

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMÍA



**“PRODUCTOS QUÍMICOS ALTERNATIVOS E INGREDIENTES
ACTIVOS COMERCIALMENTE NUEVOS PARA EL CONTROL
DE *Meloidogyne incognita* EN TOMATE EN INVERNADERO”**

Presentado por:

LUIS ALEJANDRO SAIRE QUISPE

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Lima-Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

LA MOLINA

FACULTAD DE AGRONOMIA

**“PRODUCTOS QUÍMICOS ALTERNATIVOS E INGREDIENTES ACTIVOS
COMERCIALMENTE NUEVOS PARA EL CONTROL DE *Meloidogyne*
incognita EN TOMATE EN INVERNADERO”**

**TESIS PARA OBTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado por:

LUIS ALEJANDRO SAIRE QUISPE

Sustentada y aprobada por el siguiente jurado:

Ing. M.S. Andrés Casas Díaz
PRESIDENTE

Ing. Ángel Alfonso Palomo Herrera
ASESOR

Ing. Mg. Sc. Walter Apaza Tapia
MIEMBRO

Ing. Mg. Sc. Jorge Castillo Valiente
MIEMBRO

Lima-Perú

2017

ÍNDICE GENERAL

| | Página |
|--|--------|
| I. RESUMEN..... | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN..... | 2 |
| III. OBJETIVOS..... | 5 |
| IV. REVISIÓN DE LITERATURA..... | 6 |
| 4.1. <i>Meloidogyne</i> sp | 6 |
| 4.2. UBICACIÓN TAXONÓMICA..... | 6 |
| 4.3. CICLO DE VIDA..... | 6 |
| 4.4. FORMA DE REPRODUCCIÓN..... | 8 |
| 4.5. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL NEMATODO..... | 9 |
| 4.6. SINTOMATOLOGÍA..... | 11 |
| 4.7. ALGUNOS PRODUCTOS COMERCIALES EN EL MERCADO PERUANO..... | 12 |
| 4.7.1. OXAMYL..... | 12 |
| 4.7.2. HUNTER..... | 13 |
| 4.8. OTROS PRODUCTOS ALTERNATIVOS NUEVOS PARA EL MERCADO PERUANO..... | 13 |
| 4.8.1. FOSTHIAZATE (NEMATHORIN)..... | 13 |
| 4.8.2. FLUOPYRAM (VERANGO) | 14 |
| 4.8.3. ABAMECTINA (VERTIMEC)..... | 14 |
| 4.8.4. ABAMECTINA+THIAMETHOXAN(SOLVIGO)..... | 15 |
| 4.8.5. ACEITE DE GERANIOL..... | 15 |
| 4.9. INGREDIENTES ACTIVOS COMERCIALMENTE NUEVOS PARA EL CONTROL DE MELOIDOGYNE..... | 16 |
| 4.9.1. CARBENDAZIM..... | 16 |
| 4.9.2. TEBUCONAZOLE..... | 17 |
| 4.9.3. AZOXYSTROBIN..... | 18 |
| V. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 19 |
| 5.1. ENSAYO EN LABORATORIO..... | 19 |
| 5.1.1. PRUEBA DE MASAS DE HUEVOS DE <i>Meloidogyne incognita</i>...20 | |
| 5.1.2. PRUEBA DE HUEVOS LIBRES DE <i>Meloidogyne incognita</i>.....21 | |

| | | |
|--------|---|----|
| 5.1.3. | PRUEBA DE MOVIMIENTO DE JUVENILES 2 DE <i>Meloidogyne incognita</i> | 22 |
| 5.1.4. | DISEÑO EXPERIMENTAL | 22 |
| 5.2. | ENSAYO EN INVERNADERO | 22 |
| 5.2.1. | LUGAR DE EJECUCION..... | 23 |
| 5.2.2. | PREPARACIÓN DE SUSTRATO..... | 23 |
| 5.2.3. | ALMÁCIGO..... | 23 |
| 5.2.4. | OBTENCIÓN DE INÓCULO..... | 24 |
| 5.2.5. | EVALUACIÓN..... | 24 |
| | A. Parámetros directos | |
| | B. Parámetros indirectos | |
| 5.2.6. | DURACIÓN DEL EXPERIMENTO..... | 26 |
| 5.2.7. | DISEÑO EXPERIMENTAL..... | 26 |
| VI. | RESULTADOS Y DISCUSIONES | 29 |
| 6.1. | ENSAYO DE LABORATORIO | 29 |
| 6.1.1. | PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS DENTRO DE LA MASA MUCILAGINOSA DE <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 1(C1)..... | 29 |
| 6.1.2. | PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS DENTRO DE LA MASA MUCILAGINOSA DE <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 2(C2)..... | 31 |
| 6.1.3. | PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS DENTRO DE LA MASA MUCILAGINOSA DE <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 3(C3)..... | 33 |
| 6.1.4. | PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS LIBRES DE <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 1(C1)..... | 36 |
| 6.1.5. | PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS LIBRES DE <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 2(C2)..... | 37 |
| 6.1.6. | PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS LIBRES DE <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 3(C3)..... | 38 |
| 6.1.7. | PRUEBA DE MOVIMIENTO DE J2 <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 1(C1)..... | 40 |
| 6.1.8. | PRUEBA DE MOVIMIENTO DE J2 <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 2(C2)..... | 41 |

