

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EFFECTO DE UN INDUCTOR DE RESISTENCIA PARA CONTROL DE NEMATODOS EN ZANAHORIA,  
ZUNIL QUETZALTENANGO.**

PROYECTO DE GRADO

**OSCAR ARMANDO YAC SAM**

CARNET 15733-13

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA

**EFFECTO DE UN INDUCTOR DE RESISTENCIA PARA CONTROL DE NEMATODOS EN ZANAHORIA,  
ZUNIL QUETZALTENANGO.**

PROYECTO DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**OSCAR ARMANDO YAC SAM**

PREVIO A CONFERÍRSELE

EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA EN EL GRADO  
ACADÉMICO DE LICENCIADO

QUETZALTENANGO, ABRIL DE 2021  
CAMPUS DE QUETZALTENANGO

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS, S. J.  
VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTHA ROMELIA PÉREZ CONTRERAS DE CHEN  
VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: LIC. JOSÉ ALEJANDRO ARÉVALO ALBUREZ  
VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: MGTR. MYNOR RODOLFO PINTO SOLÍS  
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. JOSÉ FEDERICO LINARES MARTÍNEZ  
SECRETARIO GENERAL: DR. LARRY AMILCAR ANDRADE - ABULARACH

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ  
VICEDECANO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA  
SECRETARIO: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN  
DIRECTORA DE CARRERA: MGTR. EDNA LUCÍA DE LOURDES ESPAÑA RODRÍGUEZ

## **NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

ING. KENY ALEXÁNDER JUÁREZ SANTIAGO

## **TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**

MGTR. MARCO ANTONIO MOLINA MONZÓN

MGTR. MARÍA SARAÍ SUNÚN PÉREZ



## **AUTORIDADES DEL CAMPUS DE QUETZALTENANGO**

- DIRECTOR DE CAMPUS: P. MYNOR RODOLFO PINTO SOLIS, S.J.
- SUBDIRECTORA ACADÉMICA: MGTR. NIVIA DEL ROSARIO CALDERÓN
- SUBDIRECTORA DE INTEGRACIÓN  
UNIVERSITARIA: MGTR. MAGALY MARIA SAENZ GUTIERREZ
- SUBDIRECTOR ADMINISTRATIVO: MGTR. ALBERTO AXT RODRÍGUEZ
- SUBDIRECTOR DE GESTIÓN GENERAL: MGTR. CÉSAR RICARDO BARRERA LÓPEZ

Quetzaltenango 31 de octubre de 2020.

Honorable Consejo  
Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas  
Universidad Rafael Landívar  
Presente.

Distinguidos miembros del Consejo:

Por este medio hago contar que he procedido a revisar el informe final del Trabajo de Proyecto de Grado del estudiante Oscar Armando Yac Sam, que se identifica con carné 1573313, titulado: **“EFECTO DE INDUCTOR DE RESISTENCIA EN EL CONTROL DE NEMATODOS EN EL CULTIVO DE ZANAHORIA, ZUNIL QUETZALTENANGO”**, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por la Facultad para ser aprobado.

Atentamente



---

**Ing. Agr. Keny Alexander Juárez Santiago**  
**Código URL 21584**



### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Proyecto de Grado del estudiante OSCAR ARMANDO YAC SAM, Carnet 15733-13 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA, del Campus de Quetzaltenango, que consta en el Acta No. 0650-2021 de fecha 26 de marzo de 2021, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

#### **EFFECTO DE UN INDUCTOR DE RESISTENCIA PARA CONTROL DE NEMATODOS EN ZANAHORIA, ZUNIL QUETZALTENANGO.**

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN GERENCIA AGRÍCOLA en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 6 días del mes de abril del año 2021.



**MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN, SECRETARIO**  
**CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**  
Universidad Rafael Landívar

# ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN.....	
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Marco teórico.....	2
1.1.1. Zanahoria.....	2
1.1.2. Nematodos.....	7
1.1.3. Inductores de resistencia (IDR).....	14
1.2. Antecedentes.....	23
1.3. Justificación del proyecto.....	30
1.4. Objetivos del proyecto.....	31
1.4.1. General.....	31
1.4.2. Específicos.....	31
2. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	32
2.1. Descripción del proyecto.....	32
2.1.1. Contexto del proyecto.....	32
2.1.2. Tipo de proyecto.....	33
2.1.3. Tamaño de proyecto.....	34
2.1.4. Descripción de la localización del proyecto.....	36
2.1.5. Procedimientos.....	37
2.2. Indicadores y medios de verificación.....	42
2.2.1. Indicadores de rendimiento.....	42
2.2.2. Indicadores de crecimiento vegetativo.....	42

2.2.3.	Incidencia y severidad .....	42
2.2.4.	Indicadores económicos .....	43
2.3.	Metodología de evaluación del proyecto .....	44
2.3.1.	Indicadores de resultados .....	44
2.3.2.	Indicadores de gestión. ....	44
2.4.	Presupuesto del proyecto .....	45
2.5.	Cronograma de trabajo .....	45
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
3.1.	Evaluación del proyecto .....	46
3.1.1.	Aspectos técnicos .....	46
3.1.2.	Aspectos económicos .....	62
3.2.	Medios de verificación .....	63
3.3.	Análisis de impactos del proyecto .....	63
3.3.1.	Económico.....	63
3.3.2.	Social laboral.....	64
3.3.3.	Ambiental .....	64
4.	CONCLUSIONES .....	66
5.	RECOMENDACIONES.....	67
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
7.	ANEXOS .....	73



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Exportaciones de zanahoria del año 2012 al 2016. ....	6
<b>Tabla 2.</b> Escala de infestación en el suelo a través del número de nudos en las raíces .....	43
<b>Tabla 3.</b> Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en t/ha para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.....	46
<b>Tabla 4.</b> Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable rendimiento t/ha para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.....	47
<b>Tabla 5.</b> Resultados de crecimiento vegetativo en parcela con aplicación y sin aplicación de inductores de resistencia, en Zunil Quetzaltenango 2020. ....	49
<b>Tabla 6.</b> Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura de planta para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.....	51
<b>Tabla 7.</b> Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable altura de planta (cm) para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.....	52
<b>Tabla 8.</b> Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes de la variable largo de raíz para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.....	53
<b>Tabla 9.</b> Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable diámetro polar de raíz (cm) para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.....	54

<b>Tabla 10.</b> Resultados de incidencia y severidad en parcela con aplicación y sin aplicación de inductores de resistencia, en Zunil Quetzaltenango 2020. ....	56
<b>Tabla 11.</b> Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable de incidencia en la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	58
<b>Tabla 12.</b> Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable de incidencia para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	59
<b>Tabla 13.</b> Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable de severidad en la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	60
<b>Tabla 14.</b> Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable severidad para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	61
<b>Tabla 15.</b> Rentabilidad económica por hectárea de los tratamientos con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	62
<b>Tabla 16.</b> Costo por hectárea de la parcela con aplicación del inductor de resistencia; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	74
<b>Tabla 17.</b> Costo por hectárea de la parcela sin aplicación del inductor de resistencia; Zunil Quetzaltenango 2020. ....	76

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Croquis de campo de la aplicación de un inductor de resistencia en el cultivo de zanahoria Zunil, Quetzaltenango .....	35
<i>Figura 2.</i> Unidad experimental utilizada en aplicación de un inductor de resistencia para el control de nematodos en zanahoria Zunil, Quetzaltenango.....	35
<i>Figura 3.</i> Resultados del análisis nematológico, efecto de un inductor de resistencia para control de nematodos en zanahoria, Zunil Quetzaltenango 2020.....	73

## **EFFECTO DE UN INDUCTOR DE RESISTENCIA PARA CONTROL DE NEMATODOS EN ZANAHORIA, ZUNIL QUETZALTENANGO**

### **RESUMEN**

El objetivo del estudio fue determinar el efecto de un inductor de resistencia en el control de nematodos en el cultivo de zanahoria, en el municipio de Zunil, Quetzaltenango. Para ello se utilizó fosfito de potasio como inductor de resistencia a una dosis de 2.5 l/ha, el cual se aplicó en un área de 220.5 m<sup>2</sup>; el comparador fue una parcela sin aplicación, los resultados se analizaron por medio de la comparación de dos muestras independientes al cinco y al uno por ciento de error, midiendo los siguientes indicadores y medios de verificación: rendimiento (t/ha), crecimiento vegetativo (altura de planta, largo de raíz) e incidencia y severidad del ataque de nematodos; además se realizó un análisis económico de rentabilidad/hectárea. Según los resultados obtenidos en las variables de rendimiento, crecimiento vegetativo, y severidad, el tratamiento sin aplicación fue levemente superior al tratamiento donde se aplicó el inductor de resistencia (fosfito de potasio 2.5 l/ha) no existiendo diferencia estadística excepto para la variable de incidencia donde hubo diferencia estadística altamente significativa entre los tratamientos; se debe resaltar que el tratamiento donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia fue el que presentó la mejor rentabilidad (34.10%), lo cual es de beneficio para los productores. Por lo tanto, se concluye que las aplicaciones de fosfito de potasio a dosis de 2.5 l/ha reducen la incidencia del ataque de nematodos y aumentan la calidad de la producción y por ende la rentabilidad por hectárea, siendo una buena alternativa para los agricultores del área.

# 1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de zanahoria pertenece a la familia Umbeliferae. Es una de las diez hortalizas más consumidas en el mundo, tanto por su hábito de consumo como por ser la principal fuente de vitamina A. En Guatemala la zanahoria representa el 6.7% del suministro anual de alimentos hortícolas.

Así también, es un cultivo que genera ingresos económicos ya que para el año 2016 la zanahoria superó los 7.8 millones de dólares en exportaciones tanto al mercado centroamericano como al mercado estadounidense. También es una fuente generadora de empleos ya que para el año 2015 generó 504,240 jornales, equivalentes a 1,801 empleos permanentes, favoreciendo la economía de las familias productoras de los departamentos con mayor producción que son Chimaltenango, Sololá y Quetzaltenango (MAGA, 2016).

En la actualidad los productores tienen como principal problema la disminución de la producción de zanahoria causada por malas prácticas agrícolas, incidencia de plagas y enfermedades y principalmente el ataque de nematodos fitoparásitos, generando pérdidas económicas para los productores, desabastecimiento de mercados, aumento en costos de producción y el aumento en el uso de plaguicidas altamente tóxicos.

Ante tal situación, investigaciones para el control de nematodos fitoparásitos concluyen que la utilización de inductores de resistencia presenta un control efectivo para disminuir la incidencia y severidad del ataque de nematodos fitoparásitos y las plantas tratadas con inductores de resistencia presentan un mejor desarrollo. Teniendo como referencia a Quintero & Castaño (2012), los cuales demuestran que las aplicaciones de inductores de resistencia reducen significativamente las poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíces de plántulas de plátano, entre 61% y 91%. Asimismo, las plantas tratadas con los inductores de resistencia como fosfito de potasio, fosetil Al,

ASM y BABA, presentaron raíces más largas que aquellas que no recibieron aplicación de dichos productos.

El estudio se realizó a través del diseño de muestras independientes, donde se tuvieron dos parcelas, una con la aplicación del inductor de resistencia y otra sin la aplicación del inductor de resistencia. El análisis de la información se realizó mediante una prueba T de Student. La variable de rendimiento se midió en kg/ha, el desarrollo vegetativo en centímetros y la incidencia y severidad en porcentaje.

## **1.1. Marco teórico**

### **1.1.1. Zanahoria**

La zanahoria se deriva de formas silvestres de Asia y África, algunos autores señalan a Afganistán como el origen exacto. Es uno de los cultivos hortícolas tradicionales, su alto consumo está relacionado al hábito de consumo y al hecho de ser la principal fuente de vitamina A para las personas (Gaviola, 2013).

En Guatemala el 77% de la producción nacional se concentra en tres departamentos que son Chimaltenango con 36%, Sololá con 23% y Quetzaltenango con 18%; los demás departamentos del país producen el restante 23% (MAGA, 2015).

**Características botánicas.** La zanahoria pertenece a la familia Umbelliferae y al género *Daucus*. Se caracteriza por:

**Sistema radicular.** Las raíces tienen forma redondeada a cilíndrica y están compuestas por el floema en la parte externa y el xilema en la parte central, las raíces varían de tamaños según la variedad cultivada, el diámetro en la parte superior de la raíz está en un rango de dos a diez centímetros, el largo se extiende entre cinco y 50 centímetros, aunque la mayoría de variedades están en un rango de 25 centímetros (Gaviola, 2013).

**Tallo.** El tallo en la etapa vegetativa se encuentra al ras del suelo por lo que no tiene entrenudos visibles, en los nudos se encuentran las yemas que dan origen a las rosetas de hojas, cuando empieza la etapa reproductiva el tallo se alarga y en su ápice se forma la inflorescencia primaria (Gaviola, 2013)

**Hojas.** Las hojas primarias aparecen entre una y dos semanas después de la germinación, las hojas son pubescentes, pinnatisectas, con segmentos lobulados o pinnatífidos. Los pecíolos son largos, expandidos en la base (Gaviola, 2013).

**Ciclo del cultivo.** Los cultivos de ciclo anual se caracterizan por tener fase vegetativa y reproductiva. Durante la fase vegetativa se produce la estructura de almacenamiento o raíz napiforme; es la etapa de producción comercial de raíces. Dentro de esta fase se pueden visualizar las etapas de desarrollo de raíces absorbentes y de hojas y la segunda es engrosamiento de la raíz principal. En la primera se producen y se usan los carbohidratos, está es una etapa activa de división celular donde se alcanza hasta el 80% de la longitud medida al momento de la cosecha. En la segunda etapa se acumulan carbohidratos y agua con el agrandamiento celular, la extensión del diámetro empieza lentamente y continúa engrosándose siempre que la zanahoria tenga hojas. La etapa reproductiva comprende la formación de flores, frutos y semillas (García, 2014).

**Requerimientos nutricionales.** El amonio es la forma nitrogenada preferentemente absorbida por la zanahoria. El fósforo ayuda a asegurar un buen desarrollo de la zanahoria y permite una absorción equilibrada de otros seis nutrientes, los abonos estabilizados estimulan la absorción de fósforo. El potasio es fundamental en el llenado y acumulación de reservas en la raíz. El calcio, en la rigidez y peso que éste pueda dar sobre el material cosechado, es esencial en la estructura de la pared celular, especialmente las que forman la raíz. El magnesio es absorbido en pequeñas cantidades, permite un desarrollo adecuado de la planta (García, 2014)

Los requerimientos mínimos oscilan en 127 k/ha de nitrógeno, 98 k/ha de fosforo y 146 k/ha de potasio. De igual manera se recomienda la incorporación de materia orgánica para garantizar resultados óptimos (Moran, 2008).

**Requerimientos edafoclimáticos.** La zanahoria es una planta bastante rústica, aunque prefiere los climas templados y semi-templados; la temperatura mínima de crecimiento es alrededor de los 9° C y un óptimo es entre los 16° y 18° C. Temperaturas elevadas por encima de los 30° C aceleran los procesos de envejecimiento y pérdida de color.

Es un cultivo que prefiere los suelos francos y franco-arenosos, profundos, ricos en materia orgánica, bien drenados y aireados; el pH óptimo es entre los 5.5 y 7.0. Los suelos muy pesados dan un crecimiento desuniforme y con riesgos de podredumbre por acumulación excesiva de agua (Lardizabal & Theodoracopoulos, 2007).

#### **Plagas.**

***Gallina Ciega (Pylophaga sp.)*** Esta plaga es de mucha importancia no solo en zanahoria, sino en casi todos los cultivos. Su daño lo causa por el hábito de alimentación de la larva, lo que daña sensiblemente la zanahoria impidiendo su comercialización.

***Gusano alambre (Agriotes sp.)*** Esta plaga ataca las raíces de la zanahoria produciendo galerías que, en ocasiones generan podredumbre.

***Pulgones (Aphis spp.)*** Además del daño directo que ocasionan, los pulgones son vectores de enfermedades viróticas, por tanto, son doblemente peligrosos, los pulgones se alimentan picando la epidermis, por lo que producen fuertes abarquillamientos en las hojas que toman un color amarillento (Lardizabal & Theodoracopoulos, 2007).

#### **Enfermedades.**

***Pudrición blanda (Pectobacterium sp.)*** La bacteria penetra en las raíces por heridas ocasionadas por insectos o instrumentos de labranza, frecuentemente las raíces que son afectadas



despiden mal olor, sus tejidos se encuentran desintegrados y se aprecia una masa interior amarillenta (Moran, 2008).

***Esclerotinia (Sclerotinia sclerotiorum)***. Ocasiona podriciones en las raíces, estas son invadidas por un filamento blanquecino y quedan reducidas a una masa mohosa y húmeda. En casos muy severos se observa que el moho contiene suspendidos unos cuerpos como globos de color negro (Moran, 2008).

***Tizón (Alternaria dauci)***. Esta enfermedad es de regular importancia. En las hojas y peciolos se presentan manchas primero amarillas que posteriormente se oscurecen hasta tornarse de color castaño. En ataques intensos se observan las puntas completamente podridas. El hongo sobrevive en los desechos y en la semilla, por lo cual no es conveniente que el agricultor obtenga su semilla de su propio campo. Para controlarlo se recomienda la limpieza dentro del cultivo. Deben quemarse todos los restos de cosechas anteriores (Moran, 2008).

***Moho Gris (Cercospora carotae)***. Se caracteriza porque en las hojas aparecen numerosas manchas redondas de color café oscuro en el borde y de tono más claro en el centro, las plantas pueden quedar destruidas en poco tiempo y la producción se ve fuertemente afectada (Moran, 2008).

***Mildiu de la zanahoria (Erysiphe sp)***. Se manifiesta principalmente en climas secos y cálidos. Las hojas de las plantas afectadas quedan cubiertas por micelio blanco y que a menudo se ponen cloróticas, a pesar de la infección la hoja puede mostrar un aspecto bastante sano debajo del crecimiento superficial del hongo. Si la hoja infectada está expuesta a un ambiente húmedo esto genera consecuencias dramáticas para las hojas, ya que se debilitan y quedan más susceptibles al ataque del hongo (Moran, 2008).

**Contenido nutricional.** La zanahoria es un alimento nutritivo, colaborador de la digestión, depurativo, rico en sales minerales como hierro y calcio, neutralizante de la acidez de la sangre, a la que enriquece con glóbulos rojos. Con buen contenido de fósforo que comunica resistencia muscular y solidez a los nervios, posee azúcar y abunda en las vitaminas A, B1, B2 y C. Es notable que las hojas de la zanahoria contengan cuatro veces más vitamina B2 que la raíz y que esta última contenga la provitamina D, poco frecuente en las hortalizas (García, 2014).

