



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
COORDINACIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



TESIS

**ALTERNATIVAS DE BAJO IMPACTO ECOLÓGICO PARA
DESINFESTAR TEZONTLE HIDROPÓNICO CONTAMINADO CON
NEMATODOS (*Nacobbus aberrans*)**

Que como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



PRESENTA:

JOSEFINA FLORES RAMÍREZ

BAJO LA SUPERVISIÓN DE:

DR. ESAÚ DEL CARMEN MORENO PÉREZ



Chapingo, Estado de México, Junio de 2023.

**ALTERNATIVAS DE BAJO IMPACTO ECOLÓGICO PARA DESINFESTAR
TEZONTLE HIDROPÓNICO CONTAMINADO CON NEMATODOS (*Nacobbus
aberrans*)**

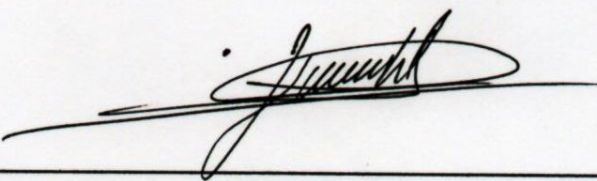
Tesis realizada por Josefina Flores Ramírez bajo la supervisión del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

"MAESTRA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA"

DIRECTOR:


Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez

CODIRECTOR:


Dr. J. Jesús Magdaleno Villar

ASESOR:


Dr. Felipe Sánchez del Castillo

Chapingo, Estado de México, Junio de 2023.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT), a la Universidad Autónoma Chapingo, y a mi Comité asesor Dr. J. Jesús Magdaleno Villar por su apoyo en la asesoría y revisión del presente trabajo y por la confianza otorgada; Dr. Esaú del Carmen Moreno Pérez y Dr. Felipe Sánchez del Castillo que fueron parte de mi formación académica y que contribuyeron a la realización de la presente investigación.

Al personal de laboratorios y del campo experimental, Ma. Inés Acosta Martínez e Ing. Ignacio Salazar Salazar, por su ayuda en el trabajo de campo.

DEDICATORIA

Con mucho cariño para mi familia, mis padres Heriberto y Gloria, mis hermanos Miguel, María, Anabell, David y Rogelio, gracias por enseñarme a ser la persona que soy hoy; para Carmen agradezco su ayuda incondicional, y a Carlos gracias por tu apoyo, tiempo y esfuerzo.

Apocalipsis. 4:11 *“Jehová... porque tu creaste todas las cosas.”*

DATOS BIOGRÁFICOS

Josefina Flores Ramírez nació en Atlacomulco, Estado de México, en mayo de 1990.

Egresada de la Licenciatura en Desarrollo sustentable de la Universidad Intercultural del Estado de México (2008-2012).

De 2012 a 2018 ejerció como Técnico en estadística agropecuaria (SNIDRUS-SIAP) en la SAGARPA en el CADER 08 Acambay y en el CADER 10 Jiquipilco.

En 2019 y 2020 fue extensionista del INCA Rural A.C. en la SADER, CADER 10 Jiquipilco.

En 2021, ingresó a la Maestría en Ciencias en Horticultura de la Coordinación de Estudios de Posgrado del Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

RESUMEN

ALTERNATIVAS DE BAJO IMPACTO ECOLÓGICO PARA DESINFESTAR TEZONTLE HIDROPÓNICO CONTAMINADO CON NEMATODOS (*Nacobbus aberrans*)

El cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en arena de tezontle con la técnica de hidroponía, puede presentar contaminación por *Nacobbus aberrans*, el cual afecta el desarrollo óptimo de la planta y disminuye el rendimiento, así como el valor de la producción. El objetivo fue evaluar el efecto de la aplicación de dos dosis de peróxido de hidrogeno (3 y 6 ml L⁻¹), ácido acético (2.5 y 5 ml L⁻¹), hipoclorito de sodio (0.15 y 0.23 ml L⁻¹), hipoclorito de calcio (0.06 y 0.09 ml L⁻¹), formol (8.75 y 17.5 ml L⁻¹) y sales cuaternarias de amonio (5 y 10 ml L⁻¹) sobre el control de nematodos en tezontle contaminado, comparados con dos nematicidas comerciales Lucafum 516® (1 ml L⁻¹), Oregón® (5 ml L⁻¹) y un testigo absoluto sin aplicaciones. Para conocer la eficiencia de la desinfestación se realizó un conteo inicial a partir de muestras de tezontle previo a la aplicación y un segundo conteo posterior a la aplicación de los tratamientos. Como material vegetal se utilizó el híbrido de jitomate El Cid F1 de Harris Moran®. Se contó la población de huevos, adultos y presencia de agallas en la raíz de las plantas, se evaluaron altura al primer racimo, diámetro del tallo, área foliar, además del número de frutos y peso en el segundo y tercer racimo. Los productos con mayor eficacia para el control de nematodos fueron el peróxido de hidrógeno (3 ml L⁻¹) y ácido acético (2.5 ml L⁻¹ y 5 ml L⁻¹) con el 56.4 %, 56 % y 53.3 % de eficiencia, respectivamente.

Palabras clave: *Solanum lycopersicum* L., hidroponia, desinfestación.

ABSTRACT

LOW ECOLOGICAL IMPACT ALTERNATIVES TO DISINFEST HYDROPONIC TEZONTLE CONTAMINATED WITH NEMATODES (*Nacobbus aberrans*)

The tomato cultivation (*Solanum lycopersicum* L.) in tezontle sand with the hydroponics technique may present contamination by *Nacobbus aberrans* and affect the optimal development of the plant, decreasing yield and production value. The objective was to evaluate two doses of hydrogen peroxide (3 and 6 ml L⁻¹), acetic acid (2.5 and 5 ml L⁻¹), sodium hypochlorite (0.15 and 0.23 ml L⁻¹), calcium hypochlorite (0.06 and 0.09 ml L⁻¹), formaldehyde (8.75 and 17.5 ml L⁻¹) and quaternary ammonium salts (5 and 10 ml L⁻¹) in contaminated tezontle and were compared with two commercial nematicides Lucafum 516 ® (1 ml L⁻¹), Oregon® (5 ml L⁻¹) and an absolute no treatment control. To know the disinfestation's efficiency an initial count was done from samples of tezontle previous to administration and a second count after applying the treatments. Harris Moran's El Cid F1® hybrid tomato was used as vegetable matter. The population of eggs, adults and galls was counted in the plants also height at the first cluster, stem diameter, leaf area and as well the number of fruits and weight in second and third cluster were evaluated. The most effective products to control nematodes were hydrogen peroxide (3 ml L⁻¹) and acetic acid (2.5 ml L⁻¹ and 5 ml L⁻¹) with 56.4 %, 56 % and 53.3 % each one.

Keywords: *Solanum lycopersicum* L., hydroponics, disinfestation.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
2	OBJETIVOS	2
2.1	Objetivo general-----	2
2.2	Objetivos particulares-----	2
3	HIPÓTESIS	2
4	REVISIÓN DE LITERATURA	3
4.1	Cultivos bajo invernadero-----	3
4.2	La hidroponía y su clasificación-----	4
4.3	Sustratos-----	4
4.3.1	Características de un buen sustrato -----	5
4.3.2	Clasificación de sustratos-----	6
4.4	Tezontle o roca volcánica -----	7
4.4.1	Ventajas y desventajas del uso de tezontle-----	8
4.5	Cultivo de jitomate en tezontle hidropónico-----	9
4.6	Problemática fitopatológica en el tezontle hidropónico-----	10
4.7	Daños causados por nematodos en el cultivo de jitomate-----	10
4.7.1	Contaminación con nematodos <i>Nacobbus aberrans</i> -----	12
4.7.2	Características generales del nematodo-----	12
4.7.3	Ciclo biológico-----	13
4.8	Resistencia del <i>N. aberrans</i> -----	15
4.9	Propuestas de solución e inconvenientes-----	17
4.10	Productos comerciales para eliminar nematodos de venta en México-----	18
4.11	Alternativas amigables con el medio ambiente -----	19
4.12	Estrategias químicas para desinfestar tezontle-----	20
5	MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1	Ubicación del experimento -----	25
5.2	Reproducción de nematodos -----	25

5.3	Tratamientos -----	26
5.4	Diseño experimental -----	28
5.5	Establecimiento y manejo del cultivo -----	28
5.6	Variables y métodos de evaluación -----	29
5.6.1	Conteo de nematodos -----	29
5.6.2	Características morfológicas de la planta -----	33
5.6.3	Variables de producción -----	33
5.7	Análisis de resultados -----	34
6	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
6.1	Conteo inicial de nematodos-----	37
6.2	Conteo de nematodos posterior a la aplicación de productos desinfestantes-----	38
6.3	Efectividad de los tratamientos -----	41
6.4	Crecimiento y desarrollo de la planta-----	43
7	CONCLUSIONES.....	48
	LITERATURA CITADA	49

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la desinfestación de tezontle hidropónico contaminado con <i>N. aberrans</i>	27
Cuadro 2. Escala de infestación de suelo de acuerdo con el número de individuos vivos de <i>N. aberrans</i> presente en 100 gramos de suelo.....	35
Cuadro 3. Escala de infestación del suelo por <i>N. aberrans</i> , de acuerdo con el número de nódulos en raíces.....	35
Cuadro 4. Población inicial promedio de <i>N. aberrans</i> en arena de tezontle, previo a la aplicación de productos desinfestantes.	37
Cuadro 5. Comparación de medias de los tratamientos evaluados, para la variable de incidencia de nematodos <i>N. aberrans</i> , en los estadios de huevo y adulto y el agallamiento en raíz.	39
Cuadro 6. Comparación de las medias del análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo mediante algunos parámetros de la planta.	45
Cuadro 7 a. Comparación de las medias del análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo mediante algunos parámetros del fruto (Racimo 2).	46
Cuadro 7 b. Comparación de las medias del análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo mediante algunos parámetros del fruto (Racimo 3).	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Nacobbus aberrans</i> . Diferenciación de una hembra y un macho. A. Región del esófago en una hembra joven. B. Cola de la hembra. C. Cola del macho. D-I. Fases en el desarrollo de una hembra	14
Figura 2. Ciclo de vida de <i>Nacobbus</i> spp.....	16
Figura 3. Germinación de jitomate cv. Río Grande (a) para trasplante en camas de tezontle hidropónico (b) para reproducir nematodos.....	25
Figura 4. Llenado de botes con tezontle contaminado (a) y aplicación de tratamientos (b).....	26
Figura 5. Llenado de bolsas (a) y establecimiento del diseño experimental (b).	28
Figura 6. Germinación de semilla de jitomate (a) y trasplante (b) de plántula en el diseño experimental ya establecido.	29
Figura 7. Extracción de muestras de tezontle de cada una de las bolsas con tratamientos propuestos.	30
Figura 8. Colocación de sustrato en un vaso de precipitado para obtener los 100 g de muestra (a) y reposo del sustrato para mantener a los nematodos flotando (b).	31
Figura 9. Uso de tamices de 60, 100, 240 y 400 mallas para obtener el sobrenadante con nematodos flotando (a) y uso de la piseta para extraer los nematodos presentes en el tamiz de 400 mallas (b).....	31
Figura 10. Llenado y calibración de los tubos para centrifugar a 3500 rpm (a y b) y colocación de tubos con caolinita para centrifugarse a 3500 rpm (c).	32
Figura 11. Aplicación de solución sacarosa para diluir la pastilla de caolinita para centrifugarse a 3500 rpm (a) y lavado de nematodos de la solución sacarosa para vaciar la muestra en frascos de 20 ml (b).	32
Figura 12. Conteo de nematodos con microscopio, dos estados (a) adulto y (b) huevo.	32

Figura 13. Toma de datos para la evaluación morfológica de la planta de jitomate, a) diámetro del tallo, b) medir área foliar y c) lavado de raíz para contar nódulos.	33
Figura 14. Selección y medición del tamaño del fruto por cada unidad experimental en cada tratamiento.	34
Figura 15. Preparación de fruto para ser colocado en estufa de secado.	34
Figura 16. Porcentaje de efectividad de los tratamientos propuestos (Tratamientos 1-12) y los tratamiento 13 y 14 (testigo comercial, nematicida Lucafum 516 ® y Oregón®), con base en el número de individuos de <i>Nacobbus aberrans</i> (huevos y adultos) y el número de agallas en la raíz; con respecto a la incidencia del testigo absoluto (15).	43

1 INTRODUCCIÓN

En la producción agrícola bajo invernadero es de suma importancia considerar el medio en el cual se establecerá un cultivo, que puede ser sustrato o suelo, ya que en él se llevará a cabo el desarrollo radical de las plantas. Independiente de su origen, al elegir un sustrato se debe considerar la durabilidad y capacidad de reciclaje (Abad et al., 2004); sin embargo, al reusarlos presentan cierto grado de contaminación por microorganismos, como la presencia de nematodos, los cuales pueden alojarse en estos durante algunas etapas de su ciclo biológico (Martínez & Duran, 2000). La presencia del nematodo falso nodulador o nematodo del rosario de la papa (*Nacobbus aberrans*) ha sido reportado en el cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) afectando el rendimiento y por ende el valor de la producción (Manzanilla-López et al., 2002). Ante la presencia de *Nacobbus aberrans* en el sustrato, se han utilizado numerosas técnicas de desinfección, no obstante, el control no ha sido exitoso debido a la alta resistencia que presenta el nematodo a factores ambientales extremos (Cristóbal et al., 2001).

Con base en lo anterior, el siguiente trabajo de investigación propone el uso de diferentes productos químicos a diferentes dosis que se han empleado como desinfectantes en la horticultura para el manejo de hongos, bacterias y virus.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Encontrar un método de desinfestación alternativo a los productos químicos convencionales en tezontle hidropónico contaminado con *Nacobbus aberrans*, que resulte eficiente y fácil de implementar por los productores, que no tenga un efecto negativo sobre el medio ambiente y permita obtener jitomate de alta calidad.

2.2 Objetivos particulares

Evaluar el efecto de la aplicación de peróxido de hidrogeno, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, sales cuaternarias de amonio, ácido acético y formol en distintas concentraciones sobre el control de *Nacobbus aberrans* en tezontle contaminado y compararlos con los tratamientos comerciales a base de abamectina y metam sodio.

Evaluar el crecimiento, desarrollo morfológico y rendimiento de las plantas de jitomate después de la aplicación de los productos desinfestantes en el tezontle contaminado.

3 HIPÓTESIS

Se espera que al menos uno de los productos alternativos y una de las dosis probadas en el proceso de desinfestación de tezontle hidropónico contaminado minimice el daño o inhiba la aparición de *N. aberrans*, sin que se afecte el desarrollo de la planta y la productividad del cultivo de jitomate, ya que se han utilizado en la horticultura para el control de microorganismos fitopatógenos en el sustrato y la solución nutritiva lo que sugiere su eficiencia ante la presencia de nematodos, además de presentar baja toxicidad y residualidad en las aplicaciones para promover una agricultura más sustentable y económicamente rentable.

4 REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Cultivos bajo invernadero

La agricultura es una actividad humana que implica la explotación del medio natural y cuando se practica de manera intensiva, se busca producir el máximo rendimiento con la menor ocupación de recursos posible, para lo cual se recurre a una serie de técnicas con el objetivo de forzar la producción, un ejemplo es el cultivo de plantas bajo invernadero (Grijalva & Robles, 2003). Adoptar esta tecnología implica obtener mejor rendimiento, aislarlo de las condiciones naturales para crear una barrera entre el medio ambiente externo y el cultivo para ofrecer un microclima, control químico y biológico y la aplicación de técnicas culturales (fertiirrigación, sustratos) para rentabilizar al máximo la superficie cubierta y otros insumos empleados (Castañeda-Miranda, 2007). Lograr una productividad alta implica hacer un uso eficiente de los recursos naturales como agua y suelo, disminuir la contaminación ambiental, los riesgos a la salud, generar fuentes de trabajo y una visión de negocio en la que haya ganancias económicas de manera individual, familiar o empresarial con la producción y venta de productos hortícolas de alto valor económico (Sánchez-del Castillo & Moreno-Pérez, 2017).