| | |
|---|-----------|
| 6.1.9. PRUEBA DE MOVIMIENTO DE J2 <i>Meloidogyne incognita</i> A LA CONCENTRACIÓN 3(C3)..... | 42 |
| 6.2. ENSAYO DE INVERNADERO | |
| 6.2.1. PESO FRESCO DE FOLLAJE..... | 44 |
| 6.2.2. PESO SECO DE FOLLAJE..... | 48 |
| 6.2.3. ALTURA DE PLANTA..... | 50 |
| 6.2.4. PESO DE RAÍZ..... | 53 |
| 6.2.5. ESCALA DE NODULACIÓN ZECK..... | 56 |
| 6.2.6. ESCALA DE NODULACIÓN PIM..... | 61 |
| 6.2.7. NÚMERO DE J2/100 cc DE SUELO..... | 63 |
| 6.2.8. NÚMERO DE J2 Y HUEVOS POR GRAMO DE RAIZ..... | 65 |
| 6.2.9. POBLACION TOTAL FINAL..... | 68 |
| 6.2.10. TASA DE REPRODUCCIÓN..... | 71 |
| VII. CONCLUSIONES..... | 73 |
| VIII. RECOMENDACIONES | 74 |
| IX. BIBLIOGRAFÍA | 75 |
| X. ANEXOS | 83 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-------|
| Tabla 1. Tratamientos para las pruebas <i>in vitro</i> en partes por millón (ppm)..... | 28 |
| Tabla 2. Escala de nodulación empleada por el Proyecto Internacional de <i>Meloidogyne</i> | 33 |
| Tabla 3. Tratamientos utilizados para la prueba de invernadero..... | 36-37 |
| Tabla 4. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos de la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 1(C1)..... | 39 |
| Tabla 5. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 2(C2)..... | 40 |
| Tabla 6. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 3(C3)..... | 42 |
| Tabla 7. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 1(C1)..... | 44 |
| Tabla 8. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 2(C2)..... | 45 |
| Tabla 9. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 3(C3)..... | 46 |
| Tabla 10. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de movimiento de J2 <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 1(C1)..... | 48 |
| Tabla 12. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de movimiento de J2 <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 2(C2)..... | 49 |
| Tabla 11. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de movimiento de J2 <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 3(C3)..... | 50 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 1. Efecto a diferentes concentraciones de productos comerciales alternativos e ingredientes activos potenciales para el control <i>Meloidogyne incognita</i> en la prueba de masas de huevos..... | 42 |
| Gráfico 2. Efecto a diferentes concentraciones de productos comerciales alternativos e ingredientes activos potenciales para el control <i>Meloidogyne incognita</i> en la prueba de huevos libres..... | 46 |
| Gráfico 3. Efecto a diferentes concentraciones de productos comerciales alternativos e ingredientes activos potenciales para el control <i>Meloidogyne incognita</i> en la prueba de movimiento de juveniles 2. | 50 |
| Gráfico 4. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre el parámetro peso fresco de follaje..... | 54 |
| Gráfico 5. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre el parámetro peso seco de follaje..... | 56 |
| Gráfico 6. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre el parámetro altura de planta..... | 59 |
| Gráfico 7. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre el parámetro peso de raíz..... | 62 |
| Gráfico 8. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre la escala de nodulación ZECK..... | 67 |
| Gráfico 9. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre la escala de nodulación PIM..... | 69 |
| Gráfico 10. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre número de J2 en 100 cc de suelo..... | 71 |
| Gráfico 11. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre número de J2 y huevos por gramo de raíz..... | 74 |
| Gráfico 12. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra <i>Meloidogyne incognita</i> sobre la población total final..... | 77 |

Gráfico 13. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra *Meloidogyne incognita* sobre la tasa de reproducción del nematodo.....79

ÍNDICE DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Análisis de varianza del número de J2 de <i>Meloidogyne incognita</i> eclosionados de la masa de huevos a la concentración 1 (C1)..... | 88 |
| Anexo 2. Análisis de varianza del número de J2 de <i>Meloidogyne incognita</i> eclosionados de la masa de huevos a la concentración 2 (C2)..... | 88 |
| Anexo 3. Análisis de varianza del número de J2 de <i>Meloidogyne incognita</i> eclosionados de la masa de huevos a la concentración 3 (C3)..... | 88 |
| Anexo 4. Análisis de la varianza del porcentaje de huevos eclosionados en la prueba de eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 1 (C1)..... | 89 |
| Anexo 5. Análisis de la varianza del porcentaje de huevos eclosionados en la prueba de eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 2(C2)..... | 89 |
| Anexo 6. Análisis de la varianza del porcentaje de huevos eclosionados en la prueba de eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 3(C3)..... | 89 |
| Anexo 7. Análisis de varianza del porcentaje de movimiento de J2 en la prueba de movimiento de J2 de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 1(C1)..... | 90 |
| Anexo 8. Análisis de varianza del porcentaje de movimiento de J2 en la prueba de movimiento de J2 de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 2(C2)..... | 90 |
| Anexo 9. Análisis de varianza del porcentaje de movimiento de J2 en la prueba de movimiento de J2 de <i>Meloidogyne incognita</i> a la concentración 3(C3)..... | 90 |
| Anexo 10. Análisis de varianza del parámetro peso fresco de follaje para los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 91 |
| Anexo 11. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro peso fresco de follaje para los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 91 |
| Anexo 12. Análisis de varianza del parámetro peso seco de planta para los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 92 |
| Anexo 13. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro peso seco de follaje para los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 92 |
| Anexo 14. Análisis de varianza del parámetro altura de planta para los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 93 |
| Anexo 15. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro altura de planta para los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 93 |

| | |
|---|-----|
| Anexo 16. Análisis de varianza del parámetro peso fresco de raíz de los tratamientos de la prueba en invernadero..... | 94 |
| Anexo 17. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro peso fresco de raíz de los tratamientos de la prueba en invernadero..... | 94 |
| Anexo 18. Análisis de varianza del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala ZECK..... | 95 |
| Anexo 19. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala ZECK..... | 95 |
| Anexo 20. Análisis de varianza del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala PIM..... | 96 |
| Anexo 21. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala PIM..... | 96 |
| Anexo 22. Análisis de varianza del parámetro población de J2/100 cc de suelo en los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 97 |
| Anexo 23. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro población de J2/100 cc de suelo en los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 97 |
| Anexo 24. Análisis de varianza del parámetro población de J2 y huevos/gramo de raíz en los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 98 |
| Anexo 25. Prueba de comparación de Medias de Tukey del parámetro población de J2 y huevos/gramo de raíz en los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 98 |
| Anexo 26. Análisis de varianza del parámetro población total final en los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 99 |
| Anexo 27. Prueba de comparación de Medias de Tukey del población total final en los tratamientos de la prueba de invernadero..... | 99 |
| Anexo 28. Datos en bruto de las evaluaciones realizadas en la fase de laboratorio: Prueba de masas de huevo..... | 100 |
| Anexo 29. Datos en bruto de las evaluaciones realizadas en la fase de laboratorio: Prueba de movimiento de J2..... | 104 |
| Anexo 30. Datos en bruto de las evaluaciones realizadas en la fase de laboratorio: Prueba de eclosion de huevos libres..... | 107 |
| Anexo 31. Datos en bruto de los parámetros evaluados en la fase de invernadero..... | 108 |

| | |
|--|------|
| Anexo 32. Datos de temperaturas máximas y mínimas durante la ejecución del ensayo en invernadero..... | 109. |
|--|------|

