

**Evaluación de la distribución del nematodo  
entomopatógeno *Heterorhabditis  
bacteriophora* a través de un sistema de riego  
por goteo y su desplazamiento en el suelo**

**Emilio José Mata Marcillo  
Nicolás Alejandro Rodríguez Mata**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras  
Noviembre, 2013**

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Evaluación de la distribución del nematodo  
entomopatógeno *Heterorhabditis  
bacteriophora* a través de un sistema de riego  
por goteo y su desplazamiento en el suelo**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero Agrónomo en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**Emilio José Mata Marcillo  
Nicolás Alejandro Rodríguez Mata**

**Zamorano, Honduras**  
Noviembre, 2013

**Evaluación de la distribución del nematodo  
entomopatógeno *Heterorhabditis  
bacteriophora* a través de un sistema de riego  
por goteo y su desplazamiento en el suelo**

Presentado por:

Emilio José Mata Marcillo  
Nicolás Alejandro Rodríguez Mata

Aprobado:

---

Rogelio Trabanino, M.Sc.  
Asesor principal

---

Renán Pineda, Ph.D.  
Director  
Departamento de Ciencia y Producción  
Agropecuaria

---

Miguel Cocom, Ing. Agr.  
Asesor

---

Raúl Zelaya, Ph.D.  
Decano Académico

**Evaluación de la distribución del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* a través de un sistema de riego por goteo y su desplazamiento en el suelo.**

**Emilio José Mata Marcillo  
Nicolás Alejandro Rodríguez Mata**

**Resumen.** El objetivo del ensayo fue determinar la distribución del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis bacteriophora* aplicado a través de un sistema de riego por goteo y su desplazamiento en el suelo. Para el ensayo de distribución se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de  $2 \times 2 \times 18$  (72 tratamientos) con cuatro repeticiones por tratamiento (288 unidades experimentales). Se evaluaron dos sistemas de inyección utilizando un venturi y una bomba de motor en condiciones de tubería presurizada con agua a 10 psi y sin presión inicial a 18 diferentes distancias. Al evaluar los sistemas de inyección venturi y bomba de motor no se encontró diferencias significativas en la cantidad de nematodos totales recolectados a las 18 distancias evaluadas. Cuando se compararon los métodos de liberación del nematodo con la tubería presurizada o sin presión se encontró mayor número de nematodos totales/MI en aplicaciones realizadas con la tubería presurizada. Para el ensayo de desplazamiento se evaluaron cuatro profundidades con tres repeticiones usando un diseño completamente al azar. Los nematodos se aplicaron una solución con 37,000 juveniles los cuales se distribuyeron en un área 45 cm lineales para cada repetición. Las muestras de suelo para su recuperación, se tomaron 24 horas después a las profundidades de 0-5, 10-15, 20-25 y 30-35 cm. Los nematodos lograron desplazarse hasta los primeros 15 cm de suelo ( $P \leq 0.05$ ) durante las primeras 24 horas después de la aplicación. La distribución de *Heterorhabditis bacteriophora* a las diferentes distancias del lateral de riego fue homogénea.

**Palabras clave:** Control biológico, conteo de nematodos, textura de suelo.

**Abstract.** The purpose of the experiment was to determine the distribution of the entomopathogenic nematode *Heterorhabditis bacteriophora* applied through a drip irrigation system and its movement on the soil. In the distribution experiment, the test used a completely randomized design (DCA) with a factorial arrangement of  $2 \times 2 \times 18$  (72 treatments) with four reapplications per treatment (288 experimental units). Two injection systems were evaluated, using venturi and a motor jet pump, piping water pressurized at 10 psi and without initial pressure. When comparing venturi injection and engine pumps there were no significant differences in the number of total nematodes collected at eighteen distances. When comparing the two methods of application, pressurized and unpressurized tubing, the number of nematodes/ml found in the pressurized pipe was greater. In the displacement test, which measured the movement, four depths were evaluated with three reapplications using a completely at random design. Nematodes (37000 infective juvenile) were applied into a solution of 1500 ml of water, and then distributed in a 45 cm linear area for each repetition. 24 hours after application, soil samples were taken from each depth, 0-5, 10-15, 20-25, 30-35 cm. The results showed us that the nematode achieved to crawl to the top of 15 cm of soil during the first 24 hours after application.

