

EFICIENCIA DE LOS NEMATICIDAS DE ORIGEN BIOLÓGICOS APLICADOS EN DOS FRECUENCIAS PARA EL CONTROL DEL NEMATODO NUDO DE LA RAÍZ (*Meloidogyne sp*) EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon esculentum*) EN SANTO DOMINGO DE LOS TSACHILAS, 2009.

Luis Gusqui Vilema¹, Víctor Oña², Cesar Huisha³ y Roberto Lasso⁴

¹ Universidad Tecnológica Equinoccial- Santo Domingo Correo electrónico: lgusqui@ute.edu.ec

RESUMEN

El presente proyecto, se realizó en la Granja Experimental de la Universidad Tecnológica Equinoccial en el Km 4 ½ de la vía Chone, cuyo principal problema en las zonas productoras de esta hortaliza, en Santo Domingo de los Tsáchilas, es el ataque severo de nematodos, debido a la falta de conocimiento para el manejo adecuado de esta plaga, haciendo uso indiscriminado de nematicidas químicos sistémicos para combatir esta enfermedad, provocando daños severos a la salud de los agricultores y por ende al medio ambiente. Con la presente investigación busca mejorar la producción de tomate riñón, con nuevas alternativas como es el control biológico, ofreciendo ciertas ventajas al agricultor sobre otras prácticas que normalmente están acostumbrados a utilizar. Entre las ventajas que nos ofrece este tipo de control, es cuando el biocontrolador puede persistir por un largo periodo de tiempo en el suelo y combatir paulatinamente a la plaga durante el desarrollo del cultivo. Por lo tanto se utilizó tres microorganismos biocontroladores como: *Paecilomyces lilacinus* (Nemakill); *Pseudomonas cepacia* (Intercept); y una mezcla de *Paecilomyces lilacinus* mas *Trichoderma harzianum* (Nemakill-Trikofun) y un producto de origen botánico *Azadirachtina* (Nematron), adicionando un tratamiento con materia orgánica (Humus), un químico Carbofuran (Furadan 10G) y un testigo absoluto. La evaluación principal fue determinar la eficiencia de los productos ecológicos durante su frecuencia de aplicación en el control del nematodo de agallas durante la investigación. La evaluación se realizó en las diferentes etapas del cultivo a partir del trasplante, empezando con un análisis inicial de nematodos de suelo, identificando la población de *Meloidogyne sp*, la población del nematodo se estableció determinando el incremento de la población del nematodo en cada tratamiento, para lo cual se cuantifico la población de nematodos en la raíz de la planta, al inicio y al final del experimento, determinado la curva de incremento de la población de acuerdo a las frecuencias de aplicación de los productos ecológicos en las diferentes etapas del cultivo, para su respectivo control y su influencia en el rendimiento en producción del tomate riñón. El diseño implementado para el proyecto consistió en un Arreglo Factorial A x B + N (4 x 2 +3) implementado en Diseño de Bloques Completamente al Azar, con cuatro repeticiones y once tratamientos, el análisis de medias se realizó mediante la prueba de Tukey al 5% y además se efectuó comparaciones ortogonales de los factores de estudios (Nematicidas, Frecuencias de Aplicación). Los resultados obtenidos nos permite comprobar que el nematodo *Meloidogyne sp*, constituye una plaga importante del tomate

riñón a campo abierto, en las principales zonas tomateras de Santo Domingo. La aplicación de *Paecilomyces lilacinus* (Nemakill) tiende a reducir paulatinamente la población del nematodo de agallas (*Meloidogyne sp*), con dos frecuencias de aplicación, con un 96,23% de eficiencia en el control de esta plaga, pretendiendo de esta manera reducir al mínimo el control químico y desarrollar un sistema de manejo integrado.