I. RESUMEN

En la búsqueda de un mayor número de opciones para el control de *Meloidogyne incognita* se evaluó el efecto que tienen los siguientes ingredientes activos : abamectina (Vertimec 18 EC) ,abamectina+thiamethoxan (Solvigo), fluopyram (Verango 500 SC), fosthiazate (Nemathorin 150 EC) , oxamilo (Vydate 240 SL), carbendazim (Protexin 500 FW), azoxystrobin (Stronsil 500 WG), tebuconazole (Folicur 250 EW) , aceite de geraniol (Nematode Control 3%) y Hunter (extracto de plantas) ; en el comportamiento y reproducción del nematodo. En la fase de laboratorio se evaluó el comportamiento del nematodo en los estadios de masa de huevos, huevos libres y juveniles 2 (J2) y bajo tres concentraciones de cada ingrediente activo (i.a.). Los tratamientos a base de abamectinas, fosthiazate, oxamyl y fluopyram inhibieron en alto grado el comportamiento de los estadios evaluados a las diferentes concentraciones y pruebas realizadas. Durante la fase de invernadero se sembraron plántulas de tomate var. Rio Grande, en macetas con 1000 cc de suelo esterilizado y se inocularon 20000 huevos de *Meloidogyne incognita* por maceta. Se hicieron tres aplicaciones por i.a., cada 15 días. 75 días después de la inoculación se evaluó el ensayo. Las abamectinas a 3.4 y 6.8 mg/maceta/aplicación para el Vertimec y Solvigo obtuvieron tasas de reproducción (Tr) nulas y parámetros de crecimiento similares al testigo absoluto. El fluopyram a 23.8 y 47.5 mg y el fosthiazate a 2.1 y 10.5 mg alcanzaron Trs iguales a cero aunque con un marcado efecto fitotóxico siendo el azoxystrobin a 57.1 mg, el de mayor daño por fitotoxicidad. El carbendazim a 71.4 mg obtuvo una Tr de 0.85 con la presencia de gran número de nódulos. El tebuconazole a 35.7 mg causó muerte de plántulas. El aceite de geraniol y Hunter no inhibieron eficientemente la reproducción del nematodo ni la nodulación. El testigo con nematodos obtuvo una Tr de 14.35.

Palabras claves: *Meloidogyne incognita*, control químico, abamectina, fluopyram, carbendazim, azoxystrobin, fosthiazate, tebuconazole, aceite de geraniol

II. INTRODUCCIÓN

Los productos nematóxicos han sido usados desde fines del siglo XIX con la introducción del disulfuro de carbono como fumigante. El desarrollo de otros fumigantes se llevó a cabo desde la mitad del siglo XX con la introducción al mercado del 1,3 dicloropropeno, el bromuro de metilo, el 1,2 dicloropropano, el sodio metano y el dazomet. Debido a su toxicidad el bromuro de metilo fue revocado en su uso en países desarrollados en el 2005, por el protocolo de Montreal, para la reducción de gases de efecto invernadero. En la siguiente mitad del siglo XX aparecieron los organofosforados como el fenamiphos, ethoprophos y el fosthiazate junto con los carbamatos como carbofuran, aldicarb y oxamyl. Ya a fines del siglo XX y comienzos del siglo XXI se enfatizó la investigación y desarrollo en la efectividad del uso de los nematicidas y el costo a los agricultores además de la reducción de sus impactos ambientales. Esta última es una de las razones del incremento en el interés de desarrollar nematicidas “naturales” “derivados principalmente de extractos de plantas y bacterias. (Haydock, 2006)

Los productos nematóxicos continúan siendo un componente importante en los programas de manejo integrado de nematodos y muchos agricultores lo consideran como el único componente de control. El mercado mundial para los nematicidas es de aproximadamente de 250,000 toneladas de ingrediente activo por año, donde USA y Europa Occidental gastan un aproximado de 84,000 y 48,000 toneladas respectivamente. Siendo el género *Meloidogyne* el objetivo de control con aproximadamente la mitad de uso de nematicidas a nivel mundial. (Haydock, 2006)

En el Perú, la problemática nematológica ha ido incrementándose a lo largo de la costa peruana afectando cultivos de agro exportación como la uva, capsicums, granado, etc. El monocultivo, suelos arenosos con poca o nula presencia de materia orgánica, las temperaturas mayores a 25 C° favorecen el ciclo de vida de *Meloidogyne*, estas condiciones las tenemos principalmente en la costa norte. Siendo la temperatura uno de

los factores claves para la expresión de la agresividad del nematodo. En cultivos como la uva de mesa, por ejemplo se puede gastar entre 1200 a 2000 dólares/ha/campaña y pueden significar hasta el 20 % de los costos de producción para el cultivo de capsicum. Igualmente, en la sierra peruana el problema causado por el nematodo *Globodera* persiste llegando a generar hasta un 50% de pérdida de la cosecha.

En este contexto algunos productos nematocidas tradicionales y efectivos como el Temik (aldicarb) ha sido prohibidos debido a su persistencia en el suelo y planta, además otros ingredientes activos dentro del grupo de los carbamatos y organofosforados como el cadusafos, ethoprofos, carbofuran, etc. también tienen proyecciones de salir del mercado agroexportador debido a su residualidad y persistencia.

En el mercado mundial existen nuevas sustancias activas que se están comenzando a usar como nematocidas como el fluopyram y otras más antiguas como la abamectina que son menos dañinas al medio ambiente que los nematocidas tradicionales. En nuestro país la abamectina está en proceso de registro para su uso, mientras que el fluopyram ya está registrado para el cultivo de papa y vid (SENASA, 2016). Aparte de ello, el fosthiazate, un organofosforado, no está registrado para su uso como nematocida en nuestro país por lo que se puede convertir en una alternativa más en el manejo integrado de nematodos. Por otra parte, el aceite de geraniol se considera como una sustancia nematocida y sin perjuicio al medio ambiente u operador.