*Heterorhabditis bacteriophora* distribution at different distances in the drip line was homogeneous. In the pressurized system a greater number of nematodes per ml were found than in the initial unpressurized system.

**Keywords:** Biological control, nematodes count, soil texture.

## CONTENIDO

|  |           |
|--|-----------|
| Portadilla .....                         | i         |
| Página de firmas .....                   | ii        |
| Resumen .....                            | iii       |
| Contenido .....                          | v         |
| Índice de cuadros, figuras y anexos..... | vi        |
| <b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>               | <b>1</b>  |
| <b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>       | <b>3</b>  |
| <b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>     | <b>8</b>  |
| <b>4 CONCLUSIONES.....</b>               | <b>11</b> |
| <b>5 RECOMENDACIONES.....</b>            | <b>12</b> |
| <b>6 LITERATURA CITADA.....</b>          | <b>13</b> |



## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

| Cuadros  | Página |
|--|--------|
| 1. Calicatas con las propiedades físicas del suelo. ....   | 6      |
| 2. Resultado análisis de laboratorio. ....   | 6      |
| 3. Promedios del total de nematodos por ml recolectado en las dieciocho unidades muestreadas, inyectados con bomba de motor y venturi en sistema con y sin presión inicial. .... | 9      |
| 4. Promedios volumen colectado a dieciocho distancias, media de nematodos por mililitro y proporción. ....   | 10     |
| 5. Total de nematodos recuperados a cuatro profundidades diferentes en 80 gramos de suelo, a través del método Baerman modificado. ....  | 10     |

| Figuras  | Página |
|--|--------|
| 1. Componentes del sistema de fertiriego. .... | 4      |
| 2. Distribución unidades de muestreo. ....     | 5      |

## 1. INTRODUCCIÓN

Los nematodos entomopatógenos son aquellos que le provocan una enfermedad a los insectos por lo cual son parásitos naturales de varias especies de insectos. Los géneros más conocidos e investigados son *Steinernema* y *Heterorhabditis* (Nematodo: *Rhabditida*) estos han surgido como excelentes agentes de control biológico para insectos del suelo (Grewal et al. 2005).

El nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* es un entomopatógeno obligado, con un estadio infectivo (J3) en el que las hembras pueden ser hermafroditas o normales, los machos solo se producen en la generación de la fertilización cruzada (Fernández et al. S.f.). Al localizar al hospedante, los nematodos *Heterorhabditis bacteriophora* penetran el cuerpo del insecto hospedero a través de las aperturas naturales (boca, ano y espiráculos), o áreas de cutícula delgada. Una vez dentro de la cavidad corporal, libera la bacteria *Photorhabdus luminescens* del intestino del nematodo la cual se multiplica rápidamente y provoca la muerte rápida al insecto (Weeden et al. S.f.). El movimiento de ellos en suelos a capacidad de campo resulta más fácil que en suelos en condiciones secos o saturados. (Turcios Rivas 2009).

Para la aplicación de los nematodos en campo se ha considerado la aplicación de estos utilizando varios métodos, los cuales pueden ser la aplicación tipo drench a la base de cada planta, la aplicación de cadáveres distribuidos uniformemente a la base de las plantas, aplicaciones a través del sistema de riego por goteo o aspersión. De los nombrados anteriormente, el uso de los sistemas de riego por goteo es el más popular (Grewal et al. 2005).

Estos se han convertido en una herramienta muy útil para muchos agricultores ya que les ha permitido aumentar los rendimientos y la calidad de sus cultivos, mejorando sus ingresos y reduciendo costos de agua, fertilizante, agroquímicos, electricidad y mano de obra. Al ser un riego localizado le proporciona mayor vigor a la planta aplicando el agua y los nutrientes directamente sobre la raíz y evitando mojar las hojas de la planta reduciendo la incidencia de enfermedades del follaje. El sistema de riego por goteo permite la aplicación puntual e inteligente de agua, eliminando por completo el escurrimiento, lavado del suelo y el rocío de agua a las hojas de la planta (Toro Micro-Irrigation 2013 – 2014).