INTRODUCCION

Una de las limitantes para la producción en el sector agrícola de los trópicos son los nematodos del género *Meloidogyne sp*, que es un microorganismo endoparásito de las raíces. Existiendo varias especies, siendo las más importantes *Meloidogyne incognita*, *M. javanica*, *M. hapla* y *M. arenaria* (Fernández, E. 1992). El cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*) es muy susceptible al ataque de nematodos, los que a menudo causan un alto porcentaje de pérdidas en la cosecha y por ende provoca detrimentos económicos. A la especie de nematodo que por sus características patogénicas y epifíticas, se le ha considerado como uno de los más importantes, es el nematodo *Meloidogyne sp*, el mismo que se encuentra ampliamente distribuido en el mundo. Actualmente la alternativa de control comúnmente utilizada es el uso de nematicidas químicos, que en los últimos tiempos se ha ido mermando a consecuencia de los riesgos, que estos ocasionan a los agricultores y la sociedad, e inclusive alterando al ecosistema del medio ambiente. Estos grandes problemas nos han inculcado a buscar alternativas de solución a este problema, encontrando como una alternativa el control biológico, para el manejo de poblaciones de nematodos a través de mecanismos tales como parasitismo, depredación, competencia y antibiosis. Siendo importante comprender que la antibiosis es un proceso que produce la inhibición o destrucción de un organismo por un producto metabólico de otro. La competencia como el esfuerzo de dos o más organismos a obtener el área o los nutrientes necesarios para desarrollar. El parasitismo o depredación, donde un organismo se alimenta o vive a expensas de otro. (Cook y Baker, 1983). El desarrollo de poblaciones y las actividades de los fitonematodos en el suelo están limitados por organismos antagónicos. Algunas especies bacterianas (*Pseudomonas cepacia*, *Pasteuria penetrans*) y de otros procariontes son parásitos obligados de nematodos que pueden matar o inhibir a los nematodos por medio de la producción de toxinas, metabolitos o fermentos que destruyen los huevos u otras formas del ciclo de vida de los nematodos. Los hongos atrapadores de nematodos, como ciertas especies de *Arthrobotrys*, *Catenaria* y *Oligospora*, forman estructuras miceliales con las que pueden inmovilizar y destruir nematodos. Existen también hongos que invaden el cuerpo de los nematodos y forman endosporas dentro de ellos (*Myzocytiium spp*, *Haptoglossa spp*). Otras especies fungosas (*Gliocladium spp*, *Paecilomyces spp* y *Verticillium spp*) penetran y destruyen huevos, hembras o quistes de nematodos (<http://brokert10.fcla.edu>). En base a las referencias mencionados, el objetivo de la investigación fue determinar el producto más eficiente y rentable en el control del nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne sp*), en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*), para lo cual fue preciso evaluar la eficiencia de los productos nematicidas de

diferente naturaleza, e identificar la frecuencia adecuada para la aplicación en el control del nematodo nudo de la raíz y determinar la curva de incremento de población del nematodo *Meloidogyne sp.*, en los diferentes tratamientos, sustentando bajo un análisis económico.

MATERIALES Y METODOS

El presente proyecto de investigación se llevo a cabo en la Granja Experimental de la Escuela de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Tecnológica Equinoccial, Campus Arturo Ruiz Mora, en el Km 4 ½ de la vía Chone; a 522 msnm, con una temperatura media anual de 23,5 °C y una precipitación de 2779,6 mm año⁻¹, y una humedad relativa del 86 %, la zona de vida se clasifica como Bosque Húmedo Tropical (HOLDRIDGE, 1978), con una latitud 00° 16' Sur y Longitud 79° 12' Oeste, (DAC, 2008). El diseño estadístico utilizado es de Bloques Completos Al azar, con un Arreglo Bifactorial A x B +N (4x2+3) con cuatro repeticiones, obteniendo un total de 44 unidades experimentales.

Tabla 1. Dosis y frecuencias de aplicación de nematicidas ecológicos en el control de Nematodos en tomate riñón, UTE – Santo Domingo, 2008.

Nº	Tratamiento	Dosis	Frecuencia
T1	<i>Paecilomyces lilacinus</i> (NemaKill)	5 mL ⁻¹	1
T2	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	5 mL ⁻¹	2
T3	<i>Pseudomonas cepacia</i> (Intercep)	2 mL ⁻¹	1
T4	<i>Pseudomonas cepacia</i>	2 mL ⁻¹	2
T5	Azadirachtina (Neem)	5 mL ⁻¹	1
T6	Azadirachtina	5 mL ⁻¹	2
T7	<i>Paeci. Lilac</i> + <i>Trichod. Harz.</i> (Nem-Trikof)	5 mL ⁻¹	1
T8	<i>Paeci. Lilac</i> + <i>Trichod. Harz</i>	5 mL ⁻¹	2
T9	Carbofuran	2,5 g/m ²	1
T10	Humus de lombriz	50 gpl ⁻¹	1
T11	Testigo absoluto	-----	---