Aunque la industria de los invernaderos nació y se desarrolló en Europa, en México, se presentó desde los años 70's en el altiplano, con cultivos ornamentales, sobre todo en los estados de México y Morelos, y a finales de los 90's comienza a desarrollarse en forma importante la producción intensiva de hortalizas bajo diferentes sistemas de producción (Garza & Molina, 2008), entre los que destacan la siembra en suelo, en sistemas hidropónicos en lana de roca y perlita, en bolsa con diversos sustratos, o en cultivo en solución como la técnica de la película nutritiva, entre otras.

4.2 La hidroponía y su clasificación

La hidroponía consiste en un sistema de producción en el que las raíces de las plantas se riegan con una mezcla de elementos nutritivos esenciales disueltos en agua y en vez de suelo, se utiliza sustrato o incluso la misma solución nutritiva (Urrestarazu, 2015; Sánchez-del Castillo & Moreno-Pérez, 2017). Aunque el concepto de cultivos sin suelo e hidroponía son usados en los mismos sentidos, Winsor & Shwarz (1990) los clasifican en dos grupos: cultivos en agua y cultivos en sustratos (sustratos inorgánicos y sustratos orgánicos naturales), el objetivo de producir bajo este sistema es proporcionar a las raíces de la planta las condiciones físicas, químicas y sanitarias adecuadas para el desarrollo vegetal (Camacho, 2003) además de beneficios sociales y ambientales como el uso sustentable de los recursos energéticos asociados con la actividad, la disminución en los costos de operación por el transporte de agua, y la producción de hortalizas a partir de prácticas hortícolas eficientes y rentables (Adams, 2006).

4.3 Sustratos

El cultivo en sustrato representa un componente importante en esta técnica de cultivo, porque funciona como factor clave en la producción de hortalizas, plántulas y flores en invernadero. Por eso es importante definir que es un sustrato, las ventajas, los factores a analizar en su elección y las propiedades físicas, químicas y biológicas a considerar (Cruz-Crespo et al., 2013; Cabrera, 1999).

Un sustrato se puede definir como todo material sólido distinto del suelo, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico, en forma pura o en mezcla (Abad et al., 2004), cuyas funciones son que al ser colocado en un contenedor o recipiente pueda anclar y aferrar a las raíces protegiéndolas de la luz y permitiéndoles la respiración, así como contener el agua y los nutrimentos que la planta necesite (Calderón & Cevallos, 2003). La elección del tipo de sustrato depende del tipo del cultivo, la instalación, las variables ambientales y las prácticas de manejo,

además de los aspectos económicos, que sea de bajo costo y que se encuentre disponible localmente (Cruz-Crespo et al., 2013).

4.3.1 Características de un buen sustrato

En la caracterización de sustratos es recomendable conocer las propiedades físicas, químicas y biológicas para lograr un manejo adecuado en el riego y la fertilización (Burés, 1997), además es importante distinguir que ningún sustrato que cumpla con los requerimientos mínimos (características físicas principalmente) puede considerarse inadecuado, porque las plantas responden a las características de los sustratos más que a sus materiales o constituyentes (Abad et al., 2004; Castellanos & Vargas-Tapia, 2009).

Castellanos & Vargas-Tapia (2009) mencionan que las características físicas del sustrato son fundamentales y que de ellas depende el éxito del cultivo, por eso remarcan la importancia de la distribución granulométrica del material sólido, agua y aire, así como su variación en función de la capacidad de retención de agua. En el caso de las propiedades químicas es menos relevante debido a que pueden ser alteradas posterior al cultivo (Cabrera, 1999) por medio del riego y la solución nutritiva, estas propiedades son el pH, salinidad, disponibilidad nutrimental, capacidad de intercambio catiónico (CIC) y la presencia de materia orgánica. En el caso de las propiedades biológicas, se consideran de mayor tendencia debido a la reutilización de materiales, Lemaire et al. (2003) evalúa la estabilidad biológica del material, es decir las sustancias que podrían ser tóxicas o benéficas para el cultivo, la bioestabilidad, la resistencia a la descomposición por la acción microbiana, y la fitotoxicidad, para determinar que alguna sustancia inhiba el crecimiento de la planta.

Las propiedades mencionadas son aquellas que debe cumplir el sustrato ideal; sin embargo, la mejor elección corresponde al productor con respecto a su experiencia en el manejo de sustratos y el cultivo a establecer. Para elegir la mejor opción, Cabrera (1999) propuso una guía con las Propiedades y características deseables de componentes orgánicos e inorgánicos para

diferentes sustratos de cultivo, entre las cuales se consideran: Alta capacidad de retención de agua y agua disponible, una baja densidad de partículas y buena distribución de tamaño de partículas, tener un bajo contenido de sales solubles (conductividad eléctrica $< 4 \text{ mmhos} \cdot \text{cm}^{-1}$), sin compuestos tóxicos (como toxinas vegetales o químicos orgánicos) y que no sean portadores o vectores de plagas y/o enfermedades.

4.3.2 Clasificación de sustratos

Para la clasificación de los sustratos se consideran el origen, su naturaleza, sus propiedades químicas, etcétera; en este caso se tomará en cuenta la clasificación de acuerdo con su naturaleza química en dos grandes grupos: a) Sustratos orgánicos, y b) Sustratos minerales o inorgánicos (Urrestarazu & Salas, 2004; Abad et al., 2004).

Los sustratos mencionados a continuación son una compilación a partir de diversas propuestas:

4.3.2.1 Sustratos inorgánicos

Naturales: se caracterizan por estar sujetos a descomposición biológica y son de los sustratos más empleados. como lo son las turbas rubias, negras y la fibra de coco (Urrestarazu & Salas, 2004).

Los residuos y subproductos de diferentes actividades de producción y consumo: la mayoría de estos materiales deben experimentar un proceso de compostaje, que les permite ser aptos para el cultivo, ya que provienen de actividades agrícolas, urbanas e industriales, algunos de estos productos son orujos de uva, paja de cereales, residuos sólidos urbanos, lodos de depuración de agua, estiércoles, aserrín y fibra de madera (Abad et al., 2004).

Sintéticos. polímeros orgánicos no biodegradables, que se obtienen de la industria del plástico por medio de una síntesis química, son no biodegradables

como la espuma de poliuretano, espuma de urea-formaldehído, poliestireno expandido, etc. (Abad et al., 2004; Martínez & Roca, 2011).

4.3.2.2 Sustratos inorgánicos o minerales

Castellanos y Vargas-Tapia (2009) y Urrestarazu (2015) plantean la siguiente clasificación de los sustratos minerales, de origen natural: se obtienen a partir de rocas o minerales de origen diverso, son modificados por tratamientos físicos y no son biodegradables; los más conocidos son la arena, la grava y piedras volcánicas (puzolanas, zeolitas); transformados o tratados industrialmente: proceden de rocas y minerales tratados industrialmente por procedimientos físicos y químicos, por lo tanto, sus propiedades son alteradas como la perlita, lana de roca, vermiculita y la arcilla expandida y de residuos y subproductos industriales: comprenden los materiales procedentes de muy distintas actividades industriales (escorias industriales de altos hornos, estériles de carbón, ladrillo molido).

De los sustratos anteriores, Vargas-Tapia et. al. (2008a) enlistan diversos materiales de origen mexicano como el polvo de coco, rocas como el tezontle, la perlita, la pumacita y el tepezil, además de compostas y turba e inclusive la corteza de pino y la cascarilla de arroz; la existencia de estos sustratos en determinadas zonas del país permite la fácil adquisición por parte de los productores, esto es una ventaja, puesto que son una alternativa económicamente viable porque son materiales residuales o subproductos de nulo o escaso valor comercial.

4.4 Tezontle o roca volcánica

En México, el tezontle es uno de los materiales minerales de tipo natural ampliamente utilizado como sustrato para la producción de diversos cultivos de hortalizas y flores debido a la alta disponibilidad y bajo costo; el origen de esta roca proviene de la erupción de los volcanes, se compone de silicatos de aluminio, constituidos por fragmentos de lava porosos, con formas redondeados

o irregulares. (Burés, 1997; Castellanos & Vargas-Tapia, 2009). El tezontle es considerado un material inerte, es decir que no reacciona químicamente, cuyo extracto de saturación tiene un pH próximo a la neutralidad, con una capacidad de intercambio catiónico muy baja, que presenta buena aireación y retención de humedad, la cual se modifica dependiendo del tamaño de partículas, generalmente está libre de sustancias tóxicas y tiene buena estabilidad física (Vargas-Tapia et al., 2008b; Gayosso-Rodríguez et al., 2018).

4.4.1 Ventajas y desventajas del uso de tezontle

Ventajas: Representan una gran oportunidad industrial derivado del poco aprovechamiento en la agricultura, es considerado por los expertos en cultivos protegidos como uno de los mejores sustratos, debido a sus propiedades (Bastida, 1999), su bajo costo, sus posibilidades de reutilizarse (hasta 3 veces) (Rodríguez Díaz et al., 2013) y la abundancia en el país ; estos factores combinados permiten llevar a la práctica una agricultura sustentable, el buen drenaje y la buena aireación son propiedades muy valoradas en la producción agrícola, las partículas finas derivadas del riego, no afectan para nada, el desarrollo satisfactorio de los cultivos, no deterioran la calidad de los productos cosechados, lo que ha resultado en tamaños satisfactorios de los cultivos, buen desarrollo de las plantas, así como un incremento considerable de la producción en espacios reducidos y controlados, donde todo puede hacerse de manera automatizada, dado los avances tecnológicos disponibles el uso de esta roca volcánica representa una disminución de los costos de producción agrícola; la variabilidad de su porosidad interna facilita el traslado y la movilidad de los contenedores, así como el llenado y vaciado, ya que el agua drena en la mayoría de las partes, y en otras se acumula, ayudando con el desarrollo radical (Muñoz Ramos et al., 2008; Castellanos & Vargas-Tapia, 2009).

Desventajas: Las desventajas del uso del tezontle son mínimas porque si bien se trata de un mismo material, se ha comprobado que las propiedades físicas del tezontle pueden variar de acuerdo con la zona de donde se extrae, es necesario estudiarlo antes de su uso, para conseguir el mayor provecho posible, ya que la

granulometría determina el comportamiento de esta roca como sustrato y a pesar de su bajo costo económico, puede llegar a ser costoso el transporte y el manejo o la experiencia de trabajo con este material (Castellanos & Vargas-Tapia, 2009).

4.5 Cultivo de jitomate en tezontle hidropónico

El cultivo de jitomate es una de las hortalizas más importantes de México, se cultiva tanto en cielo abierto como en invernadero y sus aportes a la economía nacional, el alto potencial de rendimiento dependiendo de la experiencia y capacidad tecnológica, además de su elevado consumo [ICAMEX], s.f.) se han reflejado en la superficie cultivada a nivel nacional que reporta 19,132 ha bajo superficie protegida y con riego (Servicio de Información Agrícola y Pesquera [SIAP], 2020) y en estimaciones de organizaciones profesionales se acercan a las 30,000 ha (García et al., 2011).

La implementación de tecnologías como los sistemas hidropónicos y el uso de invernaderos en el cultivo de jitomate disminuye el riesgo en la producción y soluciona algunos inconvenientes como lo son los cambios de los elementos atmosféricos que suceden durante todo el año, además de ser accesible y rentable económicamente para pequeños productores a diferencia de sustratos de importación muy eficientes, pero con desventajas de adquisición y altos costos (Velasco-Hernández et al., 2004).

Los resultados obtenidos en la siembra de jitomate sobre tezontle resaltan que no existe una diferencia significativa en la producción y número de frutos, no se altera la concentración de grados Brix y permiten un adecuado desarrollo de las plantas (Martínez-Rodríguez et al., 2017); sin embargo, la granulometría y la combinación con otros sustratos como polvo y fibra de coco o aserrín afectan los atributos físicos y químicos de calidad del fruto (pH, % de jugo, firmeza, luminosidad y hue) (Martín-Hernández et al., 2012). La clave en el uso y reúso del tezontle (hasta 3 ciclos continuos) (Rodríguez-Díaz et al., 2013) consiste en el adecuado manejo del riego y fertilización para que haya una mayor capacidad de aireación y retención de agua; de esta manera se logra la optimización de

recursos, se reducen los costos y la cantidad de desechos contaminantes en sistemas hidropónicos (Velasco-Hernández et al., 2004; Vargas-Canales et al., 2014).

4.6 Problemática fitopatológica en el tezontle hidropónico

Como se ha mencionado anteriormente, el uso de sustratos se considera una técnica agronómica amigable porque los sustratos inertes reducen los problemas de patógenos que atacan al cuello y a la raíz de la planta (Cruz-Crespo et al., 2013; Baixauli & Aguilar, 2002); sin embargo, una vez que los sustratos son usados presentan cierto grado de contaminación por microorganismos, inóculos de enfermedades, malezas o plagas que pueden alojarse en estos durante algunas etapas de su ciclo biológico, que llegaron al sustrato por algún otro vector (viento, herramientas, semillas contaminadas, etc.), el uso de aguas de riego infectadas, el empleo de material vegetal contaminado y la repetición de cultivos sobre un mismo sustrato (Martínez & Duran, 2000). En el caso del tezontle no existe excepción, ya que al considerarse un sustrato reciclable y con usos prolongados de tiempo acumulan una serie de microorganismos patógenos que elevan la posibilidad de que aparezca una enfermedad en cada una de las cosechas y/o ciclos sucesivos; aunque es posible establecer ciclos de cultivo sin necesidad de esterilización, se recomienda, aplicar una desinfección entre cada ciclo, para evitar cualquier posibilidad de transmisión de enfermedades (Resh, 1992).

4.7 Daños causados por nematodos en el cultivo de jitomate

Los nematodos pertenecen al filo Nematoda y se caracterizan por tener forma vermiforme, con simetría bilateral, son no segmentados, generalmente la forma de reproducción es sexual, las hembras parasitan más que los machos y en algunos casos presentan dimorfismo (Maggenti, 1991; Manzanilla-López et al., 2002).

Los nematodos fitoparásitos se caracterizan por presentar un estilete que es empleado para sustraer el contenido citoplasmático de las células en la planta, principalmente en la zona de las raíces lo que resulta en la presencia de nódulos o agallas (Maggenti et al., 1987; Yeates et al., 1993). El cultivo de jitomate se ve afectado principalmente por los nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp. y *Nacobbus aberrans*) que son altamente dañinos y en condiciones óptimas de temperatura su desarrollo es altamente favorecido (Manzanilla-López et al., 2002; Cristóbal et al., 2001a).

La principal respuesta de la planta a la presencia de nematodos agalladores son las deformaciones en las raíces, la existencia de nódulos inducidos por las hembras maduras y la disminución notablemente de la eficiencia en la translocación de agua y nutrientes; además en la planta altamente infestada la parte aérea presenta bajo crecimiento vegetal, atrofia, clorosis y signos de marchitez e incluso la presencia de otros microorganismos en las raíces dañadas (Cabrera Hidalgo et al., 2014); en casos de ataques severos, la planta puede morir debido a que tiene menor probabilidad de resistir condiciones desfavorables, especialmente la sequía (Agrios, 2005; Arias et al., 2009; Costilla, 1985b); todos estos factores son reflejados en la pérdida de rendimiento reportadas en el cultivo infectado, en el caso del tomate en México, promedia el 55 % de acuerdo a lo que menciona Manzanilla-López et al. (2002).

De acuerdo con Noling (1999) para proponer la solución ante los daños causados por nematodos a un cultivo es necesario considerar lo siguiente:

- a) Determinar qué nematodos patógenos están presentes en el campo.
- b) Determinar qué nivel de población de estos nematodos causan pérdidas de consideración económica.
- c) Seleccionar el sistema de manejo más adecuado de acuerdo con las características del cultivo, del área y las posibilidades del productor.

De esta manera se establece un manejo integrado reflejado en las posibilidades y recursos propios del productor.