La tecnología utilizada para la inyección de productos en un sistema de riego por goteo varía según la región, en Norte América, la tecnología más común es la bomba

dosificadora para aplicar químicos a través de los sistemas de riego, estas regulan la cantidad a dosificar midiendo la conductividad eléctrica de la solución y regula el pH de la solución. En América Latina, se usan los inyectores de venturi para inyectar los fertilizantes al sistema de riego, estos succionan el fertilizante creando un diferencial de presión. En el Medio Oriente y África del Norte, se usan también bombas dosificadoras, pero contando con mano de obra barata, muchas veces los químicos se aplican a través de sistemas básicos como fumigadoras de mochila (TRAXCO 2012).

El sistema venturi como método de inyección presenta algunos inconvenientes, como puede ser el dato de caudal que proporciona el catálogo por lo general se refiere a agua pura, ciertos abonos líquidos, de mayor densidad dan lugar a caudales menores. La presión necesaria para que opere correctamente el sistema venturi muchas veces no se obtiene, o para obtener esas presiones elevadas se requieren de bombas con gran capacidad (Gaete Vergara, 2001).

El objetivo de este estudio será evaluar la distribución del nematodo (*Heterorhabditis bacteriophora*) utilizando un sistema de riego por goteo. En este ensayo se evaluarán el número de nematodos recolectados en dieciocho distancias del punto de inyección en un sistema de riego con y sin presión inicial. Además se probarán dos equipos de inyección de productos agroquímicos venturi y bomba de motor. En el ensayo de desplazamiento en un tipo de suelo franco arcillo arenoso se evaluará el número de nematodos recolectados de 0-5, 10-15, 20-25, 30-35 cm del suelo después de 24 horas de la aplicación.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó entre los meses de mayo a septiembre del 2013 en las instalaciones del Laboratorio de Control Biológico de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), Zamorano, Honduras. Zamorano está ubicado en el Valle del Río Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán, Honduras, a 30 km del este de la ciudad de Tegucigalpa (14 ° N y 87 °). La altura es de 800 msnm con una temperatura promedio que oscila entre 24 y 25° C y precipitación promedio anual de 1100 mm, distribuida mayormente entre los meses de mayo a noviembre.

**2.1. Ensayo de distribución de nematodos a través de un sistema de riego por goteo.** Para este ensayo se marcó una parcela de 50 × 100 m de ancho y largo, previo al establecimiento de las camas, se adecuó el terreno con una práctica de mecanización convencional (1 pase de arado, 2 de rastra liviana) posteriormente se levantaron 36 camas con un distanciamiento de 1.5 m de centro a centro. En cada cama se realizó una calicata con dimensiones de 50 × 50 × 50 cm (largo, ancho y profundidad) y un distanciamiento de 10 m entre calicatas en camas consecutivas de manera alterna (Figura 2). Luego se procedió a instalar el sistema de riego por goteo.

El sistema de riego por goteo (Figura 1) utilizado para este ensayo se abasteció a través una bomba sumergible instalada en un pozo a 609 metros de distancia. El sistema de riego instalado para esta evaluación consistió de tuberías de PVC SDR 26 de 2 pulgadas y accesorios, válvulas de aire, una batería de filtros de anillos de 120 mesh, inyector venturi ¾ pulgada, bomba de motor, tanque de fertilización (capacidad de 100 L), válvulas de paso de bola, tubo mezclador (Koflow de 2 pulgas de diámetro y 50 cm de largo), manómetros de 60 psi de glicerina, manguera de riego (Aqua-traxx (EAXxx0644), de 6 milésimas de grosor, con gotero incorporado cada 15 cm y una descarga de 3.8 litros por metro por hora), válvula de mariposa al final de la cinta de riego, acoples y conectores, conector de tubin para reparaciones y conector válvula.

Para proporcionar cobertura vegetal y dar condiciones más reales al ensayo se usó el cultivo de camote, la siembra del camote se realizó en campo utilizando como material de propagación esquejes. Para esta actividad se sembraron 12000 esquejes que contenían entre 3- 4 yemas de crecimiento. Cada esqueje se sembró con una inclinación de 30°, y un distanciamiento de 30 cm entre esquejes.



Figura 1. Componentes del sistema de fertiriego.

Se instalaron 36 unidades de muestreo en toda la parcela, una para cada cama, estas fueron ubicadas cada diez metros y las aristas de estas se cruzan paralelamente alternando una cama con otra (Figura 2) de esta forma se garantizó que las muestras obtenidas hayan sido homogéneas y sean representativas para toda el área.