En este trabajo de investigación se buscará evaluar el efecto de productos comerciales alternativos a base de abamectina, fluopyram, fosthiazate y aceite geraniol y de nuevos ingredientes activos (fungicidas) como el carbendazim, tebuconazole y azoxystrobin en pruebas de laboratorio y en invernadero para el control del nematodo *Meloidogyne incognita*, comparando su efectividad con dos nematocidas tradicionales como el Vydate (oxamyl) y Hunter (extracto de plantas).

El carbendazim, tebuconazole y azoxystrobin se incluyeron en los tratamientos porque se sospecha puedan tener un efecto en el comportamiento de *Meloidogyne incognita*, ya sea por los antecedentes que tienen en el control de nematodos fitoparásitos, nematodos en animales o por tener un mecanismo de acción similar a algún nematocida. De esta forma

se busca incrementar el abanico de opciones para un control químico de nematodos efectivo y más amigable con el medio ambiente y lo menos dañino al ser humano.

III. OBJETIVOS

- Determinar la efectividad de: la abamectina, la abamectina + thiamethoxan, el fluopyram, el fosthiazate, el carbendazim, el tebuconazole, el azoxystrobin, el extracto vegetal de Hunter y el aceite de geraniol en el comportamiento de *Meloidogyne incognita* a nivel de laboratorio.
- Evaluar la efectividad de la abamectina, la abamectina + thiamethoxan, el fluopyram, el fosthiazate, el carbendazim, el tebuconazole, el azoxystrobin, el extracto vegetal de Hunter y el aceite de geraniol en la reproducción de *Meloidogyne incognita* en tomate a nivel de invernadero.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. *Meloidogyne* sp.

4.1.1. UBICACIÓN TAXONÓMICA

El género *Meloidogyne* se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica: (Canto-Sáenz, 2010):

Phylum: Nemata

Clase: Secernentea, Von Linstow 1950, Dougherty 1958.

Orden: Tylenchida, Thorne 1949.

Suborden: Tylenchina, Chitwood 1950

Superfamilia: Tylenchoidea, Örley 1880.

Familia: Heteroderidae, Schuurmans, Sterkhoven 1941

Subfamilia: Meloidogyninae, Skarbilovich 1959.

Género: *Meloidogyne*, Göldi 1892.

4.1.2. CICLO DE VIDA

El ciclo de vida de los individuos pertenecientes al género *Meloidogyne* comienza con los huevos que son dejadas por las hembras dentro de una masa gelatinosa compuesta de una matriz glicoproteína, que es producida por las glándulas rectales de la hembra, y gracias a la cual los huevos se mantienen juntos y son protegidos de las condiciones ambientales extremas y también de sus predadores. Adicionalmente se ha demostrado que la matriz tiene propiedades antimicrobiales (Orion y Kritzman, 1991).

Estas masas de huevos se encuentran usualmente en la superficie de las raíces noduladas, sin embargo, también pueden estar embebidas dentro del tejido del nódulo. Al inicio la masa de huevos es suave, pegajosa y hialina, pero cambia a una consistencia firme y a una coloración marrón oscura conforme pasa el tiempo (Moens, 2009).

Dentro del huevo, la embriogénesis da lugar al primer estadio juvenil, que muda al segundo estadio infectivo dentro del huevo. La eclosión del juvenil 2 (J2) depende mucho de la temperatura y de una can de humedad adecuada, sin embargo, existen otros factores que incluyen a la difusión y generación radicular como modificadores de la respuesta de eclosión, cuando las condiciones son favorables para el movimiento y la localización de su hospedante (Moens, 2009).

La habilidad de *Meloidogyne* de sobrevivir se debe a varias adaptaciones fisiológicas y bioquímicas, como por ejemplo el retraso de la embriogénesis, la quiescencia y la diapausa. Además de las reservas de lípidos que prolongan su viabilidad hasta que el J2 alcance e invada un hospedante (Moens, 2009).

En el suelo, el juvenil 2 (J2) es vulnerable y necesita localizar a un hospedante tan rápido como sea posible. Los J2 son atraídos a las raíces y usualmente ingresan en algún punto de la zona subapical donde la endodermis presenta escaso desarrollo y no constituye una barrera física para el ingreso de los J2 hacia el interior (Wyss *et al.*, 1992). Adicionalmente libera secreciones que contienen enzimas que degradan la pared celular (Abad *et al.*, 2003) y avanzan intercelularmente hasta llegar al cilindro vascular, para iniciar y desarrollar un sitio permanente de alimentación (Hussey y Williamson, 1998).

Este sitio consiste de un conjunto de células modificadas por el nematodo, llamadas células gigantes, que pueden llegar a ser 400 veces más grandes que las células del cilindro vascular originales. Estas se caracterizan por la presencia de muchos núcleos de gran tamaño, altamente lobulados, con nucléolos prominentes, un alto número de orgánulos, citoplasma denso con altas tasas metabólicas y paredes engrosadas e invaginadas. Los nematodos absorben los nutrientes del citoplasma directamente o a través de tubos de alimentación sintetizados con tal propósito mediante las secreciones procedentes de las glándulas subesofágicas dorsales (Hussey y Mims, 1991).

Con un sitio de alimentación fijo y en condiciones favorables, el estadio de J2 muda a un tercer estadio juvenil J3 luego al J4 y finalmente alcanza el estadio adulto. Hasta este último estadio, aumenta el ancho del nematodo y hay una dilatación considerable de las glándulas esofágicas. Las células del primordio genital se dividen y éste se agranda

haciéndose notorio, dos ramificaciones en la hembra o formando un cuerpo alargado en el macho (Taylor y Sasser, 1983).

La hembra adulta tiene forma piriforme y pueden producir huevos por dos a tres meses y viven algún tiempo más después de que cesa la producción de huevos. El ciclo termina cuando la hembra pone su primer huevo. Los machos cuando están presentes, son vermiformes y no hay evidencia de que se alimenten. Los machos pueden ser encontrados en especies partenogénicas cuando las condiciones son desfavorables para el desarrollo de la hembra, como cuando las densidades poblacionales son altas y presumiblemente hay una limitante en el abastecimiento de alimento (Moens, 2009).

4.1.3. FORMA DE REPRODUCCIÓN

Existen tres tipos de reproducción dentro del género *Meloidogyne*: (a) anfimixis, en el cual el esperma de los machos fertiliza los ovocitos en las hembras y posteriormente se produce una meiosis, (b) partenogénesis meiótica facultativa, en el cual en presencia de machos se produce una anfimixis, pero en su ausencia, se lleva a cabo una meiosis en los ovocitos, con dos de sus núcleos, con una reducción de complemento cromosómico (el pronúcleo y el segundo cuerpo polar), posteriormente se fusionan (automixis), y (c) partenogénesis mitótica obligada, donde los machos no están involucrados y uno de los dos núcleos producidos durante la división mitótica inicial dentro del ovocito se deteriora y el otro se convierte en el precursor del embrión posterior (apomixis) (Chitwood y Perry, 2009).

Sólo siete de las 37 especies de *Meloidogyne* descritas por Taylor y Sasser (1983), fueron anfimícticas. Estas especies se consideran de menor importancia debido a su restringida distribución, baja gama de hospedantes y menor impacto económico. Al igual que muchos nematodos del suelo, la mayoría de especies de *Meloidogyne* spp. son partenogénicas. El modo de reproducción apomíctico se encuentra en las especies más importantes en cuanto a su distribución geográfica e impacto agronómico. Las poblaciones de una misma especie de *Meloidogyne* pueden ser diferentes en el modo de reproducción, por ejemplo, 29 de las 32 poblaciones estudiadas de *M. hapla* se reprodujeron por partenogénesis meiótica facultativa, las otras por partenogénesis mitótica. Una forma un poco diferente de la partenogénesis meiótica ha sido reportada en *M. floridensis*, donde se produce una

supresión de la segunda división en la maduración, lo que indica que esta especie tiene un tipo de partenogénesis intermedia entre la partenogénesis meiótica con dos divisiones y la mitótica (Chitwood y Perry, 2009)

4.1.4. FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO DEL NEMATODO

La temperatura, la humedad, la porosidad del suelo, la disponibilidad de oxígeno y la presencia de toxinas, pueden limitar o detener el movimiento, el desarrollo y la eclosión de huevos de los nematodos noduladores de la raíz (Curtis *et al.*, 2009; Evans y Perry, 2009).

La temperatura no sólo afecta la tasa de multiplicación del nematodo sino también su distribución, especialmente en relación con la capacidad de sobrevivir a los efectos de alta o baja temperatura. Dentro del género *Meloidogyne* hay dos grupos, los termófilos y los criófilos, siendo divididos según su capacidad de sobrevivir las transiciones de fase de lípidos que se producen a 10 °C. *Meloidogyne chitwoodi*, *M. hapla* y *Meloidogyne naasi* son criófilos y pueden sobrevivir en el suelo a temperaturas de hasta por debajo de 10 °C, mientras que *M. javanica*, *M. arenaria* y probablemente *Meloidogyne exigua* son termófilos y no sobreviven en el suelo a temperaturas inferiores a 10 °C (Evans y Perry, 2009).

Bird y Wallace (1966), realizaron un experimento en el que observaron la influencia de la temperatura en la eclosión, movilidad, invasión y el crecimiento de *M. hapla* y *M. javanica*. Generalmente, *M. javanica* requiere de rangos óptimos de temperatura mayores que *M. hapla*. Los requerimientos de temperatura son distintos en las diferentes actividades del nematodo; es así que *M. javanica* requiere para la eclosión temperaturas de 30 °C, a comparación de *M. hapla* que requiere temperaturas de 25 °C.

Una investigación pionera, que sigue siendo relevante hoy en día, Wallace (1964), reconoció el papel esencial desempeñado por la humedad del suelo en la supervivencia y eclosión de los huevos de *Meloidogyne*. Las especies de *Meloidogyne* son activos en suelos con niveles de humedad de 40 a 60% de capacidad de campo (Karssen y Moens, 2006). Todos los juveniles de segundo estadio requieren una película de agua de cierto grosor para su circulación en el suelo (Curtis *et al.*, 2009). Una sequía excesiva puede frenar o incluso matar al nematodo, lo mismo ocurre con el encharcamiento prolongado,

que por falta de oxígeno en el suelo, el nematodo es también afectado. En ambientes secos, la matriz gelatinosa del saco de huevos tiende a mantener un alto nivel de humedad y provee de una barrera a la pérdida de agua de los huevos. Las masas se encogen y ejercen una presión dentro de los huevos y la eclosión es progresivamente detenida, conservando a la población de J2 sin eclosionar cuando las condiciones no son favorables (Wallace,1968).

Además se sabe que los embriones y los primeros estadios juveniles J1, son más resistentes a la pérdida de agua que los J2 debido a cambios en la membrana del huevo después de la primera muda. Sin embargo cabe resaltar que algunos investigadores concluyeron que los J2 de *Meloidogyne* están bien adaptados para eclosionar a los mismos rangos de humedad en los que se desarrollan sus plantas hospedantes (Baxter y Blake, 1969).

En suelos secos, los nematodos pueden estar sujetos a un incremento de las presiones osmóticas, inclusive pequeños cambios en el potencial osmótico pueden influir en el comportamiento del nematodo. Por ejemplo *M. javanica* migra en dirección contraria de áreas con alta concentración de sales (Prot, 1978); la quiescencia es inducida en J2 de *M. javanica* cuando son colocados en NaCl al 0.3 M (Reversat, 1981); e incluso las reservas de alimentos continúan siendo utilizadas pero a velocidades mucho menores cuando los nematodos son sometidos a un estrés osmótico e iónico. Sin embargo este tipo de experimentos usando solo soluciones de sales para evaluar el efecto de la presión osmótico en los nematodos son criticados porque es difícil relacionarlos con experimentos en campo (Wright, 1998). Sin embargo, cuando se investigó el efecto de la salinidad de los suelos y la infección de *M. javanica* en el crecimiento de tomates, se encontró que la altura de planta y el número de nódulos por sistema radicular eran reducidos a medida que la salinidad se incrementaba (Maggenti y Hardin, 1973).

La textura del suelo es otro factor de importancia pues la distribución y la severidad del ataque del nematodo dependen de ella. El daño y pérdidas de producción por nematodos noduladores de la raíz son generalmente más severos sobre suelos de textura arenosa (Wallace, 1964), ya que, en suelos pesados, la eclosión disminuye y el desplazamiento del nematodo se hace más lento.

4.1.5. SINTOMATOLOGÍA

El impacto de los nematodos pertenecientes al género *Meloidogyne*, en las raíces de sus plantas hospedantes es muy característico. Los nematodos del género *Meloidogyne* se reproducen y alimentan de células vegetales vivas modificadas en la raíz, en la que induce nódulos; de ahí su nombre vernacular (Moens, 2009).

Algunos nódulos en la raíz pueden ser muy pequeños y no se pueden reconocer, por ejemplo: en gramíneas, rara vez se forman nódulos; en cebolla, los nódulos son muy discretos, siendo notoria la producción de masas de huevos; en camote y pimiento, los nódulos son también generalmente pequeños. La mayoría de las plantas con raíces fibrosas o leñosas forman nódulos pequeños o indistintos, especialmente al comienzo de una temporada de cultivo o cuando la densidad de población de nematodos es baja. Otras especies tienen una tendencia a producir nódulos en el extremo de la raíz. El algodón y el maní, son ejemplos de cultivos altamente sensibles en los que los nódulos en la raíz pueden ser difíciles de detectar en forma temprana, en la temporada de crecimiento; pero un gran número de nódulos pueden ser evidentes en la madurez del cultivo. Las plantas con raíces carnosas, especialmente las cucurbitáceas y tomate, desarrollan nódulos fácilmente detectables, a pesar de la baja incidencia de infección (Luc *et al.*, 1990; Moens, 2009).

Por otra parte los síntomas aéreos observados en plantas infectadas son similares a aquellos producidos en cualquier planta que tenga daño y malfuncionamiento del sistema radicular. Los síntomas incluyen: (a) una supresión del crecimiento vegetativo, (b) deficiencias nutricionales mostrándose en el follaje con una típica clorosis; (c) una marchitez temporal durante los periodos de estrés hídrico leve o durante el mediodía, inclusive cuando una adecuada humedad del suelo está disponible y (4) una supresión de las cosechas de los cultivos (Karsen y Moens, 2006).

La importancia de estos síntomas está usualmente relacionada con el número de juveniles penetrando y estableciéndose en la raíz de plantas jóvenes. La explicación más común para estos síntomas aéreos es que la infección de *Meloidogyne* afecta el suministro de agua y nutrientes además de su correcta translocación por el sistema radicular (Karsen y Moens 2006)

4.2. PRODUCTOS ORGANOFOSFORADOS Y CARBAMATOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS

Es generalmente aceptado que los nematicidas pertenecientes a estos grupos actúan perjudicando la actividad neuromuscular de los nematodos, por lo tanto, reduciendo el movimiento, invasión, alimentación y consecuentemente la tasa de desarrollo y reproducción (Evans, 1973; Nelmes *et al.*, 1973). Se ha comprobado que bajas concentraciones de estos compuestos pueden afectar el comportamiento sensorial del nematodo, convirtiéndose en un componente importante en la protección de los cultivos. La inhibición del movimiento y alimentación ocasionada por los nematicidas organofosforados y carbamatos no necesariamente mata a los nematodos ya que estos no dependen de movimientos de la respiración para el intercambio de gases y también porque muchas especies de nematodos son capaces de sobrevivir largos períodos de tiempo sin alimento y bajo condiciones desfavorables (Evans y Perry, 1976). Eventualmente, los nematodos afectados en el suelo, usarán sus reservas alimenticias, perderán su infectividad y morirán (Hague, 1979).

Estos compuestos inhiben la acetilcolinesterasa en la sinapsis colinérgica del sistema nervioso del nematodo (Evans, 1973, Nelmes *et al.*, 1973; Le Patourel y Wright, 1974) que es el mismo modo de acción reportado para vertebrados y artrópodos (Corbett, 1974). Esto ha sido demostrado en pruebas *in vitro* usando varias especies de nematodos (Knowles y Casida, 1966; Hart y Lee, 1966; Spurr y Chancey, 1967) y la inhibición de la actividad de la colinesterasa en la región del anillo nervioso del nematodo fue demostrada para el organofosforado, phorate por Rohde en 1960 y del carbamato, oxamyl, por Hogger en 1978.

4.3. ALGUNOS PRODUCTOS COMERCIALES EN EL MERCADO PERUANO

4.3.1. VYDATE (Oxamyl)

Es un carbamato sistémico con actividad insecticida, acaricida y nematicida por ingestión y contacto. Se absorbe por raíces y hojas y posee traslocación acropétala y basipétala. Interfiere en la transmisión de los impulsos nerviosos por inhibición de la colinesterasa. Es un compuesto altamente tóxico de etiqueta roja. Tiene una composición química de 240 g i.a. /L (Farmex S.A., 2008).

4.3.2. HUNTER (Extracto de plantas)

Es un nematóxico formulado a base de extractos vegetales y minerales más ácidos grasos vegetales; el cual, cuando es aplicado al suelo y a la planta se biointegra produciendo sustancias con efecto nematicida dentro de la planta y en la rizósfera controlando los principales nematodos y mejorando el equilibrio biológico del suelo, incrementando así la productividad de los cultivos. Rompe la habilidad que tienen los nematodos para localizar la raíz de la planta (quimiotaxis), restringiendo con ello la penetración y por ende la alimentación de los mismos. El efecto real de HUNTER® es un control de nematodos sin afectar los sistemas biológicos naturales, que usualmente se ven severamente afectados con el uso de nematicidas convencionales (Silvestre S.A.C., 2003).

4.4. OTROS PRODUCTOS ALTERNATIVOS PARA EL MERCADO PERUANO.

4.4.1. NEMATHORIN (Fosthiazate)

Es un nematicida organofosforado que actúa inicialmente por contacto, paralizando el movimiento de los nematodos en el suelo (efecto nematostático). Los nematodos son paralizados en un plazo de 3 días a partir de la aplicación y son incapaces de penetrar en las raíces del cultivo. A partir de este momento, se observa la muerte de los nematodos (efecto nematicida). Tiene una composición química de 150 g i.a. /L (Syngenta, 2012)

4.4.2. VERANGO (Fluopyram)

Este compuesto es tradicionalmente un fungicida con un mecanismo de acción de inhibidor de la respiración al afectar a la succinato deshidrogenasa, en los hongos (FRAC, 2016).

En pruebas *in vitro* logró inmovilizar a un 60% de J2 de *Meloidogyne incognita* luego de 24 horas de exposición a una concentración de 2.0 ug/ml teniendo así una toxicidad similar que el aldicarb y la abamectina. Se determinó que tiene un efecto nemastático y que en bajas concentraciones es efectivo inhibiendo la infección de raíces de tomate por *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis*. (Faske y Hurd, 2015). Recientemente una formulación que consiste de fluopyram + imidacloprid (Velum Total, Bayer CropScience, Research Triangle Park, NC) ha sido evaluada en aplicaciones foliares en surco para la supresión de *Meloidogyne incognita* y *R. reniformis* en algodón (Lawrence et al., 2014; Lawrence et al., 2015). En estos ensayos en campo, el fluopyram logró disminuir las densidades poblaciones de estos nematodos y era más efectivo que los

resultados logrados con el thiodicarb aplicados en semilla. Sin embargo, aún hay pocos ensayos en campo que evalúan la efectividad de este ingrediente activo en campo. (Faske y Hurd, 2015)

El producto comercial usado en este ensayo es el Verango. Tiene una formulación en suspensión concentrada y es un nematicida con efecto de contacto. Su mecanismo de acción es novedoso al interrumpir el flujo de electrones en el complejo II de las mitocondrias de las células de los organismos objetivo. Cuenta con un amplio espectro de control de especies de nematodos y por su gran residualidad ofrece mayores días de control, empleándose a bajas dosis, representando un ahorro conveniente en almacenaje, transporte y aplicación. Tiene una toxicidad de ligeramente peligroso. Tiene una composición química de 500 g i.a. /L (Bayer, 2016)

4.4.3. VERTIMEC (Abamectina)

La abamectina es el mayor componente de las avermectinas. Las avermectinas (AVM) son integrantes de la familia de las lactonas pentacíclicas y fueron aisladas de la fermentación producida por *Streptomyces avermitilis*. La fermentación causada por este actinomiceto produce 4 pares homólogos de compuestos parecidos: A1(a & b), A2(a & b), B1(a & b) y la B2(a & b) (Burg et al., 1979). Debido a que la separación de estos componentes es muy tediosa, su masificación impráctica y porque las actividades biológicas de dos homólogos son prácticamente idénticos, los componentes de las AVM son usadas como una mezcla de dos homólogos, es decir, está compuesto por A1, A2, B1 y B2 que significa una mezcla de no menos del 80% de componentes “a” (abamectina) y no más del 20% de componentes “b” (Cayrol et al., 1993).

En relación a su modo de acción, Fischer y Mrozik (1992), reportaron que las avermectinas afectan la transmisión de los impulsos nerviosos lo que reduce la resistencia de las fibras musculares de los nematodos. Además, las avermectinas provocan la apertura de los canales de cloruro y afectan negativamente, buena parte de los neurotransmisores inhibidores en el sistema nervioso central de los nematodos como el ácido gama amino-butírico (GABA) (Citado por de Beer, 2010, de Mainsfisch, 2007: comunicación personal). Existen tres fases el efecto de las avermectinas en *Meloidogyne incognita* J2: i). Hay una pérdida inicial de la actividad locomotora ii). Una fase de recuperación del movimiento iii) una pérdida final del movimiento del nematodo. (Wright et al., 1984)

Hay varios reportes de casos exitosos de control de nematodos usando la abamectina en tomates y en tratamientos de semillas de algodón (Becker, 1999; Monfort *et al.*, 2006; Faske y Starr, 2006; Alfonso *et al.*, 2009). Sin embargo, la abamectina está recomendada para ser usada en suelos arenosos y con bajo contenido de materia orgánica debido a su rápida descomposición en suelos con alto contenido de materia orgánica. Además, posee una baja solubilidad en agua. (Cayrol *et al.*, 1993; Putter *et al.*, 1981; Garabedian y Van Gundy, 1982)

A pesar de no contar con un producto comercial nematocida a base de abamectina se eligió usar al Vertimec, un producto registrado en nuestro país como acaricida e insecticida de acción traslaminar, eficaz para el control de ácaros y minadores. Es un concentrado emulsionable y su composición química es de 18 gramos de abamectina por litro de producto formulado. (Syngenta, 2013)

4.4.4. SOLVIGO (Abamectina+ Thiamethoxan)

Es un nuevo nematocida / insecticida de Syngenta, con un amplio espectro de control gracias al doble modo de acción del producto: está compuesto por dos principios activos, Abamectina y Thiamethoxan. La abamectina es un activo de origen natural perteneciente al grupo de Avermectinas sustancias producidas por una bacteria del suelo llamada *Streptomyces avermilitis*. El thiamethoxan pertenece a la familia de los neonicotinoides, se moviliza en forma sistémica. No se encuentran reportes del efecto directo de este ingrediente activo contra los nematodos sin embargo se lo comercializa en mezcla con otros compuestos como abamectina u otros para el control de nematodos. Solvigo es un producto moderadamente peligroso de banda amarilla con efecto estimulador del crecimiento. Su composición química es de 36g de abamectina + 72 g de thiamethoxan / L del producto (Syngenta, 2013).

4.4.5. ACEITE DE GERANIOL

Existen reportes de la acción nematocida del aceite de geraniol para el control de *Meloidogyne javanica* junto con otro aceite esencial como el timol extraído de plantas de menta (Walker y Melin, 1996). Otros investigadores como Leela *et al.* (1992) investigaron la actividad nematocida del aceite esencial de *P. graveolens* y de sus constituyentes principales (citronel, geraniol, linalol) en contra del nematodo del nódulo *Meloidogyne incognita*. El geraniol resultó ser el constituyente más efectivo.