**Importancia económica.** La zanahoria es una de las hortalizas más consumidas en Guatemala, la cual se produce con diversidad de variedades según el mercado específico que se atiende; en Guatemala la variedad más común es la zanahoria de color naranja para consumo en fresco o cocida. Para el año 2016 la producción de zanahoria alcanzó una producción de más de 92 millones de kilogramos (MAGA, 2016).

En Guatemala la producción de zanahoria se concentra en 77% en tres departamentos que son Chimaltenango, Sololá y Quetzaltenango, mientras que el restante 23% de producción lo conforman Huehuetenango con el 6%, San Marcos con el 4%, Sacatepéquez con el 4%, Guatemala con 3%, Alta Verapaz con 2% y Jalapa con el 1%. En el periodo del año 2012 al 2016 las exportaciones del cultivo han ido aumentando significativamente, tanto en toneladas métricas como en millones de dólares (MAGA, 2015).

**Tabla 1.**

*Exportaciones de zanahoria del año 2012 al 2016.*

Año	TM	Exportación en US\$
2012	33,356.18	5,683,230
2013	35,885.95	6,807,292
2014	36,519.33	6,067,990
2015	41,761.19	6,778,345
2016	43,251.65	7,784,908

(MAGA, 2016)

En promedio porcentual para el año 2016 las exportaciones en toneladas métricas fueron en un 72.6% a el Salvador, un 15% a Honduras, el 7.4% al mercado estadounidense y el 5% a otros países (MAGA, 2016).

### **1.1.2. *Nematodos***

Los nematodos parásitos de plantas son un grupo de gusanos microscópicos que viven en el suelo y atacan las raíces o partes aéreas de la mayoría de los cultivos. Con frecuencia causan daños tan serios, que es imposible mantener una agricultura económicamente viable, sin el uso de alguna forma de control nematológico. Debido a que la mayoría de los agricultores e incluso técnicos poseen sólo un conocimiento básico sobre nemátodos, la búsqueda de ayuda profesional se hace necesaria a la hora de tomar decisiones sobre el manejo de las enfermedades causadas por estos. En concreto, el agricultor busca que sus muestras de suelo y raíces sean analizadas para la detección de nemátodos, así como consejo profesional sobre si los nemátodos presentes pueden causar algún daño a sus cultivos o si serán necesarias algunas medidas de control (Talavera, 2003).

Debido a su pequeño tamaño y a que viven en el suelo, no pueden verse a simple vista y su estudio eficaz sólo ha sido posible desde hace unas décadas, cuando la disponibilidad de microscopios de alta resolución y la puesta a punto de técnicas para extraerlos del suelo, permitió estudios cuantitativos sobre sus densidades de población y correlaciones con los daños producidos en los cultivos (Talavera, 2003)

Suelen tener forma de hilo, con una longitud entre 0,1 y 2-3 mm y un diámetro unas 20 veces menor que su longitud. Están recubiertos de una cutícula protectora y lo más llamativo de su organografía es el tubo digestivo, compuesto esquemáticamente por un estilete, esófago, intestino y ano. Los adultos son fácilmente identificables por la presencia de un sistema reproductor. Las hembras presentan uno o dos ovarios, útero, vagina y vulva y una o dos espermatecas donde se

almacena el esperma. Los machos se distinguen fácilmente por la presencia de un aparato copulador en la cola, compuesto por las espículas, el gubernáculo y las alas caudales (Talavera, 2003).

**Ecología y distribución.** La mayoría de nematodos fitoparásitos viven parte de su vida en el suelo. La mayor parte de ellos viven libremente en el suelo alimentándose superficialmente de las raíces y tallos subterráneos de las plantas, pero aún en el caso de los nematodos sedentarios especializados, los huevecillos, las etapas larvarias preparásitas y los machos se encuentran en el suelo durante toda su vida. La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los nematodos en el suelo. Los nematodos se encuentran con mayor abundancia en la capa del suelo comprendida entre los primeros quince centímetros de profundidad, aunque cabe mencionar que su distribución en los suelos cultivados es irregular y es mayor en torno a las raíces de las plantas susceptibles, en las que en ocasiones siguen hasta profundidades considerables de entre 30 y 150 centímetros (Agrios, 2004).

La mayor concentración de nematodos en la región radical de las plantas hospedantes se debe principalmente a su rápida reproducción cuando el alimento es abundante y también a la atracción que tienen por las sustancias liberadas en la rizósfera. A esto debe añadirse el denominado efecto del factor de incubación de las sustancias que se generan en la raíz y se difunden en los alrededores del suelo estimulando notablemente la incubación de los huevecillos de ciertas especies. Sin embargo, la mayoría de huevecillos de los nematodos incuban libremente en el agua en ausencia de cualquier estímulo especial (Agrios, 2004).

Los nematodos se distribuyen en el suelo muy lentamente bajo su propia capacidad. La distancia total que recorre un nematodo probablemente no excede de un metro por estación. Se mueven con mayor rapidez en el suelo cuando en los poros de éste están llenos de una película delgada de unos cuantos micrómetros de agua cuando el suelo se encuentra inundado. Sin embargo,

además de su propio movimiento los nematodos se distribuyen con gran facilidad a través de todo lo que se mueve y pueda llevar partículas del suelo como el equipo agrícola, la irrigación, animales en pequeñas distancias, mientras que en distancias grandes los nematodos se distribuyen principalmente por los productos agrícolas y las plantas de viveros (Agrios, 2004).

**Nemátodos asociados al cultivo de zanahoria.** Los nematodos cada día toman importancia como un factor limitante en la producción de zanahoria, actualmente existen tierras altamente infestadas por nematodos, los productores han tenido que abandonar el cultivo de zanahoria por algún tiempo. En Guatemala las pérdidas por daño a la raíz de zanahoria pueden oscilar entre un 20 y 80 %. Los nematodos más comunes que afectan la raíz de zanahoria son el nematodo agallador de la zanahoria (*Heterodera carotae*) y el nematodo del nódulo de la raíz de zanahoria (*Meloidogyne* spp) (Flores, 2003)

***Nematodo agallador de la zanahoria (Heterodera carotae).*** Este nematodo fue descubierto por Jones en 1,950 en áreas de cultivo con altos niveles de infestación en Inglaterra. Después este mismo fue reportado en Holanda en 1,955 por Oos Tenbrink y en 1,958 fue detectado en Alemania por Sturhan (Flores, 2003).

Este nematodo está ampliamente distribuido, más de lo que se creía al principio. Recientemente ha sido reportado en India y Polonia. Éste forma agallas en forma de limón, tiene color café claro a color café rojizo. Estos son muy parecidos a *Heterodera cruciferae*. Tiende a producir una gran cantidad de huevos en una sustancia gelatinosa. Este nematodo parasita zanahorias cultivadas y silvestres. Una infestación severa puede provocar un crecimiento pobre y coloración pálida de la planta. Cuando su patogenicidad es evidente el cultivo de la zanahoria debe suspenderse durante varios años (20 años). En cuanto a la sintomatología *Heterodera carotae* entorpece el crecimiento de la raíz que presenta numerosas raíces secundarias en las que se encuentra el parásito, resultado de su ataque las plantas presentan follaje muy reducido y hojas de

color rojizo, las raíces son pequeñas y en ocasiones bifurcadas, provocando una cabellera anormal de raicillas (Agrios, 2004)

***Nematodo del nódulo de la raíz de zanahoria (Meloidogyne spp.)***. En el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota* L.), es muy común encontrar a la raíz reservoria atacada por el nematodo *Meloidogyne* spp. Este produce agallamientos y es frecuente también observar una serie de nódulos radiculares, que le provocan inhibición de su crecimiento y forma, y hacia dentro de la raíz un “acorchonamiento”, las cuales no sólo privan a las plantas de sus nutrientes sino también deforman y disminuyen el valor comercial de las raíces. Los nematodos adultos, macho y hembra, del nódulo de la raíz son fáciles de distinguir morfológicamente. Los machos son vermiformes y miden aproximadamente de 1.2 a 1.5 mm de largo por 0.30 a 0.35 mm de diámetro. Las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.40 a 1.30 mm de largo por un ancho de 0.27 a 0.75 mm. Cada hembra deposita aproximadamente 500 huevecillos en una sustancia gelatinosa que ella misma produce (Agrios, 2004).

En cuanto al ciclo de vida de *Meloidogyne* spp, presenta cuatro etapas. En el primer estadio juvenil del estado de larva (J1) se desarrolla en el interior del huevecillo y después de sufrir la primera muda dentro de él se desarrolla en el segundo estado juvenil (J2). Esta última forma emerge del huevecillo y llega al suelo, donde se desplaza hasta que encuentra una raíz susceptible (Agrios, 2004).

El segundo estado juvenil del estado de larva es vermiforme y es la única etapa infectiva de este nematodo, después de la eclosión, los J2 migran a través del suelo atraídos por las raíces de las plantas de zanahoria, se agregan en la zona del meristemo apical, elongación celular y cerca del punto de emergencia de las raíces laterales. El juvenil del segundo estadio penetra a la raíz, lo cual involucra la acción mecánica del estilete y la acción de enzimas segregadas por las glándulas del esófago. Después de la penetración los J2 migran intercelularmente hasta alcanzar el floema

primario o también las células indiferenciadas del parenquima adyacente, en donde se fijan e inician la alimentación. En respuesta a la alimentación, a los tres días el tejido de la planta experimenta cambios en su morfología y fisiología, probablemente como respuesta a las secreciones del nematodo y a sustancias producidas por la planta. Algunas células del parenquima se transforman en células nodrizas, también llamadas células gigantes, que son células hipertróficas multinucleadas de donde el nematodo obtiene su alimento. La formación de estas células es de vital importancia para que el nematodo continúe su desarrollo. El J2 adquiere forma aberrante (salchicha) deja de alimentarse y muda tres veces hasta convertirse en un macho o hembra adulto (Agrios, 2004)

El tercer estadio juvenil (J3) sufre una tercera muda y se desarrolla en el cuarto estadio juvenil (J4), en el cual es posible distinguirlo ya como un individuo macho o hembra. El macho de la cuarta etapa larvaria tiene aspecto vermiforme y se enrolla dentro de la tercera cutícula. Sufre la cuarta y última muda y emerge de la raíz ya como macho adulto vermiforme, el cual vive libremente en el suelo (Agrios, 2004)

En el cuarto estado larvario (J4) la hembra del cuarto estado juvenil (J4) del estado de larva continúa aumentando de grosor y un poco más de longitud, sufre la cuarta y última muda y se desarrolla en una hembra adulta, la cual tiene forma de pera. La hembra en estado adulto reinicia su alimentación en las mismas células gigantes y se mantienen sedentarias por el resto de su vida, continúa hinchándose y, ya sea fecundada o no por un macho, forma huevecillos, los que deposita en una cubierta gelatinosa protectora. Los huevecillos pueden ser depositados dentro o fuera de los tejidos de la raíz, dependiendo de la posición que tenga la hembra. Estos huevecillos pueden incubarse inmediatamente o invernar para incubarse en la primavera. El ciclo de vida del nematodo concluye a los 28 días a una temperatura de 27°C, pero tarda más tiempo a temperaturas más bajas o más altas. Cuando los huevecillos se incuban, el segundo estado juvenil puede migrar del interior

de las agallas hacia las partes adyacentes de la raíz y producir nuevas infecciones en la misma raíz, o bien salir de la raíz e infectar a las demás raíces de la misma planta o a las de otras plantas. El número mayor de nematodos del nódulo de la raíz comúnmente se encuentra en la zona de la raíz comprendida entre los cinco y los 25 cm por debajo de la superficie del suelo (Agrios, 2004).

**Propagación.** El desarrollo de los nematodos en el suelo está influenciado por un suelo impropriadamente tratado por la humedad, la aireación y temperatura del mismo, plantas en contacto con la tierra y material de propagación vegetativa infectado. Las condiciones favorables son: suelos ligeros con buena humedad y temperatura óptima de 25 a 30° C son ideales para el crecimiento y desarrollo de *Meloidogyne*. Temperaturas inferiores a 15° C o superiores a 33° C interrumpen el desarrollo de las hembras que no llegan a completar su madurez (Agrios, 2004)

Los nematodos foliares y del tallo son típicamente introducidos en el invernadero en los esquejes y plantas enraizadas; son más perjudiciales cuando los cultivos de invernadero son infectados al principio del ciclo de producción debido al uso generalizado de los medios de cultivo sin suelo, se propagan por las herramientas y la maquinaria agrícola manchadas por partículas de suelo contaminadas. En el campo las enfermedades causadas por nematodos se suelen manifestar con producir síntomas característicos en el sistema radicular como agallas, lesiones necróticas en las raíces, proliferación de raíces secundarias y pobre crecimiento radicular, lo que se traduce en clorosis y en general plantas débiles con pobre crecimiento (Lezaun, 2016).

En cuanto a los síntomas causados por los nematodos que atacan partes aéreas, se observan manchas foliares, putrefacciones y distorsiones en cuello y bulbos, así como agallas en las flores. Necrosis del xilema y marchitez en plantas leñosas (Lezaun, 2016).

**Daños ocasionados.** Los daños se manifiestan por la formación de agallas o nódulos en la zona radical; los *nódulos* producidos por *Meloidogyne* spp son más pequeños y con pelos radicales que nacen de ellos. Las raíces atacadas son más cortas y poseen menos pelos radicales que las



sanas. Otras veces se producen raíces bifurcadas conocidas como “patudas”; esto sucede cuando la planta es atacada en el estado de plántula. En la parte aérea se produce una disminución del crecimiento, achaparramiento, amarillamiento, marchitamiento y otros síntomas que se asocian con la deficiencia de agua y de nutrientes (Gaviola, 2013).

Los nematodos del género *Meloidogyne* spp. constituyen la plaga más perjudicial de la raíz de zanahoria, en todas las zonas donde se cultiva esta hortaliza. Algunos productores vinculan las zanahorias que presentan bifurcaciones en la raíz, llamadas vulgarmente “patudas”, con la presencia de nematodos, que en este caso correspondería a la presencia de nematodos agalladores (*Meloidogyne* y *Nacobbus*). En una primera investigación realizada en Mendoza no se observó relación entre la presencia de raíces bifurcadas con el ataque de *Meloidogyne* y de *Nacobbus*. Sin embargo, en una segunda etapa se observó la presencia de raíces bifurcadas y agallas conteniendo nematodos en las raíces secundarias de las zanahorias (Gaviola, 2013).

### **Métodos de control.**

**Control Físico.** Consiste en la utilización de algún agente físico como la temperatura, humedad, radiación solar, que resulten letales para los nematodos, como por ejemplo vapor o solarización (Lezaun, 2016).

**Control Cultural.** Entre las principales prácticas culturales para el manejo de nematodos fitoparásitos se encuentran: rotación de cultivos, barbecho, cultivos trampas, cultivos de cobertura, enmiendas orgánicas, biofumigación, cultivares resistentes e injertos (Lezaun, 2016)

**Control Químico.** Se utilizan nematicidas, fumigantes y no fumigantes. Los nematicidas fumigantes son en su mayoría compuestos que actúan en la fase gaseosa del suelo, eliminando gran parte de los organismos vivos, son fitotóxicos de efectos irreversibles por lo que deben aplicarse en pre-plantación, bien como gas inyectado o como productos precursores, que al descomponerse producen gas. Son tóxicos e impactantes al ambiente (Lezaun, 2016).

**Control biológico.** Abarca el fortalecimiento del control natural, la introducción de especies no nativas y el uso de plaguicidas derivados de animales, plantas, hongos, bacterias y virus para prevenir, repeler, eliminar o bien reducir el daño causado por las plagas (Lezaun, 2016).

Entre los principales grupos microbianos con potencialidades como agentes de control biológico de nematodos formadores de agallas se encuentran las bacterias y los hongos (Lezaun, 2016).

**Importancia económica.** El ataque de nematodos fitoparásitos ocasiona pérdidas considerables en la producción agrícola, ya que su difícil detección por tener síntomas que se relacionan con otros problemas como el ataque hongos o deficiencias nutricionales, retrasan el control sobre este patógeno (Lezaun, 2016).

De esta manera, la incidencia que presenten los nematodos varía según la susceptibilidad de la planta, así como el tipo de nematodo que esté presente. Dependiendo del grado de infestación puede ocasionar pérdidas que van desde mínimas hasta la destrucción total del cultivo. Sin embargo, es frecuente que en los campos severamente infestados la producción de las plantas disminuya desde un 30 a 75% (Agrios, 2004).

En el VI Congreso Internacional de Nematología Sudáfrica Monheim, se estableció que los nematodos tienen un alto impacto económico, por causar pérdidas estimadas en US\$ 100 billones cada año, de ahí que existe una creciente necesidad de un control efectivo ya que las pérdidas de cosecha anuales debidas a nematodos parásitos de plantas en la producción agrícola mundial se aproxima al 11% al 14% (Lezaun, 2016).

### **1.1.3. Inductores de resistencia (IDR)**

Son productos biológicos o fitoquímicos y se aplican por muchos productores sin una prescripción de un facultativo (especialista) de las ciencias agronómicas, sin medir las

consecuencias de un diagnóstico basado en las exigencias de una planta o cultivo, por lo que en la mayoría de los casos se desconoce el efecto y posibles consecuencias de lo que se utiliza. Los IDR son sustancias biológicas o químicas que se utilizan para que las plantas puedan expresar sus propios mecanismos de defensas tanto físicos como químicos (fitoalexinas), para contrarrestar el ataque de factores bióticos (plagas) entre ellas las fitopatológicas, insectiles, malezas; y factores abióticos como exceso de humedad, condiciones extremas de déficit hídrico entre otras (Osorio, 2014).

Se caracterizan por proteger a la planta directamente favoreciendo su desarrollo. Por ello, los inductores de resistencia naturales son una perfecta combinación de nutrientes y elementos favorables para el desarrollo y crecimiento de las plantas, pero también ayudan a mejorar el sistema inmunológico defensivo (Osorio, 2014).

Estos deben ser aplicados de manera preventiva para reducir la incidencia de plagas y enfermedades, ya que los inductores de resistencia inducen a la formación de sustancias como compuestos fenólicos y antioxidantes que retrasan la oxidación o envejecimiento de las células, también induce la formación de ácido ferúlico, compuesto que favorece la lignificación de paredes celulares para que resistan la penetración de los patógenos, induce la producción de glucanasa, compuesto que inhibe la germinación de hongos al romper la pared celular de los patógenos y también la formación de fitoalexinas que son compuestos moleculares que tienen un efecto biosida sobre hongos, insectos y nematodos (Intagri, 2017).

### **Tipos de inductores**

***Hongos endófitos.*** Son aquellos microorganismos que viven en armonía con la planta, que ocupan espacio entre las células del hospedero y evita que este espacio sea ocupado por fitopatógenos; además estos hongos ayudan a estimular el desarrollo fisiológico de defensa de las plantas, facilitando el metabolismo y la división celular y por consiguiente el desarrollo vegetativo

óptimo. Ejemplo de géneros de hongos endófitos: *Acremonium* sp., *Nigropora* sp, *Xylaria* spp, *Aureobasidium* spp. *Nodulisporium* sp., *Gliocladium* sp., *Phoma* sp. Es importante señalar que hay géneros de hongos endófitos que pueden ser fitopatológicos, todo depende muchas veces del hospedero y de la especie del hongo (Osorio, 2014).