En cada unidad de muestreo se acomodó un espacio para poder pararse y tomar observaciones (el área fue de  $50 \times 50 \times 50$  cm largo  $\times$  ancho  $\times$  profundidad). Para coleccionar las muestras en cada aplicación, se colocó un balde de 30 litros dentro de cada unidad de muestreo y se procedió a coleccionar la descarga de dos goteros de la manguera de riego, durante todo el transcurso de la aplicación.

La aplicación de nematodos fue de una hora para cada tratamiento, durante el cual se inyectó un total de 100 millones de nematodos entomopatógenos por tratamiento que abarcaba un área de 2500 m con 18 camas. El agua capturada en los recipientes de cada unidad experimental se llevó al laboratorio ahí se procedió a homogenizar la mezcla, aforar el contenido y sacar una sub-muestra de 45 ml, una vez obtenida esta sub-muestra se procedió a obtener cuatro muestras de 1 ml de cada sub-muestra para el conteo de nematodos recolectados usando un estereoscopio, cada muestra de 1 ml se sub dividía en 5 gotas para facilitar el conteo. Después de cada aplicación se realizaba un lavado por 15 minutos de la cinta de riego para eliminar los nematodos que pudieron quedarse en el sistema y alterar futuras lecturas.

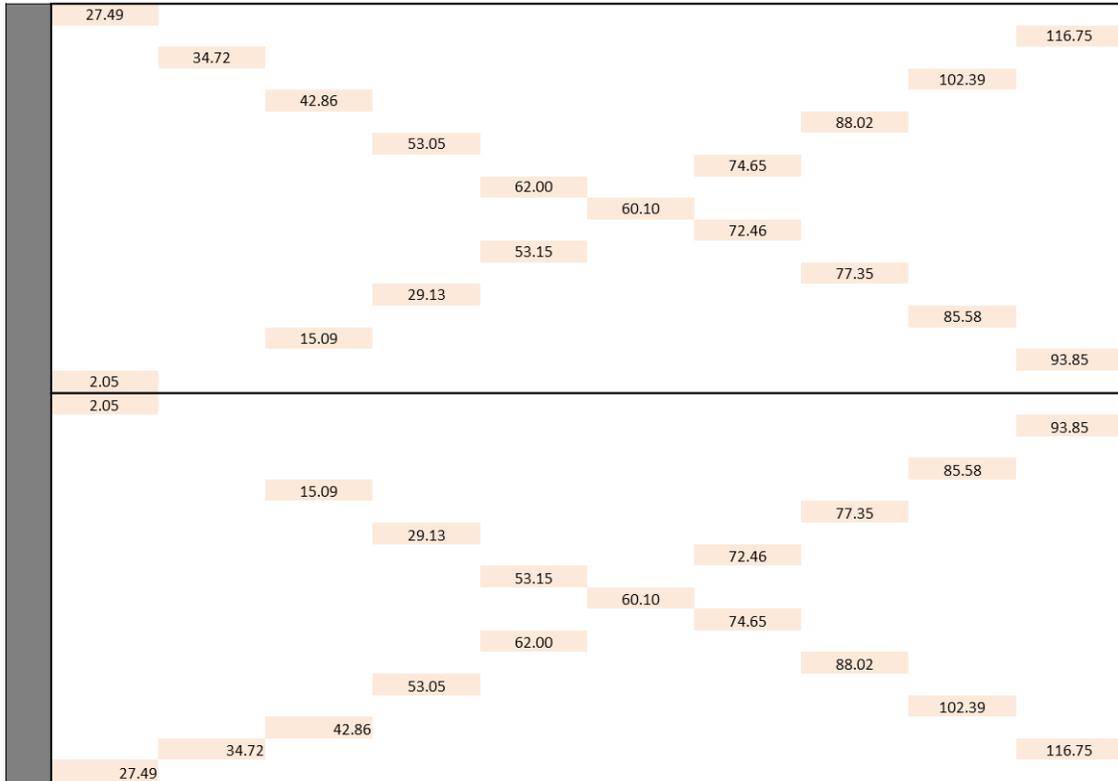


Figura 2. Distribución unidades de muestreo.