El ensayo se sembró el 13 de Julio del 2009, bajo el sistema de siembra de trasplante, utilizando 1800 plantas de tomate riñón de la Variedad Florade. La rotación anterior fue ají tabasco. Todas las plantas recibieron una fertilización de base con 20 gpl⁻¹ de 10-30-10 a la siembra. Luego de la siembra a los 15 días se realizó controles preventivos de enfermedades utilizando fungicida-bactericida Kocide 2000 en una dosis de 5 gL⁻¹ de agua, Daconil (5 ccL⁻¹), conjuntamente con foliares como el Nitrofoska, Kristalón, Nitrocell para desarrollo con una dosis de 5 gL⁻¹ de agua, cada 15 días, mediante aplicaciones foliares, luego se utilizó productos sistémicos como el Ridomil gold (2,5 gL⁻¹), Score (2 ccL⁻¹), Carbendazin (1 ccL⁻¹), Kasumin (2 ccL⁻¹), Cekudazin (1 gL⁻¹), Phytón (1 ccL⁻¹) y para el control de insectos se utilizaron la Cipermetrina (1 ccL⁻¹),

Actara ($0,5 \text{ gL}^{-1}$), mediante aspersiones foliares especialmente en las horas de la tarde, conjuntamente con un Fijador Sulfare($0,5 \text{ ccL}^{-1}$).

Los nematicidas ecológicos se aplicaron en el vivero a los 8 días de la germinación y 15 días posteriores al trasplante, el tratamiento químico y el humus al momento del trasplante, conjuntamente con el fertilizante. Se efectuó un muestreo de suelo inicial para determinar la población nematológica inicial, luego de los 30 días del trasplante se ejecutaron muestreos de raíces, para luego continuar cada 30 días, durante el desarrollo del cultivo. Al final de la cosecha se recolecto muestras de suelos y raíces para determinar la eficiencia de los productos con sus frecuencias de aplicación y poder establecer la curva de incremento poblacional de nematodos. Para el estudio de resultados se realizaron análisis de varianza, prueba de significación de Tukey al 5% para comparar medias y sus respectivas comparaciones ortogonales de los factores de estudios (Nematicidas, Frecuencias de Aplicación).



Foto 1. Plantación de Tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*), UTE – Santo Domingo

RESULTADOS Y DISCUSION

Incremento poblacional a nivel radical (*Meloidogyne sp*)

En el ADEVA para el incremento poblacional a nivel radicular a los 30 días se observa diferencias estadísticas significativas para los tratamientos y las comparaciones ortogonales que verifican la diferencia entre humus de lombriz y el testigo absoluto, mientras que a los 60 días presenta una alta significancia para los tratamientos, para las comparaciones ortogonales entre el Carbofuran vs humus de lombriz - el testigo absoluto, y humus de lombriz contra testigo absoluto, en tanto que presenta significancia para los biocontroladores. A los 120 días el incremento poblacional se observa diferencias estadísticas altamente significativas para tratamientos, frecuencias de aplicación, para las comparaciones ortogonales testigos contra factores, testigo químico vs humus de lombriz y testigo absoluto y humus de lombriz vs testigo absoluto. También se observa diferencia estadística significativa para los biocontroladores y para

la interacción biocontroladores vs frecuencias de aplicación. Se reportaron significancia estadística entonces se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la nula. Los coeficientes de variación en las diferentes etapas del cultivo fueron: 31,91 %, 29,05 % y 40,85 %, que nos indica confiabilidad en la experimentación (Cuadro 1).

Cuadro 1: Análisis estadístico del incremento poblacional de nematodos a nivel radical del tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*).