***Trichoderma* spp.** Es un hongo benéfico que es el enemigo natural de hongos fitopatógenos pertenecientes a los géneros *Mucor*, *Pythium*, *Phytophthora*, *Fusarium*, *Botrytis*, *Colletotrichum*, y además ayudan a reducir la incidencia de nematodos. Entre las especies más comercializadas están *T. harzianum* y *T. viridae* (Osorio, 2014).

***Bacillus* spp.** Es una bacteria benéfica la cual es el enemigo natural de una gran diversidad de nematodos, hongos y bacterias que ocasionan daños a los diferentes cultivos; entre los géneros de los hongos fitopatógenos que controla se tiene a *Fusarium*, *Rhizopus*, *Mucor*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia*, *Pythium* y los géneros de las bacterias *Xanthomonas*, *Erwinia* y *Ralstonia* (Osorio, 2014).

***Streptomyces griseoviridis*.** Se describe como una bacteria que es el enemigo natural de muchos géneros de bacterias fitopatógenas como lo son *Erwinia*, *Ralstonia* y *Xanthomonas*, además reduce la incidencia de nematodos (Osorio, 2014).

***Pythium oligandrum*.** Es un tipo de hongo parásito muy agresivo de otros hongos fitopatógenos, conocido con el nombre de micoparásitos, ataca diversos tipos de fitopatógenos entre ellos *Alternaria*, *Pythium*, *Rhizoctonia*, *Phytophthora*, *Phoma*, *Verticilium*, *Sclerotinia*, *Rosellinia*, *Cercospora*, *Perenospora*, *Hemileia*, *Sclerotium*, *Mysena citricolor*, *Ceratocystis*, *Fusarium oxysporus*, *Plasmodiophora brassicae*, *Leptosphaeria maculans*, *Mycosphaerella fragariae*, *Botrytis cinerea*, *Colletotrichum*, *Gaeumannomyces graminis* y también actúa como inductor de resistencia a través de estimulación de las fitohormonas (Osorio, 2014).

***Ascophyllum nodosum***. Es una especie de alga marina, el cual se utiliza en productos sintetizados con otros ingredientes activos y en conjunto aumentan las defensas naturales de las plantas, ante situaciones de estrés ocasionados por condiciones abióticas adversas y por ataque de fitopatógenos entre ellos hongos, bacterias y nematodos entre otras (Osorio, 2014).

***Ácidos carboxílicos***. Son compuestos orgánicos que forman parte de la estructura molecular de las plantas. Se encuentran en la estructura molecular de muchos productos fitoquímicos en diferentes clases de fertilizantes, bactericidas y fungicidas, induce la resistencia sistémica de los cultivos al estimular la producción de fitoalexinas, que son las sustancias que la plantas producen para su propia defensa contra el ataque de hongos y bacterias. Existe una importante relación entre ácidos carboxílicos y fotosíntesis, manteniendo la tasa de actividad fotosintética aún en condiciones desfavorables (Osorio, 2014).

***Silicio***. El silicio es el segundo elemento más disperso en el planeta, pero muchas veces no está disponible para la asimilación de las plantas. Este elemento es la base de varios mecanismos que aumentan significativamente la supresión de enfermedades en plantas. Esto es debido a que el silicio se deposita en las capas junto a la epidermis, fortaleciendo la cutícula; capa muy resistente que protege a la planta de la deshidratación, así como de la excesiva humedad de la superficie, de infecciones de microorganismos y rayos ultravioletas. El silicio también aumenta el asimilamiento del fósforo, que como ya se sabe, ayuda también a las plantas a resistir enfermedades (Osorio, 2014).

***Magnesio***. El magnesio se puede catalogar como IDR; él mismo forma parte de la molécula de clorofila, participa directamente en la fotosíntesis, es indispensable en el metabolismo del nitrógeno, interviene en la síntesis de xantofilas y carotenos, entre otras funciones. Controla desordenes fisiológicos, mejora la absorción y transporte de fósforo. Es de todos conocidos que

una planta bien nutrida se defiende mejor de las condiciones adversas ocasionadas tanto por factores abióticos como bióticos (Osorio, 2014).

**Fosfito Potásico.** Es un fertilizante que se comercializa en diversos países. Este ión fosfito está implicado en activar las fitoalexinas o sistemas naturales de defensa de la planta. El ión fosfito provoca cambios en la pared celular de los fitopatógenos, dando como resultado que fracciones de ésta actúen a modo de elicitores externos desencadenando todo el proceso de activación de defensa de los vegetales. El ión fosfito, ejerce un efecto directo sobre el metabolismo fúngico. Este ión compite con el fósforo en diversas rutas metabólicas catalizadas por diversas enzimas fosforilativas. De esta manera, los procesos implicados en transferencia energética del hongo, sufren un considerable retraso e incluso pueden llegar a bloquearse. El efecto general producido en el hongo, podría compararse a un estado de ausencia total de fósforo disponible en la planta para cubrir las necesidades del hongo (Osorio, 2014).

**Mecanismo de acción.** La resistencia inducida surgió como una importante alternativa de control de patógenos, la cual considera que las “armas” con las cuales las plantas se defienden, involucran a un gran número de pequeñas moléculas exógenas denominadas inductores, agentes inductores o factores elicitors que, cuando son reconocidas por moléculas endógenas, tienen la función de activar o aumentar el nivel de resistencia de los vegetales, tanto a nivel local como en puntos distantes al sitio de infección, así como de participar de otras actividades fisiológicas (Gómez & Reis, 2011).

La infección del tejido vegetal provocada por cualquier microorganismo, tanto patógeno como no patógeno, inicia una serie de complejos procesos en las interacciones fisiológicas, los cuales originan respuestas características a nivel celular, tisular y de órganos vegetales, que se traducen en diferentes mecanismos de defensa. Estos mecanismos pueden ser clasificados en relación a la penetración del patógeno en:

***Pre-formados (pasivos o constitutivos)***: las sustancias están presentes en la planta en altas concentraciones en los tejidos sanos antes del contacto con el patógeno. Implican defensas tanto estructurales como bioquímicas (Gómez & Reis, 2011).

***Estructurales***: constituyen verdaderas barreras físicas a la penetración y/o colonización del patógeno. Incluyen la formación de cutícula, tricomas, estomas y fibras/vasos conductores (Gómez & Reis, 2011).

***Bioquímicos***: involucran sustancias capaces de inhibir el crecimiento del patógeno o generar condiciones adversas para su sobrevivencia en los tejidos del hospedante. Estos son los fenoles, alcaloides glicosídicos, lactosas insaturadas, glicosídeos fenólicos y cianogenéticos, inhibidores proteicos, fototoxinas, quitinasas y  $\beta$ -1, 3 glucanasas (Gómez & Reis, 2011).

***Post-formados (activos o inducidos)***. Las sustancias se encuentran ausentes o presentes en bajos niveles antes de la infección, siendo activadas en respuesta a la presencia del patógeno (Gómez & Reis, 2011).

**Control mediante inducción a resistencia de las plantas.** La resistencia inducida en las plantas contra patógenos fue conocida a finales de siglo XIX. En 1901, se dieron las primeras publicaciones sobre esta temática, con las investigaciones realizadas separadamente por Ray y Beauviere, a las cuales les siguieron las observaciones de Chester en 1933 sobre la inmunización adquirida. La resistencia inducida en plantas contra insectos plaga se inició 70 años más tarde (Riveros, 2010).

A finales del siglo XX se concluyeron los estudios de resistencia inducida en no menos de 30 especies de plantas y paradójicamente en la relación planta-insecto se experimentó el mayor desarrollo, con un total de 100 especies de plantas investigadas.

El término resistencia inducida en plantas solamente se emplea para identificar el fenómeno en su forma general, sin ahondar en un tipo específico de expresión o regulación de defensa en las

plantas. La falencia que siempre ha existido radica en la terminología, en cómo definir correctamente la RSI frente a la RSA (resistencia sistémica adquirida) que para los investigadores no deben ser sinónimos (Riveros, 2010).

Lo que queda claro es que tanto la resistencia sistémica inducida (RSI) como la resistencia sistémica adquirida (RSA) tienen su accionar en la activación de rutas bioquímicas diferentes y se les asocia a mecanismos de defensa diferentes. En la agricultura moderna, lo novedoso es la utilización de moléculas activadoras de defensa o inductores en las plantas. Aunque en es un método antiguo es uno de los métodos con mayor proyección para el manejo de plagas y enfermedades en los cultivos, y está tomando mayor fuerza con la temática actual de la crisis agroalimentaria y la necesidad de preservar el ambiente (Riveros, 2010).

Estas moléculas juegan un papel importante en la industria agraria por ser potentes activadores de genes responsables de mecanismos naturales de defensa en las plantas. La resistencia inducida ha sido planteada como un método alternativo al uso de agroquímicos para el control de enfermedades en la agricultura sostenible, mediante la aplicación exógena de agentes bióticos o abióticos sobre la planta (Riveros, 2010).

La inducción de resistencia en las plantas mediante la aplicación de extractos vegetales o nutrientes específicos son una herramienta valiosa para el control de plagas y enfermedades, además de ser un método de control sustentable y de bajo impacto ambiental. Los inductores de resistencia son claves para afrontar los retos del siglo XXI, donde se busca generar un mayor rendimiento en menor superficie, para mayor población; también, producir alimentos más sanos y en forma sostenible, enfrentar el calentamiento global y la escasez de agua, un manejo eficiente de plagas y enfermedades y preservar la biodiversidad ecológica (Riveros, 2010).



**Usos en la agricultura.** Los inductores de resistencia se han utilizado sobre los cultivos de forma preventiva para poder generar sustancias que tengan efecto directo sobre los patógenos (Lezaun, 2016).

Algunos inductores son empleados y comercializados como biofertilizantes (fosfatos de potasio, sodio o magnesio, fosfitos de potasio o calcio, silicio, silicatos de calcio, magnesio, potasio, aluminio o hierro), fitohormonas (etileno, jasmonatos) e inductores propiamente dichos (probenazole) (Lezaun, 2016).

Entre varios ejemplos de usos en agricultura, se menciona al fosfito de potasio para el control del mildiu de la vid, por su efecto en la reducción de la incidencia y severidad del hongo *Plasmopara viticola*. Además, los fosfitos de potasio, calcio o magnesio, reducen la intensidad de la enfermedad “podredumbre del pie” provocada por *Phytophthora palmivora* en cultivos de mamón, siendo el método de aplicación más adecuado, la pulverización (Lezaun, 2016).

Por otro lado, se demostró que el acibenzolar s-metílico protege a las plántulas de café, de la infección por el hongo *Cercospora coffeicola* por un período de 60 días, y los fragmentos de proteína harpina hasta 30 días. Además, ambos inducen resistencia contra *Monilia fructicola* (podredumbre parda) en frutos de durazno en post-cosecha. Por su parte, el acibenzolar s-metílico, manifestó su efecto resistente contra los hongos *Sclerotinia sclerotiorum* (podredumbre blanda) y *Botrytis cinerea* (moho gris), al ser asperjados en plántulas de girasol (Lezaun, 2016)

Por otra parte, las aspersiones preventivas del extracto de REYSA produjo efectos inductores contra el hongo *Levelillula taurica* (oidiopsis del tomate) en cultivos de tomate producidos en invernaderos (Lezaun, 2016).

Dependiendo del inductor y del cultivo, o su estado, la aplicación de los mismos puede realizarse por medio de pulverizaciones sobre el follaje o efectuando tratamientos en las semillas (Lezaun, 2016).

El efecto inductor o desencadenante de la resistencia, dependiendo del agente, puede activarse desde el momento de aplicación y prolongarse hasta 30 días o más. El empleo de los inductores abióticos para la resistencia a enfermedades, está recomendado en el marco de un manejo integrado de enfermedades, que involucran los diferentes métodos: genético, biológico, cultural, químico y legal (Lezaun, 2016).

### **Ventajas y desventajas de los inductores de resistencia**

**Ventajas.** Las ventajas reconocidas en el uso de inductores de resistencia son numerosas y se exponen a continuación: aumento del nivel de resistencia por la activación de los mecanismos latentes sin alteración del genoma de la planta; no imponen presión de selección sobre el patógeno, dificultando la quiebra de la resistencia; son efectivos contra virus, bacterias, hongos, nematodos e insectos (amplio espectro); tienen efecto sistémico; persisten y confieren protección de manera natural; se emplean preventivamente; tienen efecto de protección prolongado; son soluciones estables; proveen control eficiente y de bajo costo; menor número de aplicaciones en comparación con los fungicidas tradicionales; son seguros desde el punto de vista ambiental; son biodegradables, no plaguicidas, inocuos para personas, animales y las propias plantas, conceden protección tanto en condiciones de campo como en invernáculo, uso en agricultura, floricultura, jardinería y plantas ornamentales y proporcionan aumento en el rendimiento (Lezaun, 2016).

**Desventajas.** Las desventajas mencionadas hasta el presente son las siguientes: proporcionan una resistencia parcial, incompleta, en algunos casos, la inducción de la resistencia requiere un costo fisiológico, al activarse en condiciones en la cual su expresión no es necesaria, así como en ausencia de patógenos (Lezaun, 2016).

## 1.2. Antecedentes

Quintero & Castaño (2012), evaluando inductores de resistencia para el manejo de nematodos fitoparásitos en plántulas de banano en Caldas, Colombia, teniendo como objetivo principal determinar cuál de los inductores de resistencia reduce la población de nematodos fitoparásitos en el suelo y raíces de plántulas de plátano dominico. A través de un diseño experimental de bloques al azar con siete tratamientos, ocho plántulas por tratamiento y cuatro repeticiones, incluyendo dos testigos: absoluto y relativo, se aplicaron 500 ml de una solución de agua más los inductores de resistencia, según el tratamiento en una concentración de 1 ml (Fosfito de potasio), 10 g (Fosetil-Al), 0,01 ml (Acibenzolar-s-metil), 100 µg ml (Ácido DL-3-aminobutírico); y lixiviados de raquis de plátano evaporados al 50%. En los testigos relativo y absoluto, se aplicaron 500 ml de agua sobre cormos tratados y sin tratar con carbofuran. Las variables evaluadas fueron los componentes de desarrollo, midiendo altura en centímetros, brotación en porcentaje, longitud de raíces en centímetros, materia seca de raíces. Encontró que estadísticamente no hay diferencia en términos de reducción de nematodos, pero si hubo un orden de efectividad consistente donde las aplicaciones de ASM presentaron mayor efectividad, seguido por fosfito de potasio, fosetil – Al, BABA y por último el lixiviado de raquis, con Fosfito de potasio, Fosetil-Al, Acibenzolar-s-metil (ASM), Ácido DL-3-aminobutírico (BABA), 100% de brotación. Concluyendo con que las aplicaciones continuas de los inductores de resistencia evaluados, redujeron las poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíces y suelo de plántulas, Lixiviados de raquis de plátano evaporados al 50% causaron fitotoxicidad en plántulas.

Parada & Guzmán (1997), evaluando extractos botánicos contra el nematodo *Meloidogyne Incognita* en frijol *Phaseolus vulgaris* en Ciudad Arce, La Libertad, El Salvador; teniendo como principal objetivo evaluar extractos botánicos contra el nematodo *M. incognita* en frijol. La investigación se realizó a través un diseño completamente al azar con seis tratamientos y cuatro

repeticiones, siendo los tratamientos extracto acuoso de ajo, marygold, papayo y pasto barrenilla. Evaluando los componentes de crecimiento altura final, peso fresco y peso seco del follaje, peso fresco de la raíz, población final del índice de agallamiento y tasa de reproducción. Encontró que el nematicida que presentó mejor control para control de *M. incognita*, a nivel de invernadero fue papayo (menor índice de agallamiento). Los extractos de ajo y papayo en dosis de 35 g/maceta provocaron toxicidad en la planta. En el laboratorio, los extractos que presentaron un mayor número de juveniles muertos fueron ajo, marigold y papayo, lográndose una mortalidad rápida con el extracto de papayo. Concluyendo que a nivel de invernadero los cuatro extractos vegetales ejercieron en mayor o menor grado control sobre *Meloidogyne incognita*, pero no lograron superar el efecto nematicida de Phenamiphos. El extracto acuoso de papayo resultó ser el mejor controlador de *M. incognita* comparado con los demás extractos vegetales. A nivel de laboratorio los extractos de ajo, marygold y papayo ejercieron control sobre *M. incognita*, siendo este último el mejor extracto con un tiempo inmovilizador similar a Phenamiphos. Dosis de 35 g/maceta para los extractos de ajo y papayo resultaron tóxicos en frijol.

Serna & Días (2017), evaluando la actividad nematicida de extractos botánicos contra *Meloidogyne incognita* en okra (*Hibiscus esculentus*), en el estado de Guerrero, México. Teniendo como objetivo estudiar el efecto de los diferentes extractos botánicos sobre el desarrollo de plantas de okra inoculadas con el nematodo *Meloidogyne incognita*, así como evaluar el control y determinar el daño causado por el nematodo. A través de un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones y seis tratamientos. Los tratamientos en estudio fueron: extractos de ajo, chile picante, canela, *Allium canadense*, un control con *M. incognita* y un testigo absoluto. Evaluando las variables de desarrollo, altura de la planta, peso fresco de la raíz, diámetro del tallo y número de agallas en 10 g de raíz y número de larvas en 100 g de suelo. Encontró que, en el peso de la raíz fresca, no hay diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento control (T5)

registró el mayor peso de la raíz fresca, con 28.8% más peso en comparación con el testigo absoluto, de acuerdo a la prueba de comparación de medias de Tukey, no existen diferencias significativas entre los tratamientos inoculados, los extractos vegetales redujeron el número de agallas hasta en un 20.5% respecto al tratamiento control. Concluyendo que las plantas tratadas con extractos de: ajo, chile picante y canela, presentaron mejor desarrollo, reducción del número de agallas en la raíz (11.5 y 20.5%) y número de larvas (66.7%). Provocó decrementos en el diámetro del tallo (50%) y altura de la planta (43.3%).