### Tratamientos.

- Se inyectaron 100 millones de nematodos entomopatogenos (*Heterorhabditis bacteriophora*), utilizando bomba de motor en un sistema de riego previamente drenado, iniciando la inyección de los nematodos al mismo tiempo que el riego en 18 distancias del punto de inyección.
- Se inyectaron 100 millones de nematodos entomopatogenos (*Heterorhabditis bacteriophora*) utilizando tubos venturi en un sistema de riego previamente drenado, iniciando la inyección al mismo tiempo que el riego en 18 distancias del punto de inyección.
- Se inyectaron 100 millones de nematodos entomopatogenos (*Heterorhabditis bacteriophora*) utilizando bomba de motor en un sistema de riego lleno de agua, iniciando la inyección después de que el sistema alcance una presión de 10 psi en 18 distancias del punto de inyección.
- Se inyectaron 100 millones de nematodos entomopatogenos (*Heterorhabditis bacteriophora*) utilizando tubos venturi, en un sistema de riego lleno de agua, iniciando la inyección después de que el sistema alcance una presión de 10 psi en 18 distancias del punto de inyección.

Las variables de este estudio fueron determinar la cantidad de nematodos en los goteros a diferentes distancias desde el punto de inyección. Con el sistema de riego lleno y con sistema sin presión inicial utilizando dos diferentes métodos de inyección.

Para el estudio del ensayo de distribución se realizó un diseño completamente al azar (DCA), con un arreglo factorial de 2 (métodos de inyección) x 2 (sistema presurizado o drenado) x18 (distancias) para un total de 72 tratamientos con cuatro repeticiones por tratamientos obteniendo 288 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistical Analysis System, 2009 (SAS®), el análisis de las interacciones se realizó mediante un prueba LSMEANS con un  $P \leq 0.05$ .

**2.2. Ensayo del desplazamiento del nematodo entomopatógeno (*Heterorhabditis bacteriophora*) de 0-5, 10-15, 20-25, 30-35 cm en el suelo después de 24 horas de su aplicación.** Se hicieron tres calicatas en camas continuas, en las que no se habían aplicado nematodos anteriormente, además al ser continuas se redujo al máximo la variación en cuanto a las propiedades del suelo, las calicatas que se realizaron presentaban dimensiones de 100 x 50 x 60 cm (largo, ancho y profundidad), y se tomaron muestras de suelo que fueron enviadas al Laboratorio de Suelo y Aguas de Zamorano y obtener las propiedades químicas del suelo.

Para este ensayo la aplicación de nematodos se realizó por medio de una pipeta de 10 ml con la cual se aplicó un volumen de 1500 ml con 37000 nematodos para cada calicata (proporcional de dosis comercial), la cantidad de agua utilizada es la que suministran tres goteros de la manguera de riego utilizados en el sistema anteriormente descrito, la solución de nematodos se aplicó en el transcurso de una hora. El área seleccionada para la aplicación fue de 45 cm sobre el perfil de cada una de las tres calicatas. Se utilizó un barreno Hoffer con el cual se procedió a extraer tres muestras en cada una de las profundidades 24 horas después de haber realizado la aplicación.

Cuadro 1. Calicatas con las propiedades físicas del suelo.

| Horizontes | Prof (cm) | Textura | Estructura |       |       | R.P.<br>(Kg/cm2) | Poros |           |        | Raíces |           |
|------------|-----------|---------|------------|-------|-------|------------------|-------|-----------|--------|--------|-----------|
|            |           |         | Tipo       | Grado | Clase |                  | Tam   | For       | Cant   | Tam    | Cant      |
| Oe         | 0-5       | FArA    | Granular   | debil | fino  | 1                | Todos | Tubulares | muchos | todos  | abundante |
| Ae         | 5-40      | FArA    | Granular   | debil | fino  | 1.5              | Todos | Tubulares | muchos | todos  | abundante |
| Ae         | 40-X      | Ar      | Granular   | debil | fino  | 1.5              | Todos | Tubulares | muchos | N/A    | abundante |

Cuadro 2. Resultado análisis de laboratorio.

| Muestra                                   | Textura                   | %     |      |         | pH<br>(H <sub>2</sub> O) |
|---|---------------------------|-------|------|---------|--------------------------|
|   |                           | Arena | Limo | Arcilla |                          |
| Parcela Experimental Control<br>Biológico | Franco Arcillo<br>Arenoso | 54    | 26   | 20      | 5.73                     |