4.7.1 Contaminación con nematodos *Nacobbus aberrans*

Entre los fitopatógenos presentes en el tezontle se encuentra el nematodo falso nodulador o nematodo del rosario de la papa (*Nacobbus aberrans*) cuyo nombre se debe a la similitud de síntomas causados por el nematodo agallador *Meloidogyne* spp.; la procedencia del *N. aberrans* se debe a varios factores: A) tiene una combinación de estrategias de invasión, alimentación y establecimiento en el hospedero (comportamiento migratorio) principalmente de estado juvenil, hembras y machos inmaduros (Manzanilla-López, 1997, 1999; Souza & Baldwin, 1998), B) posee una amplia gama de hospedantes que incluye malezas (84 especies) y otros cultivos como el amaranto (*Amaranthus* spp.), el tomate (*L. esculentum* Mill.), el chile (*C. annuum* L.) y el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), el transporte pasivo del nematodo con material vegetal propagativo como la papa y el betabel se da por la práctica de devolver la tara sin desinfectar de los centros de recolección a los campos y con el jitomate la diseminación desde invernaderos infestados a diferentes partes del país. (Sher, 1970; Jatala & de Scurrah, 1975; Hafez et al., 1993; Toledo, 1989; Manzanilla-López et al., 2002).

4.7.2 Características generales del nematodo

En las especies del género *Nacobbus* Thorne & Allen predominan los hábitos endoparásitos, las hembras son nematodos sedentarios fusiformes que habitan en agallas inducidas en las raíces de sus hospederos (Manzanilla-López et al., 2002) y se han reportado dos especies de nematodos, *N. aberrans* y *N. dorsalis* (Sher, 1970), esta última se ha reportado solo en California y no tiene como hospedante a cultivos agrícolas de alto valor económico; mientras que *N. aberrans* está ampliamente distribuido en las regiones tropicales y templadas del continente americano.

Morfológicamente este género de nematodos presenta dimorfismo sexual, las hembras adultas muestran forma globosa, con un ovario y una vulva subterminal; físicamente los machos son vermiformes de cola redondeada cuya punta está cubierta por una pequeña bolsa caudal (bursa), la región cefálica es redondeada, el estilete largo de 23 -27 μm y muestra un solo testículo; en ambos sexos el estilete está bien desarrollado (Figura 1) y sus glándulas esofágicas están sobrepuestas dorsalmente al intestino; los juveniles (J2, J3 y J4) son vermiformes con cola redondeada, ventralmente curvada y con una región hialina (Figura 1), además son migratorios como las hembras jóvenes; y el tamaño promedio oscila en los machos de 200 μm y de la hembra madura de 40 μm (Sher, 1970; Manzanilla-López et al., 2002; Doucet Lax, 2005).

4.7.3 Ciclo biológico

El ciclo de vida está influenciado por la temperatura (22- 26 °C), el tipo de planta, que es similar en todos sus huéspedes que no forman tubérculos y puede durar entre los 37 y 48 días aproximadamente (Prasad & Webster, 1967; Quimí, 1979; Manzanilla-López et al., 2002); posterior a la reproducción sexual, la hembra pone los huevos en una masa gelatinosa que está expuesta exteriormente de los nódulos y entra en contacto con las partículas del suelo o sustrato, la etapa J1 inicia en el interior del huevo y termina con la eclosión del nematodo dando lugar al J2, que no es infectivo para la planta, presenta migración intracelular y son endoparásitos o ectoparásitos porque se alimentan del citoplasma de células del parénquima cortical que penetran con su estilete (Anthoine et al., 2006), conforme se va alimentando pasan a J3 y J4 con hábitos migratorios endoparásitos, así entran y salen de las raíces, por lo que son considerados las etapas de supervivencia porque pueden tolerar condiciones ambientales adversas (Cristóbal et al., 2001a); el J3 suele estar enrollado en la corteza de la raíz y adopta una forma de “C” o se enrolla; después del desarrollo de J4 se da lugar a la hembra joven inmadura que puede encontrarse en el suelo o en la raíz, la cual penetra para establecer su área de alimentación, partir de esta etapa consigue una forma voluminosa para dar lugar a la hembra madura (Costilla,

1985a; Manzanilla-López et al., 2002) y los machos adultos están limitados a la zona de la corteza de la raíz de acuerdo con Doucet & Lax (2005).

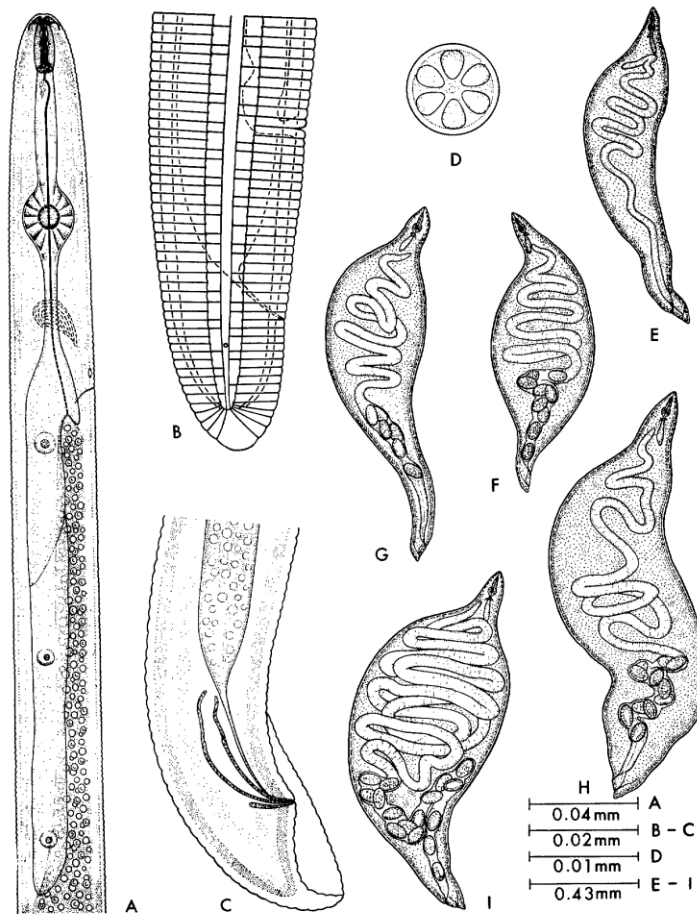


Figura 1. *Nacobbus aberrans*. Diferenciación de una hembra y un macho. A. Región del esófago en una hembra joven. B. Cola de la hembra. C. Cola del macho. D-I. Fases en el desarrollo de una hembra. Adaptado de *Nacobbus aberrans* [Ilustración], por Bell, A. H. & Wang, L., 1970, Revision of the genus *Nacobbus* Thorne and Allen, 1944 (Nematoda:Tylenchoidea (p. 233), por S. A. Sher, 1970, *Journal of Nematology*, 2(3). Este es un artículo Free [PMC](#), puede ser usado y reproducido sin ningún permiso especial, sin embargo se solicita a cualquier persona que use el material que cite y reconozca adecuadamente la fuente ([CC BY](#)).

La formación de agallas o nódulos es un distintivo del ciclo biológico del *N. aberrans*, presenta la hipertrofia en raíces y es incitada por los juveniles mientras que las hembras jóvenes migran a un tejido más sano de la raíz para establecer nuevamente el sincitio del cual se alimentarán hasta que su cuerpo se hinche y

produzcan huevos que se depositarán en la masa gelatinosa nuevamente (Figura 2) (Lax et al., 2022; Manzanilla-López et al., 2002; Del Prado-Vera, 1983).

4.8 Resistencia del *N. aberrans*

El manejo de *N. aberrans* sigue siendo insatisfactorio, se han encontrado diferentes niveles de resistencia que varían según la población de nematodos, el cultivo hospedante, las condiciones ambientales y del suelo, además el nematodo puede sobrevivir a condiciones ambientales adversas en etapas latentes asociadas a una baja actividad metabólica, como la anhidrobiósis, que es la sobrevivencia a largos periodos sin agua (Cristóbal et al., 2001a). Las etapas latentes del nematodo se pueden prolongar en un ciclo de vida de 20 a 40 días, hasta periodos de un año, en el caso de los J3 y J4 que están en la raíz de *N. aberrans*, sobreviven más a las condiciones extremas de temperatura, humedad y a la ausencia de hospedantes susceptibles, permitiéndoles ser más tolerantes a la deshidratación gradual hasta por 15 días en un intervalo de 20 a 100 % de humedad relativa, esto comparado con el resto de los estadios biológicos como las masas de huevos pueden soportar bajas temperaturas (hasta -13 °C) y en menor medida la deshidratación gradual y las hembras que en un ambiente adecuado puede producir de 37 a 833 huevos; por lo tanto el manejo de los factores de humedad y temperatura son los factores que condicionen la resistencia del falso nematodo agallador (Manzanilla et al., 2002).

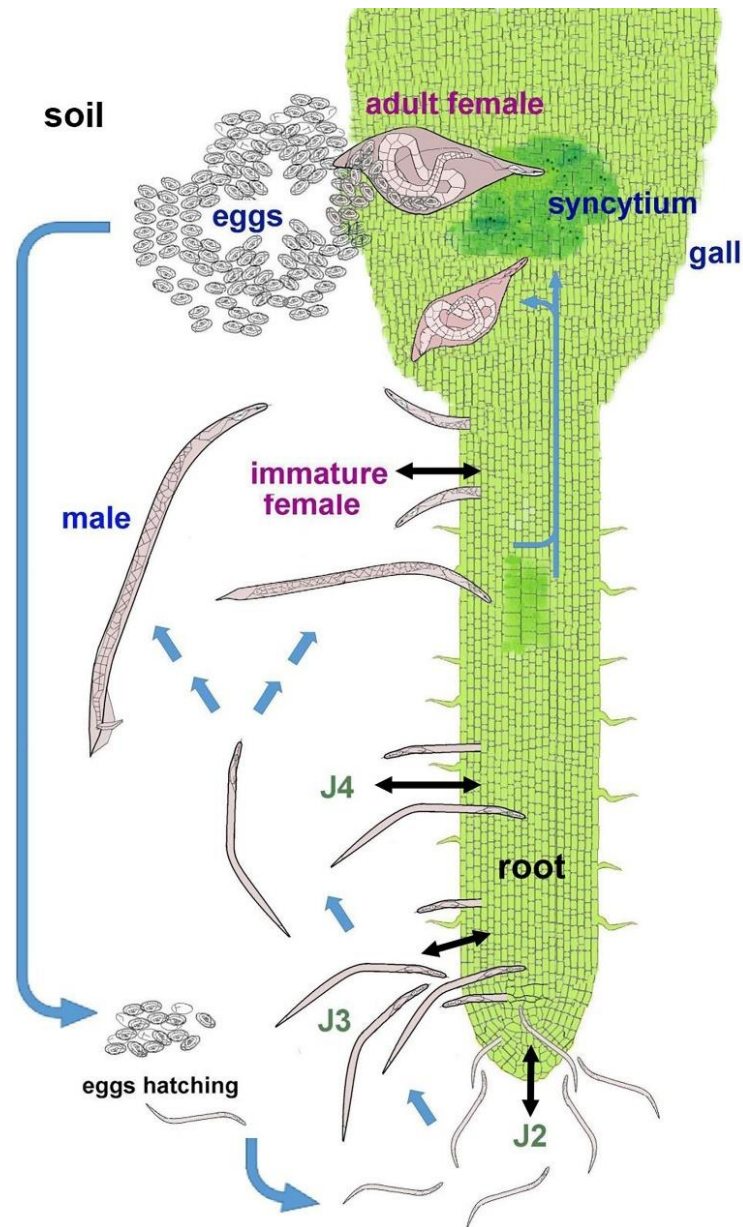


Figura 2. Ciclo de vida de *Nacobbus* spp. Las flechas azules indican el desarrollo de las diferentes etapas a lo largo del ciclo de vida; las flechas negras representan el movimiento de las etapas infectantes, tanto en el suelo como en las raíces. En el suelo, el J2 sale del huevo y luego muda a J3 y J4. Estas etapas ingresan a la raíz, migran causando necrosis y también pueden salir de los tejidos del huésped. El J4 muda nuevamente a un macho o una hembra inmadura. La hembra invade la raíz, migra en proximidad del cilindro central y provoca alteraciones histológicas que inducen el sitio de alimentación (sincitio) y la formación de la agalla. El cuerpo de la hembra se hincha mientras se alimenta. Una vez fecundada por el macho, la hembra produce una masa de huevos, que se deposita sobre la agalla en contacto con las partículas del suelo. Adaptado de "Sustainable strategies for management of the "false root-knot nematode" *Nacobbus* spp." [Ilustración], por Lax, Passone, Becerra, Sosa, Ciancio, Finetti-Sialer & Rosso, *Frontiers in Plant Science*. (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC9774502/>). Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos de Creative Commons Attribution License ([CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)).

4.9 Propuestas de solución e inconvenientes

Ante la presencia de nematodos en el sustrato, se han realizado numerosas técnicas de desinfección, entre las que destacan los métodos físicos como la solarización (aprovechamiento de la radiación solar) y el manejo de calor (seco y húmedo); Cristóbal-Alejo et al. (2006) menciona los intentos para controlar esta enfermedad en tomate, chile (*Capsicum annuum* L.) y frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.), utilizando nematicidas, resistencia genética, abonos, solarización y enmiendas orgánicas (Del Prado-Vera et al., 1997; Cristóbal et al., 2001b; Yáñez-Juárez et al., 2001; Franco-Navarro et al., 2002), sin embargo las dificultades que representa llevar a la práctica estas acciones en volúmenes grandes de sustrato (o suelo) es otro inconveniente para los productores por lo que se recurre a los métodos químicos.

De acuerdo con Andrés (2002), los productos químicos utilizados como nematicidas se alistan en 2 grupos: fumigantes y no fumigantes, los *fumigantes* son productos químicos volátiles y comprende a los plaguicidas de uso general como el bromuro de metilo, cloropicrina y el metil-isocianato; son denominados biocidas de amplio espectro porque controlan nematodos, hongos y malas hierbas. Los productos *no fumigantes* son compuestos no volátiles que incluyen a los organofosforados (fenamifos, ethoprofos, cadusafos) y carbamatos (aldicarb, carbofuran, oxamil) (Bejarano González, 2017; Armendáriz et al., 2015).

La aplicación de sustancias nematicidas comerciales presenta sus limitaciones, peligros e implicaciones sanitarias y medioambientales, cuyas desventajas son la contaminación por permanencia de residuos, los altos costos de los insumos, el personal especializado para la aplicación, la tecnología adecuada que permita su correcta aplicación para evitar la pérdida de compuestos volátiles por evaporación, además de los lapsos prolongados (hasta tres semanas) para ejercer su acción desinfectante y su posterior ventilación (Carrasco et al., 2006; Bejarano González, 2017), además de la normatividad presente en el uso de algunos productos químicos que debido a sus características particulares de

peligrosidad pueden provocar daños a la salud y el medio ambiente, a corto o largo plazo (por ejemplo la prohibición del uso de bromuro de metilo por la Comunidad Económica Europea) (Andrés, 2002; Armendáriz et al., 2015).

4.10 Productos comerciales para eliminar nematodos de venta en México

A continuación, se enlistan los nematicidas comerciales para el control y/o eliminación de nematodos agalladores de más consumo en México de acuerdo con Bejarano González (2017):

OREGON® 60 SC: (i. a. Abamectina 5.41 %), es un nematicida de etiqueta roja, cuyo modo de acción se da por contacto e ingestión y libera ácido amino gamma butírico (GABA) que inhibe las terminales nerviosas de los nematodos para disminuir o interrumpir el movimiento de sus músculos cuyo proceso detiene la alimentación y en un período corto (2 a 4 días) causan la muerte; la dosis recomendada de aplicación de acuerdo con la etiqueta es de 0.75-1.25 L/ha en jitomate bajo invernadero (FMC Agroquímica de México, s.f.).

NEMACUR®: (i. a. Fenamifos 38.8 %), nematicida de etiqueta roja, pertenece al compuesto de los organofosforados, su molécula en formulación granulada provee un efecto por contacto e ingestión con un amplio espectro. Interactúa con el suelo liberándose e introduciéndose en el tejido radical curando y previniendo el ataque de nematodos. La dosis recomendada en el caso de papa es de 10-15 L/h (AMVAC, s.f.a).