Martinotti & Castellanos (2016), evaluando el efecto nematicida de extracto de ajo, orujo de uva y alperujo de aceituna, sobre *Meloidogyne incognita* en vid. En Mendoza, Argentina. Teniendo como objetivo estudiar el efecto de extractos acuosos de: bulbillos de ajo, de compost inmaduro de alperujo de aceituna, de compost inmaduro de orujo de uva fresco y de compost inmaduro de orujo de uva agotado, en el control de *Meloidogyne incognita* en plantas de vid. A través de un diseño estadístico de parcelas completamente al azar con cuatro tratamientos y diez repeticiones. Evaluando las variables de eficacia en el control e incidencia de nematodos, midiendo el índice de agallamiento e índice de reproducción y población de hembras y huevecillos en la raíz y suelo. Encontró que, bajo las condiciones del presente experimento, el extracto acuoso de bulbillos de ajo, con un contenido de cuatro ppm, disminuye el índice de agallamiento, el índice de reproducción de formas juveniles y la población final de hembras de *M. incognita* en raíces de la planta de la vid. Los extractos acuosos de compost inmaduro de alperujo de aceituna, compost inmaduro de orujo de uva fresco y compost inmaduro de orujo de uva agotado, con contenidos de polifenoles totales de catorce ppm, diecisiete ppm y cuatro ppm respectivamente, no disminuyen el índice de agallamiento ni el índice de reproducción de *M. incognita* en raíces de plantas de vid. Concluyendo que con el efecto nematicida del extracto acuoso de ajo se pueda desarrollar un nematicida de bajo impacto ambiental y accesible.

Salazar & Guzmán (2014), evaluando el efecto nematicida de extractos de *Quassia amara* y *Brugmansia suaveolens* sobre *Meloidogyne* sp., asociados al tomate. En León, Nicaragua. Teniendo como objetivo evaluar extractos metanólicos de *Quassia amara*. y *Brugmansia suaveolens*, para determinar su efecto nematicida contra *Meloidogyne* sp. A través de un diseño completamente al azar en el que se evaluó el efecto de los extractos sobre *Meloidogyne* sp. a los 25, 50 y 75 DEE, un testigo absoluto (agua destilada) y un testigo químico (oxamil 50 mg/l), cada uno de estos tratamientos se repitió cuatro veces, para un total de 20 unidades experimentales. Evaluando las variables de efectividad e incidencia del nematodo en las raíces de tomate. Encontró que los mayores niveles de eficacia del extracto fueron a los 25 días de exposición al extracto, encontrándose cuarenta juveniles vivos representando un 80% de mortalidad de un total de 200 juveniles inoculados. Al cuantificar el índice de agallamiento fue de 1,1 en la escala de 0-5 sugerida por Taylor y Sasser (1978), lo que representa de una a dos agallas por planta. Al evaluar el FR se obtuvo un factor de 0,2, el cual por ser menor que uno, indica que la población del nematodo en lugar de crecer, se redujo, en este caso en un 80%. Concluyendo en este estudio fue en promedio menor o igual a dos, esto podría deberse a las propiedades de las cuasinas y neocuasinas, las que han demostrado ser capaces de inhibir la alimentación de organismos plagas como los insectos.

Castillo & Córdova (2014), evaluando el efecto de tres extractos vegetales sobre *Meloidogyne incognita* en tomate. En Loja, Ecuador. Teniendo como objetivo evaluar el efecto nematicidad de los extractos de *L. nicou*, hojas de *P. carthagenensis* y semillas de *T. peruviana*. A través de un diseño experimental completamente aleatorizado con 10 tratamientos y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental estuvo constituida por tres plantas. A las 13 semanas se determinó el índice de agallamiento, con la escala de 10 grados, así como la población del nematodo mediante la técnica de platos calados. Evaluando las variables de eficacia en el control y la incidencia del nematodo en las plantas de tomate. Encontró que tratamientos con los extractos

se registraron índices de agallamiento inferiores a los obtenidos en el testigo donde se observó un efecto de la concentración de los extractos de las tres especies vegetales sobre el índice de agallamiento. Se destaca el valor obtenido con *L. nicou* a la mayor concentración, que fue nueve veces inferior al testigo. El análisis estadístico con los datos de la población de nematodos en el sustrato mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos. En todos los extractos, los valores difirieron de los del testigo. Concluyendo con que los extractos etanólicos de raíces de *L. nicou*, de hojas de *P. carthagenensis* y semillas de *T. peruviana* provocaron una apreciable reducción, dependiente de la concentración, en el índice de agallamiento y de las poblaciones de los juveniles de *M. incognita* en tomate cultivado en condiciones de invernadero.

Arboleda & Guzmán (2012), evaluando el efecto de extractos cetónicos de higuierilla (*Ricinus communis*) sobre el nematodo barrenador (*Radopholus similis*). En Caldas, Colombia. Teniendo como objetivo determinar el efecto de extractos cetónicos de higuierilla (*Ricinus communis*) sobre el nematodo barrenador (*Radopholus similis*) In vitro. A través de un diseño experimental completamente al azar, en los tres tiempos de lectura, los tratamientos de los extractos cetónicos de frutos, raíces y hojas de higuierilla en la concentración de 100%. Evaluando las variables de eficacia del extracto de *Ricinus communis* In vitro. Encontró que hay diferentes cantidades de albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas en los extractos cetónicos de hojas, raíces, tallos y frutos de higuierilla, los extractos cetónicos de frutos, raíces y hojas de higuierilla en la concentración de 100%, tuvieron un efecto nematicida entre 73 y 89%, sin diferencias estadísticamente significativas con el testigo químico que tuvo valores entre 82 y 98% estos tratamientos mostraron diferencias significativas al testigo agua que presentó valores menores entre 0,7 y 12%. Concluyendo con que los extractos cetónicos de frutos, raíces y hojas de higuierilla en la concentración del 100% y en tres tiempos diferentes de evaluación, tuvieron efecto nematicida sobre el nematodo barrenador (*R. similis*) en condiciones in vitro, comportándose igual al testigo

Carbofuran después de 48 horas de ser aplicados. La prueba de Bradford permitió conocer la presencia de proteínas en los extractos de higuera, confirmando que el extracto cetónico tuvo una cantidad alta de albúmina y ricina, que influyó en la mortalidad mayor de *R. similis*.

Peláez & Alvarado (2015), evaluando el control químico del nematodo *Meloidogyne* spp. en el cultivo de papayo (*Cariaca papaya*). En el estado de Guerrero, México. Teniendo como objetivo determinar el daño causado por el nematodo en el cultivo, conocer la capacidad reproductiva del nematodo en el cultivo y valorar el efecto de los nematicidas sobre *Meloidogyne* sp. A través de un diseño completamente al azar, con cuatro repeticiones, generándose de tal modo, 24 unidades experimentales testigo, siendo los tratamientos *Meloidogyne* M, Vidate, Furadan+*Meloidogyne*, Furadan, Vidate+ *meloidogyne*. Evaluando las variables de eficacia de productos químicos en el control de nematodos en plantas de papaya y la incidencia midiendo el índice de reproducción y el índice de agallamiento. Encontró que de acuerdo con el análisis de varianza se presentó diferencia altamente significativa, al igual que la variable anterior, fue en el tratamiento *Meloidogyne* solo, el que mostro la mayor cantidad de larvas, con apenas 2.25. El tratamiento inoculado que presentó menor cantidad fue el N2, encontraron diferencias altamente significativas, donde el tratamiento con mayor volumen corresponde al tratamiento dos, correspondiente a *Meleidogyne* con un volumen de 23.35. En contra parte el tratamiento con un menor volumen de raíz fue el N1+M correspondientes a *Meloidogyne*. Concluyendo que en base a los objetivos planteados y a los resultados obtenidos el nematodo inoculado en el cultivo de papayo se identificó como *Meloidogyne incognita*. El cultivo de papayo no es un buen hospedante de *Meloidogyne incognita* ya que su desarrollo fue escaso y no causó daños al cultivo.

Flores (2003), evaluando la biofumigación en el control de nematodos en la producción de zanahoria *Daucus carota* L. en el municipio de Pastores, Sacatepéquez, Guatemala. Teniendo como objetivo evaluar los residuos de brócoli y gallinaza como agentes biofumigantes y su efecto



controlador de poblaciones de fitonematodos en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L). A través de un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y siete tratamientos (incluyendo al testigo), lo que hace un total de 28 unidades experimentales. Se utilizó este diseño a fin de minimizar la influencia en el suelo debido a la pendiente. Evaluando las variables de incidencia contando número de nematodos por 100 cc de suelo, número de nematodo por diez gramos de raíz, y componentes de desarrollo midiendo peso y longitud de la raíz de la zanahoria. Encontró que los residuos de brócoli aplicados al suelo cultivado con zanahoria a razón de 5 kg/m<sup>2</sup> con sello de agua, no liberan la suficiente cantidad de isotiocianatos para reducir las poblaciones de nematodos, también encontró que los residuos de gallinaza aplicados al suelo cultivado con zanahoria a razón de 5 kg/m<sup>2</sup> con sello de agua, liberan la suficiente cantidad de amoníaco para reducir las poblaciones de nematodos. Concluyendo que al aplicar residuos de brócoli al suelo para el control de nematodos el rendimiento de raíces sin daño por nematodos es de 25,697.96 kg/ha, y, al aplicar residuos de gallinaza para el control de nematodos del suelo el rendimiento de raíces sin daño por nematodos es de 85,113.12 kg/ha.

Carranza (2004), evaluando tres productos botánicos, *Crotalaria longirostrata*, *Tagetes tenuifolia* y *Asparagus officinalis* y dos concentraciones para control del nematodo *Meloidogyne* sp. en el cultivo de zanahoria (*daucus carota*); a nivel de invernadero. En la Universidad de San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria, Guatemala. Teniendo como objetivo evaluar la respuesta a la aplicación de tres productos nematicidas botánicos a base de *Crotalaria longirostrata*, *Tagetes tenuifolia* y *Asparagus officinalis* y dos concentraciones, para el control del nematodo *Meloidogyne* sp. en el cultivo de la zanahoria. A través de un diseño completamente al azar con siete tratamientos y tres repeticiones. La distribución de las unidades experimentales en el diseño, se realizó por medio de 21 papelitos con las letras de la A a la G metidas en una bolsa plástica. Evaluando las variables de rendimiento en kg por hectárea e incidencia y severidad del

ataque de nematodos en zanahoria. Encontró que el análisis de varianza de los resultados de campo no reportó diferencias entre los tratamientos; lo cual indica, que los productos botánicos no fueron superiores en rendimiento de materia fresca, ni disminuyeron la severidad y las poblaciones de nematodos fitoparásitos del género *Meloidogyne* sp. con respecto al testigo en el cultivo de la zanahoria bajo condiciones de invernadero. Concluyendo que los extractos vegetales en las concentraciones aplicadas no tuvieron el efecto significativo con respecto al testigo para el control de nematodos fitoparasíticos del género *Meloidogyne* sp. en el cultivo de zanahoria bajo condiciones de invernadero.

### **1.3. Justificación del proyecto**

La zanahoria es una de las diez hortalizas con mayor producción y consumo en el mundo. En Guatemala la zanahoria representa el 6.7% del suministro anual de alimentos del tipo hortícola y la producción para el año 2016 era de 92,368,181 kg en 3,010 ha cosechadas. Estos volúmenes se concentran en un 77% en tres departamentos que son Chimaltenango con 36%, Sololá 23% y Quetzaltenango con un 18 %, donde el municipio con mayor producción de zanahoria es Zunil (MAGA, 2016).

La zanahoria ha tomado relevancia en los últimos años, para el año 2016 las exportaciones al mercado centroamericano superaron las 43,000 toneladas, con un incremento de 5.7 a 7.8 millones de dólares entre el año 2012 y el año 2016. Para llegar a este incremento el área aumentó en un 13%, ya que los productores tienen como principal problema los bajos rendimientos causados por malas prácticas agrícolas, incidencia de plagas, enfermedades y principalmente el ataque de nematodos fitoparásitos, los cuales reducen considerablemente los rendimientos del cultivo.

En este sentido, los planes fitosanitarios y el manejo integrado del cultivo han resultado deficientes para el control de los nematodos fitoparásitos, provocando que los productores tengan

grandes pérdidas en la producción, aumenten los costos de producción, utilizando plaguicidas altamente tóxicos con dosis más altas y con controles deficientes y un impacto negativo al ambiente. Los inductores de resistencia activan los sistemas naturales de defensa de las plantas. Estudios recientes han demostrado la efectividad de los inductores de resistencia en el control de nematodos fitoparásitos en plántulas de plátano (Quintero & Castaño, 2012), mediante la formación de sustancias de defensa como quitinasas, peroxidasas y fitoalexinas. Por tal razón se determinó el efecto de un inductor de resistencia para el control de nematodos fitoparásitos en zanahoria en Zunil, Quetzaltenango, como una alternativa sustentable y bajo impacto ambiental ante dicha problemática.

#### **1.4. Objetivos del proyecto**

##### **1.4.1. General**

Determinar el efecto de un inductor de resistencia en el control de nematodos en el cultivo de zanahoria, Zunil, Quetzaltenango.

##### **1.4.2. Específicos**

Determinar el efecto de un inductor de resistencia en el rendimiento del cultivo de zanahoria.

Determinar el efecto de un inductor de resistencia en el crecimiento vegetativo de la zanahoria.

Determinar el efecto de un inductor de resistencia en la incidencia y severidad de nematodos en el cultivo de zanahoria.

Determinar qué tratamiento presenta mayor rentabilidad en el cultivo de zanahoria.

## **2. DESARROLLO DEL PROYECTO**

### **2.1. Descripción del proyecto**

#### **2.1.1. Contexto del proyecto**

Las actividades agrícolas representan uno de los pilares de la economía de la sociedad guatemalteca, este es el mismo caso para el municipio de Zunil, donde más del 60% de la población se dedica a actividades agrícolas como base de su economía; las actividades agrícolas se encuentran tanto en el área urbana como el área rural del municipio, donde se producen diversidad de cultivos del tipo hortícola, de los que destacan la producción de lechuga, cebolla, tomate y zanahoria (Segeplan, 2010)

En la actualidad en el municipio de Zunil es uno de los proveedores de mayor relevancia para abastecer los mercados de hortalizas tanto nacionales como internacionales, provee a municipios cercanos como Cantel, Salcajá y la cabecera departamental de Quetzaltenango, así como a los departamentos de la costa sur y oriente del país, y las exportaciones de hortalizas al mercado centroamericano, principalmente a Honduras y El Salvador.

En relación al cultivo de zanahoria, su actividad agrícola se realiza durante todo el año debido a que es un cultivo anual pero que su etapa vegetativa, que es como se comercializa, dura en promedio cuatro meses, por lo que se tienen tres ciclos de producción al año. Para el año 2015 generó 504,240 jornales al año, lo que equivale a 1,801 empleos permanentes (MAGA, 2015).

La exportación de cultivos agrícolas representa una importante fuente generadora de divisas, tal es el caso de la zanahoria que para el año 2016 generó más de 7.7 millones de dólares en exportaciones al mercado centroamericano, con un incremento anual del 15% (MAGA, 2016).

Sin embargo, la producción de zanahoria tiende a ser irregular por diversos factores, de los cuales el ataque de nematodos toma importancia, estos reducen considerablemente la producción

del cultivo, dando como resultado pérdidas en la producción, aumento en costos de producción y el uso indiscriminado de plaguicidas. Al respecto se han realizado estudios en otros países para solucionar esta problemática, al controlar los nematodos con inductores de resistencia, destacando el estudio realizado por Quintero & Castaño (2012), determinando la efectividad de los inductores de resistencia en el control de nematodos en plántulas de plátano. Encontrando que la aplicación de los inductores de resistencia redujo significativamente las poblaciones de nematodos fitoparásitos en raíces de plántulas de plátano entre 61% y 91%. Asimismo, las plantas tratadas con los inductores de resistencia Fosfito de potasio, Fosetil Al, ASM y BABA, presentaron raíces más largas que aquellas que no recibieron aplicación de dichos productos. Los inductores de resistencia activan los sistemas naturales de defensa de las plantas mediante la formación de sustancias de defensa como quitinasas, peroxidases y fitoalexinas que tienen efectos biosidas sobre hongos, insectos y nematodos.

En este sentido se propuso realizar un proyecto que permitiera adaptar la aplicación de un inductor de resistencia para determinar el control sobre nematodos fitoparásitos en el cultivo de zanahoria, como alternativa sustentable a dicha problemática.

### ***2.1.2. Tipo de proyecto***

El control de nematodos fitoparásitos es un tema de interés y muy necesario para los productores de zanahoria. En países como Colombia y Argentina se ha adaptado el uso de inductores de resistencia para combatir patógenos en cultivos como la zanahoria con resultados positivos. Debido a esto se propuso realizar un proyecto que permita adaptar el uso de un inductor de resistencia en una parcela comercial de zanahoria, para determinar la respuesta de éste en cuanto a las variables de desarrollo vegetativo, rendimiento, incidencia, severidad y factores económicos propios del cultivo.

Generalmente los inductores de resistencia se aplican de manera foliar y genera diversidad de sustancias internamente en la planta, estas sustancias son las que tienen el efecto biosida sobre los patógenos. Por lo tanto, mediante el proyecto de adaptación de un inductor de resistencia para el control de nematodos fitoparásitos, se dio una respuesta técnica al problema de la disminución de la producción por el ataque de nematodos.

### ***2.1.3. Tamaño de proyecto***

El proyecto se realizó en la aldea Chuimucubal del municipio de Zunil, Quetzaltenango. Por la naturaleza del estudio y del cultivo se procedió a trabajar con dos parcelas brutas, una con la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio) y la otra con la aplicación de oxamyl. El área utilizada fue de 441 m<sup>2</sup>, comprendida en dos parcelas brutas de 220.5 m<sup>2</sup> cada una, esto para tener mayor homogeneidad en las condiciones del suelo y de esta manera evitar la variabilidad que incide en el error experimental. Las dimensiones de cada parcela bruta fueron 10.5 m \* 21 m, la parcela neta fue de 8.5 m \* 19 m, para tener un área de 161.5 m<sup>2</sup>. El distanciamiento establecido dentro de la plantación fue de 0.15 m entre plantas y 0.15 m entre surcos, complementando una densidad de 9,800 plantas por parcela bruta y 7,178 plantas por parcela neta. Las parcelas se detallan en el siguiente croquis de campo.