Laboratorio de Suelos de EAP Zamorano

Las tres muestras obtenidas de cada profundidad se homogenizaban en bandejas plásticas y se tomaba una sub- muestra de cada profundidad, se procedía a llevarlas al laboratorio donde se pesaban 80 gr de suelo para cada profundidad, y se colocaban en embudos para realizar la recuperación de nematodos a través del método Baerman modificado y se completaba el contenido con agua luego se dejaba reposar por un periodo de 48 horas. Una vez obtenida la solución, con la recuperación de nematodos se procedía a extraer tres muestras de 1 ml cada una para el conteo de los nematodos recuperados en el estereoscopio, cada sub-muestra de 1 ml se dividía en cinco gotas de esta manera se facilitaba el proceso de conteo.

### **Tratamientos**

- Se aplicaron 37000 nematodos entomopatogenos (*Heterorhabditis bacteriophora*) y se midió su desplazamiento de 0-5, 10-15, 20-25 y 30-35 cm de profundidad después de 24 horas después de la aplicación.

Para el ensayo de desplazamiento se realizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos (cada profundidad muestreada, 0-5, 10-15, 20-25, 30-35 cm), con 3 repeticiones por tratamiento (cada calicata fue una repetición), obteniendo de esta manera 12 unidades experimentales. Para el análisis estadístico se utilizó el programa Statistical Analysis System, 2009 (SAS®), el análisis de las medias se realizó mediante el método Duncan con un  $P \leq 0.05$ .

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al analizar el total de nematodos descargados a 18 distancias del punto de inyección al finalizar la aplicación de una hora, el número total de nematodos fue igual en todas las unidades muestreadas y entre aplicaciones (Cuadro 3), esto indica que mientras se proporcionen las condiciones adecuadas de funcionamiento del sistema de riego como son presión, largo de camas y mantenimiento, el sistema de riego no debería ser un factor que influya en la correcta distribución de producto aplicado.

Al analizar los dos sistemas de inyección evaluados en nuestro estudio no mostraron diferencia ( $P \leq 0.05$ ) indicando que es indiferente si la aplicación se realiza con el sistema venturi o bomba de motor (Cuadro 3), esto representa una ventaja para productores pequeños debido a que tienen como alternativa el uso de una bomba de motor para inyectar productos en el sistema, ya que un problema que presenta utilizar tubos venturi radica en que la capacidad de la bomba que alimenta nuestro sistema de riego tiene que ser muy grande para generar la diferencia de presión necesaria para que el sistema venturi funcione, además que esta bomba requiere de un mayor costo de inversión.

Los métodos de aplicación tubería presurizada y tubería vacía, podemos observar (Cuadro 3) que el total de nematodos descargados fue mayor en el método de aplicación con tubería presurizada a 10 psi antes de su inyección ( $P \leq 0.05$ ). Esta diferencia se debe a que la cantidad de volumen de agua descargado por cada emisor fue mayor en el sistema presurizado a 10 psi. (Cuadro 4), en ambos métodos la concentración de nematodos por ml se mantuvo igual la diferencia se presentó en la descarga total de agua que fue mayor dado que el sistema presurizado a 10 psi estuvo trabajando en condiciones óptimas durante toda la hora de aplicación a diferencia del sistema vacío donde primero se tiene que establecer la presión ideal de trabajo para que cada emisor funcione de manera óptima.

Cuadro 3. Promedios del total de nematodos por ml recolectado en las dieciocho unidades muestreadas, inyectados con bomba de motor y venturi en sistema con y sin presión inicial.

