantas sanas y vigorosas depende básicamente de una adecuada desinfección del suelo, pues tanto la semilla como la plántula pueden ser atacados por hongos, bacterias, nematodos, insectos y

malezas, que pueden afectar sus procesos de germinación, crecimiento y desarrollo, y causar, la mayoría de las veces, graves pérdidas económicas, por ello es recomendable la utilización del tratamiento a semilla con Abamectina (Avicta 400 FS).

## VI. LITERATURA CITADA

- Agrios, G.N. 1997. Plant Pathology. 4<sup>th</sup> Ed. San Diego: Academic Press. 635 p.
- Anaya R., S., y J. Romero N. 1999. Hortalizas: Plagas y enfermedades. Editorial Trillas. S.A. de C. V. México, D. F. 544 p.
- Appleman L. and D. Hanmer. 2003. Screening for root-knot nematode (*Meloidogyne hapla*) using lettuce. UW-L Journal of Undergraduate Research VI. 3 p.
- Atkinson, H.J., C.J. Lilley, and P.E. Urwin. 2012. Strategies for transgenic nematode control in developed and developing world crops. Journal Curr Opin Biotechnol. 23(2): 251-256 pp.
- Barker, K. R. 1985. Nematode extraction and bioassays. [en línea]. <http://www.plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Methods/Rkindx.htm>. [fecha de consulta: 22/09/11].
- Barres B., T. 2006. La eliminación del bromuro de metilo en la protección de cultivos como modelo mundial para la conservación del medio ambiente. Universidad Politécnica de Valencia. España. 501 p.
- Becker, J. O. 2011. Avicta seed coating for protection of carrots against plant parasitic nematodes. [en línea]. Dept. Nematology, University of California, Riverside. <http://ir4.rutgers.edu/FoodUse/PerfData/3181.pdf>. [fecha de consulta: 20/01/17].

- Becker, J. O. B. Slaats and D. Hofer. 2004. Cucumber seed coating with abamectin guards against early root damage by root-knot nematodes. [en línea].  
<http://apsnet.org/meetings/div/pc03abs.asp>. [fecha de consulta: 09/03/2016].
- Boina, D.R., E. O. Onagbola, M. Salyani, and L.L. Stelinski. 2009. Influence of post treatment Temperature on the toxicity of insecticides against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae). *Journal of Economic Entomology* 102 (2): 685-691 pp.
- Bolaños A., H. 2001. Introducción a la ólericultura. San José, Costa Rica. EUNED. 380 p.
- Bravo A. 1987. Cultivo de la Zanahoria. Universidad Católica de Chile. Chile. 129 p.
- Brodie, B.B. 1984. Nematodes parasites of potato. In: *Manual of Agricultural Nematology*. Australia. 166-212 pp.
- Bromide Technical Options Committee (MBTOC). 2010. Report of the Methyl Bromide Technical Options Committee. Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer. United Nations Environment Programm (UNEP). Nairobi, Kenia. 383 p.
- Brust, E. G., W. D. Scout y J.M. Ferris. 2003. Root-knot nematode control in Melons. Departament of Entomology. Purdue University. [en línea].  
<http://www.72.14.205.104/search?q=cache:http://www.entm.purdue.edu/Entomology.com>. [fecha de consulta: 24/09/11].

- Burg, R.W., B.M. Miller, E.E. Baker, J. Birnbaum, S.A. Currie, R. Hartman, Y. Kong, R. L. Monaghan, G. Olson, I. Putter, J.B. Tunac, H. Wallick, E. O. Stapley, R. Oiwa and S. Omura. 1979. Avermectins, new family of potent anthelmintic agents: producing organism and fermentation. *Antimicrob Agents Chemother* 15(3): 361-367 pp.
- Calderoni A.V. 1978. Enfermedades de la papaya y su control. Editorial Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina, 148 pp.
- Cásseres E. 1980. Producción de Hortalizas. 3ra Ed. Editorial IICA (Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas). San Jose, Costa Rica. 387 p.
- Castagnone, S. P. 2002. Genetic variability in parthenogenetic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp., and their ability to overcome plant resistance genes. *Journal Nematology*. 4(5): 605-608. Pp.
- Cepeda S., M. 1996. Nematología Agrícola. Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D. F. pp. 132-188.
- Cepeda S., M., y G. Gallegos M. 2008. Manejo de plagas cuarentenadas. . Editorial Trillas, S.A. de C. V. México, D. F. 288 p.
- Chacón M., G. 2010. Características Generales de los Nematodos. Biblioteca Agronómica. [en línea]. <http://fitopatologiamanuelchacon.bligoo.es/media/users/19/961833/files/218999/Nematodos.pdf>. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Chen, X., S. Muller and J. O. Becker. 2006. Improved Plant Protection Against Root-Knot Nematodes by Combining Biological Control and Biorationals Approaches. University of California. Riverside, California. CA 92521. 2p.

[en línea].

[http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/soilipm/2006MBAO/Becker,%20J.O./Becker,%20J.O.%20\(50\)%202006%20Presentation.pdf](http://www.crec.ifas.ufl.edu/extension/soilipm/2006MBAO/Becker,%20J.O./Becker,%20J.O.%20(50)%202006%20Presentation.pdf). [fecha de

consulta: 04/02/17].

Cook, R. J., and K. F. Baker. 1983. The Nature and Practice of Biological Control of Plant. American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, U.U.EE. 539 p.

Creter, R. 1977. Diseases of carrots in Canada. Publication 1615. Information Services, Agriculture Canadá. Ottawa. Canadá. 25 p.

Davis, R. M., and R.N. Raid. 2002. Compendium of umbelliferous crop diseases. The American Phytopathological Society (APS Press). California, USA. 75 p.

Davis, R.F. 2007. Effect of *Meloidogyne incognita* on watermelon yield. Rev. Nematropica. 37(2):287-293 pp.

De Guiran, G., and M. Ritter. 1979. Life cycle of *Meloidogyne* species and factors influencing their development. In Root-knot nematodes, *Meloidogyne* species: systematics, biology and control. Ed. Academic Press, Londres. 173-191 pp.

Díez R., M. A., J. A. López P., J. M. Torres N., J. López C., L. Robertson y A. Bello. 2010. Organismos para el control de patógenos en los cultivos protegidos. Fundación Cajamar. Almería, España. 419-448 pp.

- Ekman J., and L. Tesoriero. 2015. Pests, diseases and disorders of carrots, celery and parsley: a field identification guide. National Library of Australia Cataloguing. Australia. 64 p.
- Fatsecret México. 2017. Alimentos. Zanahoria. [en línea]. <https://www.fatsecret.com.mx/calor%C3%ADas-nutrici%C3%B3n/gen%C3%A9rico/zanahoria?portionid=59051&portionamount=100,000>. [fecha de consulta: 27/01/17].
- Fernández E. y R. Labrada. 1995. Experiencias en el uso de la solarización en Cuba. Memorias: Taller “Solarización del suelo”. Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”. Honduras. 51 p.
- Gaviola J., C. 2013. Manual de producción de zanahoria. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 207 p.
- Greco N. 2006. Alternatives to Methyl bromide to control plant parasitic nematodes in greenhouses. Istituto di Nematologia Agraria. Bari, Italia. [en línea]. <http://miniagric.gr/greek/data/files2251/GRECO1.DOC>. [fecha de consulta: 12/02/17].
- Guedj M., G. Sasias, y C. Chesne. 2012. Tratado práctico de horticultura. Ed. Omega S. A. Barcelona, España. 383 p.
- Guenkov G. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 265 p.
- Guenkov G. 1983. Fundamentos de Horticultura Cubana. 3ra Edición. Instituto Cubano del libro. La Habana, Cuba. 355 p.

- Hernández V., L. 1991. Efecto de tres fuentes y cinco dosis de nitrógeno en zanahoria (*Daucus carota* L.) en el área de influencia de Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. de México. México. 111 p.
- Herrero M., E. 1987. Evaluación de cultivares de zanahoria (*Daucus carota*) para industrialización y consumo fresco en Tierra Blanca de Cartago. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 56 p
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 1979. Un enfoque metodológico para identificar y reducir las pérdidas de post-cosecha. Publicación Miscelánea. N° 219. Santo Domingo, República Dominicana. 85 p.
- Jatala P. 1986. Nematodos parásitos de la papa. 2 Ed. Centro Internacional de la Papa (CIP). Boletín de información técnica núm. 8. Lima, Perú. 19 p.
- Jayakumar, J. 2009. Bio-efficacy of *Streptomyces avermitilis* culture filtrates against root knot nematode, *Meloidogyne incognita* and reniform nematodes, *Rotylenchulus reniformis*. Karnataka Journal of Agriculture Science. 22(3):567-571 pp.
- Jenkins, W. R., and D. P. Taylor. 1967. Plant Nematology Reinhold Publishing Comparison. New York – Amsterdam – London. 102-105 pp.
- Kew Royal Botanic Gardens (KRBG). 2017. *Daucus carota* (wild carrot). [en línea].

<http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/daucus-carota-wild-carrot>. [fecha de consulta: 17/01/17]

Khalili, M.S. 2013. Abamectin and Azadirachtin as Eco-friendly Promising Biorational Tools in Integrated Nematodes Management Programs. *Journal Plant Pathology & Microbiology*. 4(3):174 p.

Kim, L., J.S. Feitelson, J. Harvey and P.S. Zorner. 1997. Materials and methods for controlling nematodes. [en línea]. <http://materials&methodscontrolnemasAvermectin.htm>. [fecha de consulta: 06/03/2016].

La Massese, S. C. 1961. Aperçu sur les problèmes posés par les nématodes phytoparasites en Algérie. *Journées d'études et d'informations*. 1(3): 83-109 pp.

Lang M.C., M. S. Alessandro, y P. V. Ermini. 2014. Ensayo comparativo de rendimiento de cinco cultivares bienales de zanahoria (*Daucus carota* L.) en la región semiárida pampeana, bajo riego por goteo. *Rev. Semiárida*. 24(1):49-54 pp.

Lira Q., M. De L. 2001. Efectividad del abono orgánico y mejorador de suelos fertilizantes en la producción de maíz, zanahoria y caña de azúcar. Tesis Profesional de Licenciatura. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. De México, México. 98 p.

- Luc, M., J. Puente., and R. A. Sikora. 2005. Plant-parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd ed. CABI Bioscience. Reino Unido. 896 p.
- Luján F., G. 2010. El chile jalapeño en el campo mexicano. [en línea]. <http://sites.securemgr.com/floder11341/index.cfm?id902669&fuseaction=browse&pageis=45>. [fecha de consulta: 05/03/2016].
- Mai, W. F., and H. H. Lyon. 1975. Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Fourth Edition. Cornell University Press. Ithaca, New York. 64-65 pp.
- Maluf, W. R., S. M. Azevedo., L. A. A. Gómez, and A. C. Barneche. 2002. Inheritance of resistance to the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in lettuce. Online Journal GMR (Genetics and Molecular Research). 1(1):64-71 pp.
- Medina M., J. J. 2002. Soil solarization and biofumigation in strawberry in Spain. Proceedings of International Conference on Alternatives to Methyl Bromide. The remaining challenges. Sevilla. Spain. 123-125 pp.
- Mellin, T. N., R. D. Busch and C. C. Wang. 1983. Postsynaptic inhibition of invertebrate neuromuscular transmission by avermectin B1a. Journal Neuropharmacology. 22(1):89-96.
- Mitkowski, N., A. and G.S. Abawi. 2003. Root-knot nematodes. The Plant Health Instructor. APS. [en línea]. <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/RootknotNematode.aspx>. [fecha de consulta: 12/02/17].

- Montes R. 1985. Hematología Vegetal en México. Investigación documentada. Sociedad Mexicana de Fitopatología. México. 158 p.
- Morales J., J.P. 1995. Cultivo de zanahoria. Boletín Técnico No. 23. Fundación de Desarrollo Agropecuario, Inc. (FDA). Santo Domingo, República Dominicana. 31 p.
- Noling, J. W. 2005. Nematode management in cucurbits (cucumber, melons, squash). Entomology and Nematology Department. Florida Cooperative Extension Service. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. ENY-025.p.1004.
- Northolt, M., J. Van der Burgt G., T. Buisman, and A. Vanden B. 2004. Parameters for Carrot Quality and the development of the Inner Quality Concept. Louis Bolk Instituut. The Netherlands. 90 p.
- Nunhems. Bayer CorpsSciences. 2012. Carrot Flavor. Boletín Informativo. UU.EE. 4 p. [en línea]. [http://nunhems.mx/www/NunhemsInternet.nsf/res/Carrot\\_Flavor\\_Fall12\\_MX.pdf/\\$file/Carrot\\_Flavor\\_Fall12\\_MX.pdf](http://nunhems.mx/www/NunhemsInternet.nsf/res/Carrot_Flavor_Fall12_MX.pdf/$file/Carrot_Flavor_Fall12_MX.pdf). [fecha de consulta: 04/02/2017].
- Oliva N., R. 1992. Manual de producción de semillas hortícolas, Zanahoria. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. La Consulta. Argentina. 76 p.
- Omura S., and K. Shiomi. 2007. Discovery, chemistry, and chemical biology of microbial products. Journal Pure and Applied Chemistry. 79(4): 581-591 pp.

- Organización De Las Naciones Unidas Para La Alimentación Y La Agricultura (FAO). Dirección estadística. 2013. [en línea]. <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QC/visualize>. [fecha de consulta: 19/01/17].
- Pitterna T., J. Cassayre, O. Franz H., M. Jung, J. P., P. Maienfisch, F. Murphy K., L. Quaranta, and H. Tobler. 2009. New ventures in the chemistry of avermectins. *Journal Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 17(12):4085-4095 pp.
- Ploeg A., J. Nunez, and J. O. Becker. 2010. Cover cropping and seed coating to mitigate root knot nematode damage in carrot. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*. 75: 476.
- Quintero S., E.O. 1999. Evaluación de 17 materiales de zanahoria (*Daucus carota* L.) en la región oriente del estado de México. Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Edo. México. México. 95 p.
- Román J. y N. Acosta, 1984. NEMATODOS; Diagnostico y Combate. Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola. Mayagüez, Puerto Rico. 29 p.
- Rosas C., V. F. 2011. Evaluación del potencial productivo de tres cultivares de Zanahoria (*Daucus carota* L.) en Valdivia. Tesis de Ingeniería. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 58 p.

- Rubatzky, E. V., C.F. Quiros, and P.W. Simon. 1999. Carrots and related vegetable Umbelliferae. Crop production science in horticulture series, n° 10. CABI Publishing. Reino Unido. 304 p.
- Santiago G., J. C. 2006. Manejo Integrado de Nematodos Fitoparásitos cosmopolitas (Gemmar) en el cultivo de plátano. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. [en línea]. <http://grad.uprm.edu/tesis/santiagogonzalez.pdf>. [fecha de consulta: 05/03/16].
- Sasser, J. N. 1977. Worldwide dissemination and importance of the root-knot nematodes *Meloidogyne* spp. Journal Nematology. 9(1): 26-29 pp.
- Secretaria de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2003. Análisis de estacionalidad de la producción en el mercado de productos hortofrutícolas y frijol. 69 p.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). 2015. [en línea]. [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp). [Fecha de consulta: 19/01/17].
- Servicios y Almacigos S.A. 2017. Biblioteca Técnica. Cultivo de zanahorias. [en línea]. <http://allmacigos.cl/bt/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ZANAHORIA.pdf>. [fecha de consulta: 20/01/17].
- Sikora, R. A., and A. Skowronek. 2002. Biological control of plant parasitic nematodes with antagonistic bacteria on different host plant. Institut Für

- Pflanzenkrankheiten der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn. Alemania. 171 p.
- Siviero P., and L. Donelli 1997. La coltivazione della carota in Italia. Rev. L'Informatore agrario. 53(24): 51-77 pp.
- Stapleton J., and J. E. De Vay. 1984. Thermal components of soil solarization as related to changes in soil and root microflora and increased plant growth response. Journal Phytopathology. 74(3):255-259 pp.
- Stewart, G.R., R.N. Perry, and D. J. Wright. 1994. Immunocytochemical studies on the occurrence of gamma-aminobutyric acid (GABA) in the nervous system of the nematodes *Panagrellus redivivus*, *Meloidogyne incognita* and *Globodera rostochiensis*. Journal Fundamental and Applied Nematology. 17(5): 433-439 pp.
- Stirling G., J. Nicol, and F. Reay. 2002. Advisory services for nematode pests. Operational Guidelines. Rural Industries Research & Development Corporation. , Biological Crop Protection Pty. Ltd. Publication No 99/41. 119 p.
- Syngenta. 2017. Avicta Complete Corn - A Competitive Comparison. [en línea]. Syngenta.  
<http://www.syngentacropprotection.com/prodrender/imagehandler.ashx?i=93969bc6-f547-4ef0-b876-7027083774f0&ft=0&et=8>. [fecha de consulta: 30/01/17].
- Taylor, A. R., and J. N. Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root Knot Nematodes (*Meloidogyne species*). International Meloidogyne

Project. Department of Plant pathology. North Carolina State University.  
United States Agency for International Development. 111 p.

Tirador M. 2011. Caracterización del contenido de nitratos y la composición nutricional en zanahoria (*Daucus carota* L.) cultivada con diferentes dosis de fertilización NP. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo. Mendoza, Argentina. 61 p.

Universidad of California Agriculture & Natural Resource, Statewide Integrated Pest Management Program (UC IPM). 2013. How to Manage Pests Carrot. [en línea].

<http://ipm.ucanr.edu/PMG/selectnewpest.carrots.html>. [fecha de consulta: 27/01/17].

University of Arizona (UA). 2010. Diseases of watermelon (*Citrullus lanatus*) in Arizona. [en línea]. University of Arizona.

<http://ag.arizona.edu/plp/plptext/diseases/vegetables/watermelon/watermelonnema.html>. [fecha de consulta: 10/03/2016].

University of California Davis a (UCDa). 2006. [en línea]. Control de Nematodos.

<http://www.plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxamnus/G076mnu.htm>.

[fecha de consulta: 18/11/12].

University of California Davis b (UCDb). 2017. *Meloidogyne incognita*.

Taxonomy Common Name, Disease. [en línea].

<http://plpnemweb.ucdavis.edu/nemaplex/Taxamnus/G076mnu.htm>.

[fecha de consulta: 30/01/17].

- University of Florida and Institute of Food y Agricultural Sciences (UF/IFAS).  
2008. Management Integrated of Nematodes [en línea].  
<https://edis.ifas.ufl.edu/features/handbooks/nematode.html>. [fecha de  
consulta: 30/01/17].
- Valadez L., A. 1989. Producción de hortalizas. Noriega Editores. Ed. Limusa.  
S.A. de C.V.U.T.H.E.A. D.F., México. 300 p.
- Vilmorín. 2017. Handbook Carrot by Vilmorín. La Menitre, Francia. 63 p.
- Walters D., D. Walsh, A. Newton, and G. Lyon. 2005. Induced resistance for  
plant disease control: Maximizing the efficacy of resistance elicitors. J.  
Phytopathology. 95(12):1368-1373.
- Wang, C.C., S.S. Pong. 1982. Actions of avermectin B1a on GABA nerves.  
Journal Progress in Clinical and Biological Research. 97:373–395 pp.
- Ware, G. W., and D.M. Whitacre. 2004. Radcliffe's IPM World Textbook. An  
Introduction to Insecticides. 4th Edition. University of Minnessota. [en  
línea].  
<http://ipmworld.umn.edu/ware-intro-insecticides>. [fecha de consulta:  
05/02/17].
- Weeb, S. S. 2015. Insect Management for Carrots. Universidad de Florida/  
Institute of Food and Agricultural Sciences (UF/IFAS Extension). Florida,  
UU. EE. 7p.
- Whitaker, T.W., A.F. Sherf, W.H. Lange, C.W. Nicklow, and J.D. Radewald.  
1970. Carrot production in the United States. Agriculture Handbook.  
No. 375, Agricultural Research Service. United States Departament of  
Agriculture, Washington DC. UU.EE. 37p.

Wright, D. J., A. J. Birtle and I. T. J. Roberts 1984. Triphasic locomotor response of a plant-parasitic nematode to avermectin: inhibition by the GABA antagonists bicuculline and picrotoxin. *Parasitology*, 88 (2):375-382 pp.

Wright, D.J., A. J. Birtle., A. E. Corps and R. A. Dybas 1983. Efficacy of avermectins against a plant parasitic nematode. *Association of Applied Biologists*, 103(3):465-470 pp.