MOCAP® 15G: (i. a. Etoprofos 68.2 %), nematicida con etiqueta roja no sistémico, que se aplica al suelo, cuyo modo de acción es por contacto e ingestión; de acuerdo con la etiqueta, su actividad residual puede durar hasta 2 meses y la dosis recomendada en pepino es de 13 a 20 kg/ha (AMVAC, s.f. b).

VERANGO PRIME®* (Suspensión del 40%): (i. a. Fluopyram 41.66 %), nematicida de etiqueta amarilla, su modo de acción es directamente sobre la cadena respiratoria mitocondrial de los nematodos, reduciendo rápidamente

su energía celular y paralizándolos por completo en un intervalo no mayor a 2 horas después de su aplicación. Actúa por contacto y sistémico. Una vez que es absorbido por la planta, también controla a los nematodos que se encuentran dentro de la raíz, la aplicación en el sistema de riego por goteo de la dosis completa (1.0 L/ha) o fraccionar la dosis a la mitad (0.5 L/ha) y aplicar la otra mitad (0.5 L/ha) a los 15 después de la primera aplicación. (Bayer, s.f.).

VYDATE® L: (Oxamil 24 %), es un nematicida de etiqueta roja denominado como carbamato sistémico de contacto que se absorbe por raíces y hojas, interfiere en la transmisión de impulsos nerviosos del nematodo debido a la inhibición de la colinesterasa; posterior a la aplicación la actividad residual es de 1 semana y de acuerdo con la etiqueta la dosis de aplicación en jitomate es de 2.0-4.0 L/ha (Corteva, s.f.).

NIMITZ® 480 EC: (i. a. Fluensulfone 40.08 %), es un nematicida específico que actúa por contacto, que afecta a todos los estados activos del ciclo de vida del nematodo, inhibiendo la alimentación y causando la muerte de adultos y juveniles, los huevecillos tratados son inviables, y cuando llegan a eclosionar, los juveniles no sobreviven. La dosis es de 2.0 L/ha y una aplicación mediante el sistema de riego por goteo, 10 días antes del trasplante, en el segundo tercio del riego. Se deberá realizar un riego 48 horas antes y después de la aplicación (ADAMA, s.f.).

4.11 Alternativas amigables con el medio ambiente

Los cultivos hortícolas a los que se aplican nematicidas son el tomate, la papa, la banana, el tabaco y el betabel (Andrés, 2002), entre otros, es decir, son cultivos de alto valor económico y son hospederos del nematodo *N. aberrans*, y los daños que causan repercuten en la vida de la planta, la calidad de la producción obtenida y en la ganancia de los productores (Manzanilla-López et al., 2002), ante esta situación es muy conveniente buscar opciones que sean más amigables con nuestro entorno.

Dentro de las alternativas de control de *N. aberrans* se han propuesto métodos físicos (desinfección térmica, ozonización, radiación ultravioleta, filtración por membrana y filtros de arena con flujos de baja velocidad) (Urrestarazu et al., 2007); estrategias químicas (usando el ozono, peróxido de hidrógeno, cloro y yodo) (Franco & Main, 2002; Khatri & Boyd, 2020); rotación de cultivos y cultivos asociados (Manzanilla-López et al., 2002); el control biológico por medio de insumos naturales (Zarate-Escobedo et al., 2018; Taba et al., 2008; Lax et al., 2010); enmiendas orgánicas (Franco-Navarro et al., 2002); relaciones con otros microorganismos (*Trichoderma* sp. y *Bacillus* sp.) (Flores-Camacho et al., 2008); tratamientos con vapor de agua (esterilización o pasteurización) (Runia, 1983) y la solarización (Katan, 1993; Runia & Molendijk, 2009).

4.12 Estrategias químicas para desinfestar tezontle

Las estrategias químicas documentadas son el aporte alternativo al uso de plaguicidas altamente peligrosos que están siendo usados tanto en la agricultura intensiva de exportación, como en la destinada al consumo nacional; por empresas que alimentan las cadenas agroindustriales y también por pequeños productores, incluso en comunidades indígenas, derivado de su poca regulación en el mercado mexicano (Bejarano González, 2017).

El sistema de la desinfección química se compone de tres partes fundamentales: los microorganismos, el sustrato que los transporta y el agente desinfectante, y como es un proceso químico, la eficacia del producto depende de la concentración (agente desinfectante) y del tiempo de reacción, es decir, del tiempo de contacto químico con el sustrato contaminado (Chavarro, 2011), además, también conviene considerar los posibles efectos adversos para la salud humana y el ambiente.

Ácido acético

Es conocido como ácido etanoico o metilcarboxílico. Su fórmula es $\text{CH}_3\text{-COOH}$, es de naturaleza orgánica producido por *Gluconobacter*, tiene la propiedad de

oxidar el etanol en ácido acético de algunas plantas o frutas; su producción depende en gran medida de catalizadores homogéneos y es un ácido que se encuentra en el vinagre (responsable de su sabor y olor agrios característicos); también se puede obtener de forma sintética a partir del acetaldehído (Bowman & Raud, 1987; Cáceres Espitia et al., 2022).

La capacidad del ácido acético como agente químico desinfectante se ha demostrado en diversas disciplinas como la medicina en la esterilización de material quirúrgico y la limpieza de áreas para evitar la invasión microbiana, en la que se ha reportado una efectividad de hasta un 5 % para restringir el crecimiento de microorganismos como el *Staphylococcus aureus* (2.5 %) y para *E. coli* (0.1 %) así como la inhibición de bacterias Gram positivas y negativas (Cáceres Espitia et al., 2022; Yagnik et al., 2018).

Entre las aplicaciones en la agricultura se tienen reportes de control para algunas enfermedades transmitidas por el suelo, como el marchitamiento por *Fusarium* y el marchitamiento bacteriano del tomate (Momma et al., 2006); en aplicaciones postcosecha para inhibir la *Botrytis cinerea* (Camili et al., 2010); como indicador de toxicidad de cultivos en la producción hidropónica (Kopp et al., 2007), como agente toxico en fitonematodos para facilitar su parasitismo (Ayala & Ramírez, 1999) y como fijador de nematodos en procesos de laboratorio (Seinhorst, 1962).

Peróxido de hidrógeno

El peróxido de hidrógeno, comercialmente conocido como agua oxigenada, es una sustancia química que funciona como agente oxidante, como fuente de oxígeno o como agente acomplejante, es un reactivo no contaminante y las características físicas y las diferentes aplicaciones que tiene este reactivo requieren de servicios muy especializados ya que como menciona el Diario oficial de la federación ([DOF], 2004), se descompone en oxígeno y agua, de manera lenta, libera gran cantidad de calor, por lo tanto se le considera un agente

oxidante potente que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica o algunos metales.

Los usos de este producto químico son variados y en la agricultura se usa como desinfectante para semillas, además de la limpieza superficial estimula la germinación; en material vegetal de multiplicación (explantes) antes del establecimiento del cultivo y garantiza la asepsia y la no toxicidad tras el tratamiento (Llanas, 2015); en sustratos hidropónicos no deja residuos perjudiciales, se incorpora al agua de riego, es ecológico y biodegradable; reacciona para formar H_2O y O radical, lo que permite fortalecer el proceso de fotosíntesis y oxigenación en el sistema radical; en el recirculado de cultivos hidropónicos (Van Os, 2010), reduce la incidencia de enfermedades radicales como *Fusarium oxysporum* o *Rhizoctonia solani* y en campos de la nematología permite la extracción de huevos de nematodos agalladores como alternativa al hipoclorito de sodio (Morera & López, 1985; Chavarro, 2011; Carrasco et al., 2011; Urrestarazu, 2013).

Formol (Formaldehído)

El formaldehído ($H_2C=O$) es un aldehído alifático, sacado del alcohol metílico. Es un compuesto químico muy volátil que presenta niveles de toxicidad e inflamabilidad muy altos; comercialmente es llamado formol; generalmente es una solución acuosa al ~40 % a la que se le adiciona metanol para impedir su paso a paraformaldehído (Agrios, 1988; González Bosquet, 2003)). El formol tiene múltiples aplicaciones en diversos sectores como la industria y la medicina, en donde se usa principalmente como un potente desinfectante, que varía en la concentración y el estado de agregación (sólido, gas o líquido) (Idrobo-Avila, 2017).

En la agricultura se usa principalmente para el control de enfermedades del suelo. En viveros se han encontrado resultados de hasta 90 % en el manejo de *Fusarium* sp. y algunos nematodos sin clasificar (Ripanti et al., 2006); en banano se ha logrado controlar la bacteria *Ralstonia solanacearum* (Smith), causante de

la enfermedad del Moko, la cual destruye el racimo completamente e impide que la planta cumpla con su ciclo vegetativo, ocasionando pérdidas del cultivo hasta de un 100 % (Arenas et al., 2004) y en cultivos de soja, se redujo la población de nematodos y quistes presentes en las raíces (Hu et al., 2017).

Hipoclorito de sodio

El hipoclorito de sodio es un compuesto químico, con un gran poder oxidante que le da la capacidad para destruir patógenos, además su amplia disponibilidad (tiene diferentes nombres comerciales con diferentes concentraciones, pero con la misma estructura química $[\text{NaOCl}]$), lo hacen muy adecuados para diferentes usos en las labores de limpieza domésticas, en industria para el tratamiento y potabilización del agua, como blanqueador de textiles y diversos procedimientos en medicina e investigación que requieren de condiciones asépticas (Causil Vargas et al., 2017; Manrique et al., 2011).

En las actividades agrícolas se han evaluado métodos de desinfección en explantes para disminuir la presencia de hongos (Ramírez-Villalobos, 2002), para evitar la contaminación en cultivos *in vitro* (Delgado Haya et al., 2020), la reducción de *F. oxysporum* (Runia, 1995), la desinfección de la solución nutritiva permitió el control de *Phytophthora cryptogea*, redujo la muerte de plantas y aumentó el rendimiento (Berenguer et al., 2001), su uso en el sistema de riego y en el medio de cultivo retrasa la eclosión de huevos de nematodos agalladores (Stanton & O'Donnell, 1994) y el remojo de semillas en esta solución reduce la contaminación por hongos (Capper, 1988).

Hipoclorito de calcio

El hipoclorito de calcio es un compuesto químico cuya fórmula es $\text{Ca}(\text{ClO})_2$, es ampliamente utilizado en tratamiento de aguas por su alta eficacia contra bacterias, algas, moho, hongos y microorganismos peligrosos para la salud humana (Solsona & Méndez, 2002). Generalmente está disponible como polvo blanco, gránulos o como una placa plana, el hipoclorito se descompone

fácilmente en agua o cuando se calientan, y aunque no es inflamable, puede actuar como oxidante con material combustible y puede reaccionar de forma explosiva con amoníaco, aminas o sulfuros orgánicos. Derivado de su elevado poder de antisepsia (70 %) la Unión Europea lo ha clasificado como biocida (Escudero-Oñate, 2014).

El uso del hipoclorito de calcio (5 %) obtuvo mejores resultados en la desinfección, sobrevivencia y crecimiento adecuado en explantes de ajo (*Allium sativum* L.) y en semillas de arroz, la desinfección logro eliminar la mayoría de las poblaciones de microorganismos presentes comparados con otros productos químicos (García et al., 2008).

Sales cuaternarias de amonio

Los cuaternarios de amonio representan una familia de compuestos antimicrobianos considerados como agentes activos catiónicos potentes en cuanto a su actividad desinfectante y son considerados bactericidas, fungicidas y viricidas, son clasificados en generaciones debido a las variaciones en su estructura general (Negroni, 2009). La acción bactericida de los cuaternarios de amonio ha sido atribuida específicamente a la ruptura de la membrana, la reactivación de las enzimas productoras de energía y a la desnaturalización de las proteínas esenciales de la célula (Patiño Bello, 2018).

Las sales cuaternarias de amonio son desinfectantes de acción rápida con la ventaja del uso a bajas concentraciones, y en áreas de la agricultura se han reportado efectos positivos en el manejo de *F. oxysporum* (Nel et al., 2007) e incluso se ha reportado que funcionan como reguladores de crecimiento en cultivos de frijol (Krewson et al., 1959).

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Ubicación del experimento

El estudio se llevó a cabo en un invernadero con estructura metálica y cubierta de polietileno del Instituto de Horticultura del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en las coordenadas 19.492235° N, 98.872868° W a 2267 msnm (INEGI, 2019) en el municipio de Texcoco.

5.2 Reproducción de nematodos

Para la reproducción de *N. aberrans*, se utilizó arena de tezontle de dos camas de un invernadero destinado a la producción de jitomate en años anteriores (Figura 3) en las cuales se estableció jitomate cv. Río Grande. Para la siembra se utilizaron charolas de 200 cavidades previamente desinfectadas, utilizando como sustrato una mezcla de turba con perlita en proporción 2:1; se colocaron 2 semillas por cavidad y se cubrieron con vermiculita. Las charolas se mantuvieron 35 días en semillero con los cuidados necesarios para el desarrollo óptimo de las plántulas.

A los 35 días previo al trasplante, a las plántulas se les aplicó Propamocarb + Fosetil (Previcur energy® (con dosis de 1 ml por un litro de agua) para evitar la presencia de hongos y a los 8 días después del trasplante (ddt) se asperjó Spinetoram + Isoclast (Fidato®, con dosis de 0.5 g por un litro de agua) para evitar la presencia de mosquita blanca.



Figura 3. Germinación de jitomate cv. Río Grande (a) para trasplante en camas de tezontle hidropónico (b) para reproducir nematodos.

5.3 Tratamientos

De las camas de cultivo donde se llevó a cabo la reproducción de *N. aberrans*, se extrajeron 10 L (7 kg) del sustrato contaminado y se colocaron en contenedores (cubetas) de polietileno con sistema de drenaje integrado (Figura 4). Se emplearon 6 productos: peróxido de hidrógeno, ácido acético, hipoclorito de sodio, hipoclorito de calcio, formol y sales cuaternarias de amonio, con dos dosis cada uno; además de 3 testigos: uno con el nematicida Oregón®, uno con el biocida Lucafum 516 ® y otro sin ninguna aplicación; de tal manera que se probaron 15 tratamientos (Cuadro 1).

El sustrato de cada contenedor se saturó con la solución correspondiente por un periodo de 48 horas, a continuación, se drenó y lavó el sustrato con agua simple para la eliminación de residuos de los productos utilizados en los tratamientos del tezontle hidropónico.



Figura 4. Llenado de botes con tezontle contaminado (a) y aplicación de tratamientos (b).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados en la desinfestación de tezontle hidropónico contaminado con *N. aberrans*

Tratamiento	Concentración (mg/L)	Dosis (i.a.)
T1 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	1500	3 ml L ⁻¹
T2 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	3000	6 ml L ⁻¹
T3 (Ácido acético al 99.7 %)	2500	2.5 ml L ⁻¹
T4 (Ácido acético al 99.7 %)	5000	5 ml L ⁻¹
T5 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	20	0.15 ml L ⁻¹
T6 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	30	0.23 ml L ⁻¹
T7 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	40	0.06 ml L ⁻¹
T8 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	60	0.09 ml L ⁻¹
T9 (Formol al 40 %)	3500	8.75 ml L ⁻¹
10 (Formol al 40 %)	7000	17.5 ml L ⁻¹
T11 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	300	5.0 ml L ⁻¹
T12 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	600	10 ml L ⁻¹
T13 (Metam sodio: Lucafum 516 ® al 42.5 %)	516 000	1 ml L ⁻¹
T14 (Abamectina: Oregón® al 5.41%)	60 000	5 ml L ⁻¹
T15 (Testigo: agua sola)		
i.a. ingrediente activo		

5.4 Diseño experimental

A los 15 días posteriores del lavado del sustrato, se realizó el llenado de bolsas de polietileno negro (calibre 600 de 35 x 40 cm) con el tezontle hidropónico (Figura 5 a). Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar con 4 repeticiones y 10 plantas como unidad experimental por cada tratamiento.



Figura 5. Llenado de bolsas (a) y establecimiento del diseño experimental (b).

5.5 Establecimiento y manejo del cultivo

Después de la distribución de las bolsas correspondientes a cada tratamiento, se llevó a cabo el trasplante de 600 plántulas de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) del híbrido El Cid F1 (Harris Moran ®), cuya germinación se realizó 30 días antes en charolas de unicel de 200 cavidades (Figura 6 a), utilizando una mezcla de peat-moss y perlita, en proporción 2:1 como sustrato.

El jitomate del híbrido El Cid F1 (Harris Moran ®) es una variedad de tipo saladette indeterminada, de madurez relativa precoz y planta vigorosa; los frutos son de tamaño y forma uniforme (x-xl), con una pared gruesa que le brindan una excelente firmeza, frutos de color rojo intenso, con larga vida en anaquel y alto potencial de rendimiento y con una resistencia intermedia a nematodos (*Meloidogyne arenaria*) (Harris Moran s.f.).



Figura 6. Germinación de semilla de jitomate (a) y trasplante (b) de plántula en el diseño experimental ya establecido.

El ciclo del cultivo se llevó dentro en un invernadero de polietileno con ventanas en 2 lados, protegida con mallas anti-áfidos y cortinas enrollables, en las camas se utilizó un sistema de riego a base de cintilla con goteros integrados a cada 20 centímetros y se utilizó la solución nutritiva denominada Chapingo II que contenía los siguientes elementos y concentraciones (mg/L): N=200, P=50, K=250, Mg=50, Ca=285; S=160, Fe=2, Mn=1,.5, Zn=0.1 y Cu= 0.1. Además, se hizo poda de hojas y raleo frutos, aplicación de azufre, cobre y Spinetoram + Isoclast (Fidato®, con dosis de 0.5 g por un litro de agua) para evitar la presencia de mosquita blanca.

5.6 Variables y métodos de evaluación

5.6.1 Conteo de nematodos

El conteo posterior a la aplicación de los tratamientos se realizó 5 días después del trasplante y 15 días después de la aplicación de productos desinfestantes para evaluar la presencia de nematodos por tratamiento.

Se extrajeron 5 muestras aleatorias de 200 gramos de tezontle hidropónico por cada tratamiento y se realizó un nuevo conteo de nematodos para conocer la incidencia de *N. aberrans* (adultos y huevecillos) por tratamiento; se consideraron 5 bolsas por cada uno de los tratamientos en cada bloque, las bolsas se

escogieron aleatoriamente. Con una pala de jardinería, se escarbo entre 20 y 30 cm con cuidado de no dañar a la raíz y se extrajo tezontle suficiente para lograr una muestra compuesta de 1 kilogramo, se mezcló y de ella se obtuvieron 200 gramos (Figura 7); la muestra se guardó en bolsas con cierre hermético para conservar la suficiente humedad (Coyne et al., 2007; Hussey, 1973).



Figura 7. Extracción de muestras de tezontle de cada una de las bolsas con tratamientos propuestos.

Para realizar el conteo del número de nematodos (huevecillos y adultos) bajo el microscopio, se utilizó el método de tamiz centrífuga (Cavennes & Jensen, 1955). De las muestras de 200 g de sustrato, con ayuda de una báscula digital (Pioneer® Ohaus) se extrajeron 100 g y se colocó en vasos de precipitado de 1 litro (Figura 8 a), se agito por 30 segundos y se dejó en reposo (Figura 8 b), después se pasó por el tamiz de 60, 100, 240 y 400 mallas (Figura 9 a). Se obtuvieron 100 ml del sobrenadante final en un vaso de precipitado y se repartió en 6 tubos de centrifuga, se calibraron en peso y se les agrego 1 gramo de caolinita, mezclándose para lograr homogeneidad y en seguida se centrifugaron (Centrifuga HERMLE Z 300) por 5 minutos a 3500 rpm (Figura 10), de cada tubo se eliminó el líquido y se le aplicó la solución sacarosa (500 g/L agua) mezclándola hasta disolver la pastilla sólida de caolinita, ya disuelta nuevamente se calibró el tubo y se centrifugó por 3 minutos a 3500 rpm (Figura 11). Los nematodos quedaron flotando en la solución sacarosa, la cual se vació en el tamiz de 400 mallas y se enjuagaron con agua con ayuda de una piseta y posteriormente se colocaron en frascos de vidrio de 20 ml. Para el conteo se

utilizó un microscopio binocular (Carl Zeiss Primo Star) y se colocó 1 ml de solución sobre un portaobjetos cóncavo. Este conteo de nematodos huevos y adultos (Figura 12) se realizó para estimar la cantidad de nematodos presentes en cada uno de los tratamientos utilizados.



Figura 8. Colocación de sustrato en un vaso de precipitado para obtener los 100 g de muestra (a) y reposo del sustrato para mantener a los nematodos flotando (b).



Figura 9. Uso de tamices de 60, 100, 240 y 400 mallas para obtener el sobrenadante con nematodos flotando (a) y uso de la piseta para extraer los nematodos presentes en el tamiz de 400 mallas (b).



Figura 10. Llenado y calibración de los tubos para centrifugar a 3500 rpm (a y b) y colocación de tubos con caolinita para centrifugarse a 3500 rpm (c).



Figura 11. Aplicación de solución sacarosa para diluir la pastilla de caolinita para centrifugarse a 3500 rpm (a) y lavado de nematodos de la solución sacarosa para vaciar la muestra en frascos de 20 ml (b).

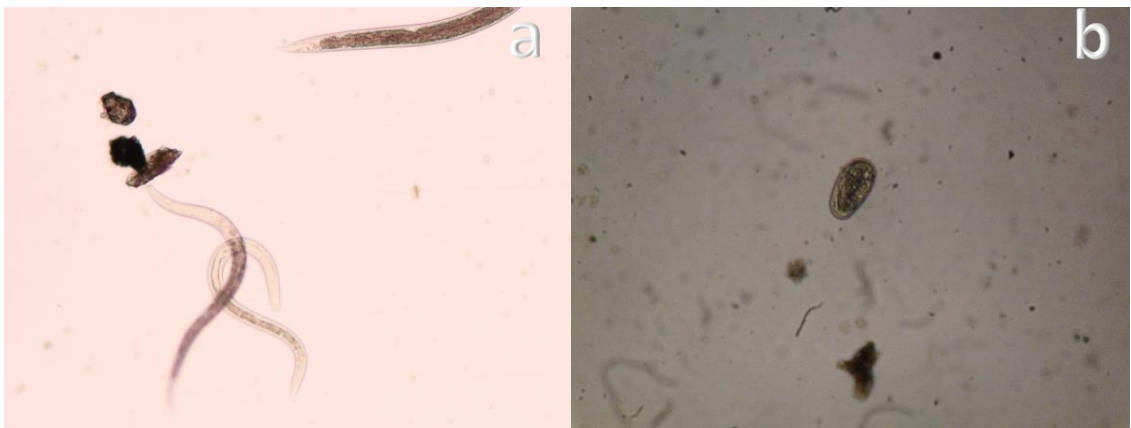


Figura 12. Conteo de nematodos con microscopio, dos estados (a) adulto y (b) huevo.

5.6.2 Características morfológicas de la planta

A los 105 días posteriores al trasplante se evaluaron las características morfológicas de la planta, como el diámetro del tallo, área foliar de la quinta hoja, altura al primer racimo y la cantidad de agallas en las raíces.

Para evaluar el diámetro del tallo (mm), con el uso de un vernier digital se midió el tallo entre los racimos 2 y 3 (Figura 13 a); en el caso de la altura al primer racimo se usó un flexómetro y para calcular el área foliar (en cm^2), se separó una hoja de la planta entre los racimos 2 y 3 y se colocó en un integrador (LI-COR®) (Figura 13 b); para el conteo de nódulos se lavó la raíz para eliminar el sustrato (Figura 13 c) y determinar la cantidad de agallas presentes por cada tratamiento (Cristóbal et al., 2001a).



Figura 13. Toma de datos para la evaluación morfológica de la planta de jitomate, a) diámetro del tallo, b) medir área foliar y c) lavado de raíz para contar nódulos.

5.6.3 Variables de producción

Para valorar los parámetros de rendimiento se consideró la etapa de madurez fisiológica de los frutos, se usó un vernier y una balanza granataria digital, el número y peso fresco de frutos por racimo fue cuantificado en los racimos 2 y 3; para los datos del fruto de cada racimo se obtuvieron tres frutos (chico, mediano y grande) y se midió el largo y ancho (en cm), el peso (en g) individual y el volumen con ayuda de una probeta graduada (Figura 14). Para obtener el peso seco (en g), los tres frutos se colocaron en una bolsa de papel y fueron puestos

en la estufa de secado a 120 ° C por 7 días hasta alcanzar un peso constante (Figura 15).



Figura 14. Selección y medición del tamaño del fruto por cada unidad experimental en cada tratamiento.



Figura 15. Preparación de fruto para ser colocado en estufa de secado.

5.7 Análisis de resultados

Para el análisis de resultados se realizó un análisis de varianza y comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$) con el paquete estadístico SAS v. 9.0; el arreglo se hizo con un Diseño Experimental de Bloques al Azar (DEBA), considerando los testigos: los nematicidas comerciales (Oregon® y Lucafum 516 ®) y el testigo absoluto, sin aplicación.

Además, se utilizaron dos cuadros (Cuadros 2 y 3) propuestos por Franco et al. (1999), que sirvieron de referencia para estandarizar la evaluación de los niveles de infestación en suelo y raíces.

Cuadro 2. Escala de infestación de suelo de acuerdo con el número de individuos vivos de *N. aberrans* presente en 100 gramos de suelo.

Grado	No. de individuos/100 g de suelo	% de infestación del suelo	Calificación
0	0	0	Libre
1	1-15	25	Bajo
2	16-30	50	Moderado
3	31-70	75	Alto
4	Más de 70	100	Muy alto

Fuente: Franco et al. (1999).

Cuadro 3. Escala de infestación del suelo por *N. aberrans*, de acuerdo con el número de nódulos en raíces.

Grado	No. de nódulos	Infestación del suelo
0	0	Libre
1	1-10	Ligera
2	11-30	Moderada
3	31-75	Elevada
4	Más de 75	Fuerte

Fuente: Franco et al. (1999).

Para evaluar la efectividad de los tratamientos sobre la población de *N. aberrans* en el sustrato, se empleó la fórmula de Abbot (1925), citado por Galindo et al. (2015), que a continuación se indica:

$$\text{Porcentaje de eficacia} = [1 - (\frac{Td}{Cd})] = (\frac{Cd - Td}{Cd}) * 100$$

Donde:

Ta = Infestación en parcela tratada antes de aplicar el tratamiento.

Ca = Infestación en parcela testigo antes de aplicar el tratamiento.

Td = Infestación en parcela tratada después de aplicar el tratamiento.

Cd = Infestación en parcela testigo después de aplicar el tratamiento.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Conteo inicial de nematodos

En el Cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos del conteo de población de nematodos previa a la aplicación de productos, donde se observa que el promedio de medias fue de 2.35 para huevos y 3.75 para adultos por cada 100 g de sustrato, demostrando que no existe diferencia mínima significativa en los muestreos realizados además de la presencia de una población homogénea de nematodos en el sustrato.

Cuadro 4. Población inicial promedio de *N. aberrans* en arena de tezontle, previo a la aplicación de productos desinfectantes.

Muestra	Sustrato	
	No. de huevos (100 g de sustrato)	No. de adultos (100 g de sustrato)
1	3.4 a ²	4.6 a
2	2.05 a	2.95 a
3	1.65 a	2.75 a
4	1.55 a	5 a
5	3.1 a	3.45 a
DMSH	2.29	3.36

²Medias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes, de acuerdo con Tukey ($P \leq 0.05$). DMSH: Diferencia Mínima Significativa Honesta.

En el Cuadro 4 se puede notar que la presencia de *N. aberrans* en el tezontle es bajo (25 % de infestación), lo cual se puede deber a que el tezontle estaba en desuso, sin presencia de agua y de plantas susceptibles a este nematodo, considerando que la sequía promueve la anhidrobiosis, es decir les permite la supervivencia en periodos largos de desecación (Cristóbal et al., 2001a) y

principal factor que reduce la actividad de las poblaciones de *N. aberrans* (Costilla, 1985a; Manzanilla-López et al., 2002).

6.2 Conteo de nematodos posterior a la aplicación de productos desinfestantes

La población de nematodos en huevos y adultos en los 12 tratamientos probados no presentaron diferencias significativas entre ellos (Cuadro 5) e incluso el uso de nematicidas comerciales con i.a. biocidas (Lucafum 516 ® y Oregón®) presentaron una moderada-alta presencia de nematodos, y de acuerdo con García-Velasco y Chavarro-Carrero (2020), aun con el uso del nematicida comercial (Fluensulfone®) las masas de huevos de *N. aberrans* no fueron eliminadas por completo y presentaron mayor cantidad en comparación con *M. incognita*; en el caso del testigo absoluto la alta población de los estadios contabilizados fue derivado de las condiciones favorables en las que se desarrolló el cultivo (Palacios-Alcántara, et al., 2022).

Cuadro 5. Comparación de medias de los tratamientos evaluados, para la variable de incidencia de nematodos *N. aberrans*, en los estadios de huevo y adulto y el agallamiento en raíz.

Tratamiento	Dosis (i. a.)	Número de individuos/100 g de sustrato		
		NHU	NAD	NAG
T1 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	3 ml L ⁻¹	107.0a ^z	31.5a	698.1ab
T2 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	6 ml L ⁻¹	21.7a	40.7a	449.6bc
T3 (Ácido acético al 99.7 %)	2.5 ml L ⁻¹	44.5a	31.7a	721.4ab
T4 (Ácido acético al 99.7 %)	5 ml L ⁻¹	55.7a	33.7a	603.9abc
T5 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.15 ml L ⁻¹	65.2a	73.5a	1031.9ab
T6 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.23 ml L ⁻¹	35.0a	38.0a	551.4abc
T7 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.06 ml L ⁻¹	19.5a	35.5a	560.7abc
T8 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.09 ml L ⁻¹	44.0a	72.0a	525.1bc
T9 (Formol al 40 %)	8.7 ml L ⁻¹	70.0a	34.5a	917.2ab
T10 (Formol al 40 %)	17.5 ml L ⁻¹	96.7a	34.2a	867.3ab
T11 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	5 ml L ⁻¹	89.5a	48.0a	761.8ab
T12 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	10 ml L ⁻¹	153.0a	62.0a	632.7ab
T13 (Metam sodio: Lucafum 516 ® al 42.5 %)	1 ml L ⁻¹	19.0a	17.7a	0.5c
T14 (Abamectina: Oregón® al 5.41%)	5 ml L ⁻¹	59.0a	21.2a	1.5c
T15 (Testigo: agua)	-	113.5a	72.2a	1162.9a
Media		66.2	43.1	632.3

C. V. (%)	109.4	67.6	38.0
DMS	184.5	74.2	611.9

zMedias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes, de acuerdo con Tukey ($P \leq 0.05$). NHU: número de huevos; NAD: número de adultos; NAG: número de agallas. C.V.: Coeficiente de variación; DSM: Diferencia significativa mínima.

En valores absolutos, la presencia de huevos es menor en el tratamiento T2 y T7, en las dosis más altas de peróxido de hidrógeno (6 ml L^{-1}) e hipoclorito de calcio (0.06 ml L^{-1}), resultados parecidos al uso del nematocida comercial de metamsodio reportados por García-Velasco y Chavarro-Carrero, (2020); en el caso de los T1 y T12, peróxido de hidrógeno (3 ml L^{-1}) y sales cuaternarias de amonio (10 ml L^{-1}), se puede notar la alta cantidad de huevos, e incluso en el T12 supera a la población del testigo, y se clasifica como una infestación de media a alta de acuerdo con la escala propuesta por Franco et al. (1999), en las que puede haber daños en rendimiento mayor al 50% derivado de la alta tolerancia a la deshidratación gradual de las masas de huevo del nematodo, aunque en menor medida que los estados juveniles (Cristóbal et al., 2001a).

En el caso de la presencia de adultos, los tratamientos de hipoclorito de sodio (0.15 ml L^{-1}) y el hipoclorito de calcio (0.06 ml L^{-1}) presentaron en términos absolutos mayor población de nematodos y con cifras muy cercanas al testigo absoluto (agua), el *N. aberrans* en estadios adultos no presentan resistencia a la deshidratación y se descarta la posibilidad de que formen parte de los estadios de sobrevivencia del nematodo (Manzanilla-López & Pérez-Vera, 1999). Aunque no hubo diferencias significativas, se puede considerar que con base en los valores absolutos obtenidos que los mejores resultados fueron el peróxido de hidrógeno (3 ml L^{-1}) y el ácido acético en ambas dosis utilizadas (2.5 ml L^{-1} y 5 ml L^{-1}) respectivamente, y concuerda con estudios relacionados con fitopatógenos e hidroponía (Okazaki & Nose, 1986; Urrestarazu et al., 2006; Urrestarazu et al., 2007; Cayanan et al., 2009; Guzmán-Díaz, 2004; Escalona-Llanas, 2006; García-Jiménez, 2012).

El número de agallas presente en las raíces es un indicador de la existencia de nematodos infectivos y como estimador de la gravedad de la enfermedad o en su caso del nivel de infestación presente en el sustrato (Cristóbal-Alejo et al., 2006), en el tratamiento T5 (hipoclorito de sodio en la dosis de 0.15 ml L^{-1}) se contó el mayor número de agallas con grado de infestación 5, fuerte (Cuadro 3) (Franco et al., 1999), Trejo-Hernández (2018) reportó menor número de nódulos con hipoclorito de sodio a 25 ml L^{-1} de i. a. + 48 horas de inmersión, con un grado de infestación 2 (moderada), así que la dosis utilizada fue un factor en la supervivencia de los nematodos, ya que los juveniles y hembras (J3, J4 y hembras) son capaces de migrar, inducir el sincitio y formar la agalla, los adultos machos se establecen en la corteza de las raíces, por lo tanto, la alta presencia de adultos en dicho tratamiento se correlaciona con el número de nódulos reportado (Doucet & Lax, 2005).

La poca diferencia encontrada entre tratamientos, e incluso entre productos químicos y el testigo, posiblemente se debe a que se manejaron dosis relativamente bajas o que el tiempo de inmersión fue insuficiente para un mayor control de los nematodos, pues en otros estudios (García-Jiménez, 2012; Trejo-Hernández, 2018) se han aplicado dosis mucho más evaluadas a las utilizadas en este trabajo, lo que sugiere reevaluar nuevas dosis y periodos de inmersión sobre la supervivencia del nematodo, así como los efectos de posible toxicidad en la planta.

6.3 Efectividad de los tratamientos

De acuerdo con la fórmula de Abbot (Galindo et al., 2015) y los resultados obtenidos, es posible determinar que para el control o eliminación de huevos de *N. aberrans* el peróxido de hidrógeno (6 ml L^{-1}) y el hipoclorito de calcio (0.06 ml L^{-1}) con el 80.8 % y 82.8 % de efectividad, respectivamente, son mejores al presentar el menor número de ejemplares en las muestras obtenidas, en el caso reportado por Trejo-Hernández (2018), la dosis de 25 mg L^{-1} de i.a. y las 48 horas de inmersión tuvo efectos de más del 80 % sobre una infestación moderada.

En el caso de la población adulta, los tratamientos de peróxido de hidrógeno (3ml L⁻¹) y ácido acético (2.5 y 5 ml L⁻¹) tuvieron mayor efectividad con el 56.4 %, 56.1 % y 53.3 % respectivamente, sobre una población alta de ejemplares (75 % de infestación) y que posterior a su aplicación, hubo poca presencia de estos en las muestras analizadas, aunque el porcentaje de efectividad de los productos probados son relativamente bajos, el uso de peróxido de hidrógeno ha reportado la reducción de colonias de *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* hasta en 78 % con dos dosis de 1000 y 2000 mg L⁻¹ (García, 2012); el uso del ácido acético como desinfestante no se ha reportado en el manejo de nematodos, sin embargo se ha usado como estabilizador de pH en la solución nutritiva ((Van Os, 2010) o en una mezcla peroxiacética en combinación con el peróxido de hidrogeno para la desinfección y mejora de las condiciones y de la infraestructura de producción hortícola (Urrestarazu et al., 2007).

Según la presencia de agallas, el peróxido de hidrogeno (6 ml L⁻¹) con una eficiencia de 61.3 %, demostró ser el más conveniente puesto que las raíces manifestaron menor cantidad de nódulos en comparación con los demás productos utilizados.

Los productos con mejores resultados no obtuvieron la actividad biocida que presentan los nematicidas comerciales utilizados (Lucafum 516 ® y Oregón®); sin embargo, se logró disminuir la incidencia de nematodos en dos estadíos (huevo y adultos) y la presencia de agallas.

Lo anterior permite inferir que el uso de peróxido de hidrogeno, hipoclorito de calcio y ácido acético en distintas dosis y periodos de inmersión favorecen la desinfección del sustrato (tezontle) y la solución nutritiva (Figura 17), controlan una parte de los patógenos presentes en él y además su alta disponibilidad le permiten al productor adquirirlo y aplicarlo sin poner en riesgo la salud (Okazaki & Nose, 1986; Manzanilla-López et al., 2002; Guzmán-Díaz, 2004; Urrestarazu et al., 2006; Urrestarazu et al., 2007; Cayanan et al., 2009; Escalona-Llanas, 2006; García-Jiménez, 2012; Trejo-Hernández, 2018).

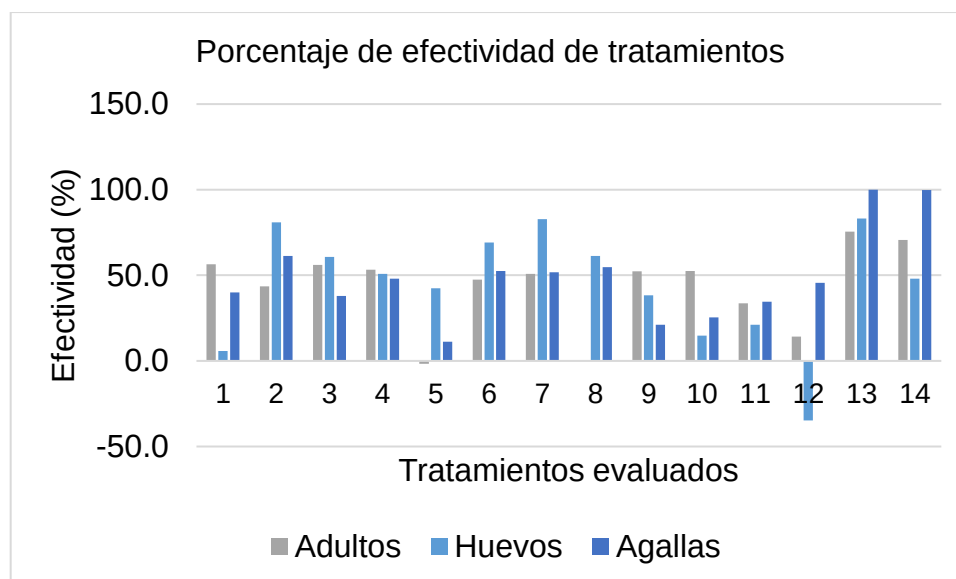


Figura 16. Porcentaje de efectividad de los tratamientos propuestos (Tratamientos 1-12) y los tratamiento 13 y 14 (testigo comercial, nematicida Lucafum 516 ® y Oregón®), con base en el número de individuos de *Nacobbus aberrans* (huevos y adultos) y el número de agallas en la raíz; con respecto a la incidencia del testigo absoluto (15).

6.4 Crecimiento y desarrollo de la planta

De acuerdo con los Cuadros 6 y 7 que presentan la diferencia de medias, se puede inferir que los productos desinfestantes propuestos no tuvieron efecto fitotóxico sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo debido a que los parámetros medidos en planta y fruto no mostraron diferencias apreciables entre tratamientos y esto se podría deber al lavado del sustrato con agua y aireación para eliminar los residuos antes de realizar el trasplante.

Derivado de las características de la planta y de acuerdo con Camacho (2003) y López-Anchondo et al. (2016) la técnica de hidroponía y en este caso en sustrato (tezontle) (Cervantes-Martínez et al., 2010) el cultivo no presentó reacciones tóxicas a los productos y dosis utilizados, además de las prácticas culturales establecidas del cultivo para lograr el óptimo desarrollo del fruto y a pesar de la alta incidencia de *N. aberrans* en el sustrato y en la raíz no se registró el crecimiento deficiente de la planta. Las variables de área foliar, diámetro del tallo y la altura al primer racimo muestran resultados uniformes (Cuadro 6) a pesar de

la alta cantidad de agallas presentes en las raíces y en comparación con los resultados obtenidos con los nematicidas comerciales.

Los resultados reflejados en la producción del fruto y sus características en los racimos 2 y 3 (Cuadro 7 a y 7 b), presentan los valores entre el peso total y el número de frutos, que disminuyen en el racimo 3, lo cual podría deberse a la presencia del nematodo en el sustrato y en la raíz cuyo síntoma principal son la producción de frutos pequeños, menor altura de la planta y disminución de follaje (Mazanilla-López et al., 2002; Cristóbal-Alejo, 2006); sin embargo, al considerar las variables de peso fresco por fruto, largo y ancho se infiere que la calidad en los siguientes ciclos presentaría disminución de producción y daños en toda la planta (Zamudio, 1983; Cristóbal et al., 2000).

Cuadro 6. Comparación de las medias del análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo mediante algunos parámetros de la planta.

Tratamiento		Dosis (i. a.)	AF (cm ³)	DT (mm)	APR (cm)	NAG
T1	(Peróxido de hidrógeno al 50 %)	3 ml L ⁻¹	553.7a ^z	1.2a	52.9a	698.1ab
T2	(Peróxido de hidrógeno al 50 %)	6 ml L ⁻¹	559.9a	1.2a	49.6a	449.6bc
T3	(Ácido acético al 99.7 %)	2.5 ml L ⁻¹	545.4a	1.1a	51.7a	721.4ab
T4	(Ácido acético al 99.7 %)	5 ml L ⁻¹	611.6a	1.2a	50.0a	603.9abc
T5	(Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.15 ml L ⁻¹	581.9a	1.2a	47.4a	1031.9ab
T6	(Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.23 ml L ⁻¹	574.8a	1.2a	47.6a	551.4abc
T7	(Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.06 ml L ⁻¹	565.9a	1.1a	50.6a	560.7abc
T8	(Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.09 ml L ⁻¹	655.2a	1.2a	51.8a	525.1bc
T9	(Formol al 40 %)	8.75 ml L ⁻¹	662.2a	1.3a	51.2a	917.2ab
T10	(Formol al 40 %)	17.5 ml L ⁻¹	2925.3a	1.2a	49.1a	867.3ab
T11	(Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	5 ml L ⁻¹	617.8a	1.2a	50.6a	761.8ab
T12	(Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	10 ml L ⁻¹	559.4a	1.1a	51.5a	632.7ab
T13	(Metam sodio: Lucafum 516 ® al 42.5 %)	1 ml L ⁻¹	632.9a	1.2a	46.8a	0.5c
T14	(Abamectina: Oregón® al 5.41%)	5 ml L ⁻¹	665.2a	1.3a	45.2a	1.5c
T15	(Testigo: agua)	-	614.7a	1.2a	50.1a	1162.9a
Media			755.0	1.2	49.7	632.3
C. V. (%)			158.4	5.8	7.7	38.01
DMS			3045.0	0.18	9.8	611.8

^zMedias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes, de acuerdo con Tukey (P ≤ 0.05). NAG: Número de agallas; AF: Área foliar; DT: Diámetro del tallo; APR: Altura al primer racimo.

Cuadro 7 a. Comparación de las medias del análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo mediante algunos parámetros del fruto (Racimo 2).

Tratamiento	Dosis (i. a.)	NFR	PTFR (g)	PSR (g)	PFF (g)	LF (mm)	AF (mm)	Vol
T1 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	3 ml L ⁻¹	5.2a	488.6a	10.8a	92.5a	6.2a	5.0a	74.1a
T2 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	6 ml L ⁻¹	5.7a	510.9a	9.8a	92.1a	6.4a	4.9a	94.1a
T3 (Ácido acético al 99.7 %)	2.5 ml L ⁻¹	5.7a	526.5a	10.2a	93.6a	6.5a	5.0a	95.0a
T4 (Ácido acético al 99.7 %)	5 ml L ⁻¹	5.5a	451.0a	11.8a	85.5a	6.1a	4.8a	85.0a
T5 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.15 ml L ⁻¹	5.7a	507.1a	9.3a	88.9a	6.5a	4.9a	92.5a
T6 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.23 ml L ⁻¹	5.7a	567.6a	10.9a	104.9a	6.7a	5.2a	108.1a
T7 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.06 ml L ⁻¹	5.5a	546.5a	10.0a	99.6a	6.7a	5.1a	96.7a
T8 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.09 ml L ⁻¹	5.7a	570.6a	11.3a	105.1a	6.4a	5.1a	104.0a
T9 (Formol al 40 %)	8.75 ml L ⁻¹	6.0a	530.8a	10.1a	89.3a	6.4a	4.9a	90.2a
T10 (Formol al 40 %)	17.5 ml L ⁻¹	5.7a	536.7a	10.0a	95.1a	6.4a	4.9a	96.5a
T11 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	5 ml L ⁻¹	5.5a	506.1a	10.5a	92.3a	6.5a	4.9a	94.0a
T12 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	10 ml L ⁻¹	5.5a	529.2a	10.2a	94.2a	6.6a	5.0a	96.4a
T13 (Metam sodio: Lucafum 516 ® al 42.5 %)	1 ml L ⁻¹	5.7a	519.4a	10.6a	94.2a	6.4a	4.9a	96.0a
T14 (Abamectina: Oregón® al 5.41%)	5 ml L ⁻¹	6.2a	560.4a	10.4a	97.1a	6.5a	5.1a	97.6a
T15 (Testigo: agua)	-	5.7a	538.8a	10.6a	94.7a	6.5a	5.0a	95.1a

zMedias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes, de acuerdo con Tukey (P ≤ 0.05). NFR: Número de frutos por racimo. PTFR: Peso total de los frutos por racimo. PSR: Peso seco del racimo PFF: Peso fresco de un fruto. LF: Largo del fruto. AF: Ancho del fruto. Vol: Volumen.

Cuadro 7 b. Comparación de las medias del análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en el crecimiento y desarrollo mediante algunos parámetros del fruto (Racimo 3).

Tratamiento	Dosis (i. a.)	NFR	PTFR (g)	PSR (g)	PFF (g)	LF (mm)	AF (mm)	Vol
T1 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	3 ml L ⁻¹	4.7a	437.6a	10.9a	97.7a	6.5a	5.0a	97.0a
T2 (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	6 ml L ⁻¹	4.5a	411.5a	10.1a	95.1a	6.5a	4.9a	93.1a
T3 (Ácido acético al 99.7 %)	2.5 ml L ⁻¹	4.5a	434.6a	11.1a	97.0a	6.4a	4.9a	101.5a
T4 (Ácido acético al 99.7 %)	5 ml L ⁻¹	4.7a	440.2a	10.3a	93.1a	6.5a	4.9a	94.5a
T5 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.15 ml L ⁻¹	4.5a	373.8a	10.3a	86.1a	6.3a	4.8a	89.6a
T6 (Hipoclorito de sodio al 65 %)	0.23 ml L ⁻¹	4.5a	399.1a	10.2a	97.9a	6.5a	5.1a	100.8a
T7 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.06 ml L ⁻¹	4.7a	427.1a	9.6a	91.3a	6.5a	4.8a	96.0a
T8 (Hipoclorito de calcio al 13 %)	0.09 ml L ⁻¹	4.2a	426.6a	11.4a	100.7a	6.6a	5.0a	99.7a
T9 (Formol al 40 %)	8.75 ml L ⁻¹	4.5a	441.6a	11.0a	101.5a	6.6a	5.1a	103.0a
T10 (Formol al 40 %)	17.5 ml L ⁻¹	4.7a	440.9a	10.8a	102.1a	6.5a	5.1a	100.2a
T11 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	5 ml L ⁻¹	4.2a	429.9a	10.1a	98.9a	6.4a	5.0a	100.0a
T12 (Sales cuaternarias de amonio al 12.3 %)	10 ml L ⁻¹	4.5a	416.9a	10.1a	95.6a	6.4a	5.0a	96.5a
T13 (Metam sodio: Lucafum 516 ® al 42.5 %)	1 ml L ⁻¹	5.0a	447.4a	10.7a	100.1a	6.5a	4.9a	93.6a
T14 (Abamectina: Oregón® al 5.41%)	5 ml L ⁻¹	4.5a	469.8a	10.2a	101.4a	6.5a	5.1a	105.3a
T15 (Testigo: agua)	-	4.5a	424.5a	10.7a	93.1a	6.3a	4.9a	96.3a

zMedias con la misma letra dentro de columnas no son significativamente diferentes, de acuerdo con Tukey ($P \leq 0.05$). NFR: Número de frutos por racimo. PTFR: Peso total de los frutos por racimo. PSR: Peso seco del racimo. PFF: Peso fresco de un fruto. LF: Largo del fruto. AF: Ancho del fruto. Vol: Volumen.

7 CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, se concluye que, ante la alta infestación del nematodo *N. aberrans* en el sustrato, es posible utilizar algunos de los productos alternativos probados como medio de control. En estado de huevo, el peróxido de hidrógeno (6 ml L^{-1}) y el hipoclorito de calcio (0.06 ml L^{-1}) tuvieron una eficacia de control en el orden del 80.8 % y 82.8 % respectivamente; en estado adulto, el peróxido de hidrógeno (3 ml L^{-1}) y el ácido acético (2.5 y 5 ml L^{-1}) controlaron con una eficiencia de 56.4 %, 56.1 y 53.3 %, respectivamente; y de acuerdo con la presencia de agallas, el peróxido de hidrógeno (6 ml L^{-1}) tuvo un control del 61.3 %.

Las dosis propuestas y el periodo de inmersión no causaron toxicidad en el cultivo de jitomate y tampoco se visualizaron síntomas que afectaran la supervivencia de las plantas o la producción hasta el racimo 3 a pesar de la alta población de nematodos presentes y la cantidad de agallas en raíces, lo cual se podría atribuir a las dosis relativamente bajas utilizadas, al manejo del cultivo bajo invernadero, las labores culturales, la técnica de hidroponia que brindó los requerimientos nutrimentales necesarios y el material vegetal utilizado.

LITERATURA CITADA

- Abad, B. M., Noguera, M. P. & Carrión, B. C. (2004). Los sustratos en los cultivos sin suelo. *In: Urrestarazu (Ed). Tratado de cultivo sin suelo*. Ediciones Mundi-Prensa. España.
- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. econ. Entomol*, 18(2), 265-267.
- ADAMA. (s.f.). NIMITZ 480 EC. [Ficha técnica].
<https://www.adama.com/mexico/es/portafolio-de-soluciones/manejo-de-plagas/nimitz>
- Adams, P. (2006). Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hidroponic systems. *Acta Hort.*, 361, 245-257.
- Agrios, G. N. (1988). Fitopatología. Ed. Limusa.
- Agrios, G.N. (2005). Plant Pathology. Elsevier Academic Press.
- AMVAC. (s.f. a). NEMACUR 400 CE [Ficha técnica].
<https://www.amvac.com.mx/productos/nemacur-400-ce>
- AMVAC. (s.f. b). MOCAP ® CE [Ficha técnica].
<https://www.amvac.com.mx/productos/mocap-ce>
- Andrés, M. F. (2002). Estrategías en el control y manejo de nematodos fitoparásitos. *Ciencia y Medio Ambiente - CCMA-CSIC*. <http://hdl.handle.net/10261/128310>
- Anthoine, G., Gauthier, J. P., & Mugniery, D. (2006). Éléments de biologie chez *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): 1- Capacités de quiescence et de diapause. *EPPO Bulletin*, 36(2), 359-364.
- Arenas, A., López, D., Álvarez, E., Llano, G., & Loke, J. (2004). Efecto de prácticas ecológicas sobre la población de *Ralstonia solanacearum* Smith, causante de Moko de plátano. *Fitopatología Colombiana*, 28(2), 76-80.
- Arias, Y., González, I., Rodríguez, M., Rosales, C., Suárez, Z., & Peteira, B. (2009). Aspectos generales de la interacción tomate (*Solanum lycopersicon* L.) Meloidogyne incognita. *Revista de Protección Vegetal*, 24(1), 1-13.
- Armendáriz, I., Ríos, M., Landázuri, P. & Quiña, D. (2015). Nematodos fitopatógenos y sus estrategias de control. ESPE- Universidad de las fuerzas armadas, Sangolqui, Ecuador. DOI: 10.13140/RG.2.1.1599.9446

- Ayala, A., & Ramirez, C. T. (1999). Host-range, distribution, and bibliography of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*, with special reference to Puerto Rico. In Hand Book of Nematology. University of Florida, Florida, U.S.A.
- Baixauli, C., & Aguilar, J. M. (2002). *Cultivo sin suelo de hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias*. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació. Valencia, España.
- Bastida, T. A. (1999). El medio de cultivo de las plantas. Sustratos para hidroponía y producción de planta ornamental. *Serie de Publicaciones Agribot* No. 4. Universidad Autónoma Chapingo.
- Bayer Crop Science. (s.f.). Verango® Prime [Ficha técnica]. https://www.micultivo.bayer.com.mx/es-mx/productos/product-details.html/nematicide/verango_prime.html
- Bejarano González, F. (2017). Los plaguicidas altamente peligrosos: nuevo tema normativo internacional y su perfil nacional en México, In: Fernando Bejarano González (Ed). *Los plaguicidas altamente peligrosos en México*. RAPAM.
- Berenguer, J.J.; Escobar, I.; García, M.; Gómez, J. & Alvarez, A. (2001). Methods to control *Pythium* and *Phytophthora* in cold plastic houses. *Acta Horticulturae*, 559, 759-763.
- Bowman, W. C., & Raud, M. (1987). Coloraciones bacterianas. *Farmacología: bases químicas y patológicas*, 2, 6-16.
- Burés, S. (1997). *Sustratos*. Ediciones Agrotécnicas S.L. Madrid, España.
- Cabrera, R. I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para la producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5(1), 5-11.
- Cabrera Hidalgo, A. J., Valdovinos Ponce, G., Mora Aguilera, G., Rebollar Alviter, A. & Marbán Mendoza, N. (2014). Ocurrencia de *Nacobbus aberrans* en cultivos hortícolas del noroeste de Michoacán. *Nematropica*, 44(1), 107-117.
- Cáceres-Espitia, J. J., Caycedo Lozano, L. & Trujillo Suárez, D. M. (2022). Efecto bactericida del ácido acético presente en el vinagre, una alternativa a desinfectantes sintéticos o químicos. Revisión sistemática. *Revista Boletín Redipe*, 11(1), 440-451. <https://doi.org/10.36260/rbr.v11i1.1653>

- Camacho, F. (2003). *Técnicas de producción en cultivos protegidos. Tomo 2*. Ediciones Aerotécnicas S.L. Almería, España.
- Camili, E. C., Benato, E. A., Pascholati, S. F., & Cia, P. (2010). Vaporização de ácido acético para o controle pós-colheita de botrytis cinerea em uva'Itália'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 32, 436-443. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452010005000053>
- Capper, A. L. (1988). Fungal contamination of hydroponic forage. *Animal Feed Science and Technology*, 20(2), 163-169.
- Carrasco, J., Riquelme, J., & Varas, E. (2006). Alternativas de desinfección de suelo en la producción de tomates en invernaderos de Colín. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*. Chile.
- Carrasco, G., Moggia, C., Osses, I. J., Álvaro, J. E., & Urrestarazu, M. (2011). Uso de ácido peroxiacético como químico verde en rendimiento y calidad sensorial en berro (*Nasturtium officinale* R. Br.) bajo cultivo sin suelo. *Revista Internacional de Ciencias Moleculares*, 12(12), 9463-9470.
<http://dx.doi.org/10.3390/ijms12129463>
- Castañeda-Miranda, R., Ventura-Ramos, J. E., Peniche-Vera, R. D. R., & Herrera-Ruiz, G. (2007). Análisis y simulación del modelo físico de un invernadero bajo condiciones climáticas de la región central de México. *Agrociencia*, 41(3), 317-335.
- Castellanos, J. Z. & Vargas-Tapia, P. (2009). Los sustratos en la horticultura protegida, In Javier Z. Castellanos (Ed). *Manual de producción de tomate en invernadero*. Intagri SC. México.
- Causil Vargas, L. A., Coronado, J. L., Vega, M. F., Donado, K. A., Pacheco, C. & Verbel, L. F. (2017). Efecto citotóxico del hipoclorito de sodio (NaClO), en células apicales de raíces de cebolla (*Allium cepa* L.). *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 97-104.
- Cavennes, F. E. & Jensen, H. J. (1955). Modification of the centrifugal flotation technique for the isolation and concentration of nematodes and their eggs from soil and plant tissue. *Proc. helm. Soc. Wash.* 22, 87-89.
- Cayanan, D. F., Zhang, P., Liu, W., Dixon, M. & Zheng, Y. (2009). Efficacy of chlorine in controlling five common plant pathogens. *HortScience*, 44(1), 157-163.

- Cervantes-Martínez, J. E., Mata-Vázquez, H., Anguiano-Aguilar, R. A., Vázquez-García, E., Gázano-Izquierdo, I., González-Flores, D., Ramírez-Meraz, M., Padrón-Torres, E., Basanta-Cornide, R. & García-Delgado, M. A. (2010). Producción de tomate sistema hidropónico con solución nutritiva reciclable en sustrato de Tezontle. *CienciaUAT*, 4(4), 50-54.
- Chavarro, E. P. (2011). Desinfección química. *Revista química útil*, 13(13), 14-17.
- Corteva. (s.f.). Vydate L ®. [Ficha técnica]. <https://www.corteva.mx/productos-y-soluciones/proteccion-de-cultivos/vydate-l.html>
- Costilla, M. A. (1985a). El nematodo del rosario o el falso nematodo del nódulo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944 y su relación con el cultivo de papa en el Noroeste Argentino. Investigaciones Nematológicas en Programas Latinoamericanos de papa. J. Franco y H. Rincón (eds.). Centro Internacional de la Papa (CIP), pp: 3-16.
- Costilla, M. A. (1985b). El Falso nematodo del nudo *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne y Alley su relación con el cultivo de papa en el noroeste argentino. *Rev. Ind. y Agrícola Tucumán*, 62, 79-97.
- Coyne, D.L., Nicol, J.M., & Claudius-Cole, B. (2007). Practical plant nematology: a field and laboratory guide. SP-IPM Secretariat, International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Cotonou, Benin.
- Cristóbal, A. J., Del Prado, I. C., Marban-Mendoza, N., Sánchez, G. S., Mora-Aguilera, G., & Manzanilla-López, R.H. (2001a). Sobrevivencia de estadios biológicos de *Nacobbus aberrans* en condiciones de campo. *Nematropica*, 31, 227-233.
- Cristóbal, A. J., Del Prado, I. C., Sánchez, G. S., Marban-Mendoza, N., & Manzanilla-López, R. H. (2001b). Alteraciones nutrimentales en tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) por efecto de *Nacobbus aberrans*. *Nematropica*, 31(2), 219-226.
- Cristóbal-Alejo, J., Del Prado, I. C., Manzanilla-López, R. H., Marbán-Mendoza N., Mora-Aguilera, G., & Sánchez-García, P. (2000). Area under the progress curve of root-knot disease in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) caused by *Nacobbus aberrans*. *Nematropica*, 8, 727-737.
- Cristóbal-Alejo, J., Mora-Aguilera, G., Manzanilla-López, R. H., Marbán-Mendoza, N., Sánchez-García, P., Del Prado-Vera, I. C., & Evans, K. (2006). Epidemiology and

- integrated control of *Nacobbus aberrans* on tomato in Mexico. *Nematology*, 8(5), 727-737. <https://doi.org/10.1163/156854106778877929>
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Sandoval-Villa, M., Bugarín-Montoya, R., Robles-Bermúdez, A., & Juárez-López, P. (2013). Sustratos en la horticultura. *Rev. BioCiencias* 2, 17-26.
- Delgado Haya, H., Altamirano Salazar, A., Gárate Navarro, M. A., Rodríguez García, J., & León Martínez, M. A. (2020). Control de la contaminación microbiana empleando bajas concentraciones de ozono e hipoclorito de sodio al interior de contenedores de polietileno empleados en biorreactores de inmersión temporal. *Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable*, 4(1), 1-7. <https://doi.org/10.25127/aps.20201.510>
- Del Prado-Vera, I. C. (1983.) El ciclo de vida de *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne y Allen 1944. In: N. Marban y Thomason (Ed.) *Fitonematología avanzada* 1. Colegio de Posgraduados. México.
- Del Prado-Vera, I. C., Cristóbal-Alejo, J. & Evans, K. (1997). Manejo de poblaciones de *Nacobbus aberrans* en el cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Nematropica* 27, 103-104.
- Diario Oficial de la Federación. (2004). Resolución preliminar de la investigación antidumping sobre las importaciones de peróxido de hidrógeno. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=676446&fecha=06/01/2004#gs.c.tab=0
- Doucet, M. & Lax, P. (2005). El género *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944 en la Argentina. La especie *N. aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Tylenchida) y su relación con la agricultura. *Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria*, 59: 5-45.
- Escalona-Llanas, M. (2006). Bioseguridad en invernaderos. Agricultura. *Revista Agropecuaria*, 75, 856-861.
- Escudero-Oñate, C. (2014). Survey of sodium and calcium hypochlorite. *Skin*, 7681, 52-9.
- Flores-Camacho, R., Atkins, S. D., Manzanilla-López, R. H., Del Prado-Vera, I. C., & Martínez-Garza, Á. (2008). Caracterización de Aislamientos Mexicanos de

- Pochonia chlamydosporia* var. *chlamydosporia* (Goddard) Gams y Zare para el Control Biológico de *Nacobbus aberrans* (Thorne) Thorne y Allen. *Revista mexicana de fitopatología*, 26(2), 93-104.
- FMC Agroquímica de México. (s.f.) OREGON 60 SC. [Ficha técnica]. <https://www.fmcagroquimica.com.mx/producto/oregon-60-sc/>
- Franco, J., Ramos, J., Oros, R., Maín, G. M., & Ortuño, N. (1999). Pérdidas económicas causadas por *Nacobbus aberrans* y *Globodera* spp. en el cultivo de la papa en Bolivia. *Revista Latinoamericana de la papa*, 11(1), 40-66.
- Franco, J. & Main, G. (2002). Desinfección de tubérculos-semilla de papa infectados con *Nacobbus aberrans* utilizando productos químicos en aspersión a ultra bajo volumen. *Revista Latinoamericana de la Papa*, 13(1), 41-51. <https://doi.org/10.37066/ralap.v13i1.121>
- Franco-Navarro, F., Zavaleta-Mejia, E. & Sanchez-Garcia, P. (2002). Aplicación de enmiendas orgánicas para el manejo de *Nacobbus aberrans* en tomate. *Nematropica*, 32(2), 113-124.
- Galindo, M., Soriano, O., Quevedo, C. & Melo, M. (2015). Manual para la elaboración de protocolos para ensayos de eficacia. Cámara Procultivos ANDI. Colombia.
- García-Jiménez, A. (2012). Desinfestación de sustrato y solución nutritiva contaminados con *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. Tesis de Maestría. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 59 p.
- García, N. V., Van der Valk, O. & Elings, A. (2011). Mexican protected horticulture. Production and market of Mexican protected horticulture described and analysed. Rapport GTB-1126. Wageningen UR. Netherlands.
- García, J. C., Hernández, A., Acebo, Y. & Rives, N. (2008). Obtención de un nuevo método de desinfección de semillas de arroz. *Cultivos Tropicales*, 29(4), 55-59.
- García-Velasco, R., & Chavarro-Carrero, E. A. (2020). *Purpureocillium lilacinum* (Hypocreales: Ophiocordycipitaceae) como biocontrolador de *Nacobbus aberrans* (Tylenchida: Pratylenchidae) y *Meloidogyne incognita* (Tylenchida: Meloidogyne) en tomate cv. Río Grande. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 6, 1-10. <https://doi.org/10.30973/aap/>

- Gayosso-Rodríguez, S., Borges-Gómez, L., Villanueva-Couoh, E., Estrada-Botello, M. A. & Garruña, R. (2018). Caracterización física y química de materiales orgánicos para sustratos agrícolas. *Agrociencia*, 52(4), 639-652.
- Grijalva, R.L. & Robles, F. (2003). Avances en la producción de hortalizas en invernaderos. Publicación Técnica No. 7. INIFAP-CIRNO-CECAB.
- González Bosquet, L. (2003) Antisépticos y desinfectantes. *Offarm*, 22(3).
- Guzmán-Díaz, G. (2004). Hidroponía en casa: una actividad familiar. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.
- Hafez, S. L., Seyedbagheri, M., Rashid, F. & Hara, K. (1993). The role of sugarbeet tare dirt in the spread of plant-parasitic nematodes. *Nematropica* 23:119.
- Harris Moran. (s.f.). EL CID F1 [Ficha técnica]. <https://hmclause.com/?lang=es>
- Hu, W., Samac, D. A., Liu, X., & Chen, S. (2017). Microbial communities in the cysts of soybean cyst nematode affected by tillage and biocide in a suppressive soil. *Applied Soil Ecology*, 119, 396–406. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.07.018>
- Huang, X., Zhang, K., Yu, Z., & Li, G. (2015). Microbial control of phytopathogenic nematodes. *Principles of Plant-Microbe Interactions: Microbes for Sustainable Agriculture*, 155-164. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08575-3_17
- Hussey, R. S. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* sp., including a new technique. *Plant Dis. Rep.*, 57, 1025-1028.
- Idrobo-Avila, E. H., Vásquez-López, J. A. & Vargas-Cañas, R. (2017). La exposición ocupacional al formol y la nueva tabla de enfermedades laborales. *Revista de salud pública*, 19, 382-385. <https://doi.org/10.15446/rsap.v19n3.47740>
- Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal (ICAMEX). (s.f.) Cultivo de jitomate. Disponible en: <https://icamex.edomex.gob.mx/jitomate>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Conjunto de Datos Vectoriales de Información Topográfica E14B21 Texcoco*. <https://www.inegi.org.mx/app/biblioteca/ficha.html?upc=889463832416>
- Jatala, P. & de Scurrah, M. M. (1975). Mode of dissemination of *Nacobbus* spp. in certain potatogrowing areas of Peru and Bolivia. *Journal of Nematology*, 7(4): 324-325.
- Juárez, G. M. Y., Mejía, E. Z., Revilla, C. F., Alfaro, J. J. C., & Alcalá, R. V. (2001). Management of wilting (*Phytophthora capsici* Leo.), root galling (*Nacobbus*

- aberrans* Thorne and Allen), and virosis in pepper (*Capsicum annuum* L.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(1), 40-48.
- Katan, J. (1993). Replacing pesticides with nonchemical tools for the control of soilborne pathogens - A realistic goal? *Phytoparasitica*, 21, 95-99.
- Khatrri, K. & Boyd, N. S. (2020). Determination of optimum metam-potassium rate for weed, tomato, and pepper termination. *Weed Technology*, 34(6), 801-806. <https://doi.org/10.1017/wet.2020.60>
- Kopp, M. M., Luz, V. K. D., Coimbra, J. L. M., Sousa, R. O. D., Carvalho, F. I. F. D., & Oliveira, A. C. D. (2007). Níveis críticos dos ácidos acético, propiônico e butírico para estudos de toxicidade em arroz em solução nutritiva. *Acta Botanica Brasilica*, 21, 147-154. <https://doi.org/10.1590/S0102-33062007000100014>
- Krewson, C. F., Wood, J. W., Wolfe, W. C., Mitchell, J. W., & Marth, P. C. (1959). Plant growth regulators, synthesis and biological activity of some quaternary ammonium and related compounds that suppress plant growth. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7(4), 264-268.
- Lax, P., Becerra, A.G., Soteras, F., Cabello, M., & Doucet, M.E. (2011). Effect of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* on the false root-knot nematode *Nacobbus aberrans* in tomato plants. *Biol Fertil Soils* 47, 591–597. <https://doi.org/10.1007/s00374-010-0514-4>
- Lax, P., Passone, M. A., Becerra, A. G., Sosa, A. L., Ciancio, A., Finetti-Sialer, M. M., & Rosso, L. C. (2022). Sustainable strategies for management of the “false root-knot nematode” *Nacobbus* spp. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1046315>
- Lemaire, F., Fatigues, A., Reviere, L. M., Charpentier, S. & Morel, P. (2003). *Cultures en post et contcneurs. principes agronomiques et applications*. INRA. Paris, France.
- Llanas, E. (2015). Bioseguridad en invernaderos [Ficha técnica]. GRUPO OX ©.
- López-Anchondo, A. N., López-Ortiz, C. E., Mejía-Hernández, C. M., & López-de-la-Cruz, D. (2016). Hidroponía una alternativa sustentable para el cultivo sin suelo: características y aspectos básicos. *Tópicos selectos de sustentabilidad: un reto permanente*, 4, 31-54.

- Maggenti, A. R. (1991). Nemata: higher classification. In: W.R. Nickle (ed). *Manual of Agricultural Nematology*. CRC Press. Florida, USA.
- Maggenti, A. R., Luc, M., Raski, D. J., Fortuner, R., & Geraert, E. (1987). A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 2. Classification of the suborder Tylenchina (Nemata: Diplogasteria). *Revue de Nématologie*, 10, 135-142.
- Manrique, R. R., Villamizar, M. C. & Quesada, D. R. (2011). Pruebas de ecotoxicidad para establecer el potencial genotóxico del hipoclorito de sodio, mediante bulbos de cebolla *Allium cepa* L. y semillas de lechuga *Lactuca sativa* L. como bioindicadores. *ITECKNE* 8(1), 7-14.
- Manzanilla-López, R. H. (1997). Studies on the characterization and bionomics of *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae). Ph. D. Thesis. University of Reading, U.K.
- Manzanilla-López, R. H. (1999). Contribución al conocimiento del ciclo de vida de *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae) en cultivos *in vitro*. *Fitopatología*, 34,197.
- Manzanilla-López, R. H., & Pérez-Vera, O. A. (1999). Survival of dehydration and infectivity of the developmental stages of *Nacobbus aberrans* (Thorne, 1935) Thorne & Allen, 1944. *Nematropica*, 29, 125-126.
- Manzanilla-López, R. H., Costilla, M. A., Doucet, M., Franco, J., Inserra, R. N., Lehman, P. S., & Evans, K. (2002). The genus *Nacobbus* Thorne & Allen, 1944 (Nematoda: Pratylenchidae): systematics, distribution, biology, and management. *Nematropica*, 32,149-227.
- Martín-Hernández, S., Ordaz-Chaparro, V. M., Sánchez-García, P., Colinas-León, M. T. B. y Borges-Gómez, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en hidroponia con diferentes granulometrías de tezontle. *Agrociencia*, 46(3), 243-254.
- Martínez, E. & Durán J. M. (2000). Los cultivos hidropónicos y la desinfección de sustratos. *Revista Vida Rural*, 114, 64-66.
- Martínez, P. F. & Roca, D. (2011). Sustratos para el cultivo sin suelo. Materiales, propiedades y manejo. In: Flórez R., V.J. (Ed.). *Sustratos, manejo del clima*,

- automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Martínez-Rodríguez, O. G., Can-Chulim, Á., Cruz-Crespo, E. & García-Paredes, J. D. (2017). Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(1), 53-65.
<https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.71>
- Momma, N., Yamamoto, K., Simandi, P. & Shishido, M. (2006). Role of organic acids in the mechanisms of biological soil disinfestation (BSD). *Journal of General Plant Pathology*, 72(4), 247-252. <https://doi.org/10.1007/s10327-006-0274-z>
- Morera, G. N. & Lopez, Ch. R. (1985). Efecto del Peróxido de Hidrógeno Sobre la Extracción de Huevos de *Meloidgyne exigua* Goeldi, 1887. *Nematropica*, 15(2), 175-178.
- Muñoz Ramos, J. J., Castellanos Ramos, J. Z., Ojodeagua Arredondo, J. L., Tijerina Chávez, L., Enríquez Reyes, S., Alcántar González, G. & Vargas-Tapia, P. (2008). Eficiencia de suelo y tezontle en sistemas de producción de tomate en invernadero. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 31(4), 367-374.
- Negroni, M. (2009). Microbiología estomatológica: fundamentos y guía práctica. Editorial Médica Panamericana. Argentina.
- Noling, J. W. (1999). Nematode management in leaf crops. [Archivo PDF] en: <https://www.growables.org/informationVeg/documents/LeafCropsNematodeManagement.pdf>
- Palacios-Alcántara, M., Marban-Mendoza, N., Carrillo-Fonseca, C. L., Acuña-Soto, J. A. & Cabrera-Hidalgo, A. D. J. (2022). Parasitic behavior of *Nacobbus aberrans* populations from different geographical origin in tomato plants. *Revista mexicana de fitopatología*, 40(2), 284-297. <https://doi.org/10.18781/r.mex.fit.2203-2>
- Patiño Bello, D. P., Pérez Acevedo, L. V., Torres Caycedo, M. I., Rosas Leal, D. A. & Di Filippo Iriarte, G. (2018). Uso de biocidas y mecanismos de respuesta bacteriana. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 37(3), 1-17.
- Ramírez-Villalobos, M., Urdaneta, A. & León de Sierralta, S. (2002). Establecimiento in vitro de explantes adultos del guanábano (*Annona muricata* L.) tratados con hipoclorito de sodio. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 19(1), 48-55.

- Ripanti, F., Calderón, G., Vilorio, M. & Perrin, R. (2006). Basamid y formol en el control de *Fusarium* sp. en viveros forestales. *Revista Agricultura Andina*, 11, 70-80.
- Rodríguez, Díaz, E., Salcedo, Pérez, E., Rodríguez, Macías, R., González, Eguiarte, D. R. & Mena Munguía, S. (2013). Reúso del tezontle: efecto en sus características físicas y en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Terra Latinoamericana*, 31(4), 275-284.
- Runia, W. (1983). A recent development in steam sterilization. *Acta Horticulturae*, 152, 195-199.
- Runia, W. (1995). A review of possibilities for disinfection of recirculation water from soilless culture. *Acta Horticulturae*, 382, 221-229.
- Runia, W. T. & Molendijk, L. P. G. (2009, September). Physical methods for soil disinfestation in intensive agriculture: old methods and new approaches. In *VII International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*, 883, 249-258.
- Sánchez-del Castillo, F. & Moreno-Pérez, E. C. (2017). Diseño agronómico y manejo de invernaderos. *Serie agricultura protegida I*. Chapingo. México: Universidad Autónoma Chapingo. 405 p.
- Seinhorst, J. W. (1962). On the killing, fixation and transferring to glycerin of nematodes. *Nematologica*, 8(1), 29–32. doi:10.1163/187529262x00981
- Servicio de Información Agrícola y Pesquera (SIAP), (2020). Avance de siembras y cosechas, resumen por estado, Tomate rojo (Jitomate). Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gobmx/ResumenProducto.do
- Sher, S. A. (1970). Revision of the genus *Nacobbus* Thorne and Allen, 1944 (Nematoda: Tylenchoidea). *Journal of Nematology*, 2(3), 228-235.
- Solsona, F., & Méndez, J. P. (2002). *Desinfección del agua*. Organización Panamericana de la Salud. Washington, USA.
- Stanton, J. M. & O'Donnell, W. E. (1994). Hatching, motility, and infectivity of root-knot nematode (*Meloidogyne javanica*) following exposure to sodium hypochlorite. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34, 105-108. <https://doi.org/10.1071/EA9940105>

- Taba, S., Sawada, J. & Moromizato, Z. I. (2008). Nematicidal activity of Okinawa Island plants on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. *Plant and soil*, 303(1), 207-216. <https://doi.org/10.1007/s11104-007-9499-7>
- Trejo-Hernández, C. (2018). Desinfestación de tezontle empleado como sustrato hidropónico, contaminado con nematodos (*Nacobbus aberrans*). Tesis de Licenciatura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 57 p.
- Urrestarazu, M., Salas, M. C., Mazuela, P. C. & Morales, E. (2006). Bioseguridad a través del agua de riego en la horticultura protegida. *Vida rural*, 239, 56-58.
- Urrestarazu, M., García, C. D., Montoya, S. M. & Martínez-Carrasco, J. E. A. (2007). Bioseguridad en la horticultura protegida a través de la química verde. *Horticultura: Revista de industria, distribución y socioeconomía hortícola: frutas, hortalizas, flores, plantas, árboles ornamentales y viveros*, (203), 38-43.
- Urrestarazu, M. (2013). Capítulo 5 Bioseguridad, química verde y sostenible en la horticultura protegida ¿cómo usar las mezclas peroxiacéticas de forma segura en la horticultura protegida?, In: P. C. Mazuela Águila (Ed.), *Manual de Tomate Kumara*. Universidad de Tarapacá. Chile.
- Urrestarazu, G. M. (2015). *Manual práctico del cultivo sin suelo e hidroponía*. Ediciones Mundiprensa. España.
- Van Os, E. A. (2009, September). Disease management in soilless culture systems. In *VII International Symposium on Chemical and Non-Chemical Soil and Substrate Disinfestation*, 883, 385-393. DOI 10.17660/ActaHortic.2010.883.48
- Vargas-Canales, J. M., Castillo-González, A. M., Pineda-Pineda, J., Ramírez-Arias, J. A. & Avitia-García, E. (2014). Extracción nutrimental de jitomate (*Solanum lycopersicum* L.) en mezclas de tezontle con aserrín nuevo y reciclado. *Revista Chapingo. Serie horticultura*, 20(1), 71-88. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2013.02.005>
- Vargas-Tapia, P., Castellanos-Ramos, J. Z., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., López-Romero, R. M. & Ojodeagua-Arredondo, J. L. (2008a). Caracterización

- física, química y biológica de sustratos de polvo de coco. *Revista fitotecnica mexicana*, 31(4), 375-375. <https://doi.org/10.35196/rfm.2008.4.375>
- Vargas-Tapia, P., Castellanos-Ramos, J.Z., Muñoz-Ramos, J.J., Sánchez-García, P., Tijerina-Chávez, L., López-Romero, R. M., Martínez-Sánchez, C. & Ojodeagua-Arredondo, J. L. (2008b). Efecto del tamaño de partículas sobre algunas propiedades físicas del tezontle de Guanajuato, México. *Agricultura Técnica en México*, 34:(3), 323-331.
- Velasco-Hernández, E., Miranda-Velázquez, I., Nieto-Ángel, R. & Villegas-Rodríguez, H. (2004). Evaluación de sustratos y variedades en la producción protegida de jitomate. *Revista Chapingo serie horticultura*, 10(2), 239-246.
- Winsor, G. W., & Schwarz, M. (1990). *Soilless Culture for Horticultural Crop Production*. Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO].
- Yeates, G. W., Bongers, T. D., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W. & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25(3), 315-331.
- Yagnik, D., Serafin, V. & Shah, A. J. (2018). Antimicrobial activity of apple cider vinegar against *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* and *Candida albicans*; downregulating cytokine and microbial protein expression. *Sci Rep* 8, 1732. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-18618-x>
- Zamudio, G.V. (8-12 de Agosto de 1983). *Control de nematodos en tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en el Valle de Valsequillo, Puebla, México* [Resumen]. Abstracts of papers presented at the XV Annual Meeting of Otan at Mexico City. *Nematropica*, 13(2), p. 123.
- Zarate-Escobedo, J., Castañeda-González, E. L., Cuevas-Sánchez, J. A., Carrillo-Fonseca, C. L., Mendoza-García, E. E. & Serrato-Cruz, M. A. (2018). Concentraciones e intervalos de aplicación del aceite esencial de *Tagetes lucida* Cav. contra *Nacobbus aberrans*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(3), 589-600. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i3.1218>