| Comparativo de Sistema presurizado y drenado |   |   |  |  |
|--|---|---|--|--|
| Distancia<br>(m) ¥                           | Venturi con<br>sistema<br>presurizado<br>(NS) | Bomba con<br>sistema<br>presurizado<br>(NS) | Venturi<br>con<br>sistema<br>drenado<br>(NS) | Bomba<br>con<br>sistema<br>drenado<br>(NS) |
|  | Total A                                       | Total A                                     | Total B                                      | Total B                                    |
| 2.1  | 3.3   | 5.9   | 3.4  | 2.4  |
| 15.1   | 4   | 3.6   | 2.3  | 2.3  |
| 27.5   | 5.1   | 2.2   | 1.6  | 3.7  |
| 29.1   | 2.5   | 2.8   | 3.2  | 3.4  |
| 34.7   | 2.7   | 3.7   | 2.3  | 3.3  |
| 42.9   | 3.5   | 2.5   | 2.7  | 2.9  |
| 53.1   | 3.6   | 4   | 2.5  | 3  |
| 53.2   | 5.2   | 3.1   | 3.3  | 3.3  |
| 60   | 5.2   | 4.3   | 2.3  | 3.8  |
| 62   | 4.3   | 3.8   | 3  | 3.3  |
| 72.5   | 3.5   | 4.3   | 3.7  | 3.8  |
| 74.7   | 3.3   | 4.6   | 3.3  | 3.8  |
| 77.4   | 4.2   | 4.6   | 3.3  | 3.8  |
| 85.6   | 4.9   | 2.7   | 3.3  | 2.5  |
| 88   | 3.8   | 3.3   | 4.2  | 3.9  |
| 93.9   | 4.1   | 4.1   | 4.1  | 3.7  |
| 102.4  | 5.4   | 2.4   | 2.3  | 3.5  |
| 116.8  | 2.8   | 3.1   | 3.7  | 3.7  |

NS: Medias en columnas no difieren estadísticamente (P< 0.05)

¥: Medias en misma columna no difieren estadísticamente (P<0.05)

A-B: Medias en la misma fila con letra distinta son estadísticamente diferentes (P<0.005)

Cuadro 4. Promedios volumen colectado a dieciocho distancias, media de nematodos por mililitro y proporción.

| Sistema     | Volumen Promedio | Proporción   |        |
|-------------|------------------|--------------|--------|
|             | (mL)             | Media (n/mL) | (mL)   |
| Presurizado | 918              | 3.79         | 0.0041 |
| Drenado     | 688              | 3.15         | 0.0046 |

Para el ensayo de medición del desplazamiento del nematodo entomopatógeno (*Heterorhabditis bacteriophora*) de 0-5, 10-15, 20-25 y 30-35 cm del perfil del suelo a las 24 horas después de realizar la aplicación, los resultados obtenidos para las tres repeticiones (3 calicatas) no se encontró diferencias significativas en la cantidad de nematodos recolectadas en cuatro diferentes profundidades al analizarla mediante el método Duncan ( $P \geq 0.05$ ).

Todas las muestras de suelo fueron colectadas 24 horas después de la aplicación, los tratamientos de 20-25 y 30-35 cm de profundidad no se encontraron nematodos por lo que no se incluyeron los datos obtenidos en el análisis estadístico, esto pudo haber ocurrido por la falta de alguna motivación para inducir el movimiento del nematodo como pueden ser larvas de *Galleria mellonella* u otras larvas del suelo (Turcios Rivas, 2009).

A profundidades de 0-5 y de 10-15 la cantidad total de nematodos recuperados en 80 gramos de suelo fue igual estadísticamente (Cuadro 5). El nematodo logra desplazarse de manera homogénea en el suelo hasta los 15 cm después de 24 horas de haber sido aplicado. Esto comprueba resultados presentados por Turcios Rivas, 2009, en el que reportan desplazamiento del nematodo en laboratorio hasta los 14 cm de profundidad después de 24 horas de la aplicación.

Cuadro 5. Total de nematodos recuperados a cuatro profundidades diferentes en 80 gramos de suelo, a través del método Baerman modificado.

| Profundidad (cm) | Desplazamiento de nematodos en 24 horas |    |    |
|------------------|---|----|----|
|                  | Calicatas ¥                             |    |    |
|                  | 1                                       | 2  | 3  |
| 0-5              | 80                                      | 40 | 53 |
| 10-15            | 40                                      | 27 | 27 |
| 20-25            | 0                                       | 0  | 0  |
| 30-35            | 0                                       | 0  | 0  |

$P \geq 0.05$ , ¥ Valores no presentan diferencias significativas

## 4. CONCLUSIONES

Para el ensayo de distribución se concluye que:

- La distribución de *Hererorhabditis bacteriophora* en las dieciocho unidades de muestreo fue homogénea al transcurrir una hora de riego.
- Los métodos de inyección venturi y bomba de motor no muestran diferencia en el total de nematodos colectados en cada muestra.
- Se obtuvo mayor número de nematodos totales colectados al finalizar una hora de riego en las aplicaciones con sistema presurizado a 10 psi. en comparación a las aplicaciones realizadas con el sistema drenado.