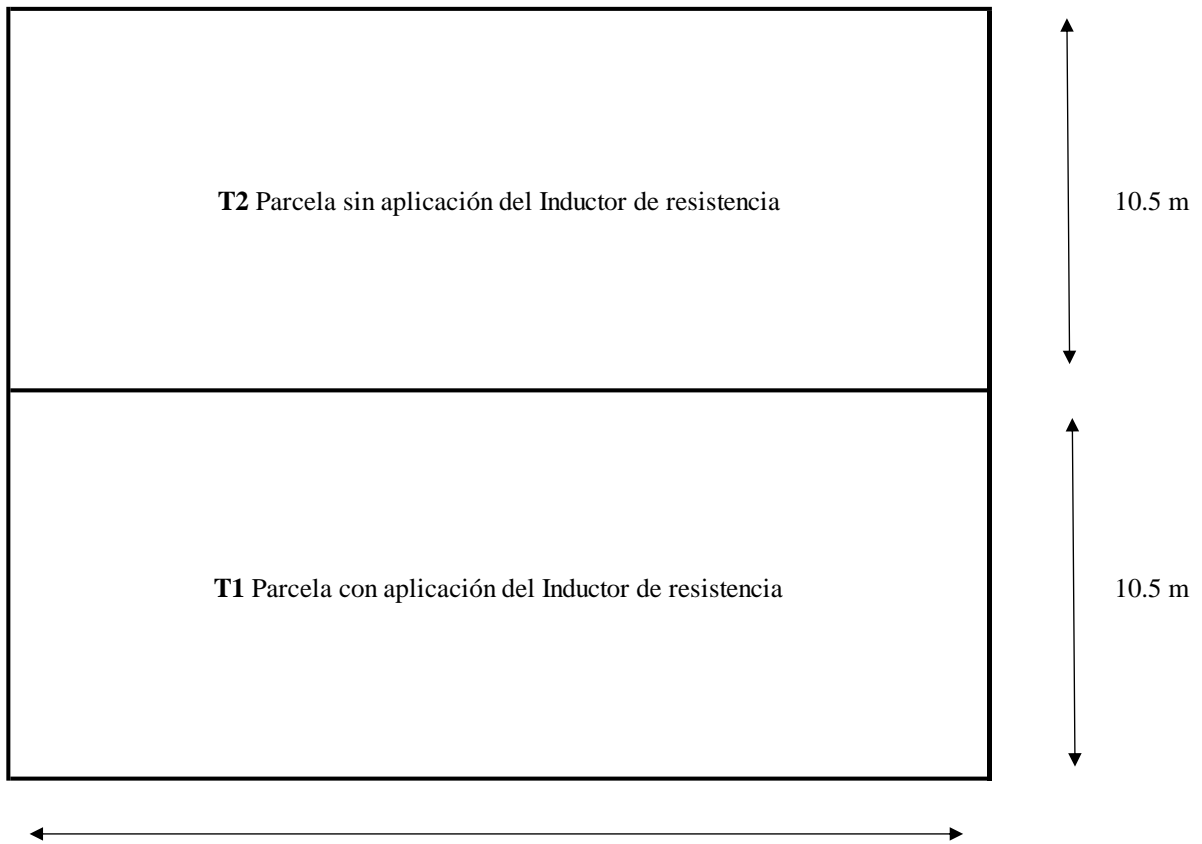


Figura 1. Croquis de campo de la aplicación de un inductor de resistencia en el cultivo de zanahoria Zunil, Quetzaltenango

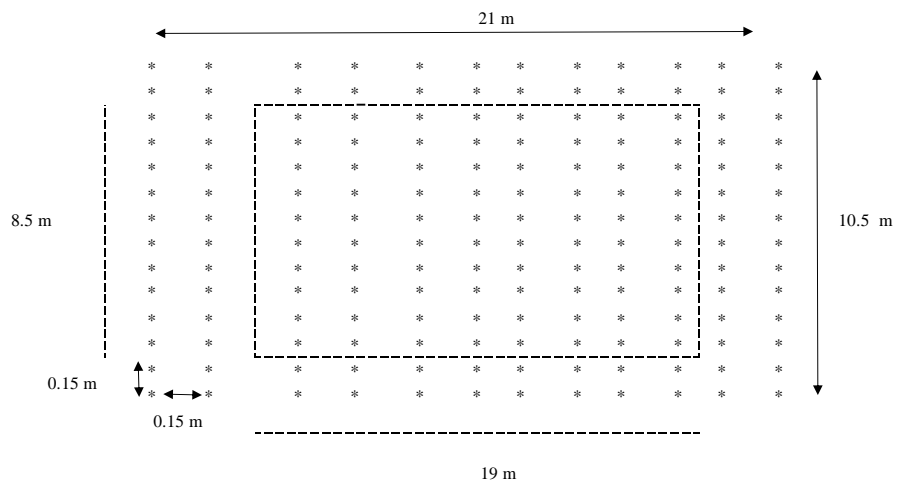


Figura 2. Unidad experimental utilizada en aplicación de un inductor de resistencia para el control de nematodos en zanahoria Zunil, Quetzaltenango.

**Referencia:** T1= aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio) a una dosis de 2.5 l/ha; T2= testigo relativo, aplicación de oxamyl

#### **2.1.4. Descripción de la localización del proyecto**

El municipio de Zunil se encuentra ubicado geográficamente a una latitud norte de 14°47' 01" y longitud oeste de 91° 29' 04", a una altura de 2,076 metros sobre el nivel del mar al centro del municipio. El acceso al municipio puede ser por la carretera interamericana donde a 24 km al sur se encuentra el departamento de Retalhuleu. Dicho municipio se encuentra a cinco kilómetros de la cabecera departamental y municipal de Quetzaltenango y a 210 km de la ciudad capital; colinda al sur con Pueblo Nuevo (Suchitepequez) al norte con Almolonga y Quetzaltenango, al este con Cantel, y al Oeste con El Palmar, municipios del departamento de Quetzaltenango y cuenta con un área aproximada según estadística de 92 km<sup>2</sup> (Segeplan, 2016).

La cabecera municipal está en una planicie de la parte inferior de un desfiladero que limita por el este con la carretera asfaltada y por el oeste con el río Samalá. En cuanto a la topografía, la región como es característica en la cadena volcánica del pacífico, está surqueada por barrancas y cauces de ríos, el relieve es muy escarpado, con pendientes promedio de 36.5%; prácticamente no hay planicies. Los suelos están clasificados en dos categorías, cadena volcánica que abarca 2/5 partes del departamento de Quetzaltenango y la pendiente volcánica reciente formado por llanos cóncavos con abanicos aluviales donde en las partes superiores presentan 22% de inclinación (Segeplan, 2016).

La temperatura promedio del municipio tiene una máxima de 24° C y una mínima de 6° C, y la humedad relativa promedio es de 85%, y la precipitación anual es de 3,000 mm. En el municipio se encuentran los ríos: Tzarajmacaj, Pachamiya y uno de los nacimientos que abastece el río Ixtacapa. El río Tzarajmacaj nace en la falda noroeste del volcán Santo Tomás, el cual es



aprovechado para irrigación de cultivos y para usos domésticos de la aldea Estancia de la Cruz. El río Pachamiya nace en la parte norte del volcán Zunil y abastece a los pobladores de la aldea Chuimuchubal que utilizan el agua de este río para el uso agrícola y doméstico (Segeplan, 2016).

El municipio está influenciado por tres zonas de vida conformadas por bosque muy húmedo montano subtropical, bosque muy húmedo montano bajo subtropical y bosque montano húmedo montano bajo subtropical. En cuanto a la geografía el municipio está rodeado de colinas y volcanes y en la fisiografía rodeada de montañas (Segeplan, 2016).

### **2.1.5. Procedimientos**

**Material de estudio.** El material de estudio fue la planta de zanahoria, pertenece a la familia Umbelliferae. Las raíces tienen forma redondeada, las raíces varían de tamaños según la variedad cultivada, el diámetro en la parte superior de la raíz está en un rango de dos a diez centímetros, el largo se extiende entre cinco y 50 centímetros, aunque la mayoría de variedades están en un rango de 25 centímetros. El tallo se encuentra al ras del suelo por lo que no tiene entrenudos visibles, en los nudos se encuentran las yemas que dan origen a las rosetas de hojas; cuando empieza la etapa reproductiva el tallo se alarga y en su ápice se forma la inflorescencia primaria. Las hojas primarias aparecen entre una y dos semanas después de la germinación. Las hojas son pubescentes, pinnatisectas, con segmentos lobulados o pinnatífidos. Los pecíolos son largos, expandidos en la base (Gaviola, 2013).

**Nematodos.** Los nematodos parásitos de plantas son un grupo de gusanos microscópicos que viven en el suelo y atacan las raíces o partes aéreas de la mayoría de los cultivos. Con frecuencia causan daños tan serios, que es imposible mantener una agricultura económicamente viable, sin el uso de alguna forma de control nematológico. Debido a que la mayoría de los agricultores e incluso técnicos poseen sólo un conocimiento básico sobre nematodos, la búsqueda

de ayuda profesional se hace necesaria a la hora de tomar decisiones sobre el manejo de las enfermedades causadas por estos. En concreto, el agricultor busca que sus muestras de suelo y raíces sean analizadas para la detección de nematodos, así como el consejo profesional sobre si los nematodos presentes pueden causar algún daño a sus cultivos o si serán necesarias algunas medidas de control (Talavera, 2003).

**Descripción del tratamiento a evaluar.** El tratamiento evaluado fue una formulación comercial de fosfito de potasio. Los inductores de resistencia son productos biológicos o fitoquímicos que se utilizan para que las plantas puedan expresar sus propios mecanismos de defensas tanto físicos como químicos (fitoalexinas), para contrarrestar el ataque de factores bióticos (plagas) entre ellas las fitopatológicas, insectiles y malezas, y factores abióticos como exceso de humedad, condiciones extremas de déficit hídrico entre otras (Osorio, 2014). Involucran sustancias capaces de inhibir el crecimiento del patógeno o generar condiciones adversas para su sobrevivencia en los tejidos del hospedante. Estos son los fenoles, alcaloides glicosídicos, lactosas insaturadas, glicosídeos fenólicos y cianogenéticos, inhibidores proteicos, fototoxinas, quitinasas y  $\beta$ -1, 3 glucanasas.

Para el análisis estadístico de la información se utilizó la T de Student considerando que esta prueba estadística se aplica para determinar si hay diferencia significativa entre las medias de dos grupos independientes y pequeños que tengan distribución normal y homogeneidad en sus varianzas para examinar las diferencias entre dos muestras (Fernández, Trapero, & Dominguez, 2010).

**Diseño de los tratamientos.** El análisis de la aplicación del inductor de resistencia se realizó a través de la comparación de dos muestras (muestras independientes), que se utiliza cuando se desea comparar las medias de dos poblaciones y para ello se toman muestras de cada una de ellas independientemente. Debido a la naturaleza del muestro y de las poblaciones, el tamaño de las

muestras puede ser igual o distinto y las varianzas respectivas pueden también ser iguales o diferentes (Fernández, Trapero, & Domínguez, 2010).

En la parcela de aplicación del inductor de resistencia se utilizó fosfito de potasio y en la parcela testigo se utilizó oxamyl. Para evitar la variación entre las parcelas se colocaron una al lado de otra, tal como se muestra en la figura uno, para que la única diferencia entre las parcelas sea la aplicación del inductor de resistencia en comparación al ingrediente activo oxamyl.

### **Manejo del proyecto.**

*Análisis de suelo.* Se realizó un análisis de suelo, con la finalidad de conocer que nematodos fitopatógenos están presentes en el suelo y en qué cantidades antes de la aplicación del fosfito de potasio como método de control.

*Trazo de parcelas.* Se realizó con la finalidad de delimitar el área del proyecto y diferenciarlo del resto de la plantación. Esta actividad fue realizada por el titular del proyecto. El tiempo estimado de realización fue de un día. Los materiales a utilizar fueron: cinta métrica, azadón, rastrillo, estacas.

*Aplicación del inductor de resistencia.* Las aplicaciones del inductor de resistencia se realizaron vía foliar a través de una aspersora de mochila de dieciséis litros, calibrada antes de la aplicación para proporcionar una cobertura óptima, se aplicó una dosis de 2.5 l/ha, se realizaron tres aplicaciones según las recomendaciones emanadas del trabajo de Quintero & Castaño (2012); la primera aplicación se realizó a los 25 días de la siembra, la segunda aplicación se realizó 40 días de la siembra y la última aplicación se realizó a los 55 días de la siembra, se dio un intervalo de 15 días entre las aplicaciones, que es el período promedio que dura el efecto del inductor de resistencia. El encargado de realizar la aplicación fue el titular de proyecto. La aplicación se realizó a partir de la cuarta semana de la siembra. La hora de aplicación fue de seis a.m. a nueve a.m., esto con la

finalidad de aprovechar las condiciones óptimas de la velocidad del viento, humedad relativa y temperatura, factores que influyen en una aplicación eficiente.

De las plantas a las que se les aplicó el inductor de resistencia se tomó una muestra representativa, a estas se les midió la altura de las hojas, y de igual manera se midió el diámetro polar de las raíces y la incidencia y severidad del ataque de nematodos, estas mediciones se realizaron al momento de la cosecha.

**Fertilización.** Uno de los factores determinantes en el cultivo de zanahoria es la fertilización. El objetivo de la fertilización es cubrir los requerimientos de nutrientes de la planta evitando los excesos en su aplicación. Para el proyecto la fertilización se manejó según el programa del agricultor, consistiendo en cinco fertilizaciones iniciando con la fórmula de fertilizante 21-17-3+ 4S a los cinco días de la siembra a una dosis de 360 kilos por hectárea, la segunda fertilización se realizó a los 25 días de la siembra, aplicando nitrato de calcio a dosis de 206 kilos por hectárea, la tercera aplicación se realizó con una fórmula balanceada en macronutrientes 15-15-15 a los 40 días de la siembra a una dosis de 360 kilos por hectárea, la cuarta fertilización se realizó a los 60 días aplicando la fórmula 19-4-19+3MgO+1.9S+0.1B+0.1Z, usando una dosis de 360 kilos por hectárea y la última aplicación se realizó a los 85 días de la siembra utilizando nitrato de potasio a una dosis de 206 kilos por hectárea

**Riego.** El riego se aplicó a través de aspersores, en las primeras semanas después de la siembra se realizaron riegos cortos y más frecuentes, aplicando 30 minutos de riego tres veces por semana, posteriormente a la germinación el riego se aplicó por mayor tiempo regando por 60 minutos una vez por semana y al momento y en los últimos 30 días se incrementó la aplicación de riegos a dos veces por semana con la finalidad de estimular el engrosamiento de la raíz.

**Establecimiento de cultivo.** Primero se realizó la preparación del suelo, ya estando barbechado y con la materia orgánica incorporada, se trazaron los tabloncillos donde estaría cada

tratamiento, las semillas fueron sembradas de manera individual con la finalidad de garantizar un mayor porcentaje de germinación y menor trabajo en el raleo.

**Raleo.** Consiste en retirar las plántulas que han germinado de más para dejar una planta cada 15 cm. Esta actividad se realizó a los 30 días después de la siembra.

**Control de plagas y enfermedades.** El programa fitosanitario empleado por el agricultor fue el mismo para las dos parcelas (con aplicación del inductor de resistencia y testigo) que incluye principalmente agroquímicos, las aplicaciones para el control de nematodos se iniciaron el día de la siembra y se realizaron tres aplicaciones con un intervalo de siete días entre cada aplicación. En cuanto a las aplicaciones para el control de hongos, bacterias e insectos al follaje se realizaron con un intervalo de ocho días entre aplicaciones utilizando una aspersora de mochila previamente calibrada para realizar una aplicación homogénea que permitiera un control efectivo. Los grupos químicos utilizados para el control de plagas fueron neonicotinoides, piretroides y organofosforados; mientras que los grupos químicos de los ingredientes activos para el control de hongos fueron: benzimidazoles, estrobilurinas, triazoles y ditiocarbamatos.

**Cosecha.** La zanahoria se encontraba lista para ser cosechada aproximadamente a los cuatro meses después de la siembra; previo a la cosecha se verificó el diámetro de la raíz. Esta actividad se realizó de forma manual arrancando la raíz. Después de ser arrancada la raíz, se realiza una selección del producto en campo, donde se eliminaron las zanahorias que no cumplieron con las exigencias del mercado.

**Registro de datos.** Está actividad consistió en el registro de los datos obtenidos de las variables de estudio y el rendimiento obtenido del proyecto. Estuvo a cargo el titular del proyecto.

## 2.2. Indicadores y medios de verificación

### 2.2.1. *Indicadores de rendimiento*

**Rendimiento en toneladas por hectárea.** Para obtener el rendimiento en toneladas por hectárea se procedió a cuantificar la cantidad de producción del área de cada parcela neta para posteriormente extrapolar los datos a toneladas de producción por hectárea; las raíces de zanahoria fueron clasificadas según su comercialización en primera, segunda y tercera y pesadas a través de una báscula previamente calibrada; se debe mencionar que estos datos se midieron al momento de la cosecha.

### 2.2.2. *Indicadores de crecimiento vegetativo*

**Altura de planta.** Se precedió a tomar la altura de la planta al momento de la cosecha para determinar la diferencia entre los tratamientos. Este indicador se midió mediante una cinta métrica y se midió desde el suelo hasta el ápice de las hojas.

**Largo de raíz.** Esta variable es de las más importantes ya que del largo de la raíz depende la calidad de la zanahoria para su comercialización. Para obtener esta variable de estudio se midió el diámetro polar de la raíz mediante una cinta métrica, esta actividad se realizó al momento de cosechar el cultivo.

### 2.2.3. *Incidencia y severidad*

**Incidencia.** La incidencia del ataque de nematodos fitoparásitos de las plantas se calculó mediante la fórmula:

$$I(\%) = \frac{\text{Nro. De plantas afectadas}}{\text{Nro. Total de plantas}} \times 100$$

(Castillo & Jimenez, 2002).

**Severidad.** Para determinar el grado de severidad se utilizó la escala propuesta por Sandoval y Lomas (2007), desarrollada con el fin de obviar las variaciones de criterios en la evaluación de la severidad de daño de los nematodos, Rivera (1994) y Rivera et al., (1993), citados por Ramos, et al., (1998), desarrollan una escala de cinco grados (cero a cuatro) que permite determinar el grado de infestación del suelo a través del número de nudos en la raíz (Sandoval & Lomas, 2007).

Para obtener estos datos al momento de la cosecha se procedió a cuantificar la cantidad de bifurcaciones en la raíz de zanahoria considerando que en el estudio realizado en Mendoza, Argentina, se estableció que en las raíces bifurcadas y en las agallas se observaba la presencia de nematodos en las raíces secundarias (Gaviola, 2013).

**Tabla 1.**

*Escala de infestación en el suelo a través del número de nudos en las raíces*

Grado	Número de nudos	Infestación del suelo
0	0	Libre
1	1-10	Ligera
2	11-31	Moderada
3	31-75	Elevada
4	> 75	Fuerte

(Sandoval & Lomas, 2007)

#### **2.2.4. Indicadores económicos**

**Rentabilidad por hectárea.** Para determinar las utilidades y la rentabilidad de la aplicación del inductor de resistencia, se realizó el cálculo para una hectárea de cultivo. Se procedió a realizar un análisis de costos; para efectuar dicho análisis se determinaron los egresos tomando en cuenta todos los rubros que se requieren en el proceso de producción, clasificándolos en costos directos y costos indirectos. El total de los egresos (TE) se restaron al total de los ingresos brutos

(TI) obtenidos de la producción para determinar la utilidad de cada uno de los tratamientos, posteriormente se determinó la rentabilidad de cada tratamiento mediante la fórmula que se presenta a continuación (Sánchez, 2016).

$$\text{Rentabilidad en \%} = \left( \frac{TI}{TE} \right) - 1 * 100$$

## **2.3. Metodología de evaluación del proyecto**

### **2.3.1. Indicadores de resultados**

**Indicadores de logros.** En cuanto a los cambios obtenidos mediante la aplicación del inductor de resistencia, el logro más significativo fue una mejoría en cuanto al control de nematodos fitoparásitos en las plantas tratadas. La aplicación del inductor de resistencia proporcionó las condiciones adecuadas para que la planta genere sus propios mecanismos de defensa, y su respuesta fue positiva ante el ataque de nematodos fitoparásitos, reduciendo la incidencia de los nematodos y una mejor expresión del cultivo en cuanto su desarrollo y rendimiento.

**Indicadores de impacto.** El proyecto tuvo un grado de satisfacción para el productor de zanahoria, por lo que queda hacer la transferencia de información para que pueda implementarse a gran escala para cubrir las necesidades de áreas donde la producción sea baja por motivos de la presencia de nematodos.

### **2.3.2. Indicadores de gestión.**

**Indicadores de procesos.** Se llevó a cabo los procesos que indican los manuales de ensayos y protocolos para realizar el proyecto, ya que algunas actividades son específicas para el género de nematodo a tratar. Se le dio un seguimiento semanal al proyecto asegurándose que las actividades



se realicen con normalidad, se solicitaron los permisos necesarios para la implementación del proyecto.

**Indicadores de recursos.** Los recursos necesarios para la realización del proyecto fueron provistos por el titular del proyecto. El titular del proyecto fue quien proveó de insumos como: fertilizantes, plaguicidas, herramienta agrícola, equipo de protección personal, el inductor de resistencia, equipo de aplicación y semillas. El titular del proyecto proveó el desempeño técnico para la realización del proyecto, seguimiento desde su inicio hasta su finalización.

#### **2.4. Presupuesto del proyecto**

Para la realización del presupuesto se utilizó como base el costo de los recursos en plantaciones de ciclos anteriores. Los rubros que se tomaron en consideración para el área de 441 m<sup>2</sup> son los siguientes: arrendamiento, semillas, fertilizantes, productos fitosanitarios, herramientas agrícolas, jornales, abono orgánico, el inductor de resistencia, empaque y transporte de la cosecha. El costo total del proyecto fue de Q. 5,000.00

#### **2.5. Cronograma de trabajo**

El proyecto dio inicio a partir de la fecha 15/01/20 con las actividades de análisis de suelo, y finalizó el 31/06/20. Para la elaboración del cronograma se tomaron en consideración las diferentes actividades a realizar en el manejo del proyecto junto con los tiempos estimados.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Evaluación del proyecto

##### 3.1.1. Aspectos técnicos

###### Resultados de rendimiento (t/ha).

**Tabla 3.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable rendimiento en t/ha para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Par	Parcela B (sin aplicación)	Parcela A (con aplicación )	Diferencia
1	104.60	101.20	3.40
2	127.00	113.93	13.07
3	133.73	98.40	35.33
4	113.13	105.47	7.67
5	108.47	97.33	11.13
6	117.07	119.33	-2.27
7	103.67	107.27	-3.60
8	71.47	99.20	-27.73
9	120.27	100.07	20.20
10	102.93	79.13	23.80
11	101.53	149.00	-47.47
12	99.40	103.47	-4.07
13	82.87	107.47	-24.60
14	137.40	88.67	48.73
15	94.60	92.07	2.53
16	156.20	124.67	31.53
17	110.40	103.53	6.87
18	156.53	127.00	29.53
19	94.67	86.80	7.87
20	107.20	114.73	-7.53
Total	2,243.13	2,118.73	124.40
Media	112.16	105.94	6.22
Porcentaje relativo	106%	100%	
Varianza	472.73	252.33	520.52

De acuerdo con datos presentados en la tabla anterior, el promedio general para la variable de rendimiento fue de 109.05 t/ha, en donde la parcela sin aplicación del inductor de resistencia

presentó 112.16 t/ha, asimismo se debe mencionar que la parcela con aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5 l/ha), el promedio de rendimiento fue de 105.94 t/ha, el cual es inferior a la parcela sin aplicación del inductor de resistencia, presentado una diferencia del 6 % entre los dos tratamientos. Es importante señalar que el rendimiento en t/ha obtenido durante la ejecución del proyecto es superior al rendimiento del cultivo de zanahoria reportado por Bejo (2018), donde indica que el promedio de producción para la zanahoria de color naranja para consumo en fresco oscila entre 70 a 85 toneladas por hectárea.

**Tabla 4.**

*Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable rendimiento t/ha para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Ho	$\mu_B = \mu_A$
Ha	$\mu_B > \mu_A$
T calculada	1.0330
T tablas 005	2.0244
T tablas 001	2.7116

De acuerdo a los datos presentados en la tabla anterior al realizar el análisis estadístico de los tratamientos evaluados, se pudo determinar que no existe diferencia estadística entre los tratamientos para la variable de rendimiento en t/ha, puesto que el valor de la T calculada es inferior al valor de T tabulada al 5% y al 1%, para 2n-2 (38 grados de libertad) por lo tanto, se puede establecer que la aplicación del inductor de resistencia no presentó ningún efecto sobre la variable de rendimiento en el cultivo de zanahoria y por tal forma se rechaza la hipótesis alternativa y se acepta la hipótesis nula, aunque se debe mencionar que en el tratamiento donde no se realizó la aplicación del inductor de resistencia fue el que presentó los mejores resultados.

En este sentido se debe mencionar que el incremento que hubo en el tratamiento donde no se realizó la aplicación del inductor de resistencia, se le puede atribuir al daño provocado por

nematodos, ya que las larvas de estos al penetrar las raíces inyectan toxinas que dan como consecuencia hipertrofia celular generando las típicas agallas o bifurcaciones en las raíces de zanahoria, lo cual puede incrementar el peso de la raíz (Picca, 2014).

Los resultados expuestos concuerdan con la investigación de López (2017), quien determinó que al no realizar control de nematodos en el cultivo de zanahoria se puede incrementar el peso de la raíz ya que se manifiestan bifurcaciones radiculares que pueden incrementar el diámetro de las raíces, lo cual repercute en un incremento de peso, aunque es importante puntualizar que ese incremento en el peso de las raíces no representa un alto valor comercial.

**Resultados de crecimiento vegetativo.** Por medio de los indicadores de altura de planta y largo de raíz se comprobó si la aplicación del inductor de resistencia influyó en el desarrollo vegetativo del cultivo de zanahoria durante la evaluación.

Según Gaviola (2013), el área foliar está directamente asociada con los procesos biológicos y fisiológicos de los cultivos, a medida que la altura de planta es mayor así será el área fotosintética, lo que le permite a la planta generar sustancias ricas en energía. Estas sustancias permiten que la planta mantenga activos todos sus procesos y el uso eficiente del recurso hídrico, así como la nutrición mineral y obtener el potencial genético de los cultivos. Además, se debe mencionar que los tallos de zanahoria tienen en su ápice la inflorescencia primaria y dependiendo de la variedad los tallos pueden medir entre 40 centímetros hasta los 75 centímetros, las hojas verdaderas empiezan a desarrollarse a partir de la segunda semana después de la germinación, las hojas son pubescentes, pinnatisectas y con segmentos lobulados expandidos en la base.

Asimismo, el largo de la raíz en el cultivo de zanahoria es de mucha importancia, ya que esta es la parte comercial, la raíz tiene una función almacenadora de grandes cantidades de azúcares por lo tanto las zanahorias de alta calidad son las que poseen mayor contenido de floema que xilema, ya que el floema tiene mayor acumulación de azúcares y carotenos. La forma de la raíz es

gruesa y alargada con forma de cono, que puede variar su longitud dependiendo de la variedad cultivada, generalmente oscila entre 15 y 17 centímetros, pudiendo llegar hasta los 20 centímetros. El peso también varía entre los 100 y los 250 gramos, las variedades más representativas son las que poseen colores naranjas para su consumo en fresco (Murcia, 2014). A continuación, en la tabla número cinco se presentan los datos de campo de las variables altura de planta y largo de raíz para las dos parcelas evaluadas (con aplicación y sin aplicación de IDR), los cuales se obtuvieron al momento de la cosecha midiendo cada una de las mismas con una cinta métrica.

**Tabla 5.**

*Resultados de crecimiento vegetativo en parcela con aplicación y sin aplicación de inductores de resistencia, en Zunil Quetzaltenango 2020.*

Par	Parcela A (con aplicación)		Parcela B (sin aplicación)	
	Altura de planta (cm)	Largo de raíz (cm)	Altura de planta (cm)	Largo de raíz (cm)
1	36.00	23.60	44.40	22.00
2	35.60	24.20	47.20	28.20
3	38.60	23.20	41.40	28.00
4	40.60	21.20	39.00	24.40
5	37.60	17.60	40.00	28.60
6	34.60	26.20	41.60	26.00
7	34.40	27.40	35.40	25.80
8	45.80	26.40	47.20	27.80
9	40.00	20.20	47.40	25.00
10	42.80	24.40	39.60	27.00
11	45.40	26.00	43.60	26.20
12	49.80	22.40	40.40	27.00
13	49.40	26.40	42.20	25.60
14	40.60	25.40	45.20	23.00
15	39.80	25.20	43.60	19.00
16	44.60	21.20	39.80	23.00
17	47.00	27.20	41.80	29.00
18	40.80	26.00	43.20	28.00
19	42.60	29.20	46.40	21.20
20	46.00	28.80	48.00	26.40
Promedio	41.60	24.61	42.87	25.56

Según los datos presentados en la tabla anterior, el promedio general de altura de planta durante la evaluación realizada fue de 42.24 centímetros, siendo la parcela donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a una dosis de 2.5 l/ha), la que presentó una altura de planta de 41.60 centímetros, la cual es inferior a la altura de planta de la parcela utilizada como testigo relativo (sin aplicación de inductor de resistencia) presentando un promedio de altura de planta de 42.87 centímetros; se debe mencionar que el promedio de altura de planta obtenida durante la evaluación coincide con el rango mencionado por Gaviola (2013), en donde hace mención que el cultivo de zanahoria alcanza una altura de planta que va de 40 a 75 centímetros.

En este sentido, al realizar un análisis numérico de los datos de campo obtenidos en la variable largo de raíz, se puede determinar que la parcela donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a una dosis de 2.5 l/ha), también tuvo un comportamiento inferior a la parcela comparativa que en este caso fue un testigo relativo donde no se realizó ninguna aplicación del inductor de resistencia, aunque en los dos tratamientos se obtuvieron medias de largo de raíz que se encuentran por encima del largo de raíz reportado por Murcia (2014), en donde indica que la raíz de zanahoria puede llegar a medir hasta 20 centímetros de largo.

Cabe mencionar que para las variables que corresponden a los componentes de crecimiento vegetativo existe una leve diferencia numérica entre las dos parcelas evaluadas; por lo tanto, para determinar técnicamente el efecto de la aplicación del inductor de resistencia sobre las mismas, los datos obtenidos se sometieron a la comparación de dos muestras por medio del cálculo de muestras independientes como se presenta a continuación.

### *Altura de planta*

**Tabla 6.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable altura de planta para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

<b>Par</b>	<b>Parcela B (sin aplicación)</b>	<b>Parcela A (con aplicación)</b>	<b>Diferencia</b>
1	44.40	36.00	8.40
2	47.20	35.60	11.60
3	41.40	38.60	2.80
4	39.00	40.60	-1.60
5	40.00	37.60	2.40
6	41.60	34.60	7.00
7	35.40	34.40	1.00
8	47.20	45.80	1.40
9	47.40	40.00	7.40
10	39.60	42.80	-3.20
11	43.60	45.40	-1.80
12	40.40	49.80	-9.40
13	42.20	49.40	-7.20
14	45.20	40.60	4.60
15	43.60	39.80	3.80
16	39.80	44.60	-4.80
17	41.80	47.00	-5.20
18	43.20	40.80	2.40
19	46.40	42.60	3.80
20	48.00	46.00	2.00
Total	857.40	832.00	25.40
Media	42.87	41.60	1.27
Porcentaje relativo	103.05%	100.00%	
Varianza	11.39	22.20	29.44

Al realizar la comparación de las dos muestras por medio del método de muestras independientes para los datos de campo que corresponden a la variable altura de planta, se puede determinar que existe una diferencia de altura de planta de 1.27 centímetros entre las dos parcelas evaluadas, siendo la parcela en donde no se realizó ninguna aplicación de inductor de resistencia la que tuvo un comportamiento superior a la parcela donde se realizaron aplicaciones del inductor

de resistencia (fosfito de potasio a una dosis de 2.5 l/ha); seguidamente para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados se procedió a realizar el cálculo de la T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error como se presenta a continuación en la tabla número siete.

**Tabla 7.**

*Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable altura de planta (cm) para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Ho	$\mu B = \mu A$
Ha	$\mu B > \mu A$
T calculada	0.9801
T tablas 005	2.0244
T tablas 001	2.7116

De acuerdo a los datos obtenidos en la tabla anterior se verifica que no existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados para la variable altura de planta, esto debido a que el valor de T calculada es inferior al valor de la tabla de t0.05 y t0.01 para 2n-2 (38 grados de libertad), de esta forma se puede aceptar la hipótesis nula ya que se determina que la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a una dosis de 2.5 l/ha), no tuvo ningún efecto en la variable de altura de planta en el cultivo de zanahoria; el nulo efecto del inductor de resistencia en la variable de altura de planta puede atribuirse a que los inductores de resistencia para activar los mecanismos de defensa de las plantas, tienen un costo energético que pudiera interferir en el desarrollo vegetativo del cultivo, debido al costo fisiológico de la activación de los mecanismos de defensa, y en algunas ocasiones en condiciones de estrés de la planta no puede reponer la energía que gasta en la activación de las defensas (Lezaun, 2016).



### *Largo de raíz*

**Tabla 8.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes de la variable largo de raíz para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

<b>Par</b>	<b>Parcela B (sin aplicación)</b>	<b>Parcela A (con aplicación)</b>	<b>Diferencia</b>
1	22.00	23.60	-1.60
2	28.20	24.20	4.00
3	28.00	23.20	4.80
4	24.40	21.20	3.20
5	28.60	17.60	11.00
6	26.00	26.20	-0.20
7	25.80	27.40	-1.60
8	27.80	26.40	1.40
9	25.00	20.20	4.80
10	27.00	24.40	2.60
11	26.20	26.00	0.20
12	27.00	22.40	4.60
13	25.60	26.40	-0.80
14	23.00	25.40	-2.40
15	19.00	25.20	-6.20
16	23.00	21.20	1.80
17	29.00	27.20	1.80
18	28.00	26.00	2.00
19	21.20	29.20	-8.00
20	26.40	28.80	-2.40
Total	511.20	492.20	19.00
Media	25.56	24.61	0.95
Porcentaje relativo	104%	100%	
Varianza	7.37	8.78	17.65

Según experiencias de campo, el largo de raíz es un factor importante que beneficia a los productores del cultivo de zanahoria, ya que al momento de comercializar la zanahoria los compradores principalmente toman en cuenta el largo de raíz, dejando en segundo plano el peso de la misma. En la tabla anterior se presenta la media de las dos muestras comparadas mediante el método de muestras independientes para los datos de campo referentes a la variable de largo de

raíz, en la que se puede establecer que existe una diferencia numérica en el largo de raíz de 0.95 centímetros entre los dos tratamientos evaluados, lo que representa una diferencia del 4%, siendo la parcela sin aplicación del inductor de resistencia la que presentó una media mayor a la parcela donde se aplicó el inductor de resistencia (fosfito de potasio a una dosis de 2.5 l/ha).

Se debe mencionar que el rango de los promedios de largo de raíz obtenidos en los dos tratamientos durante la evaluación es superior al rango reportado por Gaviola (2013), quien indica que el largo de raíz para la mayoría de variedades cultivadas está en un rango de diez centímetros hasta los 25 centímetros. En este sentido también se debe resaltar que de acuerdo a la ficha de mercado proporcionada por el MAGA (2017), los promedios de largo de raíz obtenidos corresponden a zanahoria de primera ya que la zanahoria de primera en el mercado nacional es la que tienen un largo de raíz que va desde 19 a 25 centímetros de largo. Para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos se realizó el cálculo estadístico mediante la T de Student al cinco y al uno por ciento de error como se presenta en la tabla a continuación.

**Tabla 9.**

*Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable diámetro polar de raíz (cm) para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Ho	$\mu_B = \mu_A$
Ha	$\mu_B > \mu_A$
T calculada	1.0573
T tablas 005	2.0244
T tablas 001	2.7116

De acuerdo con los datos presentados en la tabla anterior se comprueba que no existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados para la variable de largo de raíz, esto es debido a que el valor de T calculada es inferior al valor de la tabla de  $t_{0.05}$  y  $t_{0.01}$  para  $2n-2$  (38 grados de libertad), por lo tanto, se acepta la hipótesis nula, ya que la aplicación del inductor de

resistencia no presentó ningún efecto en la variable de largo de raíz en el cultivo de zanahoria, y se rechaza la hipótesis alternativa.

Se debe hacer mención que los resultados obtenidos durante esta evaluación contradicen lo confirmado por Quintero y Castaño (2012), indicando que en las raíces de plántulas de plátano a las que se les aplicó el inductor de resistencia presentaron raíces más largas, en comparación con los demás tratamientos, caso que no ocurrió en el cultivo de zanahoria.

**Incidencia y severidad.** Sandoval y Lomas (2007), afirman que la incidencia es la cantidad de individuos o estructuras dañadas del total de los individuos de una muestra, mientras que la severidad es la estimación visual del grado de infección en una planta o estructura evaluada.

Según Talavera (2003), para realizar una investigación sobre el daño que provocan los nematodos en los cultivos, se debe de realizar un diagnóstico de campo y para ello siempre es necesario realizar un análisis de suelo que permita confirmar la presencia de nematodos; debido a que los nematodos no pueden ser observados directamente en campo deben ser extraídos del suelo para luego identificarlos y contarlos por medio de microscopios.

En este sentido se debe mencionar que previo a realizar la evaluación se realizó un análisis nematológico de suelo con la finalidad de poder determinar la presencia de nematodos en el suelo; de acuerdo a los resultados proporcionados del análisis de laboratorio se lograron cuantificar 80 larvas de nematodos de género *Melidogyne* por cada 100 gramos de suelo lo que excede 80 veces el umbral establecido por Talavera (2003), quien indica que el nivel de tolerancia de este género de nematodos en el cultivo de zanahoria es de una larva por 100 gramos de suelo y el umbral económico es de 10 larvas por 100 gramos de suelo; por lo tanto es necesario implementar un tratamiento de control nematológico en este suelo.

Se debe resaltar que fue al momento de la cosecha donde por medio de la variable de incidencia se determinó el porcentaje de raíces dañadas, mientras que a través de la variable de

severidad se realizó la estimación visual del grado de infección de la raíz causado por el ataque de nematodos por medio de la escala de severidad, cabe mencionar que las dos variables descritas anteriormente permiten conocer si la aplicación del inductor de resistencia tuvo un efecto de control de nematodos durante la evaluación realizada.

A continuación, en la tabla número 10, se presentan los datos de campo correspondientes a las variables de incidencia y severidad obtenidos al momento de la cosecha en los dos tratamientos evaluados durante la evaluación.

**Tabla 10.**

*Resultados de incidencia y severidad en parcela con aplicación y sin aplicación de inductores de resistencia, en Zunil Quetzaltenango 2020.*

Par	Parcela A (con aplicación)		Parcela B (sin aplicación)	
	Incidencia en %	Severidad en %	Incidencia en %	Severidad en %
1	20.00	0.60	32.00	0.40
2	32.00	0.40	28.00	0.00
3	28.00	0.40	32.00	0.60
4	28.00	0.40	36.00	0.60
5	26.00	0.40	30.00	0.20
6	30.00	0.20	30.00	1.00
7	28.00	0.20	34.00	0.20
8	27.00	0.40	33.00	0.00
9	28.00	0.20	30.00	0.00
10	29.00	0.40	32.00	0.20
11	27.50	0.80	33.50	0.00
12	27.50	0.20	31.50	0.40
13	28.50	0.20	31.00	0.00
14	28.25	0.20	32.75	0.60
15	27.50	0.40	32.50	0.60
16	28.00	0.20	31.25	0.00
17	28.37	0.00	32.00	0.20
18	28.00	0.40	32.62	0.20
19	27.75	0.40	32.00	0.60
20	28.00	1.00	32.30	1.00
Promedio	27.77	0.37	31.92	0.34

De acuerdo a los datos presentados en la tabla anterior, en la variable de incidencia el tratamiento sin aplicación del inductor de resistencia presentó un porcentaje superior de raíces de zanahoria con daños de nematodos al porcentaje de incidencia presentado en el tratamiento donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha); mientras que en la variable de severidad del ataque de nematodos fue el tratamiento donde no se realizó ninguna aplicación el que presentó los mejores resultados comparado con el tratamiento donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha). De tal forma se puede decir que la aplicación del inductor de resistencia tuvo un leve efecto sobre la variable de incidencia, no así sobre la variable de severidad del ataque de nematodos pertenecientes al género *Melidogyne* en el cultivo de zanahoria, esta diferencia se puede atribuir a que los inductores de resistencia controlan los nematodos de manera indirecta, activando los mecanismos de defensa de forma preventiva, cuando el nematodo ya infecto la raíz del cultivo el inductor de resistencia no tiene la capacidad de detener el ataque por lo tanto la severidad aumenta; para conocer si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados se procedió a realizar la comparación de las muestras por el método de muestras independientes para las dos variables mencionadas anteriormente como se presenta a continuación en las tablas número once a la catorce

***Incidencia.*** En la tabla que se presenta a continuación se encuentran plasmados los datos de campo correspondientes a la variable de incidencia, los cuales se obtuvieron al momento de la cosecha y posteriormente se compararon mediante el método de muestras independientes, se debe mencionar que al hacer un análisis numérico de los mismos existe una diferencia del 4.15% de incidencia, siendo la parcela donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha) la que presentó un control superior a la parcela testigo (sin aplicación del inductor de resistencia) por lo tanto, se puede deducir que realizando aplicaciones de un

inductor de resistencia a base de fosfito de potasio se logra disminuir en cierta parte el ataque de nematodos fitoparásitos.

**Tabla 11.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable de incidencia en la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

<b>Par</b>	<b>B (testigo)</b>	<b>A</b>	<b>Diferencia</b>
1	32.00	20.00	12.00
2	28.00	32.00	-4.00
3	32.00	28.00	4.00
4	36.00	28.00	8.00
5	30.00	26.00	4.00
6	30.00	30.00	0.00
7	34.00	28.00	6.00
8	33.00	27.00	6.00
9	30.00	28.00	2.00
10	32.00	29.00	3.00
11	33.50	27.50	6.00
12	31.50	27.50	4.00
13	31.00	28.50	2.50
14	32.75	28.25	4.50
15	32.50	27.50	5.00
16	31.25	28.00	3.25
17	32.00	28.37	3.63
18	32.62	28.00	4.62
19	32.00	27.75	4.25
20	32.30	28.00	4.30
Total	638.42	555.37	83.05
Media	31.92	27.77	4.15
Porcentaje relativo	115%	100%	
Varianza	2.85	4.75	9.54

En este sentido se procedió a realizar el cálculo estadístico de la T de Student al cinco y al uno por ciento de error para determinar si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados correspondientes a la variable de incidencia, como se presenta a continuación en la tabla número 12.

**Tabla 12.**

*Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable de incidencia para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

---

Ho	$\mu B = \mu A$
Ha	$\mu B > \mu A$
T calculada	6.7359
T tablas 005	2.0244
T tablas 001	2.7116

---

Según los datos obtenidos en la tabla anterior se determina que existe una diferencia altamente significativa entre los tratamientos evaluados para la variable de incidencia, debido a que el valor de la T calculada es mayor al valor de  $t_{0.05\%}$  y  $t_{0.01\%}$  para  $2n-2$  (38 grados de libertad), por lo tanto se acepta la hipótesis alternativa ya que la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha) presentó los mejores resultados en cuanto la reducción del ataque de nematodos fitoparásitos en la raíz de zanahoria, esto confirma lo dicho por Lezaun (2016), en donde indica que los inductores de resistencia tienen efecto sistémico; persisten y confieren protección de manera natural y cuando se emplean preventivamente proporcionan efecto de protección prolongado, lo que reduce el ataque de los nematodos a las raíces de zanahoria.

Además, los resultados concuerdan con los datos obtenidos por Quintero y Castaño (2012), quienes establecieron que las aplicaciones de los inductores de resistencia redujeron significativamente el daño de nematodos fitoparásitos en plántulas de plátano entre un 42% y 78%, caber resaltar que los datos obtenidos en la presente evaluación realizando aplicaciones del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha), se encuentran dentro de este rango, ya que se obtuvo un 72% de zanahorias sin daño de nematodos fitoparásitos.

### *Severidad*

**Tabla 13.**

*Comparación de dos muestras por el método de muestras independientes para la variable de severidad en la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

<b>Par</b>	<b>Parcela A (con aplicación)</b>	<b>Parcela B (sin aplicación)</b>	<b>Diferencia</b>
1	0.60	0.40	0.20
2	0.40	0.00	0.40
3	0.40	0.60	-0.20
4	0.40	0.60	-0.20
5	0.40	0.20	0.20
6	0.20	1.00	-0.80
7	0.20	0.20	0.00
8	0.40	0.00	0.40
9	0.20	0.00	0.20
10	0.40	0.20	0.20
11	0.80	0.00	0.80
12	0.20	0.40	-0.20
13	0.20	0.00	0.20
14	0.20	0.60	-0.40
15	0.40	0.60	-0.20
16	0.20	0.00	0.20
17	0.00	0.20	-0.20
18	0.40	0.20	0.20
19	0.40	0.60	-0.20
20	1.00	1.00	0.00
Total	7.40	6.80	0.60
Media	0.37	0.34	0.03
Porcentaje relativo	109%	100%	
Varianza	0.05	0.11	0.12

Al realizar el análisis comparativo de los datos de campo correspondientes a la variable de severidad por medio del método de muestras independientes, se puede determinar que existe una ligera diferencia numérica entre los dos tratamientos evaluados; se debe mencionar que esta variable se midió al momento de la cosecha a través de la escala de 0 (cero) a 4 (cuatro) establecida



por Sandoval y Lomas (2007), que permite establecer el grado de severidad de acuerdo al número de agallas o bifurcaciones en la raíz.

Para determinar técnicamente si existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados se procedió a realizar el cálculo estadístico a través de la T de Student al cinco por ciento de error como se presenta a continuación en la tabla número 14.

**Tabla 14.**

*Cálculo de T de Student al cinco por ciento y al uno por ciento de error de la variable severidad para la parcela con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Ho	$\mu B = \mu A$
Ha	$\mu B > \mu A$
T calculada	0.3382
T tablas 005	2.0244
T tablas 001	2.7116

De acuerdo con los datos obtenidos en la tabla anterior, al realizar la prueba de TStudent se puede establecer que no existe diferencia estadística entre los tratamientos evaluados para la variable de severidad, esto es debido a que el valor de T calculada es inferior al valor de la tabla de  $t_{0.05}$  y  $t_{0.01}$  para  $2n-2$  (38 grados de libertad), de forma que se acepta la hipótesis nula, ya que la aplicación del inductor de resistencia no presentó ningún efecto en la reducción de hipertrofia o bifurcaciones en la raíz de zanahoria; los resultados obtenidos concuerdan con lo dicho por Osorio (2014), en donde indica que los inductores de resistencia no son nematocidas, sino que son un estimulante de defensas que controlan los nematodos indirectamente al proporcionar condiciones adversas para los patógenos fitoparásitos, activando los mecanismos de defensa mediante la formación de fitoalexinas, compuestos fenólicos, proteínas PR, y antioxidantes, los cuales producen condiciones adversas para el desarrollo del patógeno dentro de la planta, también

fortalecen la pared celular mediante la inducción a la producción de ácido felurico y otros compuestos, los cuales fortalecen la pared celular evitando la penetración del patógeno.

### 3.1.2. Aspectos económicos

**Rentabilidad por hectárea.** La rentabilidad es una variable importante ya que el objetivo principal de los agricultores es la generación de ingresos económicos a través de las producciones agrícolas. A continuación, en la tabla número 15 se presentan los resultados del análisis económico de rentabilidad realizado para los dos tratamientos evaluados; para ello fue necesario tomar en cuenta todos los rubros que formaron parte del ciclo del cultivo, desde el análisis de suelo realizado previo a realizar la siembra, hasta la cosecha.

**Tabla 15.**

*Rentabilidad económica por hectárea de los tratamientos con aplicación y sin aplicación de IDR; Zunil Quetzaltenango 2020.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Ingresos (Q)</b>	<b>Egresos (Q)</b>	<b>Utilidad Neta (Q)</b>	<b>Rentabilidad (%)</b>
Inductor de resistencia	123,921.00	92,408.01	31,512.99	34.10
Testigo	125,473.32	94,762.40	30,710.92	32.41

De acuerdo a los datos de la tabla anterior, en el tratamiento donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha) presenta una utilidad neta de 31,512.99 quetzales por hectárea, lo cual es equivalente a una rentabilidad del 34.10%, mientras que en el tratamiento testigo con oxamyl la utilidad neta obtenida fue de 30,710.92 quetzales por hectárea, equivalente a una rentabilidad del 32.41%; en este sentido se debe resaltar que al realizar aplicaciones del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5l/ha), el productor puede incrementar la rentabilidad del cultivo en un 1.69% lo cual representa un ingreso extra de 802.07 quetzales por hectárea.

Además, se debe mencionar que el incremento de rentabilidad en el tratamiento donde se realizó la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio a dosis de 2.5 l/ha), se le atribuye a que en este tratamiento hubo una disminución de la incidencia del ataque de nematodos durante la evaluación, obteniendo al momento de la cosecha una mayor cantidad de zanahorias de primera, las cuales son de mayor valor comercial, lo cual es notablemente visible y que repercute de una forma positiva en la rentabilidad del cultivo, beneficiando de esta forma al productor.

### **3.2. Medios de verificación**

Los medios de verificación empleados para el seguimiento de la ejecución del proyecto se detallan a continuación:

Todos indicadores de crecimiento vegetativo, ejecución de programas fitosanitarios, programas de fertilización y demás labores agronómicas fueron registradas en la libreta de campo autorizada por la coordinación de la facultad.

De igual manera se hizo entrega de las bitácoras mensuales, presentando los avances de la ejecución del proyecto y las dificultades encontradas; se entregaron un total de cinco bitácoras detallando las actividades correspondientes a los avances mensuales.

### **3.3. Análisis de impactos del proyecto**

#### **3.3.1. Económico.**

La aplicación del inductor de resistencia presentó una rentabilidad de 34.10 % por hectárea de producción de zanahoria, por lo que se puede decir que dicha aplicación es económicamente positiva, y asimismo atractiva para los productores, debido a que reduce el costo de producción e incrementa las utilidades, teniendo una repercusión directa en los beneficios al productor, generando Q802.07 por hectárea. Mientras que al no utilizar el inductor de resistencia la

rentabilidad es de 32.41% aunado a que los costos de producción se elevarían en Q. 2,285.09 por hectárea, debido al costo del nematicida y que hay mayor cantidad de raíces de zanahoria con daño de nematodos que reducen el valor comercial, repercutiendo directamente en la utilidad que le genera al productor de zanahorias.

### **3.3.2. Social laboral**

De acuerdo con la percepción del agricultor con quien se realizó el proyecto, acepta la aplicación del inductor de resistencia como una alternativa eficaz en el control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de zanahoria; siendo una herramienta de fácil acceso y bajo costo que pueden emplear tanto agricultores pequeños como agricultores potenciales, convirtiéndose en una herramienta a integrar en el manejo fitosanitario del cultivo. La transferencia de la tecnología generada a través de la ejecución del proyecto a los productores se realizará a través del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA), para que por medio del extensionismo rural y a su vez por autoridades locales y productores líderes en la zona, a través de reuniones de transferencia y días de campo en parcelas tratadas con el inductor de resistencia, que permite por su eficacia en el control de nematodos fitoparásitos aumentar la rentabilidad del productor y así mismo la generación de empleos.

### **3.3.3. Ambiental**

La mayoría de nematicidas empleados por los productores están toxicológicamente clasificados como etiqueta roja (muy toxico), son sumamente peligrosos para el ambiente y el ser humano, mientras que en comparación con los inductores de resistencia como el fosfito de potasio que están toxicológicamente clasificados como etiqueta verde, son de bajo peligro tanto para el ambiente y para el ser humano, no tienen restricciones para exportación, su periodo de carencia es

a cero días y por sus diversos modos de acción no generan resistencia y proporcionan control sobre diversos patógenos. Por lo anteriormente expuesto, la aplicación de inductores de resistencia son una alternativa ambientalmente sustentable en el manejo de nematodos fitoparásitos en el cultivo de zanahoria.

## 4. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos durante la evaluación no existe diferencia estadística entre los dos tratamientos evaluados para la variable de rendimiento en toneladas por hectárea, obteniendo mejores resultados en el tratamiento donde no se realizó ninguna aplicación del inductor de resistencia, por lo que se concluye que la aplicación del inductor de resistencia no tuvo ningún efecto sobre el rendimiento del cultivo.

En la variable altura de planta la aplicación del inductor de resistencia no presentó ningún efecto que se pudiera reflejar en el análisis estadístico, fue el tratamiento donde no se realizó ninguna aplicación del inductor de resistencia el que presentó una altura superior.

La aplicación del inductor de resistencia de fosfito de potasio a razón de 2.5 litros por hectárea, no tiene ningún efecto sobre la variable largo de raíz en el cultivo de zanahoria.

Las aplicaciones del inductor de resistencia (fosfito de potasio 2.5 l/ha) reducen la incidencia del ataque de *Meloidogyne* spp en el cultivo de zanahoria, lo cual es de beneficio para los productores del área.

Para la variable de severidad, la aplicación del inductor de resistencia (fosfito de potasio 2.5 l/ha) no presentó ningún efecto, ya que estadísticamente los tratamientos fueron iguales durante la evaluación.

En cuanto al análisis económico de rentabilidad en ambos tratamientos, se determinó que el tratamiento donde se realizaron aplicaciones del inductor de resistencia (fosfito de potasio 2.5 l/ha) fue el que presentó la mejor rentabilidad (34%) debido a que el inductor de resistencia es más económico que un nematicida convencional y reduce el daño del ataque de nematodos en 4.17%, beneficiando al productor con mejorar su ingreso en Q. 802.07 por hectárea.

## 5. RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de fosfito de potasio como inductor de resistencia en una dosis de 2.5 litros por hectárea, ya que este fue el tratamiento que presentó la mejor rentabilidad durante la evaluación realizada.

Realizar una evaluación incrementando la cantidad de aplicaciones del inductor de resistencia (fosfito de potasio 2.5 l/ha) durante el ciclo del cultivo, para determinar si existe un mejor control de nematodos (*Meloidogyne* spp) en el cultivo de zanahoria.

Se considera importante evaluar un plan integrado para determinar el control de *Meloidogyne* spp en el cultivo de zanahoria, utilizando un inductor de resistencia a base de fosfito de potasio y un nematicida químico a base de oxamil, con la finalidad de reducir el daño de nematodos y reducir la carga química en la producción.

Evaluar otros tipos de inductores de resistencia como extractos botánicos, para determinar su efecto en comparación al fosfito de potasio y establecer si ofrecen un mejor control de nematodos fitoparásitos en el cultivo de zanahoria.

Ejecutar programas de difusión de los resultados obtenidos y conocimientos generados en este proyecto, a fin de que los productores de zanahoria tengan nuevas herramientas para el control de nematodos fitoparásitos.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agrios, G. (2004). *Fitopatología* (Vol. dos). Ciudad de México, México: LIMUSA. Recuperado el 7 de septiembre de 2019
- Arboleda, F., & Gúzman, O. (2012). Evaluación de efectos de extractos centónicos de higuera sobre el nematodo barrenador. *Revista luna azul*, 29- 42. Recuperado el 14 de julio de 2019
- Bejo. (2018). *Bejogt.com*. Recuperado el 22 de julio de 2020, de Bejo Guatemala web site: <https://www.bejogt.com/zanahoria/bangor-f1-conventional>
- Carranza, A. (2004). *Evaluación de tres productos botánicos y dos concentraciones para el control del nematodo Meloidogyne en el cultivo de zanahoria; a nivel de invernadero*. Tesis de grado, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de agronomía, Guatemala. Recuperado el 14 de julio de 2019
- Castillo, P., & Jimenez, R. (2002). *Incidencia y patogenicidad de nematodos fitopatógenos*. Universidad de Córdoba, Ciencias y recursos agrícolas y forestales, Córdoba. Recuperado el 14 de septiembre de 2019
- Castillo, T., & Cordova, G. (2014). *Efecto de extractos de tres especies vegetales sobre el nematodo Meloidogyne incognita*. Universidad nacional de Loja, Facultad de agronomía. Loja: Feijoo. Recuperado el 14 de julio de 2019
- Chiliquinga, L. (2015). *Evaluación de dos productos orgánicos para el control de nematodos en el cultivo establecido del tomate de árbol*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Ciencias Agropecuarias, Cevallos. Recuperado el 31 de agosto de 2020
- Fernández, R., Trapero, A., & Dominguez, J. (2010). *Experimentación en agricultura*. Sevilla: Junta de Andalucía. Recuperado el 28 de Octubre de 2018



- Flores, R. (2003). *Evaluación de la biofumigación en el control de nematodos en la producción de zanahoria*. Tesis de Grado, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de agronomía, Sacatepéquez. Recuperado el 7 de septiembre de 2019
- Fonseca, L. (2015). *Manual de Zanahoria*. Bogotá, Colombia: Gills Sans. Recuperado el 6 de septiembre de 2019
- García, S. (2014). *Evaluación de la dinámica nutrimental en el cultivo de zanahoria morada, en finca la Suiza, San Lucas Sacatepéquez Guatemala*. Tesis de grado, Universidad san Carlos de Guatemala, Facultad de agronomía, Sacatepéquez. Recuperado el 6 de septiembre de 2019
- Gaviola, J. C. (2013). *Manual de producción de zanahoria*. Ministerio de agricultura ganadería y pesca. Mendoza: INCAEditorial. Recuperado el 6 de septiembre de 2019
- Gómez, D., & Reis, E. (2011). *Inductores abióticos de resistencia contra fitopatógenos*. Informe técnico, Universidad de passo fondo, Facultad de agronomia y medicina veterinaria, Chaco. Recuperado el 8 de septimbre de 2019
- Intagri. (agosto de 2017). *Intagri.com*. Recuperado el 7 de septiembre de 2019, de intagri web site: <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/mecanismos-quimicos-de-defensa-en-las-plantas>
- Lardizabal, R., & Theodoracopoulos, M. (2007). *Manual de producción de zanahoria*. Manual de producción, MCA-Honduras, Cortes. Recuperado el 6 de septiembre de 2019
- Lezaun, J. (abril de 2016). *CropLifeLatinAmerica.org*. Recuperado el 7 de septiembre de 2019, de CropLife web site: <https://www.croplifela.org/es/plagas/listado-de-plagas/nematodos-fitoparasitos>
- López, A. (2017). *Eficacia de abamectina en tratamiento a semillas de zanahoria para el control de Meloidogyne incognita, bajo condiciones de macrotúnel*. Tesis de grado, Universidad

- Autónoma Agraria Antonio Narro, División de carreras agronómicas, Coahuila.  
Recuperado el 30 de Agosto de 2020
- MAGA. (16 de Noviembre de 2015). *Maga.gob.gt*. Recuperado el 2018 de Octubre de 18, de Maga  
Web site: <http://web.maga.gob.gt/sigmaga/suelos-1-250/>
- MAGA. (2016). *AGRO EN CIFRAS*. Ministerio de Agricultura Ganadera y Alimentacion ,  
Guatemala. Recuperado el 22 de 07 de 2019
- Martinotti, M., & Castellanos, S. (2016). Efecto nematicida de los extractos de ajo, orujo de uva y  
alperujo de aceituna sobre *Meloidogyne incognita*. *Revista de la facultad de ciencias  
agrarias*, 211-221. Recuperado el 14 de julio de 2019
- Moran, L. (2008). *Manual agrícola SUPERB* (Novena ed.). (L. Moran, Ed.) Guatemala,  
Guatemala. Recuperado el 6 de septiembre de 2019
- Murcia, R. d. (2014). *Región de Murcia digital*. Recuperado el 07 de Julio de 2020, de Región de  
Murcia digital Web Site:  
[https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20382-  
DETALLE\\_REPORTAJESPADRE](https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,543,m,2714&r=ReP-20382-DETALLE_REPORTAJESPADRE)
- Osorio, O. (31 de 12 de 2014). *Agriculturaengormix.com*. Recuperado el 7 de septiembre de 2019,  
de engormix web site: [https://www.engormix.com/agricultura/articulos/inductores-  
resistencia-herramienta-bajar-t31811.htm](https://www.engormix.com/agricultura/articulos/inductores-resistencia-herramienta-bajar-t31811.htm)
- Parada, R., & Gúzman, R. (1997). Evaluación de extractos botánicos contra el nematodo  
*Meloidogyne incognita* en frijol. *Agronomía mesoamericana*, 109-126. Recuperado el 14  
de julio de 2019
- Pelaez, A., & Alvarado, S. (2015). Control químico del nematodo *Meloidogyne* spp. en el cultivo  
de papaya. *Revista de sistemas experimentales*, 139-145. Recuperado el 14 de julio de 2019

- Picca, C. (julio de 2014). *inta.gob.ar*. Recuperado el 16 de julio de 2020, de Inta.gob.ar Web site: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_nematodos\\_que\\_afectan\\_el\\_cultivo\\_de\\_zanahoria.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_nematodos_que_afectan_el_cultivo_de_zanahoria.pdf)
- Quintero, C., & Castaño, J. (2012). *Evaluación de inductores de resistencia para el manejo de nematodos fitoparásitos en plantulas de plátano*. Tesis de grado, Uniersidad de Caldas, Fitotecnia, Caldas. Recuperado el 20 de julio de 2019, de <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v36n141/v36n141a08.pdf>
- Riveros, A. (2010). *Inducción de resistencia en plantas*. Tesis de grado, Universidad de Tolima, Departamento de biología, Tolima. Recuperado el 7 de septiembre de 2019
- Salazar, W., & Gúzman, T. (2014). Efectos nematicidas de los extractos de *Quassia amara* y *Brugmancia suaveolens* sobre *Meloidogyne*. *Agronomia mesoamericana*, 212-220. Recuperado el 14 de julio de 2019
- Sánchez, C. (2016). *Efecto de ácidos húmicos, en el rendimiento y calidad de tubérculo de tres variedades de papa en Concepción Chiquirichapa, Quetzaltenango*. Tesis de grado, Universidad Rafael Landívar, Campus Quetzaltenango, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.
- Sandoval, A., & Lomas, L. (2007). *Incidencia, severidad y rango de hospederos del nematodo del rosario*. Tesis de grado, Universidad del norte, Facultad de ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales, Ibarra. Recuperado el 31 de agosto de 2019
- Segeplan. (2010). *Plan de Desarrollo Zunil, Quetzaltenango*. Quetzaltenango. Recuperado el 8 de septiembre de 2017, de <http://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/municipio-de-zunil>
- Segeplan. (2016 de Julio de 2016). *Segeplan.gob.gt*. Recuperado el 14 de Septiembre de 2019, de Segeplan Web Site: <https://www.segeplan.gob.gt/nportal/index.php/municipio-de-zunil>

Serna, F., & Díaz, J. (Julio de 2017). Actividad nematocida de extractos botánicos contra *Meloidogyne* spp en okra. *Revista de ciencias biológicas y de la salud*, 13-19. Recuperado el 14 de julio de 2019

Talavera, M. (2003). *Manual de nematología agrícola*. Manual de nematología, Instituto de Rebeca de formación agraria y pesquera. Recuperado el 7 de septiembre de 2019

# 7. ANEXOS

14 Avenida 19-50 Condado El Naranjo  
 Ofibodegas San Sebastián, Bodega 23  
 Zona 4 de Mixco, Guatemala.  
 PBX.: 2416-2916 Fax: 2416-2917  
 info@solucionesanaliticas.com  
 www.solucionesanaliticas.com



Lotificación El Relicario, Lote 6  
 Carretera al Pacífico, Km. 91  
 Santa Lucía Cotz, Escuintla.  
 PBX: 7882-2428  
 sedesl@solucionesanaliticas.com

## INFORME DE ANALISIS DE NEMATOLOGIA

Cliente	: ESPORANGIO, S.A. (12315)	Número de orden	: 115756
Persona Responsable	: AGR. DENIS DIAZ	Fecha de ingreso	: 13/02/2020
Finca	: PARCELA DON LUIS (27704)	Fecha del informe	: 20/02/2020
Localización	: Quetzaltenango, QUETZALTENANGO	Asesor	: Ricardo Garcia
Cultivo	: PAPA -Solanum tuberosum ( 45)	Código de muestra	: 20.02.13.12.01-02

### No. de Nematodos por 100 ml. de suelo

Referencia Del Cliente	Meloidogyne		Pratylenchus	Rhabditis	Globodera
	Huevos	Larvas			
PARCELA DON LUIS BLOQUE 2, AREA 30 Crd	0	10	90	150	0
PARCELA DON LUIS BLOQUE 1, AREA 30 Crd	0	80	0	70	0



Metodología: Tamizado - Centrifugado

Revisado:

Agr. Julio del Cid  
 Laboratorio de Fitopatología

Los resultados de este informe son válidos únicamente para la muestra como fue recibida en el Laboratorio.  
 La reproducción parcial del mismo deberá ser autorizada por escrito por Soluciones Analíticas.  
 Este informe es válido únicamente en su impresión original



Figura 3. Resultados del análisis nematológico, efecto de un inductor de resistencia para control de nematodos en zanahoria, Zunil Quetzaltenango 2020.

**Tabla 16.**

*Costo por hectárea de la parcela con aplicación del inductor de resistencia; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q 92,477.31</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q 65,272.76</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>Q 39,172.76</b>
<b>a. Semilla</b>				<b>Q 6,325.00</b>
Semilla de zanahoria	sobre de 25000 semillas	23.00	Q 275.00	Q 6,325.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q 15,855.00</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q 3,450.00</b>
Materia orgánica	saco de 45.36 kg	115.00	Q 30.00	Q 3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q 10,790.00</b>
21-17-3 +4S	saco de 45.36 kg	8.00	Q 220.00	Q 1,760.00
15.5+0+0+26Ca	saco de 45.36 kg	6.00	Q 300.00	Q 1,800.00
15-15-15 MQ	saco de 45.36 kg	8.00	Q 220.00	Q 1,760.00
13+0+46	saco de 45.36 kg	5.00	Q 710.00	Q 3,550.00
19-4-19+3Mgo+1.9S+0.1B+0.1Zn	saco de 45.36 kg	8.00	Q 240.00	Q 1,920.00
<b>Foliares</b>				<b>Q 1,615.00</b>
Bioestimulante con aminoácidos	Litro	5.00	Q 130.00	Q 650.00
Fertilizante foliar con alto contenido de calcio	Litro	7.00	Q 45.00	Q 315.00
Fertilizante foliar con alto contenido de potasio	Litro	5.00	Q 130.00	Q 650.00
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q 2,685.00</b>
Clorpiriphos	Litro	3.00	Q 145.00	Q 435.00
Cipermetrina	Litro	2.50	Q 120.00	Q 300.00
Tiametoxam+lambda cihalotrifina	Litro	1.50	Q 780.00	Q 1,170.00
Malathion	Litro	3.00	Q 80.00	Q 240.00
Profenofos + Lufenurón	Litro	1.50	Q 360.00	Q 540.00
<b>e. Inductor de resistencia</b>				<b>Q 844.76</b>
Fosfito de potasio	litro	8.62	Q 98.00	Q 844.76
<b>f. Fungicidas</b>				<b>Q 5,755.00</b>
Tiabendazol	Litro	1.00	Q 760.00	Q 760.00
Azoxystrobin	kg	1.00	Q 810.00	Q 810.00
Clorotalonil	litro	2.00	Q 120.00	Q 240.00
Difenoconazole	Litro	1.50	Q 760.00	Q 1,140.00
Propineb	kg	4.00	Q 85.00	Q 340.00
Azoxystrobin + Difenoconazole	Litro	1.50	Q 910.00	Q 1,365.00
Difenoconazole + pidiflumetofen	Litro	2.00	Q 450.00	Q 900.00
Ziram	kilo	4.00	Q 50.00	Q 200.00
<b>g. Coadyudantes</b>				<b>Q 144.00</b>
Organosilicona	litro	0.60	Q 240.00	Q 144.00

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>h. Herbicidas</b>				<b>Q 240.00</b>
Metaloclor	Litro	1.20	Q 200.00	Q 240.00
<b>i. Envases para cosecha</b>				<b>Q 6,424.00</b>
Arpilla	Unidad	2,336.00	Q 2.75	Q 6,424.00
<b>j. Transporte</b>				<b>Q 900.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	45.00	Q 20.00	Q 900.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q 26,100.00</b>
a. Limpieza y preparación del suelo	jornal	34.00	Q 75.00	Q 2,550.00
b. Siembra	jornal	46.00	Q 125.00	Q 5,750.00
c. Riego	jornal	23.00	Q 50.00	Q 1,150.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	23.00	Q 75.00	Q 1,725.00
e. Fertilización	jornal	69.00	Q 75.00	Q 5,175.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38.00	Q 75.00	Q 2,850.00
g. cosecha	jornal	92.00	Q 75.00	Q 6,900.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q 27,204.55</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q 13,800.00</b>
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1.00	Q 13,800.00	Q 13,800.00
<b>3. Análisis de suelos</b>				<b>Q 350.00</b>
Análisis nematológico	unidad	1.00	Q 350.00	Q 350.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q 13,054.55</b>
20 % de los costos directos				Q 13,054.55
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q 123,921.00</b>
a. zanahoria de primera	tonelada	58.60	Q 1,323.00	Q 77,527.80
b. zanahoria de segunda	tonelada	21.00	Q 1,102.50	Q 23,152.50
c. zanahoria tercera	tonelada	26.35	Q 882.00	Q 23,240.70
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q 31,443.69</b>
<b>Rentabilidad %</b>		<b>105.95</b>		<b>34.00</b>

**Tabla 17.**

*Costo por hectárea de la parcela sin aplicación del inductor de resistencia; Zunil Quetzaltenango 2020.*

Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>I. EGRESOS</b>				<b>Q 94,762.40</b>
<b>A. Costos Directos (Variables)</b>				<b>Q 67,177.00</b>
<b>1. Insumos agrícolas</b>				<b>Q 41,077.00</b>
<b>a. Semilla</b>				<b>Q 6,325.00</b>
Semilla de zanahoria	sobre de 25000 semilas	23.00	Q 275.00	Q 6,325.00
<b>b. Fertilizantes</b>				<b>Q 15,855.00</b>
<b>Orgánicos</b>				<b>Q 3,450.00</b>
Materia orgánica	saco de 45.36 kg	115.00	Q 30.00	Q 3,450.00
<b>Químicos</b>				<b>Q 10,790.00</b>
21-17-3 +4S	saco de 45.36 kg	8.00	Q 220.00	Q 1,760.00
15.5+0+0+26Ca	saco de 45.36 kg	6.00	Q 300.00	Q 1,800.00
15-15-15 MQ	saco de 45.36 kg	8.00	Q 220.00	Q 1,760.00
13+0+46	saco de 45.36 kg	5.00	Q 710.00	Q 3,550.00
19-4-19+3Mgo+1.9S+0.1B+0.1Zn	saco de 45.36 kg	8.00	Q 240.00	Q 1,920.00
<b>Foliales</b>				<b>Q 1,615.00</b>
Bioestimulante con aminoácidos	Litro	5.00	Q 130.00	Q 650.00
Fertilizante foliar con alto contenido de calcio	Litro	7.00	Q 45.00	Q 315.00
Fertilizante foliar con alto contenido de potasio	Litro	5.00	Q 130.00	Q 650.00
<b>c. Insecticidas</b>				<b>Q 2,685.00</b>
Clorpirifos	Litro	3.00	Q 145.00	Q 435.00
Cipermetrina	Litro	2.50	Q 120.00	Q 300.00
Tiametoxam+lambda cihalotrina	Litro	1.50	Q 780.00	Q 1,170.00
Malathion	Litro	3.00	Q 80.00	Q 240.00
Profenofos + Lufenurón	Litro	1.50	Q 360.00	Q 540.00
<b>e. Nematicida</b>				<b>Q 2,380.50</b>
Oxamil	litro	10.35	Q 230.00	Q 2,380.50
<b>f. Fungicidas</b>				<b>Q 5,755.00</b>
Tiabendazol	Litro	1.00	Q 760.00	Q 760.00
Azoxystrobin	kg	1.00	Q 810.00	Q 810.00
Clorotalonil	litro	2.00	Q 120.00	Q 240.00
Difenoconazole	Litro	1.50	Q 760.00	Q 1,140.00
Propineb	kg	4.00	Q 85.00	Q 340.00
Azoxystrobin + Difenoconazole	Litro	1.50	Q 910.00	Q 1,365.00
Difenoconazole + pidiflumetofen	Litro	2.00	Q 450.00	Q 900.00
Ziram	kilo	4.00	Q 50.00	Q 200.00
<b>g. Coadyudantes</b>				<b>Q 144.00</b>
Organosilicona	litro	0.60	Q 240.00	Q 144.00



Concepto	Unidad de medida	Cantidad	Valor unitario	Valor total
<b>h. Herbicidas</b>				<b>Q 240.00</b>
Metaloclor	Litro	1.20	Q 200.00	Q 240.00
<b>i. Envases para cosecha</b>				<b>Q 6,792.50</b>
Arpilla	Unidad	2,470.00	Q 2.75	Q 6,792.50
<b>j. Transporte</b>				<b>Q 900.00</b>
Flete para el lugar de venta	Unidad	45.00	Q 20.00	Q 900.00
<b>2. Mano de obra</b>				<b>Q 26,100.00</b>
a. Limpieza y preparación del suelo	jornal	34.00	Q 75.00	Q 2,550.00
b. Siembra	jornal	46.00	Q 125.00	Q 5,750.00
c. Riego	jornal	23.00	Q 50.00	Q 1,150.00
d. Picado de suelo y control de malezas	jornal	23.00	Q 75.00	Q 1,725.00
e. Fertilización	jornal	69.00	Q 75.00	Q 5,175.00
f. Aplicación de plaguicidas	jornal	38.00	Q 75.00	Q 2,850.00
g. cosecha	jornal	92.00	Q 75.00	Q 6,900.00
<b>B. costos Indirectos (Fijos)</b>				<b>Q 27,585.40</b>
<b>1. Arrendamiento del terreno</b>				<b>Q 13,800.00</b>
Arrendamiento del terreno y derecho de riego	ha	1.00	Q 13,800.00	Q 13,800.00
<b>3. Análisis de suelos</b>				<b>Q 350.00</b>
Análisis nematológico	unidad	1.00	Q 350.00	Q 350.00
<b>4. Costos de administración</b>				<b>Q 13,435.40</b>
20 % de los costos directos				Q 13,435.40
<b>II INGRESOS</b>				<b>Q 125,473.32</b>
a. zanahoria de primera	tonelada	49.00	Q 1,323.00	Q 64,827.00
b. zanahoria de segunda	tonelada	22.40	Q 1,102.50	Q 24,696.00
c. zanahoria tercera	tonelada	40.76	Q 882.00	Q 35,950.32
<b>Utilidad neta</b>				<b>Q 30,710.92</b>
<b>Rentabilidad %</b>		<b>112.16</b>		<b>32.41</b>