F de V.	g.l.	Incremento poblacional de <i>Meloidogyne sp.</i>					
		30 días		60 días		120 días	
Tratamiento	10	2,23	*	5,26	**	10,91	**
Factor A	3	0,66	ns	3,09	*	3,71	*
Factor B	1	0,21	ns	1,69	ns	8,04	**
Factor AB	3	0,23	ns	1,38	ns	3,33	*
Testigos vs. Factores	1	0,11	ns	3,19	ns	28,27	**
Test1 vs. Test2, Test3	1	13,46	**	14,88	**	36,46	**
Test2 vs. Test3	1	5,88	*	19,42	**	15,20	**
Repetición	3	1,80	ns	0,88	ns	1,39	ns
Error Exp.	30						
C.V. (%)		31,91		29,05		40,85	

Incremento poblacional a nivel edáfico (*Meloidogyne sp.*)

En el Cuadro 2 se refleja la tabulación de los datos a partir de la población final de nematodos en el suelo; que describe alta significancia entre los tratamientos y las comparaciones ortogonales que verifican la diferencia entre los factores en estudio (Nematicidas orgánicos y frecuencias de aplicación) contra los testigos controladores dentro de la evaluación, de igual forma las divergencias estadísticas entre ellos. El coeficiente de variación es del 70,85 % que es aceptable dentro de los parámetros obtenidos. En el hábitat natural del nematodo *Meloidogyne sp.*, con el uso de nematicidas biológicos de acuerdo a la investigación, controla las poblaciones de nematodos, permitiendo un óptimo desarrollo del cultivo y manteniendo a estos fitoparásitos bajo el umbral económico.

Cuadro 2: Análisis estadístico del incremento poblacional de nematodos a nivel edáfico del tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*).

F de V.	g.l.	SC	CM	F cal	
Total	43	2838,34			
Tratamiento	10	1263,71	126,37	2,95	*
Factor A	3	246,046	82,02	1,92	ns
Factor B	1	10,09	10,09	0,24	ns
Factor AB	3	91,33	30,44	0,71	ns
Testigos vs. Factores	1	333,69	333,69	7,80	**
Test1 vs. Test2, Test3	1	258,20	258,20	6,04	*
Test2 vs. Test3	1	324,36	324,36	7,58	**
Repetición	3	291,40	97,13	2,27	ns
Error Exp.	30	1283,22	42,8		
C.V. (%)		70,85			

Curvas de incremento poblacional de *Meloidogyne sp.*

En el Grafico 1 se observa el comportamiento de nematodo *Meloidogyne sp*, durante la evaluación en los diferentes tratamientos. El efecto de los nematicidas orgánicos se puede diferenciar en su comparación con los testigos: químico (T9 Carbofuran) y Orgánico (T10 Humus) que mantienen poblaciones intermedias de estos fitoparásitos en relación con T11 (Testigo absoluto) que presento un desarrollo descontrolado en el suelo y las raíces de las plantas de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*). El empleo de diversos métodos de control biológico para disminuir las colonias de nematodo agallador es a largo plazo con beneficio directo sobre el ambiente.

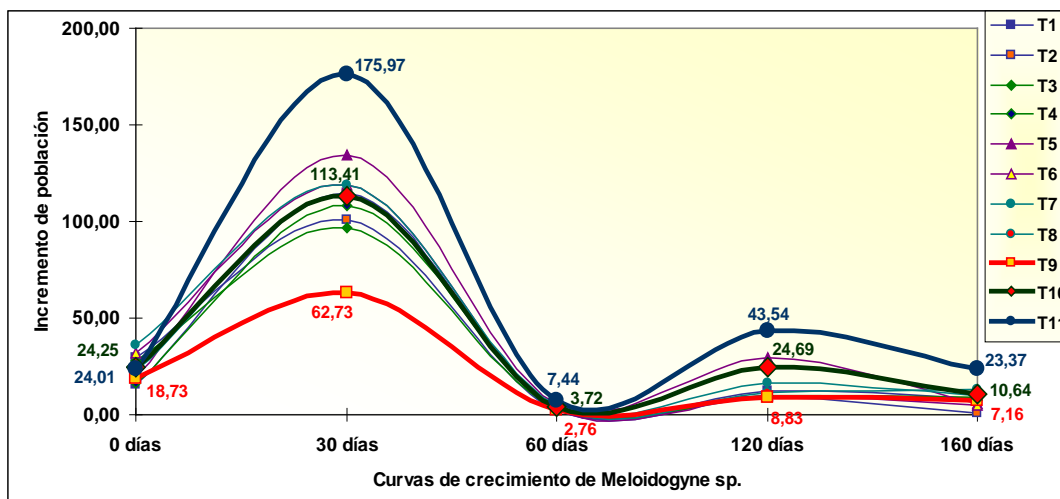


Grafico 1: Curvas de incremento poblacional de nematodo *Meloidogyne sp* en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*).

Eficiencia de nematicidas

La eficiencia de los nematicidas aplicados dentro de esta investigación se midió en base a formulaciones basadas en el monitoreo de las poblaciones inicial y final de nematodos, presentes en la parte edáfica ($e (%) = (1 - P_i / P_f) \times 100$). Los resultados tabulados se pueden observar en el Grafico 2, en el cual los tratamientos con nematicidas de origen biológico, que presentaron los mejores rangos de eficiencia fueron: T2 (Nemakill, dos frecuencias de aplicación) con 96,23 %, lo que concuerda con (Eguiguren, 1983) quien señala que *Paecilomyces lilacinus* tiene inconvenientes de su producción, costo y aplicación, pero que en condiciones optimas parasita principalmente huevos y hembras adultas de *Meloidogyne sp*, reduciendo de 80 a 90% la población, llevando a cabo un estudio en el cual concluye que a mayor densidad de *Paecilomyces lilacinus* existe menos población del nematodo, T6 (Neem, dos frecuencias de aplicación) 84,21 %, T5 (Neem, una frecuencia de aplicación) de 72,60 %, T7 (Nemakill-Trikofum, una frecuencia de aplicación) 71,76 % y T3 (Intercept, una frecuencia de aplicación) que tuvo 68,32 % de incidencia sobre el nematodo *Meloidogyne sp*. Son superiores en vigencia al testigo químico T9 (Carbofuran) que reporto un efecto de 61,75 %. Esto determina el efecto positivo de productos de origen orgánico en comparación con productos convencionales. Los nematicidas de origen biológico mostraron efectos graduales sobre el nematodo nudo de raíz que produce graves daños en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*).

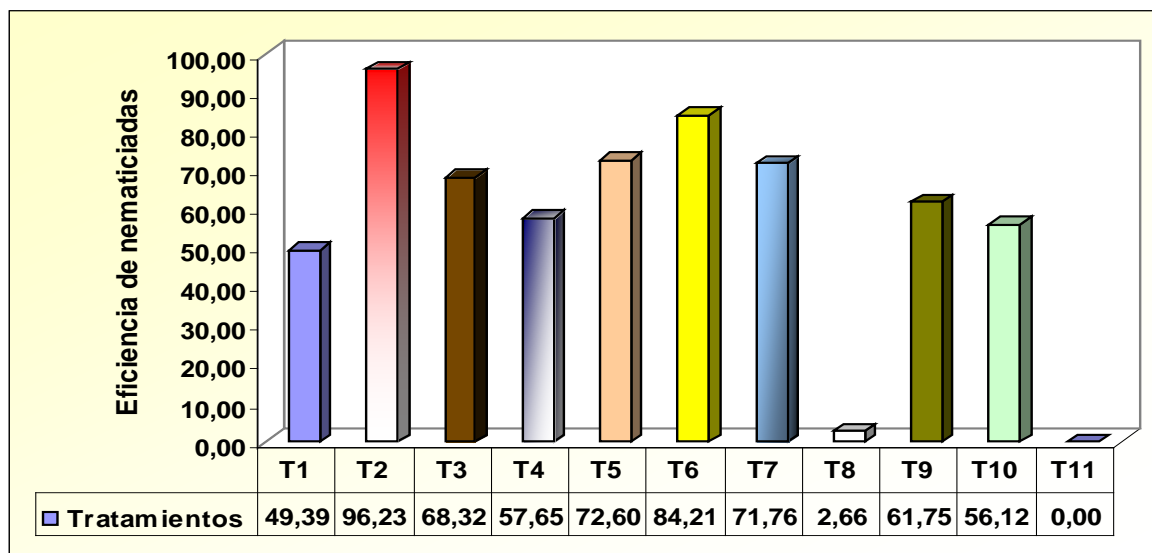


Grafico 2: Eficiencia de nematicidas por tratamientos

Rendimiento de fruto

La influencia de los nematicidas de origen biológico, marcaron una tendencia benéfica sobre el rendimiento del cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*). De acuerdo con el análisis de varianza aplicado a la producción reporto: alta significancia estadística para los tratamientos,

los nematicidas (Factor A) y significancia en las frecuencias de aplicación (Factor B). Ciertos datos no cumplían las suposiciones de independencia y normalidad estadística por lo que fueron sometidas a transformación de raíz cuadrada ($\sqrt{x+}$) antes de proceder con el ADEVA. Las comparaciones ortogonales realizadas entre los Factores en estudio y los testigos del experimento se presentó altamente significativo, al igual que la correlación del testigo químico (T9 Furadan) vs. El testigo orgánico (T10 Humus) y absoluto (T11). Que demuestra la incidencia de los nematicidas de origen biológico sobre las poblaciones de nematodo agallador de raíces, similar a la acción del producto convencional evaluado durante la investigación. Se maneja un Coeficiente de Variación de 22,48 % que nos indica confiabilidad en la experimentación, dichos resultados están representados en el Cuadro 3.

Cuadro 3: Análisis estadístico del rendimiento en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*).

F de V.	g.l.	SC	CM	F cal	
Total	43	14614,00			
Tratamiento	10	10742,30	1074,23	8,42	**
Factor A	3	3457,032	1152,34	9,03	**
Factor B	1	766,42	766,42	6,01	*
Factor AB	3	522,95	174,32	1,37	ns
Testigos vs. Factores	1	2715,76	2715,76	21,29	**
Test1 vs. Test2, Test3	1	3257,26	3257,26	25,54	**
Test2 vs. Test3	1	22,87	22,87	0,18	ns
Repetición	3	45,06	15,02	0,12	ns
Error Exp.	30	3826,64	127,6		
C.V. (%)		22,48			

Los resultados expuestos en el Grafico 3; ubican al tratamiento T2 (Nemakill, dos frecuencias de aplicación) con un rendimiento de 6142,4 gramos, en el primer rango de significancia según Tukey al 5% de probabilidad. Mientras que las unidades experimentales compuestas por T10 (Testigo orgánico-Humus) con 811,8 gramos y T11 (Testigo absoluto) con 610 gramos de peso en frutos, son inferiores al resto de tratamientos. Esto fue determinante en cuanto a la incidencia de nematodos de raíz, presentes a lo largo del cultivo y su preponderancia en el rendimiento, equivalente al control por parte de los nematicidas de origen biológico.

Comportamiento del parasitismo (*Meloidogyne sp*) en el cultivo de tomate riñón

El nematodo *Meloidogyne sp* durante la investigación y su comportamiento en el ambiente natural fue manejado bajo tres controles testigos: T9 (Testigo Químico-Carbofuran) en el que se realizó la regulación del incremento poblacional con el uso de un producto convencional, T10 (Testigo Orgánico-Humus), el uso de materia orgánica que evite latencia desmedida de los

nematodos y T11 (Testigo Absoluto), los fitoparásitos en esta unidad experimental se monitoreo sus fluctuaciones sobre el cultivo. Ellos se utilizaron en la comparación con los nematicidas de origen biológico para determinar su efectividad y la justificación de la hipótesis alternativa planteada en este experimento. Los resultados son expuestos en los siguientes gráficos 17, 18 de forma esquemática donde se comparo con T2 (Nemakill, dos frecuencias de aplicación).

Gráfico 17: Incremento poblacional de *Meloidogyne sp.*, de Testigos Control vs. T2 (Nemakill, dos frecuencias de aplicación).

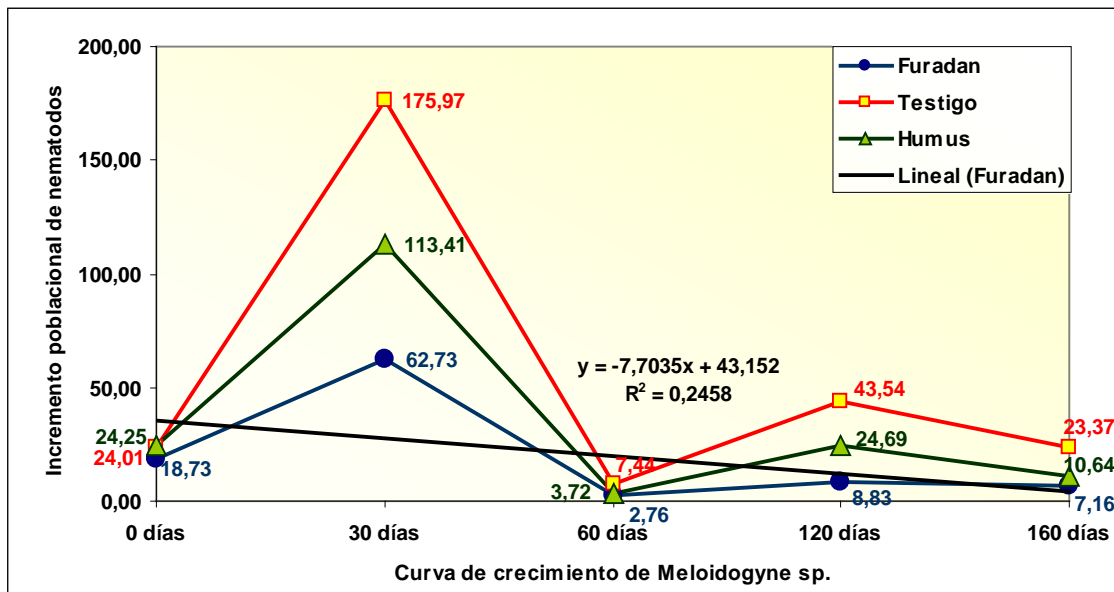
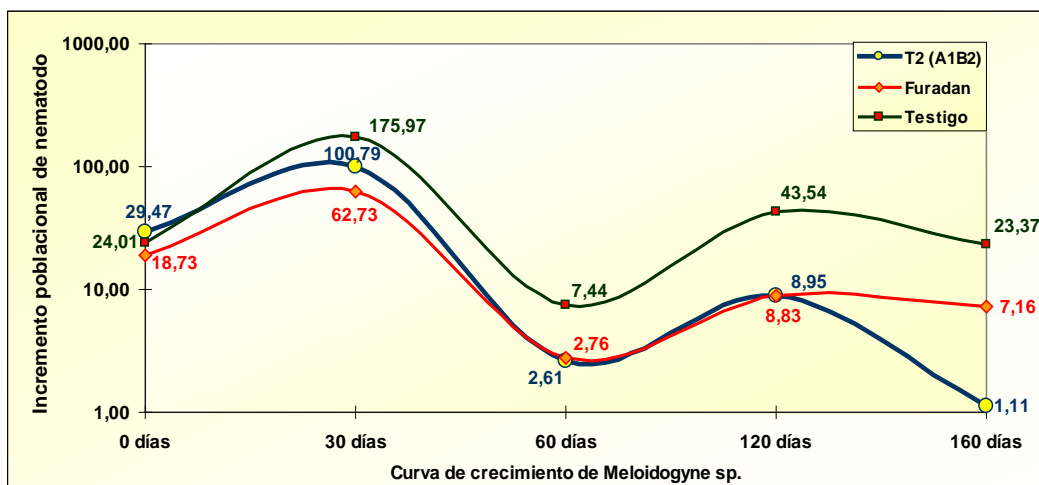


Gráfico 18: Incremento poblacional de *Meloidogyne sp.*, de Testigos Control en el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicum esculentum*).



BIBLIOGRAFIA

- Cook, R y Baker, K. 1983. The nature and practice of biological control of plant pathogens. APS Press: St. Paul, Minnesota, U.S.A.
- Eguiguren, R. 1983. Avance de investigación sobre el género *Meloidogyne sp* en el Ecuador. In Research and planning Conference on Root – Knot nematodes, *Meloidogyne sp*- Lima (Per): CIP. 66-90-93p
- Fernández, E. 1992. Algunos aspectos de la Lucha Biológica contra nematodos, INISAV, 2p.
- Iniap. 1982. Informe Anual de Actividades de Fitopatología. Quito, Est. Exp. "Santa Catalina". 26-29p.
- Revelo, J. 1979. Influencia de dos niveles de riego, fertilización y control químico sobre la dinámica de la población de *Meloidogyne incognita* Chitwood, en dos variedades de tomate riñón. Tesis Ing. Agr. Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 83.
- Sica. 2000. Perfil del Tomate Riñón. Disponible en: http://www.sica.gov.ec/tomate_mag.pdf
- Suquilanda, M. 1995. Manejo ecológico de insectos plaga y enfermedades de los cultivos. Quito. Ecuador. FUNDAGRO. 24-27p.