Ensayo de desplazamiento.

- El nematodo entomopatógeno logró desplazarse en el suelo hasta los 15 cm de profundidad. Las condiciones de suelo bajo las que se realizó este estudio fueron óptimas para que el nematodo logre profundizar en el suelo, sin la necesidad de estímulos externos como larvas de *Galleria mellonella*, *Phyllophaga sp.*
- El estudio muestra que el nematodo no se desplaza a profundidades mayores de 15 cm a las 24 horas de ser aplicado en el suelo, porque el tiempo de muestreo fue muy corto para la velocidad de movimiento del nematodo ya que bajo condiciones de laboratorio por Turcios Rivas en el 2009 muestra que a medida que pasa el tiempo el tiempo el nematodo se desplaza a mayor profundidad en el suelo.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Realizar las aplicaciones en sistemas de riego por goteo una vez estabilizada la presión recomendada por el fabricante. Esto nos dará como resultado una mayor descarga del producto que estemos aplicando a través del sistema de riego, evitando que este quede atrapado en el sistema.
- Realizar estudios en campo de desplazamiento del nematodo en diferentes texturas de suelos para observar su comportamiento. Tomar en cuenta la profundidad a la que queremos que llegue el producto aplicado a través del riego por goteo para establecer las muestras de suelo a extraer.
- Repetir el ensayo en época seca para poder evaluar el desplazamiento del nematodo por más tiempo.

## 6. LITERATURA CITADA

Arévalo, G; Gauggel C. 2013. Curso de manejo de suelos y nutrición vegetal tercer año, manual de prácticas. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, Unidad de suelos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 90 p.

Arévalo, G; Gauggel C. 2013. Manual de laboratorio de ciencia de suelos y aguas. Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria, Unidad de suelos, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 107 p.

Fernández, E; Arteaga, E; Pérez, M. s.f. Utilización de los nematodos entomopatogenos en el control de plagas agrícolas. Laboratorio de nematología INISAV. Cuba (en línea). Consultado 12 de septiembre del 2013.

Disponible

<http://www.aguascalientes.gob.mx/codagea/produce/NEMA-ENT.htm>

Gaete Vergara. 2001. Manual de diseño de sistemas de riego tecnificado. Universidad de Talca, Chile. 220p.

Grewal, P.S, Shapiro-Ilan, DI, Ehlers, R-U. (ES). 2005. Nematodes as Bio control Agents. CAB International, Wallingford, UK, 503 p.

Kaya, H. 1993. Contemporary issues in biological control with entomopathogenic nematodes. Food and Fertilizer Technology Center. Taipei, Republic of China on Taiwan. Extension Bulletin N° 375. 13 p.

Lardizábal, R.D. y Medlicott, A.P. 2010. Compendio de manuales de producción de frutas y hortalizas. 460 p.

Toro Micro-Irrigation, Catálogo de productos 2013 – 2014, The Toro Company 2013, Micro-Irrigation Business, USA 140 p. Consultado 23 de septiembre del 2013. Disponible en:

<http://www.Toro.com>

<http://www.driptips.toro.com>

TRAXCO, 2012. Bombas dosificadoras, TRAXCO S.A. 2012, Zaragoza, España. Consultado: 06 de octubre del 2013. Disponible en: <http://www.traxco.es/blog/maquinaria-agricola/bombas-dosificadoras>

Turcios, E. 2009. Evaluación del movimiento del nematodo *Heterorhabditis bacteriophora* y su capacidad infectiva bajo condiciones controladas de humedad y tres texturas de suelo. Proyecto especial de graduación para el programa de Ingeniero Agrónomo en Ciencia y Producción Agropecuaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano 16 p.

SAS. 2000. User Guide for SAS, Version 6. Statistical Analysis System, Inc., Cary, North Carolina, USA. 329 p.

Weeden, C.R; Shelton, A.N; s.f. Hoffman, M.P. Bio control: A Guide to Natural Enemies in North America (en línea). Consultado 12 de septiembre del 2013.

Disponible en: <http://www.nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol>