

Control poblacional de *Meloidogyne spp* en el cultivo de Tomate  
(*Lycopersicum esculentum*) mediante extractos vegetales bajo  
ambiente protegido en San Carlos.

**MARIO ALBERTO SOTO VÍQUEZ**

Tesis presentada a la Escuela de Agronomía como requisito parcial para  
optar al grado de Bachillerato en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**AÑO**  
**2016**

Control poblacional de *Meloidogyne spp* en cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido en San Carlos.

**MARIO ALBERTO SOTO VÍQUEZ**

**Aprobado por los miembros del Tribunal Evaluador:**

Ing. Agr. Joaquín Duran Mora, M. Sc.



Asesor

Ing. Agr. Tomás Guzmán Hernández, Ph.D.



Jurado

Ing. Agr. Carlos Ramírez Vargas, Ph. D.



Jurado

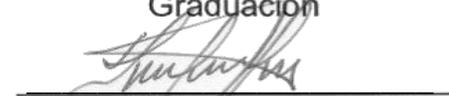
Ing. Agr. Zulay Castro Jiménez, MAP



Coordinador Trabajos Finales de

Graduación

Ing. Agr. Luis Alberto Camero Rey, M.Sc



Director Escuela de Agronomía

**AÑO**

**2016**

## DEDICATORIA

Agradecer primeramente a **Dios** por su guía en cada una de las etapas de la carrera.

A mis padres Mario Soto Guzmán e Hilda María Víquez Murillo, gracias por estar siempre presentes para mí, por la paciencia el apoyo y el amor incondicional brindado durante estos años.

A mis hermanos Pablo y Eilyn gracias por su apoyo. A Magdeline y Maritza, gracias por siempre cuidarme y brindarme su cariño que ha sido fundamental en momentos difíciles; a José, gracias por su apoyo y amistad incondicional para con mi persona.

## **AGRADECIMIENTO**

Fueron muchos los tropiezos al consolidar mi carrera de Ing. agrónomo. Sin embargo, estos fueron disminuyendo con la colaboración y ayuda de muchas personas que estarán siempre presentes en mi corazón. Mis más sinceros agradecimientos a:

Instituto Tecnológico de Costa Rica, en la persona de sus profesores y empleados, por su amistad enseñanzas y consejos para lograr mi formación profesional.

Al Ing. Agr. M. Sc Joaquín Duran Mora tutor de este trabajo de investigación. Agradecido por su apoyo y constancia brindada en la ejecución y culminación del presente estudio, permitiendo que este documento de investigación sea de ayuda para quien lo requiera.

A sí mismo agradecer a los Ing. Agr. Ph.D Tomas Guzmán Hernández e Ing. Agr. Ph. D Carlos Ramírez Vargas, jurados y asesores de redacción técnica gracias por su tiempo y paciencia para que la conformación de este documento sea presentada con la calidad necesaria.

De manera muy especial expreso mi gratitud a la Profesora Marlen Camacho por sus contribuciones, dedicación constante, su amplio conocimiento, gran calidad humana brindada en la asesoría estadística requerida en la investigación.

Al Profesor y amigo Erick Salas Acuña, a mis amigos y compañeros Adolfo Vargas Barboza, Daniela Torres Briones, Karla Chacón Padilla, Gabriel Sandi, Katherine Duran Huertas, Luis Diego Ortega Porras, Fabián Vargas Hernández por su valiosa colaboración en las diversas labores requeridas en el trabajo de campo y laboratorio.

# TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 OBJETIVOS.....	4
Objetivo general .....	4
Objetivos específicos.....	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1 Cultivo del tomate en Costa Rica.....	5
2.2 Fitonematodos del cultivo de tomate .....	6
2.3 Control de nematodos .....	7
3. MATERIALES Y MÉTODOS .....	10
3.1 Descripción general del experimento .....	10
3.2 Localización .....	10
3.3 Material vegetal para el ensayo .....	10
3.4 Extracción de inóculo inicial de <i>Meloidogyne</i> spp. ....	11
3.5 Preparación de compuestos y extractos vegetales para el control de <i>Meloidogyne</i> spp. ....	11
3.6 Inoculación de plantas .....	12
3.7 Extracción de nematodos: muestra vegetal .....	13
3.8 Extracción de nematodos: muestra de suelo .....	13
3.9 Sintomatología radical.....	15
3.10 Dinámica poblacional.....	15
3.11 Comparaciones entre poblaciones y pesos .....	17
3.12 Diseño experimental (invernadero).....	17
3.13 Cuantificación de poblaciones .....	18
3.14 Relaciones entre dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp y pesos de la planta .....	19

3.15	Mortalidad in vitro.....	19
3.15.1	Desarrollo del experimento.....	19
3.15.2	Diseño experimental.....	20
3.15.3	Análisis estadístico.....	20
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	21
4.1	Análisis del comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. realizado a los 30 días de exposición al extracto (DEE) .....	21
4.2	Análisis del comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. realizado a los 60 DEE .....	28
4.3	Análisis del comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. realizado a los 90 DEE .....	31
4.4	Umbral de acción y nivel crítico de nematodos.....	35
4.5	Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. vinculada a variables de peso y sintomatología radical en planta .....	35
4.5.1	Sintomatología Radical .....	38
4.5.2	Peso Seco en Hojas.....	40
4.5.3	Peso Seco en Tallos .....	42
4.5.4	Peso Fresco en Raíz.....	44
4.6	Mortalidad in Vitro .....	50
5.	CONCLUSIONES.....	54
6.	RECOMENDACIONES.....	57
7.	LITERATURA CONSULTADA.....	58
8.	ANEXOS.....	65

## LISTA DE CUADROS

Número	Título	Página
1	VARIABLES EVALUADAS (San Carlos, Alajuela, 2015).....	12
2	Sintomatología radical del cultivo de tomate, escala de severidad de 0 a 6 (Adaptado de (Barker 1985).....	15
3	Descripción de los tratamientos y las dosis de extractos para el control poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. (San Carlos, Alajuela, 2015).....	18
4	Concentraciones de extractos y químico diluidas para el control poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. San Carlos, 2015.....	20
5	Comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. a 30 DEE en el cultivo de Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido. San Carlos, 2015. ....	22
6	Comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. a 60 DEE en el cultivo de Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido. San Carlos, 2015. ....	27
7	Comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. a 90 DEE en el cultivo de Tomate ( <i>Lycopersicum esculentum</i> ) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido. San Carlos, 2015. ....	32
8	Promedio de peso en diferentes variables y sintomatología radical a los 30 DEE. San Carlos, 2015. ....	36
9	Promedio del conteo poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp en diferentes tratamientos a los 30 DEE San Carlos, 2015.....	37

10	Promedios de pesos en diferentes variables y sintomatología radical a 60 DEE San Carlos, 2015. ....	37
11	Promedio del conteo poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. en diferentes tratamientos a los 60 DEE San Carlos, 2015. ....	38
12	Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. vinculado a sintomatología radical en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015. ....	38
13	Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. vinculado a peso seco en hojas en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015. ....	41
14	Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. vinculado a peso seco en tallo en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015. ....	43
15	Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. vinculado al peso fresco en raíz en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015. ....	45
16	Porcentaje de mortalidad in vitro obtenida en extractos evaluados, en tres diferentes días. San Carlos, 2015. ....	51

## LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
1	Comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. a 30 DEE. (Resultados obtenidos en laboratorio divididos entre mil para facilitar la comprensión de la figura 1). .....	23
2	Comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. a 60 DEE (Resultados obtenidos en laboratorio divididos entre mil para facilitar la comprensión de la figura 2). .....	28
3	Comportamiento poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp. a 90 DEE (Resultados obtenidos en laboratorio divididos entre mil para facilitar la comprensión de la figura 3). .....	33
4	Porcentaje de mortalidad in vitro obtenida en extractos evaluados, en tres diferentes días. San Carlos, 2015. ....	52

## LISTA DE ANEXOS

<b>Número</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
Anexo 1	Límites de tolerancia y umbrales económicos de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo para algunos cultivos de importancia.	65
Anexo 2	Umbrales de acción y niveles críticos de nematodos de una muestra de suelo y raíz analizada en laboratorio.	65
Anexo 3	Esquema de distribución de tratamientos en invernadero.	66
Anexo 4	Análisis estadístico de la dinámica poblacional de <i>Meloidogyne</i> spp en tres diferentes fechas de exposición al extracto.	67
Anexo 5	Coefficientes de correlación de pesos en planta, sintomatología radical y dinámica poblacional de los tratamientos en tres fechas de exposición al extracto.	71

**Soto Viquez, M. A. 2016. Control poblacional de *Meloidogyne spp* en cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) mediante extractos vegetales bajo ambiente protegido. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos. Practica Final de Graduación.**

## **RESUMEN**

Se evaluó el efecto de diferentes extractos vegetales aplicados sobre la población de *Meloidogyne. spp* en plantas de tomate cultivar híbrido “JR” inoculadas con 100 y 150 individuos conformados por huevos y juveniles por contenedor de 10 L bajo condiciones de ambiente protegido.

Se distribuyeron los tratamientos en tres grupos “Testigo absoluto” en agua con y sin población inoculada; “extractos vegetales” (50 y 100 ppm), a base de Chile (*Capsicum chinensis*), Reina de la noche (*Brugmansia suaveolens*), y Tagetes (*Tagetes erecta*); por último, el “Testigo químico” (Oxamil, 50 y 100 ppm). Las evaluaciones se realizaron a 30, 60 y 90 Días de Exposición al Extracto (DEE).

Para 30 DEE, Chile (50 ppm) adquirió el mejor resultado para “Huevos en Raíz” con una media de 2.622,75, y el agua presento el mejor en “Nematodos en Raíz” (media de 250 individuos).

Referente 60 DEE, dentro de la variable “Huevos en Raíz”, los mejores resultados lo obtuvieron Tagetes (50 y 100 ppm) (medias de 2.887,50 y 2.912,50 respectivamente), y Oxamil (100 ppm) (media de 2,475). Para la variable “Nematodos en Raíz”, los mejores resultados fueron Reina de la noche (50 ppm), Tagetes (100 ppm) y Oxamil (50 y 100 ppm) con medias de 625, 833,33, 162,50 y 321,50 nematodos, respectivamente.

Dentro de 90 días de exposición al extracto, para “Huevos en Raíz” el mejor resultado lo presento Tagetes (100 ppm) con 200, y Oxamil (50 ppm) con 250.

Concerniente a los coeficientes de correlación en la dinámica poblacional de *Meloidogyne spp.*, la variable de peso en planta más importante es el “Peso Fresco en Raíz” a 30 DEE el mejor resultado lo presentó el tratamiento Reina de la noche (50 ppm), el cual correlacionó negativamente con la variable “Nematodos

en Raíz" ( $r=-1,00$ ), estableciendo que a mayor cantidad de "Peso Fresco en Raíz" menor cantidad de nematodos presentó la raíz.

Para el tratamiento Tagetes (100 ppm), "Peso Fresco en Raíz" correlacionó negativamente con "Nematodos en Suelo" ( $r=-0,80$ ) y "Nematodos en Raíz" ( $r=-0,80$ ). Referente al tratamiento Oxamil (50 ppm), la variable "Peso Fresco en Raíz" correlacionó negativamente con "Nematodos en Raíz" ( $r=-1,00$ ).

En el estudio *in vitro* se evaluó la mortalidad de individuos de *Meloidogyne spp.* en tres días consecutivos de exposición a los extractos. En el primer día, Oxamil (50 y 100 ppm) presentó los porcentajes de mortalidad más altos (83,3% y 100% respectivamente). El segundo día, Tagetes (50 ppm) presentó 86,7% de mortalidad, mientras que Oxamil (50 y 100 ppm) no mostró cambios con respecto al primer día. El tercer día, aumentó en el porcentaje de mortalidad en nematodos Tagetes (50 ppm) a 90%, y en Oxamil (50 ppm), al 100%.

**Palabras clave:** Nematodos *Meloidogyne spp.*, cultivo de tomate, ambiente protegido, extracto vegetal.

**Soto Viquez, M. A. 2016. Population count of *Meloidogyne spp* in tomato (*Lycopersicum esculentum*) crop using vegetables extracts under protected environment of Technological Institute of Costa Rica. Final Graduation Practice.**

## **ABSTRACT**

The effect of different plant extracts on the population of *Meloidogyne ssp.* was evaluated in tomato hybrid cultivar "JR" inoculated with 100 and 150 individuals of eggs and young nematodes per container 10 L under protected environment.

Treatments were distributed into three groups ("Absolute Control" in water with and without inoculated population; "Plant extracts" (50 and 100 ppm), based on Chili (*Capsicum chinensis*), Queen of the Night (*Brugmansia suaveolens*), and Tagetes (*Tagetes erecta*); lastly, "Chemical Control" (Oxamyl, 50 and 100 ppm). The evaluations were performed at 30, 60 and 90 Days of Exposure to the Extract (DEE).

For 30 DEE, Chili (50 ppm) obtained the best result for "Eggs in Root" with an average of 2.622,75, and water got the best in "Nematodes in Root" (average of 250 individuals).

Regarding 60 DEE, for the variable "Eggs in Root", the best results were obtained by Tagetes (50 and 100 ppm) (averages 2.887,50 and 2.912,50, respectively), and Oxamil (100 ppm) (average 2,475). For the variable "Nematodea in Root", the best results were Queen of the Night (50 ppm), Tagetes (100 ppm) and Oxamil (50 and 100 ppm) with averages of 625, 833, 33, 162, 50 and 321, 50 nematodes, respectively.

Within 90 days of exposure to the extract "Eggs in Root", the best result was obtained by Tagetes (100 ppm) with 200 and Oxamil (50 ppm) with 250.

Concerning the correlation coefficients in the population dynamics of *Meloidogyne* spp., the most important variable weigh in plant is "Fresh Root Weight" in 30 DEE. The best results were the treatment Queen of the Night (50 ppm), which negatively correlated with the variable "Nematodes in Root" ( $r = -1,00$ ), stating that the greater the number of "Fresh Root Weight", the fewer nematodes present in the root.

For the treatment Tagetes (100 ppm), "Fresh Weight in Root" negatively correlated with "Nematodes in Soil" ( $r = -0,80$ ) and "Nematodes in Root" ( $r = -0,80$ ). Concerning the treatment Oxamil (50 ppm), the variable "Fresh Weight in Root" negatively correlated with "Nematodes in Root" ( $r = -1,00$ ).

In the in vitro study of individual mortality *Meloidogyne* spp. was assessed on three consecutive days of exposure to the extracts. On the first day, Oxamil (50 and 100 ppm) showed higher percentages of mortality (83,3% and 100%, respectively). The second day Tagetes (50 ppm) obtained 86,7% mortality, while Oxamil (50 and 100 ppm) showed no changes from the first day. The third day, the percentage of mortality in Tagetes (50 ppm) increased to 90% and in Oxamil (50 ppm) to 100%.

**Keywords:** Nematodes *Meloidogyne* spp., tomato crop, protected environment, plant extract.

## 1. INTRODUCCIÓN

El origen del género *Lycopersicum* se localiza en la región andina, que se extiende desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile, posteriormente fue extendido al resto del continente a lugares como México y Guatemala donde posteriormente fue domesticado y actualmente se encuentra el mayor acervo varietal de este cultivo. Aproximadamente a partir del siglo XVI los españoles y portugueses difundieron el uso del tomate a Oriente Medio y África, de allí a otros países asiáticos y europeos (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria 2009).

Entre sus componentes principales se encuentran, licopeno que comprende el 90% de los carotinoides totales presentes considerado como el antioxidante con mayor actividad biológica dentro del organismo además de ácido ascórbico vitamina C, vitamina E, ácido fólico, flavonoides, potasio, fibras y proteínas (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria 2011).

A nivel internacional el tomate es la hortaliza más cultivada y la de mayor valor económico equiparado solo por la papa. La producción mundial para consumo fresco y procesado se estima en 108 millones de toneladas métricas, con un rendimiento promedio de 36 ton/ha; Asia aporta aproximadamente el 50% de la producción en el mundo. Derivados como la pulpa y el jugo de tomate se han mantenido relativamente constantes en términos de valor de exportación. Entre los mayores productores mundiales de pasta de tomate y derivados procesados se encuentran Estados Unidos seguido por Italia, Turquía, Grecia y China (Facultad de Ciencias Agronómicas de Chile 2009).

A nivel nacional se puede disponer durante todo el año de fruta fresca, por lo que su consumo per cápita oscila los 20 kg por año; este cultivo genera alrededor de 5,000 empleos directos y unos 20,000 empleos indirectos en nuestro país. En cuanto a producción se refiere, Costa Rica produce alrededor de 58.560,000 kg de fruta generando así unos ₡ 29,300 millones de colones al año, en las cuales el 90% de las explotaciones tomateras se realizan a campo abierto

mientras que tan sólo un 10% corresponde a condiciones de ambientes protegidos o invernaderos (López 2012).

El cultivo de tomate es hospedero de una gran cantidad de plagas y enfermedades de importancia económica, una de las cuales por los daños que ocasiona, es el nematodo agallador de las raíces *Meloidogyne incognita*, que presenta un amplio rango de hospederos y distribución a nivel mundial con alrededor de 3,000 especies de plantas hospedantes en climas templados, tropicales, subtropicales y mediterráneos (Solano 2014, citado por Curimilma 2015).

Este nematodo daña a las plantas al debilitar las puntas de las raíces y al inhibir su desarrollo o estimular una formación radicular excesiva, pero principalmente destruye el sistema radicular debido a que forma agallas, las cuales privan a las plantas de sus nutrientes y agua, reduciendo la producción de los cultivos (Agrios 2005).

Los síntomas característicos de este nematodo provocan en la planta diferentes grados de achaparramiento, falta de vigor, deficiencias nutricionales y marchitamiento (Zaqui *et al.* 2000, citado por Salazar y Guzmán, 2014).

El ataque de los nematodos genera heridas expuestas y rupturas a nivel radical generando un factor de predisposición importante en la aparición de enfermedades causadas por bacterias y hongos (Powell citado por Sasser y Taylor, 1983).

En nuestro país tradicionalmente se ha utilizado los nematicidas de origen químico en el control de dicha plaga, sin embargo debido a los riesgos ambientales y sanitarios generados por dichas aplicaciones al suelo, muchos de estos agroquímicos han sido prohibidos o restringidos limitando así el uso de alternativas de control químicas.

Debido a lo anterior, se ha recurrido al uso de nuevas estrategias amigables con el ambiente para el manejo nematológico tales como: uso de

extractos botánicos, cultivos trampa, control biológico con microorganismos antagonistas (Talavera y Verdejo, 2015), variedades resistentes, biosolarización y uso de plantas alelopáticas y materiales orgánicos frescos (Castro, *et al.* 2011, citado por Curimilma (2015).

Regnault, *et al.* (2004), citado por Curimilma (2015) asevera que el uso de los extractos botánicos presentan algunas ventajas sobre las moléculas sintéticas, debido a que son menos concentrados, menos tóxicos y sufren biodegradación rápida; pueden poseer múltiples modos de acción, lo que hace posible un amplio uso, además tienen una acción selectiva.

Sukul (1992) citado por Salazar y Guzmán (2014) corrobora la existencia de unas 57 familias botánicas que contienen compuestos fitoquímicos con potencial para ser usados en el combate de enfermedades de plantas, entre estos se destacan aquellos con propiedades nematocidas como: terpenos, alcaloides, esteroides, taninos y aceites esenciales.

Se sabe además, que al menos treinta especies de plantas provenientes de catorce familias botánicas, se han validado con diferentes niveles de efectividad (Insunza *et al.*, 2001, citado por Salazar y Guzmán (2014). Esto manifiesta la diversidad de esfuerzos realizados en años anteriores para encontrar moléculas naturales con efecto nematocida.

Plantas del género *Capsicum chinensis*, *Brugmansia suaveolens* L., y *Tagetes erecta* crecen naturalmente en Costa Rica y han sido reportadas con propiedades biocidas, insecticidas y nematocidas Stoll (2000).

## 1.1 OBJETIVOS

### Objetivo general

Determinar la dinámica poblacional y el efecto de extractos vegetales sobre la población de *Meloidogyne* spp en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) bajo ambiente protegido San Carlos.

### Objetivos específicos

- a) Establecer las dinámicas poblacionales mediante la cuantificación de las poblaciones de *Meloidogyne* spp. bajo los efectos de los extractos, en cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) bajo ambiente protegido.
- b) Establecer la relación que existe entre la producción de materia seca de la planta de tomate fraccionado y las poblaciones de *Meloidogyne* spp. tanto en suelo como en raíz
- c) Evaluar a nivel de laboratorio el efecto de los extractos vegetales de Tagetes (*Tagetes erecta*), Chile picante (*Capsicum chinense*), Reina de la noche (*Brugmansia suaveolens*) y el compuesto químico Oxamil sobre la mortalidad de *Meloidogyne* spp., en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*) bajo ambiente protegido.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Cultivo del tomate en Costa Rica

Los productos hortícolas forman parte de la canasta básica del costarricense, a nivel nacional el tomate es una de las hortalizas con mayor relevancia económica y social y forma parte de los principales ingresos para un cierto grupo de agricultores, y genera una fuente de divisas para Costa Rica (Durán 2011).

López (2012), indica que el área utilizada en el desarrollo de esta actividad en los últimos años comprende 944,60 hectáreas compuestas por alrededor de unos 920 productores y que el costo actual de producción de una hectárea de tomate a campo abierto oscila los ₡12.000.000,00 mientras que una hectárea de tomate bajo ambiente protegido cuesta alrededor de los ₡21.000.000,00 y depende del nivel tecnológico de la infraestructura, manejo, etc.

En nuestro país la explotación tomatera a campo abierto cuenta con un promedio de producción que supera las 50 toneladas de cultivo por hectárea. Sumando un total de producción a campo abierto de 43.920 toneladas métricas a nivel nacional. En cuanto a la producción bajo condiciones de ambiente controladas de invernadero el promedio de producción ronda las 150 toneladas por hectárea. Sumando un total de producción bajo invernadero de 14.640 toneladas métricas. Ambas explotaciones aportan en conjunto al país un total de 58,560 toneladas métricas netas dispersadas entre las diferentes regiones productoras del país y cuyo porcentaje de áreas sembradas se distribuyen de la siguiente manera región Central Occidental 65%, seguido por las regiones Central Oriental 18%, Brunca 12% y Central Sur 5% (López 2012).

Estudios realizados por Ramírez *et al.* (2012), considera que la agricultura a campo abierto puede ser muy contaminante, sobre todo cuando es afectada por condiciones climáticas adversas como fuertes lluvias, que incrementan la erosión de suelo a nivel superficial y por consiguiente de los fertilizantes y plaguicidas aplicados. Las condiciones climáticas adversas provocan en la horticultura

problemas de tipo fitosanitario que obliga al agricultor a usar agroquímicos en exceso.

La estructura básica para el cultivo protegido y en la cual se desarrolló la investigación, se denomina invernadero; este permite el cultivo de hortalizas minimizando el efecto de las plagas y enfermedades en localidades con condiciones climáticas adversas. “El cultivo protegido de hortalizas en el trópico nos permite disminuir sustancialmente las aplicaciones de plaguicidas químicos y puede potenciar el uso del control biológico al tener un ambiente más controlado” Obregón (2008), citado por (Ramírez *et al.* 2012).

## **2.2 Fitonematodos del cultivo de tomate**

La importancia económica de muchas especies de nematodos aún se desconoce, sin embargo, en la actualidad se han descrito alrededor de unas 25,000 especies de nematodos de las cuáles unas 4,000 especies son fitófagas, también se estima que las pérdidas atribuibles a nematodos fitoparásitos está en el orden de \$100 billones anuales, lo que equivale aproximadamente entre un 12 % a un 15 % de pérdida del total de la producción mundial (Esquivel *et al.*2010).

En la actualidad Costa Rica no cuenta con datos de pérdidas agrícolas debido a los nematodos, sin embargo, su importancia como agentes patógenos se deduce de las cantidades importadas anualmente de nematicidas, las cuales superan las 4,700 toneladas de ingrediente activo en el periodo 2000 -2004 (Ramírez 2006, citado por Esquivel *et al.* 2010).

En nuestro país, la identificación de nematodos, se ha realizado sólo hasta nivel de género debido a las limitaciones de la taxonomía y la falta de personal capacitado para ejecutarla. En la realización de un estudio fitosanitario la identificación de los nematodos presentes en el agroecosistema es primordial para así comprender el efecto que causan los mismos en los cultivos y el entorno donde se desarrollan. La correcta identificación de las especies de fitonematodos, así como la determinación de los niveles críticos de los mismos junto con sus umbrales de acción permite contar con varios parámetros para un manejo

adecuado de los nematodos, en razón de establecer las estrategias de manejo y control adecuadas, buscando un manejo más sostenible y acorde al ambiente (Durán 2011).

El género *Meloidogyne* incluye los nematodos formadores de nódulos, y pertenecen a un grupo relativamente pequeño, pero de mucha importancia como patógenos obligados de plantas. Típicamente se reproducen y se alimentan dentro del tejido radical e inducen la formación de agallas pequeñas a grandes. Su hábito endoparásito y forma de alimentación, alteran la fisiología normal de la planta y causan una reducción y calidad del cultivo, motivo por lo que estos nematodos tienen enorme importancia económica (Esquivel *et al.* 2010).

Algunas especies de *Meloidogyne* detectadas en Costa Rica son de las especies *incognita*, *javanica*, *hapla*, *salasi*, *fallax* y *chiwoodi*, en la cuales se supone que éstas últimas especies ingresaron al país con material vegetativo contaminado (Ramírez *et al.* 2001).

Actualmente el agricultor costarricense cuenta con pocos parámetros de decisión, con lo cual definan el momento más adecuado para la toma de decisiones en el uso de alguna medida de control. Esta propuesta pretende estimar niveles de incidencia de nematodos *Meloidogyne* spp.

Los datos obtenidos revelarán la medida en que las cantidades poblacionales de nematodos afectan el desarrollo del cultivo en las primeras etapas fenológicas del mismo, con lo cual se establecerá como parámetro en el nivel de tolerancia poblacional de nematodos permitido en el cultivo en esta etapa además de si amerita ser más riguroso con el manejo fitosanitario a partir de nematicidas químicos, o si puede ser más flexible alternado o sustituyendo por productos de origen natural o biológico, logrando la transición de un cultivo dependiente de nematicidas químicos, a un cultivo sostenible.

### **2.3 Control de nematodos**

Durante los últimos años el control de los nematodos a nivel mundial se ha realizado mayormente por medio de nematicidas. Sin embargo, estos productos

son ineficaces en altas poblaciones además de eliminar la biodiversidad del ecosistema del suelo y generar resistencia en la plaga a largo plazo (Castro *et al.* 2011).

Costa Rica para el período de 1977 a 2006 importó un total de 184.817 toneladas de plaguicidas y la cantidad de plaguicidas importada por hectárea cultivada en Costa Rica aumentó 3,14 veces y pasó de 8,21 kg de ingrediente activo (i.a.) en 1977 a 25,78 kg (i.a.) en 2006. El porcentaje de importación de agroquímicos en este periodo se distribuyó de la siguiente manera los fungicidas con 46% del total, seguido por los herbicidas con 29%, los insecticidas-nematicidas con un 16% y fumigantes con un 8% (Ramírez *et al.* 2009).

Para el año 2008 el país contaba con una población de 4.579.000 habitantes y aplicaba 2,9 kg de ingrediente activo (i.a.) de plaguicidas por persona y cada hectárea de cultivo recibió en promedio 30 kg (i.a.) de plaguicidas (Ramírez 2010).

El Terbufos, Etoprofos y Carbofuran son los nematicidas más utilizados en el país y se encuentran en la lista de los 12 plaguicidas restringidos en la última Reunión del Sector Salud de Centroamérica y República Dominicana; estos fueron limitados en Costa Rica y deben venderse únicamente bajo receta profesional, según decretos de emitidos a finales de 2007 e inicios de 2008 (Ramírez *et al.* 2009).

En la actualidad, existe una enorme presión en el uso de productos químicos, ya que cada vez son más los consumidores que demandan alimentos libres de agroquímicos y se generan políticas internacionales para reducir las fuentes de contaminación ambiental (Pakeerathan *et al.* 2009, citados por Castro *et al.* 2011).

Algunos ejemplos de nematicidas de origen botánico mencionados por Gruber y López (2004), citado por Durán (2011) son la papaya (*Carica papaya*), nim (*Azadirachta indica*), ajo (*Allium sativum*), higuera (*Ricinus communis*), flor de muerto (*Tagetes erecta*), entre otros.

Dentro de las investigaciones realizadas recientemente que implementa la utilización de extractos vegetales como controladores de nematodos se encuentran Morimoto *et al.* (2000) citado por Durán (2011) utilizando extractos de (*Gnaphalium affine*) lograron analizar la actividad de cuatro flavonoides. López (2010), evaluó la mortalidad de *Radophulus similis* en condiciones de laboratorio utilizando distintos extractos vegetales procedentes de semillas de higuera (*Ricinus communis*), frutos maduros de pichichio (*Solanum mammosum*), hojas de madero negro (*Gliricidia sepium*) y hojas de hombre grande (*Quassia amara*), por su parte Fallas (2011) evaluó la extracción de compuestos biocidas a partir de tubérculo de jengibre (*Zingiber officinale*), hojas de orégano (*Origanum vulgare*), y bulbo de ajo (*Allium sativum*). Por otro lado, Flores (2011) evaluó el efecto de la aplicación de vermicompost de estiércol bovino y su enriquecimiento con quitina, sobre la infección de *Meloidogyne. incognita* en plantas de tomate.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Descripción general del experimento**

En un sistema de ambiente protegido se llevó a cabo un experimento en el cual se utilizaron tres extractos vegetales sobre la población de nematodos en el cultivar híbrido de tomate "JR", se utilizó macetas de 10 L de capacidad con suelo proveniente de zonas productoras de tomate contaminadas con el nematodo con el fin de obtener condiciones similares de campo, se inoculó a razón de 100 y 150 individuos extraídos de plantas contaminadas presentes en el invernadero, se evaluó la presencia de estos a través del tiempo y su dinámica poblacional, paralelo a esto se realizaron comparaciones entre las poblaciones obtenidas y la variable de peso fraccionado. A nivel *in vitro* se realizaron pruebas de los extractos para determinar la eficacia de los mismos.

#### **3.2 Localización**

La investigación se desarrolló durante julio-octubre del 2015, en las instalaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede San Carlos, Alajuela, Costa Rica, ubicado a 165 msnm, a 10°21'43.3"N, 84°30'34.1"O categorizada por Holdridge Centro Científico Tropical (2005), como una zona de bosque muy húmedo premontano; con precipitación entre 3.000 y 4.000 mm anuales; temperaturas entre 21,5°C y 28°C; y 87,5% humedad relativa promedio del año 2015 (Alvarado 2015). La primera fase se desarrolló en invernadero (con un área total de 235 m<sup>2</sup>, 18,4 metros de largo, 12,8 metros de ancho, 5,5 metros de altura), y la segunda fase en el laboratorio de Nematología perteneciente a la institución.

#### **3.3 Material vegetal para el ensayo**

Plántulas de tomate cultivar híbrido "JR" fueron proporcionadas por productores especializados en la elaboración de almácigos. Tres semanas después, las plantas estuvieron listas y se trasplantaron a macetas plásticas de 10,000 cm<sup>3</sup> (10 litros de capacidad) con su respectivo tratamiento.

### **3.4 Extracción de inóculo inicial de *Meloidogyne* spp.**

Los juveniles se obtuvieron a partir de raíces de tomate infestadas con *Meloidogyne* spp., los cuales se mantuvieron en macetas de 10,000 cm<sup>3</sup> del cultivar híbrido "JR" en el invernadero de Nematología. Se realizó en base a la metodología tradicional la extracción de inóculo del género *Meloidogyne* spp., la cual consistió en los siguientes pasos:

Las raíces inoculadas se colocaron en un beaker con agua destilada y un inyector de burbujas de aire por veinticuatro horas. Los huevos y juveniles recién eclosionados se recuperaron con la ayuda de tres cribas (35,100, 400 mallas). El contenido de la criba se recolectó en un tubo, con la ayuda de una piceta los residuos retenidos en la criba de 400 mallas se transfirieron a tubos de centrifuga de 50 ml. Se procedió a llenar los frascos con agua con el cuidado de que éstos una vez colocados en la centrifuga quedaran balanceados. Se centrifugó cinco minutos alrededor de 3000 r.p.m., luego se desechó el líquido. El tejido vegetal presente en fondo del frasco se le agregó una solución azucarada, se agitó posteriormente y se centrifugó a 3000 r.p.m. durante cinco minutos. El sobrenadante que contiene los nematodos fue vertido sobre una criba de 400 mallas, el exceso de azúcar adherida a los nematodos, es removido lavando con suficiente agua. Por último se transfirió a un recipiente o tubo de ensayo, dependiendo de la cantidad de nematodos presentes y la limpieza de la muestra, ésta pudo diluirse en un volumen mayor de agua, seguidamente se procedió al conteo e identificación de los nematodos.

### **3.5 Preparación de compuestos y extractos vegetales para el control de *Meloidogyne* spp.**

Las flores de *Brugmansia suaveolens* y frutos de Chile picante (*Capsicum chinense*), fueron lavados en agua potable, luego secadas y deshidratadas en un horno a 35°C por 96 horas y se pulverizaron en un molino foliar. Los compuestos vegetales fueron extraídos usando 200 ml de metanol mediante un extractor Soxhlet por 24 horas. Posteriormente, la solución fue filtrada a través de un papel filtro Whatman (No. 1) y el disolvente evaporado en un rotavapor por tres horas en

el laboratorio del ITCR. Para el caso del tratamiento de *Tagetes erecta* este se presentó de un producto comercial llamado NemaGold el cual es constituido de 80% de extracto de *Tagetes erecta* y 20% de extracto de algas. Como medio de control químico se utilizó Oxamil (Oxamil 24 SL) agroquímico con mayor auge utilizado en la explotación tomatera nacional. Se implementó el uso de testigos absolutos como control en el cual solo se aplicó agua, y agua más un inóculo conformado entre 100 y 150 individuos y huevos de *Meloidogyne* spp. tanto en los compuestos de combate poblacional de nematodos de origen vegetal como en el de origen químico se les utilizó en dosis de concentración de (50 y 100 ppm) diluido en 100 cc de agua destilada por unidad muestral, se aplicaron los compuestos de control poblacional de nematodos en sus respectivas dosis de concentración de (50 y 100 ppm) 30 días después de la realización del trasplante de las plántulas al invernadero.

**Cuadro 1.** Variables evaluadas (San Carlos, Alajuela, 2015)

<b>Pruebas</b>	<b>Dinámica poblacional (cuantificación)</b>	<b>Comparación de poblaciones y pesos (correlaciones)</b>	<b>Mortalidad <i>in vitro</i></b>
Variables	Nematodos en suelo	Sintomatología radical	Individuos muertos
	Nematodos en raíz	Peso seco en tallos y hojas	
	Huevos en raíz	Peso fresco en raíz	

### **3.6 Inoculación de plantas**

Quince días después del trasplante al invernadero, se realizó la inoculación de *Meloidogyne* spp. Alrededor de cada planta y aproximadamente a 1 cm del tallo se le adicionó una suspensión entre 100 y 150 nematodos compuestos por huevos y estadios juveniles de *Meloidogyne* spp. Las plantas mantuvieron su crecimiento en condiciones del invernadero del ITCR por alrededor de 120 días después de la inoculación, se aplicó fertilización hidropónica mediante la fórmula completa de Steiner (Lara 1999) presente en el riego.

### **3.7 Extracción de nematodos: muestra vegetal**

- 1) Se tomó aproximadamente 25 gr. de raíz.
- 2) Se cortó en trozos de dos a tres cm de longitud y se colocó dentro de una licuadora. Se agregó cierta cantidad de agua y se licuo a velocidad baja 10 s y velocidad alta 10 s.
- 3) Posteriormente se decantó la solución sobre un juego de tamices superpuesto de 35, 100 y 400 mallas.
- 4) Con la ayuda de una piceta el residuo de la criba de 400 mallas se transfirió a tubos de centrifuga de 50 ml.
- 5) Se llenó los frascos con agua con cuidado de que éstos una vez colocados en la centrifuga queden balanceados. Se centrifugó cinco minutos alrededor de 3000 r.p.m. y luego se desechó el líquido.
- 6) La raíz presente en fondo del frasco se le agregó una solución azucarada, se agitó y se centrifugó a 3000 r.p.m. durante cinco minutos.
- 7) El sobrenadante que contiene los nematodos se vertió sobre una criba de 400 mallas, el exceso de azúcar adherida a los nematodos, se removió lavando con suficiente agua.
- 8) Se transfirió a un tubo de ensayo, dependiendo de la cantidad de nematodos presentes y la limpieza de la muestra, esta se diluyó en un volumen mayor de agua para obtener de la misma alícuotas más limpias con las cuales se facilitó el proceso de conteo e identificación de los nematodos.
- 9) Se extrajo dos alícuotas y se trasladaron a siracusas de 3 ml, se procedió a observar en el microscopio y anotar conteos.

### **3.8 Extracción de nematodos: muestra de suelo**

- 1) Se tomó una muestra de suelo (100 gr) homogeneizado, eliminando las raíces, piedras y otros desechos.

- 2) Se colocó la muestra en una cubeta y se lavó directamente bajo un chorro de agua a presión, la cantidad de agua agregada no debe superar la mitad de la misma.
- 3) La suspensión resultante se agitó bien y se dejó reposar alrededor de 30 s.
- 4) Posteriormente se decantó la solución sobre un juego de tamices superpuesto de 35, 100 y 400 mallas. La operación se repitió una vez más con el suelo remanente en la cubeta.
- 5) Los residuos retenidos en la criba de 400 mallas se transfirieron a tubos de centrifuga de 50 ml.
- 6) Se procedió llenar los frascos con agua con el cuidado de que éstos una vez colocados en la centrífuga queden balanceados. Se centrifugó cinco minutos alrededor de 3000 r.p.m. y se desechó el líquido.
- 7) El suelo presente en el fondo del frasco se le agregó una solución de azucarada se agito posteriormente se centrifugó a 3000 r.p.m. durante cinco minutos.
- 8) El sobrenadante que contiene los nematodos es vertió sobre una criba de 400 mallas, el exceso de solución azucarada adherida a los nematodos, se removió lavando con suficiente agua.
- 9) Dependiendo de la cantidad de nematodos presentes y la limpieza de la muestra, esta se diluyó en un volumen mayor de agua para obtener de las mismas, alícuotas más limpias con las cuales se facilitó el proceso de conteo e identificación de los nematodos.
- 10) Se extrajo dos alícuotas y se trasladó a siracusas de 3 ml, se procedió a observar en el microscopio y anotar.

Las poblaciones de nematodos se detectaron e identificaron con la ayuda de claves dicotómicas de Mai y Lyon (1960), el manual de fitopatología de Marban (1987) manual de identificación de géneros de nematodos Importantes en Costa Rica (Esquivel 2005).

De las muestras obtenidas en sustrato suelo como raíz de cada unidad experimental se presentó dos alícuotas, en éstas los individuos y huevos contabilizados se promediaron y multiplicaron por un factor de conversión de 100 con el fin de obtener poblaciones estandarizadas ya que en algunos casos las raíces no cumplieron con el peso requerido para ser procesada además de que éstas fueron diluidas en 300 ml de agua con el fin de facilitar el conteo en las mismas.

### 3.9 Sintomatología radical

Las muestras radicales de las plántulas muestreadas siguieron un proceso de pesaje e identificación visual, para determinar su sintomatología. Para ello:

- Se pesaron 25 gramos de raíz, y se determinó la escala de severidad radical (Cuadro 2) de los 25 gramos,
- Las raíces totales se lavaron con agua limpia, sobre una malla que evitara la pérdida de raíz.
- Se pesó la raíz, excluyendo los 25 gramos separados inicialmente

**Cuadro 2.** Sintomatología radical del cultivo de tomate, escala de severidad de 0 a 6 (Adaptado de (Barker 1985).

<b>Escala</b>	<b>Criterio</b>	<b>Sintomatología</b>
0	Raíz sana	0%
1	Leve nodulación	1 al 10%
2	Nodulación leve	11 al 20%
3	Nodulación media	21 al 40%
4	Nodulación moderada	41 al 70%
5	Nodulación alta	71 al 90%
6	Nodulación extrema	91 al 100%

### 3.10 Dinámica poblacional

Se utilizó maceteros plásticos con capacidad para 10000 cm<sup>3</sup> de suelo cubiertos en su interior con papel periódico, posteriormente se rellenaron con suelo perteneciente a zonas cafetaleras donde se cultivó tomate con anterioridad esto con la intención de obtener condiciones similares a las del campo, y se

trasplantaron plantas de *Lycopersicon sculentum* cultivar híbrido “JR” obtenidos de productores especializados en la venta de almácigos.

En cada maceta se cultivó una planta de tomate y se le adicionó una suspensión entre 100-150 nematodos compuestos por huevos y estadios juveniles de *Meloidogyne* spp., las plantas se mantuvieron en crecimiento aproximadamente 120 días en invernadero, quince días después del trasplante de las plántulas a los maceteros dentro del invernadero y sin haber realizado la inoculación de nematodos aislados en laboratorio se efectuó el primer muestreo poblacional que identificó y cuantificó la cantidad poblacional de nematodos con que contaba el sustrato originalmente. Se realizó un muestreo destructivo y al azar de cinco plántulas, para luego inocular la suspensión de entre 100 y 150 nematodos compuestos por huevos y estadios juveniles al resto de plántulas del invernadero.

Treinta días después de realizado el trasplante de las plántulas a invernadero y quince días después de efectuado el primer muestreo poblacional de nematodos originarios del sustrato se efectuó un segundo muestreo poblacional que identificó y cuantificó la cantidad poblacional de nematodos y huevos presentes tanto en raíz como en suelo con que contaba el sustrato originalmente + población inoculada. Se realizó un muestreo destructivo y al azar de cinco plantas, para posteriormente adicionar las dosis de los tratamientos de extractos vegetales y el compuesto químico por cada plántula (50 y 100 ppm) en 100 cc de agua destilada, con lo cual da inicio a la medición de la variable Días de Exposición al Extracto (DEE).

Transcurridos 60 días del trasplante al invernadero y 30 días de la aplicación de los extractos vegetales y químico en las plántulas se realizó un tercer muestreo poblacional que identificó y cuantificó la población de nematodos con que contaba el sustrato, mediante un muestreo destructivo y al azar cincuenta plantas (cinco plantas por tratamiento).

A los 90 días de realizado el trasplante a invernadero y 60 días de efectuada la aplicación de los extractos vegetales y químico en las plántulas, se realizó un cuarto muestreo poblacional que identificó y cuantificó la población de

nematodos con que contaba el sustrato, se muestreó destructivamente y al azar cincuenta plantas (cinco plantas por tratamiento).

El quinto y último muestreo realizado (120 después del trasplante a invernadero y 90 días después de efectuada la aplicación de los extractos vegetales y químico en las plántulas), identificó y cuantificó la población de nematodos con que cuenta el sustrato. Se muestreó destructivamente y al azar cincuenta plantas (cinco plantas por tratamiento).

### **3.11 Comparaciones entre poblaciones y pesos**

Se evaluó a los quince días y 30 días después del trasplante de las plántulas a los maceteros en invernadero la primera sin haber realizado la inoculación de nematodos a las mismas y la segunda con la inoculación ya realizada. Transcurridos quince días del trasplante se realizó la inoculación de nematodos al resto de la plantación posteriormente se evaluó cada 30 días de realizada la aplicación de los extractos vegetales y el producto químico. Se realizaron dos evaluaciones antes de la aplicación de los extractos y tres evaluaciones posteriormente a la aplicación de los mismos; hasta completar el ciclo en el cultivo de aproximadamente 120 días. Cada planta se cortó en la base, y se fragmentó en tallos, hojas y raíz, frutos para obtener el peso fresco y el peso seco (60°C hasta peso constante). Una vez en el laboratorio se rotularon y movilizaron al horno de convección en la cual permanecieron por 72 horas, pasado este tiempo, se midió el peso final (peso seco).

Se cuantificó el desarrollo de las plantas y se comparó el mismo con las poblaciones de nematodos. Se utilizó el análisis correlación lineal de Spearman, y se determinó la posible correlación entre las poblaciones de nematodos (nematodos en suelo, nematos en raíz, huevos en raíz) y los diferentes pesos (síntomatología radical, peso seco en hojas, peso seco en tallos, peso fresco en raíz).

### **3.12 Diseño experimental (invernadero)**

El diseño experimental utilizado en la investigación corresponde a un diseño irrestricto al azar con diez tratamientos que se muestran en el Cuadro 3.

Para cada tratamiento se instalaron cinco repeticiones, para un total de 150 unidades de muestreo. Cada repetición presentaba de una única planta de tomate.

El modelo de este diseño corresponde a:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \epsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ijk}$  = Variable dependiente (observación)

$\mu$  = Media de la población

$T_i$  = Efecto de la  $i$ -ésimo del Tratamiento (extracto vegetal o compuesto químico o testigo)

$\epsilon_{ijk}$  = Error experimental

**Cuadro 3.** Descripción de los tratamientos y las dosis de extractos para el control poblacional de *Meloidogyne* spp. (San Carlos, Alajuela, 2015).

Tratamiento	Dosis(ppm)
Agua	0
Agua + Ino	0
Chile	50
Chile	100
Reina de la noche	50
Reina de la noche	100
Tagetes	50
Tagetes	100
Oxamil	50
Oxamil	100

### 3.13 Cuantificación de poblaciones

Para las exploraciones poblacionales se realizaron gráficos de box plot para identificar y eliminar puntualmente valores extremos que podrían interferir en el

correcto análisis de los datos. Se utilizó la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (paramétricos) para identificar la existencia de diferencias entre tratamientos, con correcciones de heterocedasticidad para todas las variables, mediante la función varIdent. Se realizó la Prueba de Comparación Múltiple DGC (Di Renzo Guzmán Casanoves) con una significancia de 0,05, cuando el análisis de la varianza entre tratamiento resultó significativo.

### **3.14 Relaciones entre dinámica poblacional de *Meloidogyne* spp y pesos de la planta**

Como primer paso de análisis se determinó la posible relación entre las variables clasificatorias y aquellas que son de respuesta, mediante un análisis de correlación lineal de Spearman.

Se utilizó la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (paramétricos) para identificar la existencia de diferencias entre tratamientos, con correcciones de heterocedasticidad para todas las variables, mediante la función varIdent. Se realizó la Prueba de Comparación Múltiple DGC (Di Renzo, Guzmán Casanoves) con una significancia de 0,05, cuando el análisis de la varianza entre tratamiento resultó significativo. Todos los análisis se realizaron con el programa estadístico InfoStat/P 2015 (Di Rienzo *et al.* 2014).

### **3.15 Mortalidad in vitro**

#### **3.15.1 Desarrollo del experimento**

Para las pruebas de toxicidad se utilizaron nematodos activos. Las suspensiones de estos se ajustaron a 30 nematodos/ml de agua destilada por cada tratamiento y para cada dosis. En cada siracusa se colocó 1 ml de cada suspensión de nematodos y se agregaron posteriormente 100 ml y 50 ml de la concentración correspondiente de cada producto. La evaluación de la movilidad de los nematodos se hizo en tres días consecutivos de exposición al producto (1°, 2° y 3° día). Posteriormente se realizaron observaciones en estereoscopio, con aumento entre 25 y 30x, colocando las cajas sobre un círculo de papel del mismo

diámetro, dividido en sectores triangulares. Para cada día de evaluación, en cada sector se registró el número de nematodos que exhibían movimiento propio; los que no mostraban movimiento se tocaron suavemente con un filamento y si reaccionaban se registraban como nematodos vivos, los nematodos que finalmente no mostraron movilidad se registraron como individuos muertos.

### 3.15.2 Diseño experimental

Se empleó un diseño experimental Completamente al Azar, con nueve tratamientos consistente en cuatro productos nematicida a dos concentraciones para cada uno, más un testigo absoluto, con tres repeticiones por tratamiento y diez nematodos por repetición. Los tratamientos fueron observados en tres diferentes fechas de exposición (del primero al tercer día).

**Cuadro 4.** Concentraciones de químico y extractos utilizadas en las pruebas para el control poblacional de *Meloidogyne spp.* San Carlos, 2015.

Chile ( <i>Capsicum chinensis</i> )		Reina de la noche ( <i>Brugmansia sauveolens</i> )		Tagetes ( <i>Tagetes erecta</i> )		Vydate (Oxamil)		Disolvent L / Solut o cc o ml
2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	2 L	Agua
1,0 cc /100 ml	2,0 cc /200 ml	1,0 cc /100 ml	2,0 cc /200 ml	0,12 cc /125 ml	0,24 cc /150 ml	0,42 cc /417 ml	0,84 cc /834 ml	Concentración del extracto
50 ppm	100 ppm	50 ppm	100 ppm	50 ppm	100 ppm	50 ppm	100 ppm	

### 3.15.3 Análisis estadístico

Se ejecutó un análisis de varianza con la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos, con correcciones de heterocedasticidad para todas las variables, mediante la función varldent. De encontrarse diferencias significativas entre tratamientos se aplicó la Prueba de Comparación de Múltiple DGC (Di Renzo, Guzmán y Casanoves) con un nivel de significancia de 0,05.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis del comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. realizado a los 30 días de exposición al extracto (DEE)

Para la variable de Huevos en Raíz (Cuadro 16), se encontró diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) el tratamiento de Chile (50 ppm) presento una media de (2.622,75) huevos y el menor porcentaje de huevos en raíz de los tratamientos aplicados. Referente al resultado obtenido en este tratamiento Bruneton (2001) citado por Curimilma (2015) asevera que el género *Capsicum* posee una serie de metabolitos secundarios tales como aceites volátiles: limoneno, linalol, lupeol; ácidos orgánicos como ascórbico, caféico, cítrico, clorogénico, oleico, linoleico y ácido p-cumárico; alcaloides como solanina, solanidina, solasodina, escopoletina.  $\beta$ -caroteno,  $\beta$ -sitosterol, capsaicina, cariofileno, dihidrocapsaicina, eugenol. carotenoides con terminación ciclopentánica (capsantina, capsorubina, capsantinona); heterósidos diterpénicos (capsianósidos) y un heterósido del furostanol (capsicósido), luteína, tocoferol, trifonelina y zelaxantina y que dentro de estos los más relevantes son capsaicina y alcaloides. Ambos actúan como insecticidas por contacto e ingestión además de ser eficaces en el control de larvas insectiles, concerniente al control generado por *Capsicum* en nematodos la información generada al respecto es escasa, las investigaciones realizadas se enfocan mayormente en el control y repelencia de insectos.

Referente a la variable Huevos en Raíz (Cuadro 16), al encontrar diferencias estadísticas significativas en el control poblacional de huevos radicales entre el extracto de Chile (50 ppm) y el resto de tratamientos de origen vegetal como químico, mostrando así que tal extracto es una opción para el productor siendo este una alternativa de control nematológico aceptable con el ambiente

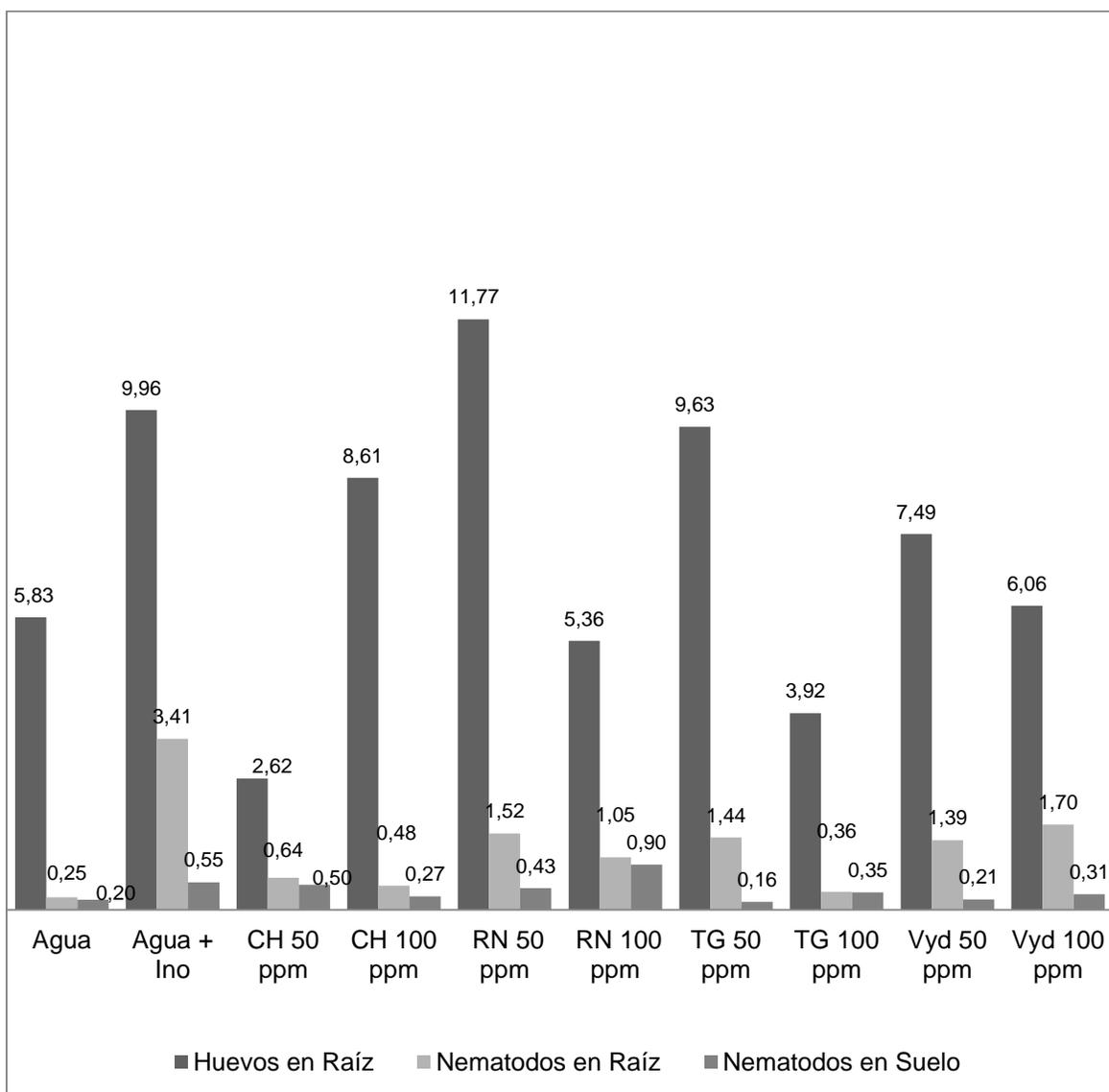
En el resto de tratamientos agua, agua + inóculo, Chile (50 y 100 ppm), Reina de la noche (50 y 100 ppm), Tagetes (50 y 100 ppm), Oxamil (50 y 100 ppm) se presentó un grupo muy similar de medias con lo cual no se observó diferencias significativas.

**Cuadro 5.** Comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. a 30 DEE en el cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) mediante diferentes tratamientos bajo ambiente protegido. San Carlos, 2015.

Tratamiento	Huevos en Raíz	Nematodos en Raíz	Nematodos en Suelo
Agua	5,830.00 a	<b>250,00 c</b>	200,00 a
Agua + Ino	9,962.50 a	<b>3,410.00 a</b>	550,00 a
CH 50 ppm	<b>2,622.75 b</b>	640,00 b	500,00 a
CH 100 ppm	8,610.00 a	483,33 b	266,67 a
RN 50 ppm	11,778.00 a	1,520.00 b	437,50 a
RN 100 ppm	5,356.00 a	1,050.00 b	900,00 a
TG 50 ppm	9,630.00 a	1,440.00 b	162,50 a
TG 100 ppm	3,925.00 a	362,50 b	350,00 a
Vyd 50 ppm	7,496.00 a	1,390.00 b	212,50 a
Vyd 100 ppm	6,060.00 a	1,700.00 b	312,50 a
<b>p valor</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,4224</b>

Letra diferentes en sentido vertical, expresa diferencias significativas entre tratamientos a un  $\alpha=0,05$

*Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= Tagetes erecta. Vyd= Oxamil.*



**Figura 1.** Comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. a 30 DEE. (Resultados obtenidos en laboratorio divididos entre mil para facilitar la comprensión de la figura 1). San Carlos, 2015.

Dentro de esta variable los resultados obtenidos en esta investigación parecieran discrepar con los resultados de otros estudios.

Tales resultados pueden justificarse como ha sido señalado por Veech (1981) citado por López y Quesada (1997), para que una sustancia afecte los nematodos dentro de una planta deben coincidir tres factores: a) presencia del activo en los tejidos invadidos, b) momento oportuno de la invasión del nematodo

y c) poseer efecto detrimental para el patógeno. Si alguno de los anteriores falla, no se produce el resultado esperado.

Insunza *et al.* (2001), citado por Llive (2009), afirman que la actividad nematocida de extractos acuosos puede verse afectada por factores como la presencia de compuestos tóxicos, microbianos, fuerza osmótica, alteraciones en el pH o simplemente la eliminación de oxígeno en las soluciones. Por otra parte, Ramírez *et al.* (2001), citado por Llive (2009), mencionan que ese efecto puede corresponder a que la concentración pudo haber sido baja o que los compuestos químicos de la planta no actúan de la misma manera sobre los organismos.

En el caso específico de los terrieniles presentes en las raíces de *Tagetes* spp., se sabe que son extremadamente tóxicos *in vitro* pero que hay factores desconocidos que afectan su eficacia dentro de las plantas Veech (1981) citado por López y Quesada (1997), los que podrían explicar la aparente contradicción citada.

En la variable Nematodos en Raíz hay diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.05$ ), el tratamiento con el mayor porcentaje de individuos en raíz y menor control poblacional correspondió al tratamiento agua + inóculo con una media de 3.410 individuos esto debido a que los únicos factores limitantes para el crecimiento de la población inicial de nematodos la cual se inoculo en el agua lo representan factores ambientales tales como temperatura y humedad. Sasser y Taylor (1983) citado por Farfán (2011) asevera que la temperatura es uno de los factores más importantes que afecta supervivencia, distribución, embriogénesis, eclosión, migración, penetración y desarrollo. En temperaturas entre 27,5°C a 30°C las hembras se desarrollan de la etapa juvenil a la etapa de deposición de huevos en 17 días; a 24,5°C en 21 a 30 días; a 20°C en 31 días; y a 15,4°C en 57 días. A temperaturas inferiores a 15,4°C o superiores a 33,5°C las hembras no llegan a alcanzar su madurez. Referente al factor humedad las larvas emergen rápidamente y con libertad de movilidad a través de los poros del suelo cuando el agua es suficiente para formar películas delgadas sobre las partículas del suelo Sasser y Taylor (1983).

Debido a que ambos factores ambientales fueron favorables dentro del invernadero y a que la población no se le aplicó algún extracto controlador, sus niveles poblacionales en este fueron los más elevados. El resto de tratamientos, Chile (50 y 100 ppm), Reina de la noche (50 y 100 ppm), Tagetes (50 y 100 ppm), Oxamil (50 y 100 ppm); no presentaron diferencias significativas entre ellos y sus medias poblacionales son similares; cabe resaltar que estos mantuvieron un nivel poblacional menor al presentado por el tratamiento agua + inóculo. Sasser y Taylor (1983), describe que este comportamiento se puede atribuir a que las especies de *Meloidogyne* spp. se incrementan rápidamente en sistemas radiculares sanos de plantas tratadas con nematicidas y más lentamente en raíces dañadas de suelos no tratados.

El tratamiento con agua presentó una media de (250) individuos, y el menor porcentaje Nematodos en Raíz de todos los tratamientos aplicados, esto debido a que probablemente las poblaciones de nematodos presentes dentro de la raíz serían provistas directamente por el suelo utilizado como sustrato por la planta y en el cual de ante mano se efectuó conteos poblacionales; corroborando niveles muy bajos de población de individuos.

Respecto a la variable de Nematodos en Raíz (Cuadro 16) , cabe destacar que al no encontrar diferencias estadísticas significativas en el control poblacional de nematodos radicales, entre extractos vegetales y el testigo químico Oxamil se demostró que los extractos vegetales son una valiosa opción para el productor no solo por las ventajas que muestran tales como: baja persistencia residual en el ambiente, bajo costo, menor toxicidad múltiples modos de acción, selectividad; sino también por las tendencias recientes de prohibición y restricción de plaguicidas como resultado de una mayor preocupación ambiental y sanitaria lo que ha generado la búsqueda de alternativas de control más aceptables con el ambiente para el manejo nematológico.

En la variable Nematodos en Suelo no hay diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,4224$ ) esto debido posiblemente al factor como la distribución población mencionado por Hussey y Grundler (1998) citado por Hidalgo (2008),

ratifica que en general no todos los huevos y juveniles inoculados logran penetrar a las raíces y que además la mayoría de la población de *Meloidogyne* spp. en suelo se localiza entre 5 a 30 cm debajo de la superficie del suelo, decreciendo su densidad hasta 1 metro de profundidad con lo cual dificulta el adecuado efecto nematocida de los tratamientos Sasser y Taylor (1983).

Esto ligado a lo referido por Da Ponte (1992), citado por Sally (2006), quien señala que los insecticidas de origen vegetal, luego de ser aplicados se descomponen rápidamente por acción de la luz y la temperatura, debido a que algunos de sus componentes, principalmente metabolitos secundarios no presentan homogeneidad desde el punto de vista químico, bioquímico o fisiológico con lo cual disminuyó el efecto de inhibidor de los extractos en el suelo presentando con ello un número similar de poblaciones.

Al comparar la variable de población de nematodos tanto en raíz y como en suelo a los 30 DEE se observó que las poblaciones de individuos dentro de la raíz son ampliamente mayores a la de las obtenidas en el suelo.

Sasser y Taylor (1983), describe que las diversas especies de *Meloidogyne* spp son parásitos obligados de las plantas y afirma que su reproducción solo es concretada cuando el segundo estadio larval penetra en raíces e inician el desarrollo de células gigantes para su posterior alimentación.

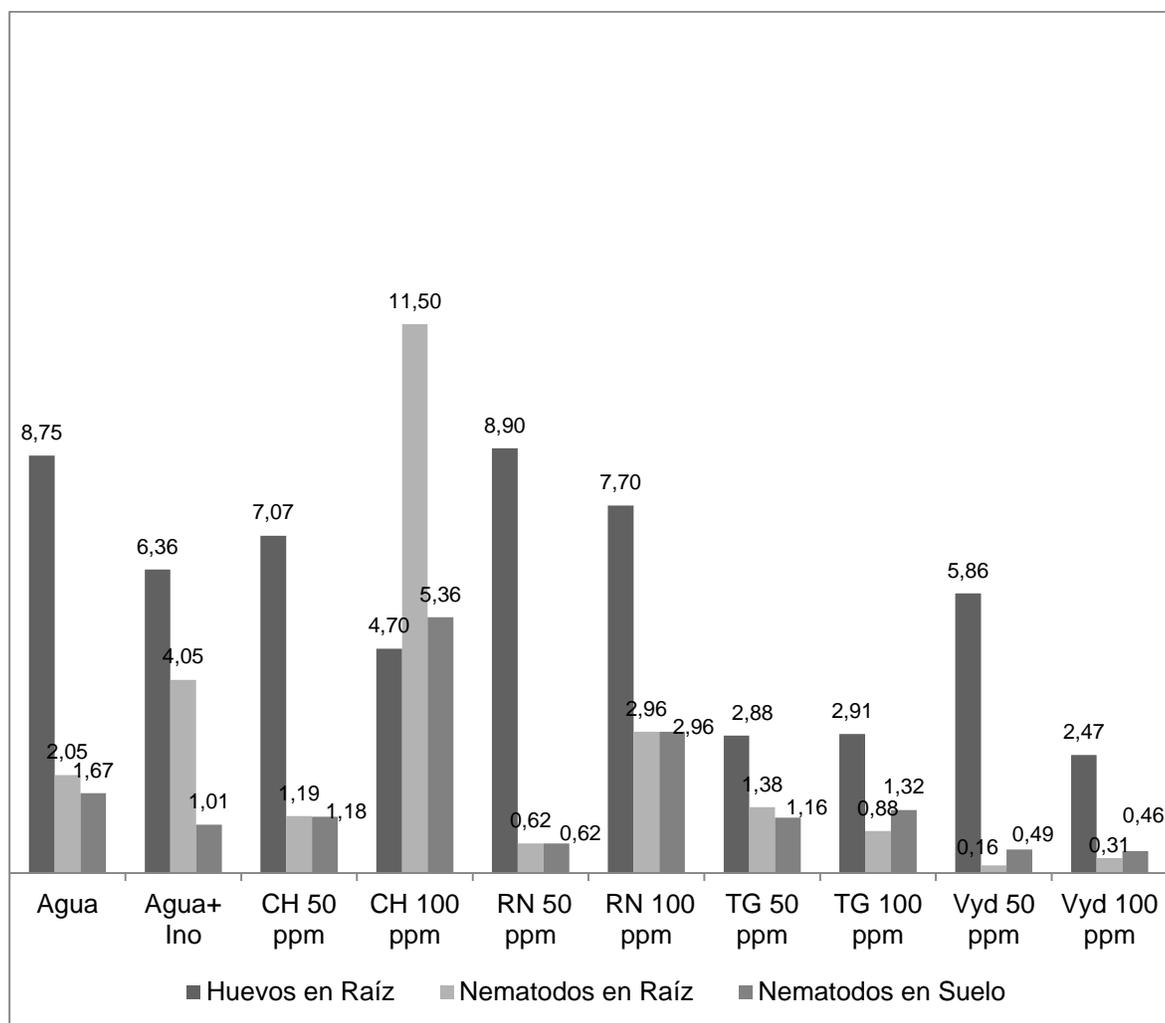
Al respecto, Abad *et al.* (2009), citado por Hernández *et al.* (2012) señalaron que los J2 pre-parasíticos penetran las raíces de los hospedantes, usualmente cerca de la punta. Luego comienzan a moverse intercelularmente, hasta encontrar un sitio de alimentación adecuado para permanecer durante todo su ciclo de vida volviéndose sedentario e inmóvil.

**Cuadro 6.** Comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. a 60 DEE en el cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum*) mediante diferentes tratamientos bajo ambiente protegido. San Carlos, 2015.

Tratamiento	Huevos en Raíz	Nematodos en Raíz	Nematodos en Suelo
Agua	8,750.00 a	2,050.00 b	1,670.00 a
Agua + Ino	6,360.00 a	4,050.00 b	1,016.67 a
CH 50 ppm	7,070.00 a	1,912.50 b	1,187.50 a
CH 100 ppm	4,700.00 a	<b>11,566.67 a</b>	5,362.50 a
RN 50 ppm	8,900.00 a	<b>625,00 c</b>	625,00 a
RN 100 ppm	7,700.00 a	2,966.67 b	2,966.67 a
TG 50 ppm	<b>2,887.50 b</b>	1,387.50 b	1,160.00 a
TG 100 ppm	<b>2,912.50 b</b>	<b>883,33 c</b>	1,325.00 a
Vyd 50 ppm	5,862.50 a	<b>162,50 c</b>	490,00 a
Vyd 100 ppm	<b>2,475.00 b</b>	<b>312,50 c</b>	460,00 a
p valor	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,1926</b>

Letra diferentes en sentido vertical, expresa diferencias significativas entre tratamientos a un  $\alpha=0,05$

Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= *Tagetes erecta*. Vyd= *Oxamil*.



**Figura 2.** Comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. a 60 DEE (Resultados obtenidos en laboratorio divididos entre mil para facilitar la comprensión de la figura 2). San Carlos, 2015.

#### 4.2 Análisis del comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. realizado a los 60 DEE

Para la variable de Huevoes en Raíz (Cuadro 16) se presentan diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,05$ ). Los tratamientos con menores resultados en el control de huevoes son agua, agua + inóculo, Chile (50 y 100 ppm), Reina de la Noche (50 y 100 ppm), Oxamil (50 ppm), presentando un grupo muy similar de medias con lo cual no se observaron diferencias significativas entre ellos. Cabe resaltar que estos mantuvieron un nivel poblacional mucho más elevado al presentado en la segunda fecha por los tratamientos Oxamil (100 ppm), Tagetes

(50 y 100 ppm). En el control de huevos en raíz, Vargas *et al.* (2015) corrobora que plantas de banano aplicadas con nematicida Oxamil sobre la superficie del suelo mostraron el mayor porcentaje de raíz funcional y el menor número de *R. similis* y nematodos totales.

En experimentos realizados por Bharadwaj y Sharma. (2007), citado por Flor (2013), se ha demostrado que extractos de hojas y flores de *Tagetes* spp., ejercieron un mejor control contra huevos *Meloidogyne incognita*, donde comprobaron que esto fue debido a la presencia de terpenos, tiofenos y terpenoides.

Referente a la variable Huevos en Raíz (Cuadro 16), al no encontrar diferencias estadísticas significativas en el control poblacional de huevos radicales por parte del extracto vegetal *Tagetes* (50 y 100 ppm) y el Testigo químico Oxamil (100 ppm) demostrando así que tal extracto en ambas dosis es una valiosa opción para el productor siendo estas alternativas de control más aceptables con el ambiente para el manejo nematológico que el generado por el método químico convencional.

Para la variable Nematodos en Raíz hay diferencia altamente significativa ( $p \leq 0.05$ ), el tratamiento con el mayor porcentaje de individuos en raíz corresponde al tratamiento Chile (100 ppm) con una media de (11.566,67) individuos. Los tratamientos de agua + inóculo, agua, Chile (50 ppm), Reina de la noche (100 ppm), *Tagetes* (50 ppm) no presentan diferencias significativas entre ellos sus medias poblacionales son similares, cabe resaltar que estos mantuvieron un nivel poblacional menor al presentado por el tratamiento Chile (100 ppm) pero muy superiores a la de los tratamientos Reina de la noche (50 ppm), *Tagetes* (100 ppm), Oxamil (50 y 100 ppm), los cuales obtuvieron mejores resultados presentando los niveles más bajos de individuos.

En el caso del tratamiento de Reina de la noche (50 ppm) (*Brugmansia suaveolens*) dentro de la investigación generada por Salazar y Guzmán (2014), esta presentó que los mayores niveles de control fueron observados a los 25 días

de exposición al extracto, encontrándose niveles de mortalidad del 71%, además de que el daño radical ocasionado por los nematodos fue de 1,25 equivalente a una o dos agallas por planta siendo insuficiente para causar un daño severo a la planta. Por otro lado, el factor reproductivo fue de 0,29 indicando que las poblaciones decrecieron en presencia del extracto, reduciéndose su capacidad de reproducirse e infectar las plantas.

Respecto al uso de Tagetes (100 ppm) (*Tagetes erecta*), Riga *et al.* (2005) citado por Llive (2009), describe que en experimentos realizados en laboratorio, en los cuales se evaluó el efecto de extractos de semillas de *Tagetes erecta* y *Tagetes patula* para el control de *H. Sacchi*, *M. hapla* y *P. penetrans*, inoculados en semillas de rábano, maíz y tomate demostraron que ambas especies controlaron las poblaciones de nematodos y huevos; Arias *et al.* (2009), reporta que *Tagetes* spp. posee altos contenidos de isoprenoides y sesquiterpenoides los cuales pueden ser tóxicos para los nematodos afectando en gran medida el crecimiento y el apareamiento en la población.

Referente al testigo químico Oxamil (50 y 100 ppm) descrito por Rodríguez *et al.* (1978), fue utilizado como solución de remojo para el curado de raíces de papa obteniendo resultados positivos en aspectos tales como disminución del número de nódulos por raíz, índice de nodulación, y producción de huevecillos en hembra de *Meloidogyne* spp.

Por otra parte estudios realizados por Compá (2004), indican que alternar Oxamil 24 SL y Nemix 3 (infusión de plantas), aplicados a los quince y 30 días después del trasplante, es un tratamiento efectivo debido a que afecta el ciclo de los nematodos, controlando principalmente al género *Meloidogyne* spp, haciéndolos vulnerables en los primeros catorce días después del trasplante, eliminando los individuos jóvenes evitando la reproducción.

De acuerdo a Marban y Thomason (1985) citados por Parada y Guzmán (1997), citados por Hidalgo (2008), los nematicidas actúan inhibiendo la actividad neuromuscular, reduciendo con ello la capacidad de movimiento; como éstos no causan directamente la muerte de los nemátodos, a tales productos se les

denomina como “nematásticos” o “nematistáticos”, ya que inhiben la capacidad de movimiento y alteran al mismo tiempo la infección, eclosión y alimentación. Southey (1978), citado por Parada y Flor (1997), señala que en el caso del género *Meloidogyne*, los juveniles II pueden soportar prolongados períodos de hambruna, pero con el tiempo, los nematodos así afectados mueren al agotarse sus reservas o al ser fácil presa de sus enemigos naturales, afectando de esta manera la tasa de reproducción.

Referente a la variable Nematodos en Raíz (Cuadro 16), al no encontrar diferencias estadísticas significativas en el control poblacional de nematodos radicales entre los extractos vegetales, Reina de la noche (50 ppm) y Tagetes (100 ppm) y el testigo químico Oxamil (50 y 100 ppm) mostrando que tales extractos son opción para el productor siendo estas alternativas de control aceptables con el ambiente para el manejo nematológico que el generado por el método químico convencional.

En la variable Nematodos en Suelo a 60 DEE no hay diferencias significativas entre tratamientos ( $p=0,1926$ ) esto debido posiblemente al factor como la distribución justificado y mencionado anteriormente por Hussey y Grundler (1998), citado por Hidalgo (2008), dentro de los resultados obtenidos en el conteo de los primeros 30 DEE.

#### **4.3 Análisis del comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. realizado a los 90 DEE**

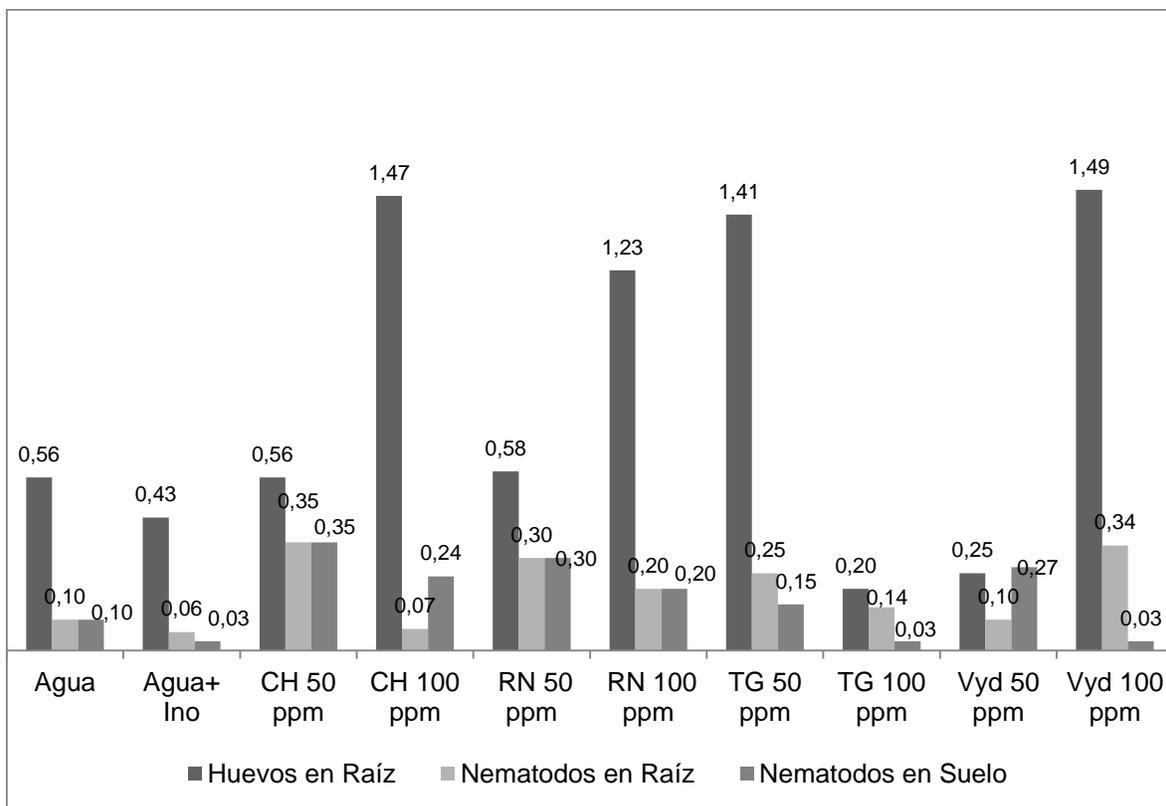
La variable Huevos en Raíz (Cuadro 16), presentó diferencias significativas entre los tratamientos Chile (50 y 100 ppm), Reina de la Noche (50 ppm y 100 ppm), Tagetes (50 ppm) y Oxamil (100 ppm), mostrando los niveles más altos en cuanto a cantidad de huevos presentes.

**Cuadro 7.** Comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. a 90 DEE en el cultivo de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) mediante diferentes tratamientos bajo ambiente protegido. San Carlos, 2015.

Tratamiento	Huevos en Raíz	Nematodos en Raíz	Nematodos en Suelo
Agua	562,50 a	100,00 a	100,00 a
Agua + Ino	437,50 a	62,50 a	33,33 a
CH 50 ppm	562,50 a	350,00 a	350,00 a
CH 100 ppm	1,470.00 a	75,00 a	240,00a
RN 50 ppm	587,50 a	300,00 a	300,00 a
RN 100 ppm	1,230.00 a	200,00 a	200,00 a
TG 50 ppm	1,410.00 a	250,00 a	150,00 a
TG 100 ppm	200,00 b	140,00 a	37,50 a
Vyd 50 ppm	250,00 b	100,00 a	275,00a
Vyd 100 ppm	1,490.00 a	340,00 a	400,00 a
<b>P Valor</b>	<b>0,0031</b>	<b>0,0791</b>	<b>0,1283</b>

Letra diferentes en sentido vertical, expresa diferencias significativas entre tratamientos a un  $\alpha=0,05$

*Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= Tagetes erecta. Vyd= Oxamil.*



**Figura 3.** Comportamiento poblacional de *Meloidogyne* spp. a 90 DEE (Resultados obtenidos en laboratorio divididos entre mil para facilitar la comprensión de la figura 3). San Carlos, 2015.

Sally (2006), describe que aunque los extractos botánicos presentan algunas ventajas tales como ofrecer compuestos que las plagas no pueden inactivar, menores concentraciones, menor toxicidad, múltiples modos de acción además de acción selectiva dentro de cada clase de plaga, estos sufren biodegradación muy rápida, y por ende se considera que su persistencia en el campo es muy baja debido a que sus constituyentes, principalmente metabolitos secundarios no presentan homogeneidad desde el punto de vista químico, bioquímico o fisiológico presentado para la fecha de 90 DEE un desempeño ineficiente.

Dentro de esta misma variable los tratamientos con mejor desempeño y menor nivel de huevos lo obtuvieron Tagetes (100 ppm), y Oxamil (50 ppm). García (2007), describe que la persistencia de los carbamatos en el ambiente es

baja de dos a doce semanas como máximo pues estos suelen ser hidrolizados rápidamente; con lo cual ,según lo mencionado anteriormente ,el efecto de este en control poblacional para esta fecha debería a ver disminuido discrepando con el resultado para lo cual Farmex (2008) citado por Farfán (2011) ,quien describe que el Oxamil es un carbamato sistémico con actividad insecticida y nematicida que puede actuar por ingestión o contacto además de que este puede ser absorbido por raíces u hojas y dentro de la planta poseer translocación acropétala y basipétala. Por tal motivo es que la efectividad en el control de huevos e individuos a un a los 90 DEE sigue actuando dentro de las plantas.

Referente a la variable Huevos en Raíz (Cuadro 16), al no encontrar diferencias estadísticas significativas en el control poblacional de huevos radicales entre el extracto vegetal Tagetes (100 ppm) y el testigo químico Oxamil (50 ppm) demostrando que tal extracto es una valiosa opción para el productor siendo este una alternativa de control más aceptable con el ambiente en el manejo nematológico que el generado por el método químico convencional.

Concerniente a la variable de Nematodos en Raíz y Nematodos en Suelo a los 90 DEE destaca que la plantación de tomate dentro del invernadero fue afectada severamente por diversas enfermedades a menudo los nematodos parásitos de plantas son un componente de las infecciones múltiples evidenciando que estos son potentes agentes predisponentes.

Los cambios fisiológicos causados por infecciones de nematodos en el hospedero pueden ser responsables de los cambios en la susceptibilidad de las plantas a los patógenos. El tejido radicular que ha sido alterado por la actividad del nematodo es más extensivamente colonizados hongos y bacterias que no colonizan las raíces libres de nematodos la predisposición llega a su máximo solamente después de que los nematodos hayan estado en la planta hospedera por varias semanas Sasser y Taylor (1983).

A consecuencia del estado deplorable de las plantas debido al ataque de diversas enfermedades, la población de nematos y huevos tanto en las variables

de raíz suelo presentaron una caída abrupta puesto que las plantas hospederas que les proveían alimento murieron.

#### **4.4 Umbral de acción y nivel crítico de nematodos**

En una muestra de suelo existe determinado número de nematodos de acuerdo a su género y especie se puede calcular su nivel crítico de presencia y el umbral de acción de los mismos. Talavera (2003) citado por la Federaciones de Asociaciones Agrícolas de Guatemala (FASAGUA 2015) (Anexo 1) en su manual de nematología agrícola, menciona valores orientativos de los límites de tolerancia y umbrales económicos para algunos cultivos y nematodos fitopatógenos encontrados en 100 gramos de suelo al momento de la siembra.

FASAGUA (2015) (Anexo 2), también menciona umbrales de acción y niveles críticos de nematodos de una muestra de suelo y raíz analizada en laboratorio.

Cabe destacar que los parámetros anteriores muestran que las poblaciones obtenidas de individuos para *Meloidogyne* spp tanto en suelo como en raíz de nuestra investigación estuvieron por encima de los niveles críticos y umbrales de acción permitidos en una explotación convencional de tomate.

#### **4.5 Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de *Meloidogyne* spp. vinculada a variables de peso y sintomatología radical en planta**

Cabe resaltar que la mayoría de las plantas procesadas en el muestreo destructivo transcurridos 90 DEE fueron severamente afectas por diversas enfermedades tales como *Alternaria*, *Fusarium*, *Verticillium*, *Rhizoctonia*, las cuales Sasser y Taylor (1983), pone en evidencia que en su mayoría estas enfermedades se ven favorecidas ampliamente por el ataque de nematodos predisponiendo a las plantas a futuros ataques. Por todo lo anteriormente mencionado debe tomarse en cuenta que muchos de los resultados obtenidos para esta fecha no son causados directamente por las poblaciones de nematodos y huevos presentes en los mismos; si no agentes causantes de enfermedades que se encuentran en el medio o que interactúan con los nematodos.

Los coeficientes de correlación en este estudio se dividen en tres categorías: Bajo: 0,00-0,49, Medio: 0,50-0,69, Alto: 0,70-1,00; para la interpretación de datos solo utilizaremos la categoría alta. Estos mismos valores pero con un valor negativo se interpretan como inversamente proporcional.

Los cuadros numerados del 7 al 10 representan valores promedio utilizados en la elaboración de los diferentes coeficientes de correlación.

**Cuadro 8.** Promedio de peso en diferentes variables y sintomatología radical en plantas de tomate a los 30 DEE. San Carlos, 2015.

Tratamiento	Sintomatología	Peso Fresco Raíz	Peso Seco (g)	
	Radical	(g)	Hojas	Tallo
Agua	2,60	95,26	59,66	34,32
Agua + Ino	2,60	74,52	49,02	20,12
CH 50 ppm	3,20	58,50	62,70	34,00
CH 100 ppm	2,80	63,14	55,48	31,72
RN 50 ppm	2,80	77,48	49,70	28,42
RN 100 ppm	3,00	66,06	46,14	27,12
TG 50 ppm	3,00	80,80	56,40	25,54
TG 100 ppm	2,40	114,18	61,34	35,10
Vyd 50 ppm	2,60	80,40	55,82	30,08
Vyd 100 ppm	2,40	89,58	55,76	32,54

*Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= Tagetes erecta. Vyd= Oxamil.*

**Cuadro 9.** Promedio del conteo poblacional de *Meloidogyne* spp. en suelo y raíz de tomate, en diferentes tratamientos a los 30 DEE. San Carlos, 2015.

Tratamiento	Nematodos		Huevos en Raíz
	Suelo	Raíz	
Agua	490,00	5830,00	21630,00
Agua + Ino	3410,00	12010,00	16798,00
CH 50 ppm	640,00	3438,20	11957,80
CH 100 ppm	2120,00	8610,00	23130,00
RN 50 ppm	1520,00	11778,00	21450,00
RN 100 ppm	1050,00	5356,00	19342,00
TG 50 ppm	1440,00	9630,00	22250,00
TG 100 ppm	2900,00	7010,00	8710,00
Vyd 50 ppm	1390,00	7496,00	23030,00
Vyd 100 ppm	1700,00	6060,00	16410,00

*Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= Tagetes erecta. Vyd= Oxamil.*

**Cuadro 10.** Promedio de peso en diferentes variables y sintomatología radical en plantas de tomate a los 60 DEE. San Carlos, 2015.

Tratamiento	Sintomatología Radical	Peso Fresco Raíz (g)	Peso Seco (g)	
			Hojas	Tallo
Agua	2,60	95,26	59,66	34,32
Agua + Ino	2,60	74,52	49,02	20,12
CH 50 ppm	3,20	58,50	62,70	34,00
CH 100 ppm	2,80	63,14	55,48	31,72
RN 50 ppm	2,80	77,48	49,70	28,42
RN 100 ppm	3,00	66,06	46,14	27,12
TG 50 ppm	3,00	80,80	56,40	25,54
TG 100 ppm	2,40	114,18	61,34	35,10
Vyd 50 ppm	2,60	80,40	55,82	30,08
Vyd 100 ppm	2,40	89,58	55,76	32,54

*Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= Tagetes erecta. Vyd= Oxamil.*

**Cuadro 11.** Promedio del conteo poblacional de *Meloidogyne* spp. en suelo y raíz de tomate, en diferentes tratamientos a los 60 DEE. San Carlos, 2015

Tratamiento	Nematodos		Huevos en Raíz
	Suelo	Raíz	Raíz
Agua	1670,00	12650,00	26920,00
Agua + Ino	1910,00	6360,00	8460,00
CH 50 ppm	1570,00	7070,00	16840,00
CH 100 ppm	7500,00	10820,00	41590,00
RN 50 ppm	960,00	9220,00	13320,00
RN 100 ppm	2250,00	7700,00	20312,50
TG 50 ppm	1160,00	4580,00	18610,00
TG 100 ppm	2420,00	8090,00	16780,00
Vyd 50 ppm	490,00	9540,00	25710,00
Vyd 100 ppm	460,00	3930,00	7920,00

Ppm= partes por millón. Agua+ino= agua inoculada. CH=Chile .RN= Reina de la noche. TG= *Tagetes erecta*. Vyd= *Oxamil*.

#### 4.5.1 Sintomatología Radical

A continuación, se describe el coeficiente de correlación obtenido y la interacción presentada entre la variable Sintomatología Radica y los diferentes tratamientos aplicados.

**Cuadro 12.** Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de *Meloidogyne* spp. vinculado a sintomatología radical en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015.

Sintomatología Radical	30 DEE			60 DEE		
	NemSu	NemRa	HuRa	NemSu	NemRa	HuRa
Agua	-0,14	-0,28	-0,28	0,00	0,00	0,00
Agua + Ino	-0,33	<b>-0,86</b>	0,11	0,00	-0,35	-0,35
CH 50 ppm	-0,63	<b>-0,79</b>	<b>-0,79</b>	0,63	-0,10	-0,10
CH 100 ppm	-0,46	0,63	0,26	<b>-0,87</b>	-0,61	-0,61
RN 50 ppm	0,00	-0,31	0,00	0,35	0,20	-0,05
RN 100 ppm	<b>-0,94</b>	<b>-0,79</b>	<b>-0,79</b>	-0,10	-0,10	-0,10
TG 50 ppm	0,67	-0,67	-0,67	-0,44	-0,67	<b>-0,89</b>
TG 100 ppm	0,66	0,66	0,15	0,00	<b>-0,73</b>	-0,52
Vyd 50 ppm	0,22	-0,22	-0,67	-0,25	0,25	-0,25
Vyd 100 ppm	-0,57	0,28	0,00	-0,22	-0,44	-0,44

**Coeficiente de correlación** Bajo: 0,00-0,49, Medio: 0,50-0,69, Alto: 0,70-1,00

**Variables** **NemSu:** Nematodos en Suelo **NemRa:** Nematos en Raíz **HuRa:** Huevos en Raíz

En el tratamiento agua + inóculo, la variable Sintomatología Radical, correlaciono negativamente con nematodos en raíz ( $r=-0,86$ ) a 30 DEE lo cual muestra que a mayor grado de Sintomatología Radical o agallamiento menor cantidad de nematodos presentes en raíz.

Referente al tratamiento Chile (50 ppm), la variable evaluada para la fecha de 30 DEE, correlaciono negativamente con las variables nematodos en raíz ( $r=-0,79$ ), huevos en raíz ( $r=-0,79$ ), lo cual indica que a mayor grado de Sintomatología Radical menor cantidad de huevos en raíz.

En el tratamiento de Chile (100 ppm) la variable Sintomatología Radical dentro de la fecha de 60 DEE, correlaciono negativamente con la variable nematodos en suelo ( $r=-0,87$ ), lo cual indica que a mayor grado de Sintomatología Radical menor cantidad de nematodos en suelo.

Dentro del tratamiento Reina de la noche (100 ppm) la variable de Sintomatología Radical para la fecha de 30 DEE correlacionó negativamente con las variables nematodos en suelo ( $r=-0,94$ ), nematodos en raíz ( $r=-0,79$ ) y huevos en raíz ( $r=-0,79$ ) lo cual indica que a mayor grado de Sintomatología Radical menor cantidad de huevos y nematodos tanto en suelo como en raíz.

La variable Sintomatología Radical para el tratamiento Tagetes (50 ppm) en la fecha de 60 DEE presente en el Cuadro 16, únicamente correlacionó negativamente con la variable huevos en raíz ( $r=-0,89$ ) lo cual indica que a mayor grado de Sintomatología Radical menor cantidad huevos en raíz.

Finalmente, para el tratamiento Tagetes (100 ppm) la variable de Sintomatología Radical para la fecha de 60 DEE presente en el Cuadro 16, únicamente correlaciono negativamente con la variable nematodos en raíz ( $r=-0,73$ ) indicando que a mayor grado de Sintomatología Radical menor cantidad nematodos en raíz.

De todo lo descrito anteriormente se concluye que los coeficientes de correlación de mayor relevancia para la variable nematodos en suelo, y “Sintomatología Radical” para la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), lo encabezó el tratamiento Reina de la noche (100 ppm) aunque este mostro signos de

sintomatología radical elevados también disminuyeron la población de nematodos presentes en suelo

Los coeficientes de correlación más importantes entre las variables población de nematodos en raíz y “Sintomatología Radical” dentro de la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), pertenecen al testigo agua inoculada y los extractos y Chile (50 ppm) Reina de la noche (100 ppm) aunque estos mostraron signos de sintomatología radical altos también disminuyeron la población de nematodos presentes en raíz. Dentro de las variables población de huevos en raíz, y “Sintomatología Radical” para la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), lo encabezó el tratamiento Reina de la noche (100 ppm) aunque este mostro signos de sintomatología radical elevados también disminuyó la población de huevos presentes en raíz.

Los coeficientes de correlación de mayor relevancia para la variable nematodos en suelo, nematodos en raíz, huevos en raíz y “Sintomatología Radical” para la fecha de 60 DEE (Cuadro 16), lo encabezó el tratamiento Chile (100 ppm) y Tagetes (50 y 100 ppm) aunque este mostro signos de sintomatología radical altos también disminuyeron la población de nematodos y huevos presentes en suelo y raíz demostrando así que los extractos vegetales son una alternativa de control valiosa.

#### **4.5.2 Peso Seco en Hojas**

Para el tratamiento agua, la variable Peso Seco en Hojas dentro de los 30 DEE este correlacionó negativamente con las variables nematodos en suelo ( $r=-0,82$ ), nematodos en raíz ( $r=-0,70$ ), Huevos en Raíz ( $r=-0,70$ ), con lo cual se infiere que mayor Peso Seco en Hojas es reflejado en menor población de huevos y nematodos en suelo y raíz.

**Cuadro 13.** Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de *Meloidogyne* spp. vinculado a peso seco en hojas en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015.

Peso Seco en Hojas	30 DEE			60 DEE		
	NemSu	NemRa	HuRa	NemSu	NemRa	HuRa
Agua	<b>-0,82</b>	<b>-0,70</b>	<b>-0,70</b>	-0,40	0,40	0,60
Agua +Ino	0,56	0,55	-0,05	0,10	0,30	-0,20
CH 50 ppm	-0,30	-0,10	-0,10	<b>-0,70</b>	0,10	0,00
CH 100 ppm	0,10	-0,30	-0,40	<b>0,70</b>	0,20	0,20
RN 50 ppm	0,60	0,20	-0,60	-0,50	-0,20	-0,50
RN 100 ppm	-0,30	0,00	0,00	-0,40	-0,40	-0,40
TG 50 ppm	0,30	<b>0,70</b>	-0,10	-0,30	0,60	0,40
TG 100 ppm	0,40	0,40	<b>0,80</b>	<b>-0,80</b>	-0,10	-0,20
Vyd 50 ppm	0,00	0,30	-0,30	0,00	0,20	0,00
Vyd 100 ppm	0,30	-0,40	0,00	0,56	0,30	0,60

**Coefficiente de correlación** Bajo: 0,00-0,49, Medio: 0,50-0,69, Alto: 0,70-1,00

**Variables** **NemSu:** Nematodos en Suelo **NemRa:** Nematodos en Raíz **HuRa:** Huevos en Raíz

Concerniente al tratamiento Chile (50 ppm), la variable Peso Seco en Hojas dentro de la fecha de 30 DEE, correlacionó negativamente con nematodos en suelo ( $r=-0,70$ ) interpretándose que conforme aumenta el Peso Seco en las hojas disminuye la población de individuos en suelo (Cuadro 16)

En el tratamiento Chile (100 ppm) la variable Peso Seco en Hojas para los 30 DEE esta correlacionó positivamente con las variables, nematodos en suelo ( $r=0,70$ ), con lo cual se aduce que mayor Peso Seco en Hojas se ve reflejada en mayor población de nematodos en suelo.

Para el tratamiento Tagetes (50 ppm) presente en el Cuadro 16, la variable Peso Seco en Hojas para los 30 DEE correlacionó positivamente con la variable de nematodos en raíz ( $r=0,70$ ), con lo cual se aduce que a mayor Peso Seco en Hojas se ve reflejado en mayor población de nematodos en raíz.

En cuanto el tratamiento Tagetes (100 ppm) la variable de Peso Seco en Hojas dentro de la fecha de 30 DEE únicamente correlacionó de manera positiva

para la variable de huevos en raíz ( $r=0,80$ ) lo cual demuestra que a mayor Peso Seco en Hojas se ven reflejado en mayor población de huevos en raíz. Para la fecha de los 60 DEE, correlaciono negativamente con nematodos en suelo ( $r=-0,80$ ) Cuadro 16 lo cual se infiere que a mayor Peso Seco en Hojas menor población de nematodos presente en suelo.

Referente a los coeficientes de correlación de mayor relevancia entre la variable población de nematodos en suelo, nematodos en raíz, huevos en raíz, y “Peso Seco en Hojas” para la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), lo encabezó el tratamiento testigo agua mostrando un aumento en el tejido foliar y disminución en la población de nematodos presentes tanto en suelo como en raíz y huevos.

El coeficiente de correlación más importante entre las variables población de nematodos en suelo y “Peso Seco en Hojas” dentro de la fecha de 60 DEE (Cuadro 16), pertenecen a los extractos y Chile (50 ppm) Tagetes (100 ppm) ambos extractos aumentaron el tejido foliar y disminuyeron la población de nematodos en suelo demostrando así que los extractos vegetales son una alternativa potencial de control.

#### **4.5.3 Peso Seco en Tallos**

Referente a la variable Peso Seco en Tallos descrita en el tratamiento agua+ inculo esta correlaciono positivamente con nematodos en raíz ( $r=0,94$ ) dentro de los 30 DEE lo cual demostró que mayores pesos secos en tallos se ven expresados en mayor cantidad de nematodos presentes en raíz. Para la fecha referente a 60 DEE la variable de huevos en raíz correlacionó negativamente ( $r=-0,70$ ) interpretándose que a mayor cantidad de Peso Seco en Tallo menor cantidad huevos en raíz.

**Cuadro 14.** Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de *Meloidogyne* spp. vinculado a peso seco en tallo en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015.

Peso Seco en Tallo	30 DEE			60 DEE		
	NemSu	NemRa	HuRa	NemSu	NemRa	HuRa
Agua	-0,56	-0,50	-0,50	-0,40	0,40	0,60
Agua + Ino	0,56	<b>0,94</b>	0,20	0,00	0,00	-0,70
CH 50 ppm	-0,30	-0,10	-0,10	<b>-0,90</b>	-0,20	-0,40
CH 100 ppm	-0,35	-0,20	-0,60	-0,10	-0,50	-0,50
RN 50 ppm	0,60	0,00	-0,60	0,20	0,10	-0,60
RN 100 ppm	-0,40	-0,10	-0,10	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>
TG 50 ppm	-0,30	<b>0,80</b>	0,50	<b>-0,70</b>	0,10	0,10
TG 100 ppm	-0,10	-0,10	0,30	-0,40	-0,30	-0,60
Vyd 50 ppm	-0,10	0,10	-0,60	-0,40	-0,40	-0,40
Vyd 100 ppm	0,00	<b>-0,90</b>	<b>-0,70</b>	-0,10	0,30	0,10

**Coefficiente de correlación** Bajo: 0,00-0,49, Medio: 0,50-0,69, Alto: 0,70-1,00

**Variables** NemSu: Nematodos en Suelo NemRa: Nematodos en Raíz HuRa: Huevos en Raíz

Según el Cuadro 16, para el tratamiento de Chile (50 ppm) a los 60 DEE, la variable de Peso Seco en Tallo correlaciona negativamente con nematodos en suelo ( $r=-0,90$ ) interpretándose que a mayor cantidad de Peso Seco presente en Tallo menor población nematodos tanto en raíz como en suelo y huevos.

En el tratamiento Reina de la noche (100 ppm) a los 60 DEE, la variable de Peso Seco en Tallo correlacionó positivamente con, nematodos en suelo ( $r=1,00$ ), nematodos en raíz ( $r=1,00$ ), huevos en raíz ( $r=1,00$ ); interpretándose para estos que a mayor proporción de Peso Seco presente en Tallos mayor cantidad de huevos y nematodos tanto en raíz como en suelo.

Concerniente a la variable Peso Seco en Tallos del tratamiento Tagetes (50 ppm) y dentro de los 30 DEE este correlacionó positivamente para variable, nematodos en raíz ( $r=0,80$ ), lo cual demuestra que mayor Peso Seco en Tallos mayor población de nematodos presente en raíz. Para la fecha de los 60 DEE, correlacionó negativamente con nematodos en suelo ( $r=-0,70$ ) (Cuadro 16), con lo cual se infiere que a mayor Peso Seco en Tallos menor población de nematodos en suelo.

Respecto a el Cuadro 16 y referente al tratamiento Oxamil (100 ppm), dentro los 30 DEE, La variable de Peso Seco en Tallos correlacionó negativamente con, nematodos en raíz ( $r=-0,90$ ), huevos en raíz ( $r=-0,70$ ); interpretándose que a mayor cantidad de Peso Seco en Tallo menor población de huevos y nematodos en raíz. Igualmente a los 60 DEE correlacionó positivamente con nematodos en raíz ( $r=0,70$ ), con lo cual determina que a mayor cantidad de Peso Seco presente en Tallos mayor cantidad nematodos en raíz.

Los coeficientes de correlación obtenidos más importantes entre la variable población de nematodos en raíz, huevos en raíz y “Peso Seco en Tallo” para la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), lo encabezó el Oxamil (100 ppm) demostró tener tendencia de control este aumento el tejido en tallo y disminuyó la población de nematodos y huevos presentes en raíz.

Referente a los coeficientes de correlación de mayor relevancia entre la variable población de nematodos en suelo y “Peso Seco en Tallos” dentro de la fecha de 60 DEE (Cuadro 16), pertenecen a los extractos y Chile (50 ppm) Tagetes (50 ppm) ambos extractos aumentaron el tejido en tallo y disminuyeron la población de nematodos en suelo demostrando así que los extractos vegetales son una alternativa de control más aceptables con el ambiente

#### **4.5.4 Peso Fresco en Raíz**

Dentro de las variables analizadas la que presento mayor relevancia en sus resultados es la variable de Peso Fresco en Raíz

Según el Cuadro 16 con respecto al tratamiento de agua para la fecha referente a los 30 DEE, la variable Peso Fresco en Raíz correlacionó positivamente con nematodos en suelo ( $r=0,94$ ), nematodos en raíz ( $r=1,00$ ), huevos en raíz ( $r=1,00$ ); mientras que a los 60 DEE solo correlaciono con nematodos en suelo ( $r=0,80$ ) y nematodos en raíz ( $r=0,80$ ), interpretándose para ambas fechas que a mayor cantidad de Peso Fresco en Raíz mayor población de nematodos tanto en suelo como raíz y huevos, esta tendencia correspondió probablemente a que conforme la planta se desarrolló; esta aumento la cantidad de tejido radical necesario para su anclaje además de la necesidad de traslocar

mayor cantidad de nutrientes desde el suelo a su parte aérea; este aumento de tejido radical ligado a la carencia de un control en la población inicial de *Meloidogyne* spp. presente en sustrato es responsable del aumento conjunto de las diferentes variables. Siendo esto más evidente para la fecha de 30 DEE en la cual se observó que tres variables estimadas poseen coeficientes muy altos, disminuyendo el valor de los mismas para la segunda fecha 60 DEE. Lo anterior describe que para la segunda fecha la población de individuos alcanzo su nivel máximo dentro del hospedero y que los recursos tales como alimento y espacio declinaron.

**Cuadro 15.** Coeficientes de correlación de la dinámica poblacional de *Meloidogyne* spp. vinculado al peso fresco en raíz en diferentes tratamientos, en dos fechas. San Carlos, 2015.

Peso Fresco en Raíz	30 DEE			60 DEE		
	NemSu	NemRa	HuRa	NemSu	NemRa	HuRa
Agua	<b>0,94</b>	<b>1,00</b>	<b>1,00</b>	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>	-0,20
Agua + Ino	0,40	<b>1,00</b>	<b>0,80</b>	0,30	<b>0,90</b>	0,60
CH 50 ppm	-0,50	0,50	0,50	-0,10	0,30	0,50
CH 100 ppm	<b>0,86</b>	0,50	0,50	0,50	0,60	0,60
RN 50 ppm	<b>1,00</b>	<b>-1,00</b>	-0,50	-0,30	-0,40	0,40
RN 100 ppm	<b>1,00</b>	0,50	0,50	0,40	0,40	0,40
TG 50 ppm	0,40	0,00	-0,20	-0,10	<b>0,80</b>	<b>0,80</b>
TG 100 ppm	<b>-0,80</b>	<b>-0,80</b>	0,40	0,30	0,60	0,20
Vyd 50 ppm	0,50	<b>-1,00</b>	0,50	0,00	0,20	0,00
Vyd 100 ppm	0,40	0,00	0,00	0,35	0,60	<b>0,70</b>

**Coefficiente de correlación** Bajo: 0,00-0,49, Medio: 0,50-0,69, Alto: 0,70-1,00

**Variables** **NemSu:** Nematodos en Suelo **NemRa:** Nematodos en Raíz **HuRa:** Huevos en Raíz

Dentro del tratamiento de agua + inóculo, la variable Peso Fresco en Raíz correlaciono positivamente para las variables de nematodos en raíz ( $r=1,00$ ), y huevos en raíz ( $r=0,80$ ) dentro de la fecha de 30 DEE. Para la fecha de 60 DEE solo correlaciono positivamente con la variable de nematodos en raíz ( $r=0,90$ ) lo cual determina que para ambas fechas a mayor cantidad de peso presente en raíz

mayor cantidad de nematodos y huevos. La tendencia de este tratamiento es similar a la descrita en el tratamiento de agua el cual conforme la planta se desarrolla esta aumentó la cantidad de tejido radical necesario para su anclaje y la necesidad de suplir mayor cantidad de nutrientes desde el suelo a su parte aérea; este aumento de tejido radical ligado a la carencia de un control en la población inicial de *Meloidogyne* spp., presente en sustrato más la adición echa de individuos y huevos es el responsable del aumento de las diferentes variables como lo son las poblaciones de nematos y huevos. Para la fecha de 30 DEE en la cual se observó que las tres variables valoradas poseen coeficientes muy altos, disminuyendo el valor de los mismos para la segunda fecha 60 DEE. Lo anterior descrito se explica con el hecho de que para la segunda fecha la población de individuos alcanzo su nivel máximo dentro del hospedero y que los recursos tales como alimento y espacio declinaron por competencia de igual forma que el tratamiento de agua con la variante de que en este concurrió más rápidamente debido al nivel adicional de población inoculado.

Referente al tratamiento de Chile (100 ppm) para la fecha de 30 DEE, La variable de Peso Fresco en Raíz solo correlaciono positivamente con nematodos en suelo ( $r=0,86$ ); interpretándose que a mayor cantidad de Peso Fresco presente en Raíz mayor población nematodos en suelo. Lo cual indicó que la interacción del tratamiento para esta variable no es efectiva en el control poblacional de nematos en suelo y conforme aumenta el crecimiento radical aumenta el inóculo presente en el sustrato.

Concerniente a la variable de Peso Fresco en Raíz presente en el Cuadro 16 para el tratamiento Reina de la noche (50 ppm) y dentro de los 30 DEE, correlaciono positivamente con nematodos en suelo ( $r=1,00$ ) determinando que a mayor cantidad de Peso Fresco en Raíz mayor cantidad de nematodos en el suelo, lo cual demostró que el extracto de Reina de la noche (50 ppm) es deficiente en el control de individuos presentes en sustrato suelo, contrariamente este correlaciono negativamente con la variable nematodos en raíz ( $r=-1,00$ ) estableciendo que a mayor cantidad de Peso Fresco en Raíz menor cantidad de nematodos presente en raíz, demostrando un efecto inhibitor de *Meloidogyne*

spp. para los primeros 30 días de aplicación dentro de la raíz. Pino y Alvis (2008) citados por Salazar y Guzmán (2014), aducen que la mortalidad puede ser atribuida a alcaloides tóxicos que producen plantas de la familia solanácea como la atropina, hioscina y escopolamina. Por otra parte, Flores y Hernández (2011) citado por Salazar y Guzmán (2014), describe que la escopolamina es el alcaloide que se presenta en mayores concentraciones en *Brugmancia. suaveolens* y el que posee mayor potencial nematicida. De igual manera, Gutiérrez (1988) citado por Salazar y Guzmán (2014) ,utilizó extractos de *Brugmansia* spp. y encontró un 91% de mortalidad en poblaciones de *Meloidogyne* spp. asociados a tomate en maceteros.

La variable Peso Fresco en Raíz perteneciente al tratamiento Reina de la noche (100 ppm), únicamente correlacionó positivamente con nematodos en suelo ( $r=1,00$ ) a 30 DEE lo cual muestra que a mayor Peso Fresco presente en Raíz mayor cantidad de nematodos presentes en suelo con lo cual demostró un efecto poco contundente en el control poblacional de individuos a nivel de suelo difiriendo ampliamente de los resultados obtenidos en dosis menores.

Para el tratamiento de Tagetes (50 ppm) a los 60 DEE, el Peso Fresco en Raíz correlacionó positivamente con nematodos en raíz ( $r=0,80$ ), huevos en raíz ( $r=0,80$ ), interpretándose que a mayor cantidad de Peso Fresco presente en Raíz mayor población de nematodos y huevos en raíz indicando con esto que el efecto del tratamiento es poco eficaz en el control de población de individuos y huevos dentro de raíz.

Según el Cuadro 16, a los 30 DEE, el Peso Fresco en Raíz Para el tratamiento de Tagetes (100 ppm) correlacionó negativamente con nematodos en suelo ( $r=-0,80$ ), nematodos en raíz ( $r=-0,80$ ); interpretándose que a mayor cantidad de Peso Fresco presente en Raíz menor población de nematodos tanto en suelo como en raíz, contrariamente al extracto anterior de Tagetes (50 ppm), dentro de esta investigación Tagetes (100 ppm) demostró que en dosis más elevadas el extracto *Tagetes erecta* presenta mayor eficiencia en el control de individuos tanto en sustrato suelo como a nivel radical para los primeros 30 días

de aplicación; Atlántica (2013) citado por Chilinguina (2015), describen que NEMAGOLD posee una acción de contacto, sistémica y de repelencia contra nematodos y una fuerte acción bioestimulante para la planta. Contiene aceites esenciales de mentona, terpeno, cadinona y carbonos, así como resinas y carotenoides. En el momento de la aplicación provoca la inmovilización del nematodo y posteriormente la muerte, destruyendo tanto a la membrana de los nematodos, como el recubrimiento de los quistes o nódulos actuando sobre los enzimas responsables de la fabricación de esas sustancias. Su contenido en extracto de algas actúa como potente bioestimulante que facilita la penetración y translocación del producto, favoreciendo la creación y desarrollo de raíces nuevas y potenciando el sistema inmunológico de la propia planta evitando condiciones de estrés.

Para la variable Peso Fresco en Raíz del tratamiento Oxamil (50 ppm) esta correlaciono negativamente con nematodos en raíz ( $r=-1,00$ ) dentro de la fecha de 30 DEE, indicando que a mayor Peso Fresco en Raíz menor cantidad nematodos presento la raíz demostrando una alta efectividad ejercida por el tratamiento químico en el control poblacional de *Meloidogyne* spp a nivel radical en los primeros 30 de aplicación; Dupont (2013) citado por Chilinguina (2015), asevera que el Oxamil se mueve en mayor proporción hacia los puntos de crecimiento del sistema radicular y meristemas y que este brinda protección a la planta de tres maneras: **a)** foliar translaminar atraviesa la lámina de la hoja desde la parte superior a la inferior), **b)** sistémico en el suelo se absorbe y al ser translocado a otras zonas de la planta a través del floema puede afectar a zonas de ella sobre las que el producto no cayó al tratarla, **c)** hidrofílico y lipofílico, además este origina la producción de citoquininas las que a su vez promueven la división celular y el crecimiento radicular e incremento en la fotosíntesis.

Finalmente, el tratamiento Oxamil a (100 ppm) la variable Peso Fresco en Raíz correlaciono positivamente con huevos en raíz ( $r=0,70$ ) dentro de la fecha de 60 DEE; con lo cual determina que a mayor cantidad de Peso Fresco presente en Raíz mayor cantidad nematodos y huevos. Contrariamente el Oxamil aplicado en dosis de (100 ppm) no presento los mismos resultados que el aplicado en menor

dosis discrepando con lo que se esperaba alcanzar en la investigación a nivel de campo (Cuadro 16).

Para los extractos en los cuales dosis mayores no generaron el nivel de control poblacional de nematodos ejercidos por dosis menores del mismo extracto tal es el caso de Reina de la noche (100 ppm) y Oxamil (100 ppm) dentro de la variable de Peso Fresco en Raíz. Cisneros (2010), afirma que diferencias de susceptibilidad se presentan también entre individuos de una misma población especialmente entre los diferentes estados de desarrollo de un insecto o plaga. Y que especies muy próximas pueden tener grados de susceptibilidad diferentes. No todas las especies de insectos resultan igualmente susceptibles a la aplicación de un producto. Además que factores como el nivel de infestación presentado durante las aplicaciones, el estado de desarrollo del insecto son de gran influencia.

Por otra parte la principal fuente de resistencia de los insectos o plagas reside en sus mecanismos de desintoxicación, pero también son importantes los factores que afectan la penetración del insecticida a través de la cutícula, el almacenamiento de los tóxicos en los tejidos del cuerpo del insecto, la penetración a través de membranas internas, los niveles de colinesterasa y la capacidad de excreción March, (1959) citado por Cisneros (2010).

Lo anterior ligado a factores físicos, químicos y biológicos del medio influye marcadamente en la estabilidad y persistencias de los extractos, factores como temperatura, luz, radiación ultravioleta, agentes oxidantes, hidrolizantes, reductores, pH del medio, microbios desintegradores, condiciones de almacenamiento, efecto residual en la planta, exposición al medio ambiente, alta tensión de vapor y volatilización, velocidad de absorción del extracto, reacciones enzimáticas de descomposición en el producto, y la fácil eliminación del producto o extracto.

Por otra parte, se debe tomar en cuenta que los insecticidas son absorbidos fácilmente por las raíces de las plantas. Sin embargo, la absorción radicular del insecticida en condiciones de campo es afectada por la forma en que las partículas del suelo adsorben el producto y por las limitaciones que tengan las

raíces para ponerse en contacto con las moléculas del producto. Por estas razones, la cantidad de insecticida que se usa en las aplicaciones al suelo normalmente son mayores que con los otros métodos Cisneros (2010).

Dentro de los coeficientes de correlación obtenidos entre la variable población de nematodos en raíz y “Peso Fresco en Raíz” para la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), los extractos Tagetes (100 ppm) y Reina de la noche (50 ppm) demostraron tener similar tendencia de control que la generada por el testigo químico de uso convencional Oxamil (50 ppm) en la cual tales productos aumentan el tejido radical y disminuyen la población de nematodos en la misma demostrando así que los extractos vegetales son una valiosa opción para el productor siendo estas alternativas de control más aceptables con el ambiente para el manejo nematológico que el generado por el método químico.

Igualmente el coeficiente de correlación obtenido entre la variable población de nematodos en suelo y “Peso Fresco en Raíz” para la fecha de 30 DEE (Cuadro 16), el extracto Tagetes (100 ppm) demostró tener tendencia de control superior a la generada por el testigo químico de uso convencional Oxamil (50 y 100 ppm) el extracto aumento el tejido radical y disminuyen la población de nematodos en sustrato.

#### **4.6 Mortalidad *in Vitro***

El análisis de varianza para el efecto nematicida (número de individuos muertos), mostró diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos evaluados para cada tiempo de exposición en el género de nematodos estudiado.

Dentro de la variable de mortalidad *in vitro* presente en el (Cuadro 16), describe que para el Primer día de evaluación este presentó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,001$ ), el tratamiento de Oxamil (50 y 100 ppm) presentó una media porcentual de mortalidad de 83,3% para la dosis menor y 100% para la dosis más alta destacando desde el inicio su alta efectividad en el control de nematodos coincidiendo con el resultado positivo obtenido anteriormente en la investigación de campo por parte de la dosis de (50 ppm). Para el resto de tratamientos: testigo, Chile (50 y 100 ppm), Reina de la noche (50 y 100 ppm),

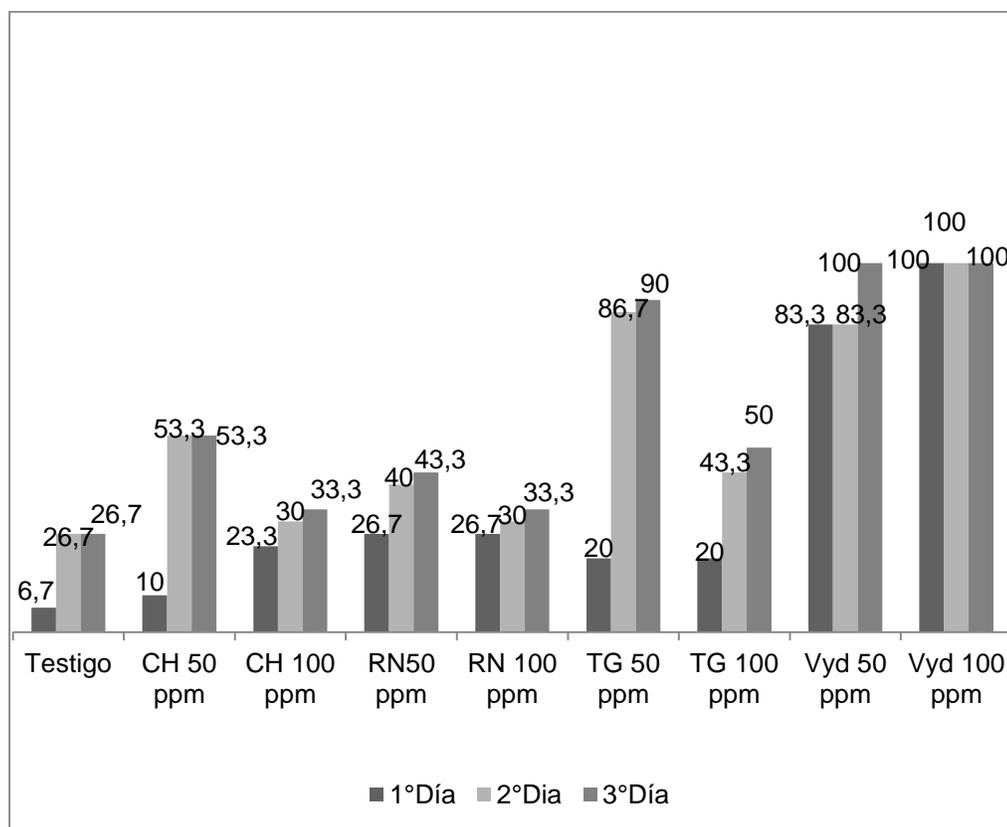
Tagetes (50 y 100 ppm) obtuvieron un grupo muy similar de medias con lo cual no se observaron diferencias significativas entre ellos e interpretándose que la eficacia de estos en el control de nematodos a nivel *in vitro* es baja.

**Cuadro 16.** Porcentaje de mortalidad *in vitro* obtenida en extractos evaluados, en tres diferentes días. San Carlos, 2015.

Tratamientos	Porcentaje de Nematodos Muertos		
	1ºDía	2ºDía	3ºDía
Testigo	6,7 b	26,7 b	26,7 b
CH 50 ppm	10,0 b	53,3 b	53,3 b
CH 100 ppm	23,3 b	30,0 b	33,3 b
RN 50 ppm	26,7 b	40,0 b	43,3 b
RN 100 ppm	26,7 b	30,0 b	33,3 b
TG 50 ppm	20,0 b	86,7 a	90,0 a
TG 100 ppm	20,0 b	43,3 b	50,0 b
Vyd 50 ppm	83,3 a	83,3 a	100,0a
Vyd 100 ppm	100,0 a	100,0 a	100,0 a
<b>P Valor</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>

Letra diferentes en sentido vertical, expresa diferencias significativas entre tratamientos ( $\alpha=0,05$ ) para una fecha de medición.

*Ppm= partes por millón. Agua+ino= Agua Inoculada. CH=Chile. RN= Reina de la noche. TG= Tagetes Erecta. Vyd= Oxamil.*



**Figura 4.** Porcentaje de mortalidad in vitro obtenida en extractos evaluados, en tres diferentes días. San Carlos, 2015.

Referente al segundo día de evaluación para la variable de mortalidad in vitro esta presentó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,001$ ) el tratamiento de Tagetes 50 ppm presento un porcentaje de mortalidad del 86,7% demostrando que su efecto aunque más pausado que el proporcionado por Oxamil es igual de efectivo; para Oxamil (50 y 100 ppm) no mostró cambios con respecto al porcentaje obtenido en el primer día 83,3% para la dosis menor y 100% para la dosis más alta. Para el resto de tratamientos: testigo, Chile (50 y 100 ppm), Reina de la noche (50 y 100 ppm), Tagetes (100 ppm) obtuvieron un grupo muy similar de medias con lo cual no se observaron diferencias significativas entre ellos e interpretándose que la eficacia de estos en el control de nematodos a nivel in vitro es baja.

Concerniente al Tercer día de evaluación para la variable de mortalidad *in vitro* presente en el Cuadro 16 esta presentó diferencias altamente significativas ( $p \leq 0,001$ ) el tratamiento de Tagetes (50 ppm) presentó un porcentaje de mortalidad del 90,0 % demostrando un leve aumento en su efecto con respecto a los días evaluados anteriormente; para Oxamil a (50 ppm) mostró cambios con respecto al porcentaje aumentando su mortalidad en 100%. Para el resto de tratamientos: testigo, Chile (50 y 100 ppm), Reina de la noche (50 y 100 ppm), Tagetes (100 ppm) obtuvieron un grupo muy similar de medias con lo cual no se observaron diferencias significativas entre ellos e interpretándose que la eficacia de estos en el control de nematodos a nivel *in vitro* es baja. Cabe resaltar que para el tratamiento de Reina de la noche (50 y 100 ppm) Kvist y Moraes, (2006) citado por Salazar y Guzmán (2014), revelan que estudios demostraron que la mortalidad causada por *Brugmansia suaveolens* sobre *Meloidogyne* sp. se debe a la presencia de alcaloides del grupo tropano, como escopolamina, hiosciamina y atropina. En particular la escopolamina es ampliamente conocida por poseer propiedades nematocidas, Insunza *et al.* (2001) citado por Salazar y Guzmán (2014), aseveran que evaluaciones con escopolamina, este ejerció una alta actividad tóxica contra fitonematodos y que las propiedades nematocidas *in vitro* de escopolamina contra el nematodo fitoparásito *Xiphinema americanum* el cual luego de ser expuesto al extracto por veinticuatro horas presentó promedios de mortalidad que oscilaron entre 88 y 100% de mortalidad, discrepando con los resultados obtenidos en el tratamiento de Reina de la noche (50 y 100 ppm) para este experimento.

Referente a la variable Mortalidad *in vitro* presentada en los tres diferentes días (Cuadro 16), al no presentar diferencias estadísticas significativas en el porcentaje de mortalidad mostrado entre el extracto vegetal Tagetes (50 ppm) y el testigo químico Oxamil (50 y 100 ppm) en el segundo y tercer día se manifiesta que tal extracto es una valiosa opción para el productor siendo estas alternativas de control más aceptables con el ambiente para el manejo nematológico que el generado por el método químico convencional.

## 5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones de este estudio, se puede concluir que:

- 1) El extracto de Chile (50 ppm) presento la menor cantidad de “Huevos en Raíz” con una media de 2.622,75, mientras que el tratamiento agua presento la menor cantidad de “Nematodos en Raíz” (media de 250 individuos), ambos a 30 días de exposición (DEE).
- 2) No se encontraron diferencias estadísticas significativas en el control poblacional de nematodos radicales, entre extractos vegetales y el testigo químico Oxamil (30 DEE), demostrando que los extractos vegetales son una valiosa opción para el productor por sus ventajas principalmente a nivel ambiental.
- 3) A los 60 DEE, la variable “Huevos en Raíz”, en los tratamientos Tagetes (50 y 100 ppm) (medias de 2.887,50 y 2.912,50 respectivamente), y Oxamil (100 ppm) (media de 2.475), presentan los valores más bajos. Mientras que en “Nematodos en Raíz”, Reina de la noche (50 ppm), Tagetes (100 ppm) y Oxamil (50 y 100 ppm) presentaron medias de 625, 833.33, 162.50 y 321.50 nematodos, respectivamente.
- 4) En la evaluación de 90 días de exposición al extracto, para la variable “Huevos en Raíz” el mejor resultado la presento Tagetes (100 ppm) con 200, y Oxamil (50ppm) con 250.
- 5) El coeficiente de correlación de mayor relevancia para la variable nematodos en suelo, y “Síntomatología Radical” (30 DEE), lo presenta el tratamiento Reina de la noche (100 ppm), disminuyendo la población de nematodos presentes en suelo.

- 6) Los coeficientes de correlación más importantes entre las variables población de nematodos en raíz y “Sintomatología Radical” a los 30 DEE, son el testigo agua inoculada y los extractos y Chile (50 ppm), Reina de la noche (100 ppm) en la cual disminuyeron la población de nematodos presentes en raíz.
- 7) Los tratamientos Chile (100 ppm) y Tagetes (50 y 100 ppm), presentaron los coeficientes de correlación de mayor relevancia para la variable nematodos en suelo, nematodos en raíz, huevos en raíz y “Sintomatología Radical” para la fecha de 60 DEE.
- 8) Los coeficientes de correlación de mayor relevancia entre población de nematodos en suelo, nematodos en raíz, huevos en raíz, y “Peso Seco en Hojas” (30 DEE) fue el tratamiento testigo en agua, mostrando un aumento en el tejido foliar y la consecuente disminución en la población de nematodos presentes tanto en suelo como en raíz y huevos.
- 9) En la fecha de 60 DEE, el coeficiente de correlación más importante entre población de nematodos en suelo contra “Peso Seco en Hojas” y son los de los tratamientos extractos de Chile (50 ppm) y Tagetes (100 ppm); ambos extractos aumentaron el tejido foliar y disminuyeron la población de nematodos en suelo.
- 10) Para la fecha 30 DEE, el Oxamil (100 ppm) presenta los coeficientes de correlación obtenidos más importantes entre las variables población de nematodos en raíz, huevos en raíz y “Peso Seco en Tallo”, aumentando el tejido en tallo, disminuyendo la población de nematodos y huevos presentes en raíz.
- 11) El coeficiente de correlación obtenido entre la variable población de nematodos en suelo y “Peso Fresco en Raíz” (30 DEE) y el extracto Tagetes (100 ppm) demostró tener tendencia de mejor control a la generada por el testigo químico convencional Oxamil (50 y 100 ppm), en la

cual el extracto aumentó el tejido radical y disminuye la población de nematodos en el sustrato.

- 12) Los coeficientes de correlación obtenidos entre la variable población de nematodos en raíz y “Peso Fresco en Raíz” (30 DEE), y los tratamientos de Tagetes (100 ppm) y Reina de la noche (50 ppm) demostraron tener similar tendencia de control que la generada por el testigo Oxamil (50 ppm), favoreciendo el aumento del tejido radical y disminuyendo la población de nematodos.
- 13) En el estudio *in vitro*, el primer día Oxamil (50 y 100 ppm) presentó los porcentajes de mortalidad de *Meloidogyne* más altos (83,3% y 100% respectivamente). El segundo día, Tagetes (50 ppm) presento 86,7% de mortalidad, mientras que Oxamil (50 y 100 ppm) no mostró cambios con respecto al día anterior. El tercer día, aumentó el porcentaje de mortalidad en Tagetes (50 ppm) a 90%, y en Oxamil (50 ppm) al 100%.
- 14) Con estos resultados, los extractos vegetales son una valiosa opción para el productor siendo alternativas de control más aceptables con el ambiente para el manejo nematológico comparado con el método convencional químico.

## **6. RECOMENDACIONES**

Debido a los resultados de esta investigación, se considera oportuno que:

- 1) Deben realizarse mejoras en las infraestructuras y condiciones del invernadero.
- 2) Realizar esta investigación en diversos ciclos del cultivo, evaluar otras variables, así como diversas fuentes vegetales para el manejo de nematodos.
- 3) Para obtener una mejor respuesta y disminuir el error de experimentación, se deben aumentar las repeticiones de los tratamientos.

## 7. LITERATURA CONSULTADA

- Agrios, G. 2005. Introducción a la fitopatología. Libro. LIMUSA. México.
- Arias, Y. González, I. Rodríguez, M. Rosales, C. Suárez, Z. Peteira, B. 2009. Aspectos generales de la interacción tomate (*Solanum lycopersicon* L.) *Meloidogyne incognita*. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522009000100001&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522009000100001&script=sci_arttext)
- Castro, L. Flores, L. Uribe, L. 2011. Efecto del vermicompost y quitina sobre el control de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero. Agronomía Costarricense. Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43622356002>
- Centro Científico Tropical (CCT). 2005. Mapa ecológico de Costa Rica. Zonas de Vida. Consultado el 21 de abril de 2015. Disponible en: <file:///D:/Downloads/Mapa%20Ecologico%20De%20Costa%20Rica.pdf>
- Chiliquinga, L. 2015. Evaluación de dos productos orgánicos para el control de nematodos en el cultivo establecido de tomate de árbol (*Solanum betaceum* L.). Universidad Técnica de Ambato Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera de Ingeniería Agronómica. Consultado el 06 mayo de 2016. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/10399/1/Tesis-95%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20318.pdf>
- Cisneros, F. 2010. Control químico. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <https://hortintl.cals.ncsu.edu/sites/default/files/articles/control-quimico-de-plagas.pdf>

Compá, S. 2004. Evaluación de la efectividad de nueve tratamientos para el control de nematodos, utilizando dos productos nematicidas, en plantaciones de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.), cultivada en dos localidades de Zacapa. Universidad de San Carlos de Guatemala. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <http://cunori.edu.gt/descargas/EVALUACION DE LA EFECTIVIDAD DE NUEVE TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE NEMTODOS UTILIZANDO DOS PRODUCTOS NEMA.pdf>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). 2009. Manual de tomate en invernadero. Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Tomateeninvernadero.pdf>

Curimilma, S. 2015. Control del nematodo agallador de las raíces del tomate *Meloidogyne incognita* (Kofoit and White, 1919) con extractos estandarizados de tres plantas nativas con propiedades nematicidas. Universidad Nacional de Loja. Consultado el 20 abril de 2016. Disponible en: <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/10064/1/Tesis%20Sandra%20Soledad%20Curimilma%20Campos.pdf>

Di Rienzo J., Casanoves F., Balzarini M., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado el 21 de abril de 2015. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>

Durán, J. 2011. Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). Universidad de Costa Rica (UCR). Universidad Estatal a distancia (UNED) .Doctorado en Ciencias naturales para el desarrollo. Uso de productos biológicos y extractos vegetales como alternativas de control para el nematodo nodulador *Meloidogyne* en tomate (*Lycopersicum esculentum*) en la Zona

Occidental de Costa Rica. Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.docinade.ac.cr/pmwiki/uploads/XSeminaro/jdm.doc>

Esquivel, A.; Peraza, W. 2010. Nematodos fitoparásitos asociados a cultivos agrícolas de Costa Rica. Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: [file:///C:/Users/Mario/Downloads/manual%20%20cultivos.%20final%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Mario/Downloads/manual%20%20cultivos.%20final%20(1).pdf)

Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de Chile (FCAUC). 2009. Manual del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: [http://www.cepoc.uChile.cl/pdf/Manua\\_Cultivo\\_tomate.pdf](http://www.cepoc.uChile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf)

Fallas, A. 2011. Elaboración y evaluación de extractos de origen vegetal a partir de jengibre (*Zingiber officinale*), orégano (*Origanum vulgare*), ajo (*Allium sativum*) y Reina de la noche (*Datura x candida*) sobre la mortalidad de *Radopholus similis* en condiciones in vitro. Tesis de Licenciatura en Agronomía, Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Costa Rica. 72p.

Farfán, M. 2011. Comportamiento del nematodo del nódulo *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 con 12 productos químicos. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <http://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/CONCYTEC/78/1/farfan.pdf>

Federación de Asociaciones Agrícolas de Guatemala (FASAGUA). 2015. Resultados globales del monitoreo de nematodos realizado en los principales valles productores de tomate y Chile de Guatemala. Consultado el 29 de abril de 2015. Disponible en: <http://fonagro.maga.gob.gt/wp-content/uploads/2015/07/Informe-Final-Nematodos-2015.pdf>

- Flor, P. 2013. Uso de agentes de control y protección biológica frente a nematodos del genero *Meloidogyne* en cultivos protegidos bajo plástico. Universidad de Granada. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/29519/1/21862369.pdf>
- García, J. 2007. Introducción a los Plaguicidas. UNED.
- Hernández, D. Arias, Y. Gómez, L. Peteira, B. Miranda, L. Rodríguez M. G. 2012. Elementos del ciclo de vida de población cubana de *Meloidogyne incognita* (Kofoid y White) Chitwood en *Solanum lycopersicum*. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522012000300008&script=sci\\_arttext](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522012000300008&script=sci_arttext)
- Hidalgo, D.A. 2008. Actividad nematocida sobre *Meloidogyne hapla* de extractos acuosos de especies arbóreas y arbustivas de la zona sur de Chile. Valdivia; Chile. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2008/fah632a/doc/fah632a.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). 2011. Las propiedades funcionales del tomate (*Lycopersicon esculentum*, L.). Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: [http://inta.gob.ar/documentos/las-propiedades-funcionales-del-tomate-lycopersicon-esculentum-l./](http://inta.gob.ar/documentos/las-propiedades-funcionales-del-tomate-lycopersicon-esculentum-l/)
- Lara, A. 1999. Manejo de la solución nutritiva en la producción de tomate en hidroponía. Consultado el 21 de abril de 2015. Disponible en: <http://www.chapingo.mx/terra/contenido/17/3/art221-229.pdf>
- Llive, F.M. 2009. Uso de extractos acuosos de raquis de banano y *Tagetes* spp. enriquecidos con bacterias y hongos endofíticos para el control biológico de *Radopholus similis* (Cobb) Thorne. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A3768E/A3768E.PDF>

- López, L. Pérez Zeledón. 2012. Actualidad de la agro cadena del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*). Segundo Congreso Nacional del Cultivo de Tomate. Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00310.pdf>
- López, R. Quesada, M. 1997. Reproducción de *Meloidogyne incognita* en varias malezas presentes en Costa Rica. Agronomía Mesoamericana. Nota Técnica. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v08n02\\_112.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v08n02_112.pdf)
- Parada, R.Y. Flor, R. 1997. Evaluación de extractos botánicos contra el nematodo *Meloidogyne incognita* en frijol (*Phaseolus vulgaris*). Agronomía mesoamericana. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v08n01\\_108.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v08n01_108.pdf)
- Ramírez, C; Nienhuis, J. 2012. Cultivo protegido de hortalizas en Costa Rica. Tecnología en Marcha. Vol. 25, N° 2. Dialnet. Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835625.pdf>.
- Ramírez, F. 2010. Área de Diagnóstico de Uso de Plaguicidas Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas (IRET) Universidad Nacional de Costa Rica (UNA). Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/a00237.pdf>
- Ramírez, F., Chaverri, F., de la Cruz, E., Wesseling, C., Castillo, L. y V. Bravo. 2009. Importación de plaguicidas en Costa Rica periodo 1977-2006 (Informes técnicos IRET, No. 6). Universidad Nacional de Costa Rica (UNA) Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://cep.unep.org/repcar/informacion-de-paises/costa-rica/importacion-de-plaguicidas-en-costa-rica-%281977-2006%29>

- Ramírez, L.; García, L.; Rodríguez, C.; Morales, H.; Castro, A. 2001. Evaluación del efecto de insecticidas de extractos de plantas sobre *Leptophobia aripa Elodia*. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica). Consultado el 29 de marzo de 2015. Disponible en: <http://www.sidalc.net/repdoc/a1761e/a1761e.pdf>
- Rodríguez, R. Turner, J.L. Ingram, E.G. 1978. Tratamiento de raíces de batata con el nematicida sistémico Oxamil para el control de nematodos fitoparásitos. Departamento de Botánica y Microbiología. Auburn, Alabama, USA. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302831234>
- Salazar, W. Guzmán, T. J. 2014. Efecto nematicida de extractos de *Quassia amara* (*Brugmansia suaveolens*) sobre *Meloidogyne* sp., asociado al tomate en Nicaragua. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1659-13212014000100011](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212014000100011)
- Sally, M. Vinueza, P. Crozzoli, R. Perichi, G. 2006. Evaluación *in vitro* de extractos acuosos de plantas para el control del nematodo agallador *Meloidogyne incognita*. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía, Instituto de Zoología Agrícola y Programa Integrado de Postgrado en Zoología Agrícola, Apdo. 4579, Maracay, Venezuela. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/266486592\\_EVALUACION\\_IN\\_VITRO\\_DE\\_EXTRACTOS\\_ACUOSOS\\_DE\\_PLANTAS\\_PARA\\_EL\\_CONTROL\\_DEL\\_NEMATODO\\_AGALLADOR\\_MELOIDOGYNE\\_INCOGNITA](https://www.researchgate.net/publication/266486592_EVALUACION_IN_VITRO_DE_EXTRACTOS_ACUOSOS_DE_PLANTAS_PARA_EL_CONTROL_DEL_NEMATODO_AGALLADOR_MELOIDOGYNE_INCOGNITA)
- Sasser, J. Taylor, A. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (*Especies de Meloidogyne*). Proyecto Internacional *Meloidogyne*. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://pdf.usaid.gov/pdf\\_docs/PNAAQ245.pdf](http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAQ245.pdf)
- Stoll, G. 2000. Natural Crop Protection in the tropics. Margraf Verlag. USA

Vargas, R.; Wang, A.; Obregón, M.; Araya, M. Efecto de *Trichoderma* spp., *Paecilomyces lilacinus* y la inyección de nematicida en el pseudotallo en el combate de *Radopholus similis* y la producción de banano. *Agronomía Costarricense* 39(2): 61-76. ISSN: 0377-9424 / 2015. Consultado el 20 Febrero de 2016. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v39n02\\_061.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v39n02_061.pdf)

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Límites de tolerancia y umbrales económicos de nematodos encontrados en 100 gramos de suelo para algunos cultivos de importancia.

Cultivo	Nematodo	Límite de Tolerancia	Umbral Económico
Avena	<i>Ditylenchus dipsaci</i>	1	25
Cítricos	<i>Tylenchulus semipenetrans</i>	10	100
Cucurbitáceas	<i>Meloidogyne</i> spp.	2	50
Pimiento	<i>Meloidogyne</i> spp.	3	30
Tomate	<i>Meloidogyne</i> spp.	2	20
Tomate	<i>Pratylenchus</i> spp.	10	100
Trigo	<i>Heterodera avenae</i>	250	1000

Fuente: Talavera, 2003.

**Anexo 2.** Umbrales de acción y niveles críticos de nematodos de una muestra de suelo y raíz analizada en laboratorio.

Nematodo	Umbral de acción – Nivel crítico		Población inicial (100 g de suelo)	Población final (100 g de suelo)
	100 g suelo/ 10 g de raíz	100 g de suelo/ 25 g de raíz		
<i>Meloidogyne</i> spp.	10 – 50	25 – 125	366,67	2039,00
<i>Pratylenchus</i> spp.	100 – 200	250 – 500	–	–
<i>Helicotylenchus</i> spp.	200 – 300	500 – 750	–	–
Ectoparásito	300 – 500	750 – 1250	–	–

Fuente: Agroexpertos de Guatemala, 2014

### Anexo 3. Esquema de distribución de tratamientos en invernadero.

Agua +Ino 147	TG 100 ppm 133	Vyd 50 ppm 119	CH 50 ppm 106	RN 100 ppm 93	TG 50 ppm 80	RN 50 ppm 67	Agua +Ino 54	TG 50 ppm 41	Agua +Ino 28	RN 100 ppm 15	M Agua + Ino 1
TG 50 ppm 148	RN 50 ppm 134	RN 50 ppm 120	Agua 107	CH 100 ppm 94	TG 50 ppm 81	Vyd 50 ppm 68	Vyd 50 ppm 55	RN 50 ppm 42	TG 50 ppm 29	RN 50 ppm 16	Agua +Ino 2
RN 100 ppm 149	Vyd 100 ppm 135	RN 100 ppm 121	M Agua +Ino 108	Agua 95	RN 100 ppm 82	Vyd 100 ppm 69	Agua 56	RN 50 ppm 43	RN 100 ppm 30	M Agua 17	RN 50 ppm 3
TG 100 ppm 150	TG 50 ppm 136	Vyd 50 ppm 122	Agua +Ino 109	CH 50 ppm 96	RN 100 ppm 83	Vyd 100 ppm 70	CH 50 ppm 57	M Agua 44	Vyd 50 ppm 31	RN 100 ppm 18	M Agua + Ino 4
Vyd 100 ppm 151	RN 100 ppm 137	TG 100 ppm 123	TG 50 ppm 110	Agua 97	Agua +Ino 84	CH 50 ppm 71	RN 50 ppm 58	TG 100 ppm 45	RN 50 ppm 32	RN 100 ppm 19	Vyd 50 ppm 5
RN 100 ppm 152	RN 50 ppm 138	RN 50 ppm 124	TG 50 ppm 111	Agua +Ino 98	CH 100 ppm 85	Vyd 100 ppm 72	Agua +Ino 59	Agua +Ino 46	TG 100 ppm 33	TG 100 ppm 20	CH 100 ppm 6
CH 100 ppm 153	TG 100 ppm 139	TG 50 ppm 125	CH 50 ppm 112	TG 100 ppm 99	TG 50 ppm 86	M Agua 73	RN 100 ppm 60	Vyd 100 ppm 47	Vyd 50 ppm 34	Vyd 50 ppm 21	CH 50 ppm 7
Agua 154	TG 50 ppm 140	CH 100 ppm 126	CH 100 ppm 113	TG 50 ppm 100	Vyd 100 ppm 87	CH 50 ppm 74	Agua 61	CH 50 ppm 48	Vyd 50 ppm 35	CH 100 ppm 22	Vyd 50 ppm 8
Agua 155	TG 100 ppm 141	TG 100 ppm 127	TG 50 ppm 114	Agua +Ino 101	RN 50 ppm 88	Vyd 100 ppm 75	Agua 62	CH 50 ppm 49	CH 50 ppm 36	Vyd 100 ppm 23	Agua 9
RN 50 ppm 156	Vyd 50 ppm 142	Vyd 50 ppm 128	CH 100 ppm 115	CH 100 ppm 102	Agua 89	TG 100 ppm 76	RN 100 ppm 63	TG 50 ppm 50	CH 100 ppm 37	CH 100 ppm 24	Agua +Ino 10
Vyd 100 ppm 157	M Agua 143	CH 50 ppm 129	Agua +Ino 116	CH 100 ppm 103	TG 100 ppm 90	TG 100 ppm 77	Vyd 50 ppm 64	RN 100 ppm 51	Agua 38	Vyd 100 ppm 25	M Agua+ Ino 11
CH 50 ppm 158	CH 100 ppm 144	Vyd 50 ppm 130	CH 50 ppm 117	CH 100 ppm 104	CH 50 ppm 91	RN 50 ppm 78	Agua +Ino 65	Agua 52	Vyd 100 ppm 39	TG 100 ppm 26	M Agua 12
Vyd 100 ppm 159	CH 50 ppm 145	Vyd 100 ppm 131	TG 100 ppm 118	RN 100 ppm 105	Vyd 50 ppm 92	Agua 79	RN 50 ppm 66	CH 100 ppm 53	Agua 40	M Agua+ Ino 27	Agua +Ino 13
TG 50 ppm 160	Agua +Ino 146	Agua +Ino 132									Vyd 100 ppm 14

**Anexo 4. Análisis estadístico de la dinámica poblacional de Meloidogyne spp en tres diferentes fechas de exposición al extracto.**

**Modelos lineales generales y mixtos**  
**FECHA = 30 DEE con trata**

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	166.57	<0.0001
Trata	9	7.34	<0.0001

**Hu.Ra - Medias ajustadas y errores estándares para Trata**

*DGC (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: No*

Trata	Medias	E.E.	
RN 50 ppm	11778.00	5912.59	A
Agua + Ino	9962.50	833.75	A
TG 50 ppm	9630.00	3158.18	A
CH 100 ppm	8610.00	3302.00	A
Vyd 50 ppm	7496.00	2253.83	A
Vyd 100 ppm	6060.00	2130.16	A
Agua	5830.00	2385.93	A
RN 100 ppm	5356.00	1858.06	A
TG 100 ppm	3925.00	1487.37	A
CH 50 ppm	2622.75	483.84	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

**FECHA = 60 DEE con trata**

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	759.58	<0.0001
Trata	9	16.07	<0.0001

**Hu.Ra - Medias ajustadas y errores estándares para Trata**

*DGC (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: No*

Trata	Medias	E.E.	
RN 50 ppm	8900.00	325.32	A
Agua	8750.00	3114.96	A
RN 100 ppm	7700.00	3518.25	A
CH 50 ppm	7070.00	2340.76	A
Agua + Ino	6360.00	3029.08	A
Vyd 50 ppm	5862.50	1144.25	A
CH 100 ppm	4700.00	596.52	A
TG 100 ppm	2912.50	810.44	B
TG 50 ppm	2887.50	809.15	B
Vyd 100 ppm	2475.00	626.33	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

**FECHA = 90 DEE con trata**

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
--	-------	---------	---------

(Intercept)	1	125.34	<0.0001
Trata	9	3.62	0.0031

#### Hu.Ra - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Trata	Medias	E.E.	
Vyd 100 ppm	1490.00	414.85	A
CH 100 ppm	1470.00	467.06	A
TG 50 ppm	1410.00	695.95	A
RN 100 ppm	1230.00	583.44	A
RN 50 ppm	587.50	210.53	A
Agua	562.50	143.43	A
CH 50 ppm	562.50	166.30	A
Agua + Ino	437.50	134.44	A
Vyd 50 ppm	250.00	28.87	B
TG 100 ppm	200.00	79.06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### FECHA = 30 DEE con trata

##### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	207.14	<0.0001
Trata	9	6.17	<0.0001

#### Nem.Ra - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Trata	Medias	E.E.	
Agua + Ino	3410.00	967.65	A
Vyd 100 ppm	1700.00	733.65	B
RN 50 ppm	1520.00	353.77	B
TG 50 ppm	1440.00	531.37	B
Vyd 50 ppm	1390.00	553.94	B
RN 100 ppm	1050.00	382.10	B
CH 50 ppm	640.00	106.54	B
CH 100 ppm	483.33	133.33	B
TG 100 ppm	362.50	147.73	B
Agua	250.00	20.41	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### FECHA = 60 DEE con trata

##### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	78.14	<0.0001
Trata	9	21.32	<0.0001

#### Nem.Ra - Medias ajustadas y errores estándares para Trata

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Trata	Medias	E.E.	
CH 100 ppm	11566.67	2877.54	A
Agua + Inoc	4050.00	2450.02	B
RN 100 ppm	2966.67	231.54	B
Agua	2050.00	1028.15	B

CH	50	ppm	1912.50	615.89	B
TG	50	ppm	1387.50	300.26	B
TG	100	ppm	883.33	534.11	C
RN	50	ppm	625.00	277.26	C
Vyd	100	ppm	312.50	74.65	C
Vyd	50	ppm	162.50	31.46	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**FECHA = 90 DEE con trata**

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	33.02	<0.0001
Trata	9	1.95	0.0791

**Nem.Ra - Medias ajustadas y errores estándares para Trata**

DGC (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: No

Trata	Medias	E.E.	
CH 50 ppm	350.00	88.98	A
Vyd 100 ppm	340.00	130.77	A
RN 50 ppm	300.00	133.85	A
TG 50 ppm	250.00	124.50	A
RN 100 ppm	200.00	90.83	A
TG 100 ppm	140.00	104.16	B
Vyd 50 ppm	100.00	100.00	B
Agua	100.00	54.01	B
CH 100 ppm	75.00	32.27	B
Agua + Ino	62.50	37.50	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**FECHA = 30 DEE con trata**

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.015_Nem.Su_REML<-glm(Nem.Su~1+Trata
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.dataFl.con.trata)
```

**Resultados para el modelo: modelo.015\_Nem.Su\_REML**

Variable dependiente: Nem.Su

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2
44	551.28	568.07	-264.64	467.61	0.22

AIC y BIC menores implica mejor

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	34.43	<0.0001
Trata	9	1.05	0.4224

**FECHA = 60 DEE con trata**

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.016_Nem.Su_REML<-glm(Nem.Su~1+Trata
,method="REML"
```

```
,na.action=na.omit
,data=R.dataF2.con.trata)
```

**Resultados para el modelo: modelo.016\_Nem.Su\_REML**

Variable dependiente: *Nem.Su*

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
41	476.30	492.08	-227.15	294.26	0.30	

*AIC y BIC menores implica mejor*

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	45.43	<0.0001
Trata	9	1.50	0.1926

**FECHA = 90 DEE con trata**

**Especificación del modelo en R**

```
modelo.017_Nem.Su_REML<-glm(Nem.Su~1+Trata
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.dataF3.con.trata)
```

**Resultados para el modelo: modelo.017\_Nem.Su\_REML**

Variable dependiente: *Nem.Su*

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
40	399.42	414.84	-188.71	103.81	0.34	

*AIC y BIC menores implica mejor*

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	48.03	<0.0001
Trata	9	1.72	0.1283

**Anexo 5.** Coeficientes de correlación de pesos en planta, sintomatología radical y dinámica poblacional de los tratamientos en tres fechas de exposición al extracto.

*Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: Agua*

*Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades*

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.005	0.005	0.322	0.812	0.089	0.322
Nem Ra	0.975	1.000	0.046	0.162	0.638	0.162	0.317
Hu Ra	0.975	1.000	1.000	0.162	0.638	0.162	0.317
P Fresco Raíz (g)	0.564	0.700	0.700	1.000	0.308	1.000	0.689
Sintomatología Radical	-0.148	-0.289	-0.289	-0.577	1.000	0.638	1.000
P Seco en Hojas (g)	-0.821	-0.700	-0.700	0.000	-0.289	1.000	0.110
P Seco en Tallo (g)	-0.564	-0.500	-0.500	0.200	0.000	0.800	1.000

*Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: Agua + Inoculo*

*Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades*

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.553	0.841	0.230	0.581	0.322	0.322
Nem Ra	0.359	1.000	0.493	0.219	0.061	0.334	0.014
Hu Ra	0.100	0.410	1.000	0.549	0.858	0.935	0.741
P Fresco Raíz (g)	0.600	0.667	-0.300	1.000	0.041	0.089	0.089
Sintomatología Radical	-0.335	-0.860	0.112	-0.894	1.000	0.254	0.028
P Seco en Hojas (g)	0.564	0.553	-0.051	0.821	-0.631	1.000	0.279
P Seco en Tallo (g)	0.564	0.947	0.205	0.821	-0.918	0.605	1.000

*Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: CH 50 ppm*

*Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades*

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.230	0.230	0.689	0.252	0.549	0.549
Nem Ra	0.600	1.000	0.046	0.317	0.111	0.841	0.841
Hu Ra	0.600	1.000	1.000	0.317	0.111	0.841	0.841
P Fresco Raíz (g)	-0.200	0.500	0.500	1.000	0.361	0.162	0.162
Sintomatología Radical	-0.632	-0.791	-0.791	-0.527	1.000	0.604	0.604
P Seco en Hojas (g)	-0.300	-0.100	-0.100	0.700	-0.316	1.000	0.046
P Seco en Tallo (g)	-0.300	-0.100	-0.100	0.700	-0.316	1.000	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: CH 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.741	0.935	0.493	0.436	0.870	0.553
Nem Ra	-0.205	1.000	0.072	0.110	0.252	0.549	0.689
Hu Ra	0.051	0.900	1.000	0.072	0.668	0.424	0.230
P Fresco Raíz (g)	0.410	0.800	0.900	1.000	0.668	0.689	0.317
Sintomatología Radical	-0.460	0.632	0.264	0.264	1.000	0.604	0.361
P Seco en Hojas (g)	0.103	-0.300	-0.400	-0.200	0.316	1.000	0.549
P Seco en Tallo (g)	-0.359	-0.200	-0.600	-0.500	0.527	0.300	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: RN 50 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.230	0.110	0.549	1.000	0.230	0.230
Nem Ra	-0.600	1.000	0.230	0.841	0.604	0.689	1.000
Hu Ra	-0.800	0.600	1.000	1.000	1.000	0.230	0.230
P Fresco Raíz (g)	-0.300	0.100	0.000	1.000	0.111	0.841	0.424
Sintomatología Radical	0.000	-0.316	0.000	-0.791	1.000	0.604	0.155
P Seco en Hojas (g)	0.600	0.200	-0.600	-0.100	-0.316	1.000	0.110
P Seco en Tallo (g)	0.600	0.000	-0.600	0.400	-0.738	0.800	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: RN 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.162	0.162	0.046	0.014	0.549	0.424
Nem Ra	0.700	1.000	0.046	0.162	0.111	1.000	0.841
Hu Ra	0.700	1.000	1.000	0.162	0.111	1.000	0.841
P Fresco Raíz (g)	1.000	0.700	0.700	1.000	0.014	0.549	0.424
Sintomatología Radical	-0.949	-0.791	-0.791	-0.949	1.000	1.000	0.800
P Seco en Hojas (g)	-0.300	0.000	0.000	-0.300	0.000	1.000	0.072
P Seco en Tallo (g)	-0.400	-0.100	-0.100	-0.400	0.158	0.900	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: TG 50 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	1.000	0.230	0.110	0.215	0.549	0.549
Nem Ra	0.000	1.000	0.230	0.549	0.215	0.162	0.110
Hu Ra	-0.600	0.600	1.000	0.424	0.215	0.841	0.317
P Fresco Raíz (g)	-0.800	0.300	0.400	1.000	0.041	0.549	0.162
Sintomatología Radical	0.671	-0.671	-0.671	-0.894	1.000	0.450	0.041
P Seco en Hojas (g)	0.300	0.700	-0.100	0.300	-0.447	1.000	0.162
P Seco en Tallo (g)	-0.300	0.800	0.500	0.700	-0.894	0.700	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: TG 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.046	0.230	0.841	0.219	0.424	0.841
Nem Ra	1.000	1.000	0.230	0.841	0.219	0.424	0.841
Hu Ra	0.600	0.600	1.000	0.162	0.805	0.110	0.549
P Fresco Raíz (g)	0.100	0.100	0.700	1.000	0.741	0.162	0.317
Sintomatología Radical	0.667	0.667	0.154	0.205	1.000	0.935	0.741
P Seco en Hojas (g)	0.400	0.400	0.800	0.700	0.051	1.000	0.110
P Seco en Tallo (g)	-0.100	-0.100	0.300	0.500	-0.205	0.800	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: Vyd 50 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.549	0.689	0.841	0.718	1.000	0.841
Nem Ra	0.300	1.000	0.162	0.424	0.718	0.549	0.841
Hu Ra	0.200	0.700	1.000	0.072	0.215	0.549	0.230
P Fresco Raíz (g)	-0.100	0.400	0.900	1.000	0.041	0.230	0.110
Sintomatología Radical	0.224	-0.224	-0.671	-0.894	1.000	0.118	0.118
P Seco en Hojas (g)	0.000	0.300	-0.300	-0.600	0.783	1.000	0.072
P Seco en Tallo (g)	-0.100	0.100	-0.600	-0.800	0.783	0.900	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 30 DEE: Vyd 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.841	0.689	0.317	0.308	0.549	1.000
Nem Ra	-0.100	1.000	0.072	0.689	0.638	0.424	0.072
Hu Ra	0.200	0.900	1.000	0.841	1.000	1.000	0.162
P Fresco Raíz (g)	0.500	-0.200	-0.100	1.000	0.058	0.841	1.000
Sintomatología Radical	-0.577	0.289	0.000	-0.866	1.000	0.308	0.638
P Seco en Hojas (g)	0.300	-0.400	0.000	0.100	-0.577	1.000	0.162
P Seco en Tallo (g)	0.000	-0.900	-0.700	0.000	-0.289	0.700	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: Agua**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.299	0.488	0.166	1.000	0.488	0.488
Nem Ra	0.600	1.000	0.488	0.166	1.000	0.488	0.488
Hu Ra	-0.400	0.400	1.000	0.729	1.000	0.299	0.299
P Fresco Raíz (g)	0.800	0.800	-0.200	1.000	1.000	0.729	0.729
Sintomatología Radical	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	1.000	1.000
P Seco en Hojas (g)	-0.400	0.400	0.600	0.200	0.000	1.000	0.083
P Seco en Tallo (g)	-0.400	0.400	0.600	0.200	0.000	1.000	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: Agua + Inoculo**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.317	0.424	0.549	1.000	0.841	1.000
Nem Ra	0.500	1.000	0.162	0.072	0.559	0.549	1.000
Hu Ra	0.400	0.700	1.000	0.230	0.559	0.689	0.162
P Fresco Raíz (g)	0.300	0.900	0.600	1.000	0.182	0.230	0.841
Sintomatología Radical	0.000	-0.354	-0.354	-0.707	1.000	0.182	1.000
P Seco en Hojas (g)	0.100	0.300	-0.200	0.600	-0.707	1.000	0.162
P Seco en Tallo (g)	0.000	0.000	-0.700	0.100	0.000	0.700	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: CH 50 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.230	0.162	0.841	0.252	0.162	0.072
Nem Ra	0.600	1.000	0.072	0.549	0.866	0.841	0.689
Hu Ra	0.700	0.900	1.000	0.317	0.866	1.000	0.424
P Fresco Raíz (g)	-0.100	0.300	0.500	1.000	0.038	0.142	0.565
Sintomatología Radical	0.632	-0.105	-0.105	-0.837	1.000	0.003	0.210
P Seco en Hojas (g)	-0.700	0.100	0.000	0.657	-0.956	1.000	0.180
P Seco en Tallo (g)	-0.900	-0.200	-0.400	0.257	-0.598	0.600	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: CH 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.162	0.162	0.317	0.054	0.162	0.841
Nem Ra	0.700	1.000	0.046	0.230	0.269	0.689	0.317
Hu Ra	0.700	1.000	1.000	0.230	0.269	0.689	0.317
P Fresco Raíz (g)	0.500	0.600	0.600	1.000	0.089	0.230	0.549
Sintomatología Radical	-0.872	-0.616	-0.616	-0.821	1.000	0.054	0.935
P Seco en Hojas (g)	0.700	0.200	0.200	0.600	-0.872	1.000	0.424
P Seco en Tallo (g)	-0.100	-0.500	-0.500	-0.300	0.051	0.400	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: RN 50 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.072	0.317	0.549	0.553	0.317	0.689
Nem Ra	0.900	1.000	0.549	0.424	0.741	0.689	0.841
Hu Ra	0.500	0.300	1.000	0.424	0.935	0.317	0.230
P Fresco Raíz (g)	-0.300	-0.400	0.400	1.000	0.089	0.424	0.317
Sintomatología Radical	0.359	0.205	-0.051	-0.821	1.000	0.089	0.434
P Seco en Hojas (g)	-0.500	-0.200	-0.500	0.400	-0.821	1.000	0.841
P Seco en Tallo (g)	0.200	0.100	-0.600	-0.500	0.462	-0.100	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: RN 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.083	0.083	0.488	0.895	0.488	0.083
Nem Ra	1.000	1.000	0.083	0.488	0.895	0.488	0.083
Hu Ra	1.000	1.000	1.000	0.488	0.895	0.488	0.083
P Fresco Raíz (g)	0.400	0.400	0.400	1.000	0.051	0.488	0.488
Sintomatología Radical	-0.105	-0.105	-0.105	-0.949	1.000	0.368	0.895
P Seco en Hojas (g)	-0.400	-0.400	-0.400	0.400	-0.632	1.000	0.488
P Seco en Tallo (g)	1.000	1.000	1.000	0.400	-0.105	-0.400	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: TG 100 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.230	0.317	0.549	1.000	0.110	0.424
Nem Ra	0.600	1.000	0.072	0.230	0.155	0.841	0.549
Hu Ra	0.500	0.900	1.000	0.689	0.361	0.689	0.230
P Fresco Raíz (g)	0.300	0.600	0.200	1.000	0.111	0.549	0.317
Sintomatología Radical	0.000	-0.738	-0.527	-0.791	1.000	0.306	0.668
P Seco en Hojas (g)	-0.800	-0.100	-0.200	0.300	-0.580	1.000	0.230
P Seco en Tallo (g)	-0.400	-0.300	-0.600	0.500	-0.264	0.600	1.000

**Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: TG 50 ppm**  
**Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades**

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.841	0.317	0.841	0.450	0.549	0.162
Nem Ra	0.100	1.000	0.162	0.110	0.215	0.230	0.841
Hu Ra	0.500	0.700	1.000	0.110	0.041	0.424	0.841
P Fresco Raíz (g)	-0.100	0.800	0.800	1.000	0.215	0.230	0.317
Sintomatología Radical	-0.447	-0.671	-0.894	-0.671	1.000	0.215	0.718
P Seco en Hojas (g)	-0.300	0.600	0.400	0.600	-0.671	1.000	0.162
P Seco en Tallo (g)	-0.700	0.100	0.100	0.500	-0.224	0.700	1.000

*Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: Vyd 50 ppm*  
*Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades*

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.488	0.083	0.488	0.742	1.000	0.488
Nem Ra	0.400	1.000	0.488	0.488	0.742	0.729	0.488
Hu Ra	1.000	0.400	1.000	0.488	0.742	1.000	0.488
P Fresco Raíz (g)	-0.400	-0.400	-0.400	1.000	0.225	0.166	0.083
Sintomatología Radical	-0.258	0.258	-0.258	-0.775	1.000	0.225	0.225
P Seco en Hojas (g)	0.000	0.200	0.000	0.800	-0.775	1.000	0.166
P Seco en Tallo (g)	-0.400	-0.400	-0.400	1.000	-0.775	0.800	1.000

*Fecha\*Extractos Dosis = 60 DEE: Vyd 100 ppm*  
*Correlación de Spearman: Coeficientes\probabilidades*

	Nem Su	Nem Ra	Hu Ra	P Fresco Raíz (g)	Sintomatología Radical	P Seco en Hojas (g)	P Seco en Tallo (g)
Nem Su	1.000	0.054	0.054	0.553	0.710	0.322	0.870
Nem Ra	0.872	1.000	0.072	0.230	0.450	0.549	0.549
Hu Ra	0.872	0.900	1.000	0.162	0.450	0.230	0.841
P Fresco Raíz (g)	0.359	0.600	0.700	1.000	0.041	0.317	0.841
Sintomatología Radical	-0.229	-0.447	-0.447	-0.894	1.000	0.450	0.858
P Seco en Hojas (g)	0.564	0.300	0.600	0.500	-0.447	1.000	0.162
P Seco en Tallo (g)	-0.103	0.300	0.100	0.100	0.112	-0.700	1.000