Existen productos en el mercado como el llamado Nematode Control que posee un 3% de aceite de geraniol como ingrediente activo. Este producto minimiza la aparición de nódulos y la eclosión de huevos en fitonematodos debido a la interrupción de su alimentación y reproducción. También minimiza los efectos de patógenos de suelo y de varios impedimentos causados por el suelo o las condiciones climáticas. Nematode Control promueve la resistencia de las plantas y estimula el crecimiento de la raíz y la salud del cultivo. (Growers Trust, 2016)

4.5.INGREDIENTES ACTIVOS COMERCIALMENTE NUEVOS PARA EL CONTROL DE NEMATODOS.

4.5.1. Carbendazim

El carbendazim es un fungicida dentro del grupo de los benzimidazoles. Los bendimidazoles y sus derivados incluyen tanto a fungicidas como antihelmínticos (Corbett, 1974; Van den Bossche, 1978). El benomyl y el thiabendazole pertenecen al grupo de los benzimidazoles y han mostrado una actividad moderada en contra de nematodos fitoparásitos, pero no son dañinos a especies de vida libre (Hoestra, 1976). *Heterodera* y *Globodera* por ejemplo se mostraron especialmente sensibles al benomyl, a pesar de su larga persistencia en el suelo su efecto en los gusanos de tierra, no lo hacen un nematicida prometedor (Hoestra, 1976). No todos los estadios del ciclo de vida del nematodo son sensibles a los benzimidazoles. Mcleod y Khair (1975) encontraron que ni el benomyl o el thiabendazole afectaban la eclosión, migración o desarrollo inicial de juveniles en segundo estadio de *Meloidogyne* sp. a concentraciones de hasta 32 ppm. Además, el benomyl no inhibió la eclosión o movimiento de juveniles de *Heterodera avenae* (Cook y York, 1972), sin embargo, concentraciones tan bajas de 1 ppm pudieron reversiblemente inhibir la eclosión en *Globodera rostochiensis* (Hoestra, 1976) y efectos en la eclosión también han sido reportados en *Heterodera tabacum*, (Miller, 1969).

Los principales efectos de los bendimidazoles en nematodos fitoparásitos pudiera ser en los últimos estadios post-embriónicos del desarrollo del huevo o en la reproducción. Algunos benzimidazoles antihelmínticos juntos con benomyl han inhibido el crecimiento de *C. elegans* (Platzer *et al.*, 1977), mientras que Cook y York (1972) observaron que el benomyl retrasaba el desarrollo de juveniles de *H. avenae* a adultos e incrementaba la proporción de machos. Ambos el benomyl a 2.5 ppm y la carbendazim impidieron el desarrollo de *Globodera rostochiensis* (Nelmes *et al.*, 1973).

No se conoce nada del modo de acción de los bendimidazoles en contra de los nematodos fitoparásitos. Sin embargo, el thiabendazole y algunos otros benzimidazoles son usados en contra de nematodos parásitos de animales. Debido a todo lo anteriormente descrito y por la disponibilidad se eligió a la carbendazim perteneciente al grupo de fungicidas conocidos como benzimidazoles para evaluar su potencial en contra del nematodo *Meloidogyne sp.* Ya que al tener un mecanismo de acción similar al benomyl y thiabendazole puede revelar datos promisorios.

En este trabajo se utilizará el producto comercial Protexin 500 PW con una formulación de suspensión concentrada con 500 g i.a. /L y considerado ligeramente peligroso. (Silvestre, 2015)

4.5.2. Tebuconazole

Es un fungicida dentro del grupo de los triazoles. Como fungicida inhibe la síntesis de esterol en la membrana (FRAC, 2016). El efecto nematicida de este ingrediente activo no tiene reportes en nematodos fitoparásitos, sin embargo, sí en nematodos entomopatógenos del suelo como *Steinernema feltiae* y *Heterorhabditis downesi*, trabajo en el que se lo catalogaba como no compatible con estos nematodos por causar una tasa de mortalidad elevada en pruebas *in vitro* (Lasniki et al., 2012).

En las muestras recibidas por el Laboratorio de Nematología Oostembrik de la UNALM de ensayos para el control de fitonematodos en diferentes zonas del Perú, se puede observar que tanto los rhabditidos como los dorylaimidos, dos órdenes de nematodos de vida libre, son los que persisten en los suelos a pesar de las aplicaciones por lo menos en bajas poblaciones, mientras que los nematodos fitoparásitos pueden desaparecer. *Steinernema* y *Heterorhabditis* son dos géneros pertenecientes al orden Rhabditida, en la clasificación clásica, por lo tanto, el efecto de este fungicida en nematodos fitoparásitos podría revelar datos interesantes.

En el presente trabajo de investigación se utilizará con el producto comercial Folicur 250 EW con una formulación de emulsión en agua y 250 g i.a. /L de producto formulado. (Bayer, 2016)

4.5.3. Azoxystrobin

Es un fungicida dentro del grupo de los methoxy acrilatos. Su mecanismo de acción se da inhibiendo la respiración de los hongos (FRAC, 2016). Mecanismo igual al que posee el fluopyram, ingrediente activo lanzado recientemente como nematicida por la compañía Bayer. Existen reportes de su efecto a nematodos de césped como en *Trichodorus obtusus*. Ensayos en campos mostraron una menor población de este nematodo que el tratamiento testigo (Shaver, 2014).

En este trabajo de investigación se utilizará al producto comercial Stronsil 50 WG en una formulación de gránulos dispersables con 500 g de i.a. /kg de producto formulado. Un producto ligeramente peligroso (Silvestre, 2012).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. ENSAYO DE LABORATORIO

Las pruebas tuvieron lugar en el laboratorio de Nematología de la UNALM. Los tratamientos para todas las pruebas *in vitro* son los presentados en la Tabla 1.

5.1.1. TRATAMIENTOS

Tabla 1. Tratamientos para las pruebas *in vitro* en partes por millón (ppm)

| Tratamientos | Nombre Comercial | Ingrediente activo | Concentración de i.a. | Concentración de i.a en ppm | |
|--------------|------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------------|------|
| T0 | Agua potable | - | - | - | |
| T1 | Vydate | Oxamyl | 240g/L | C1 | 250 |
| | | | | C2 | 500 |
| | | | | C3 | 1000 |
| T2 | Vertimec | Abamectina | 18g/L | C1 | 10 |
| | | | | C2 | 30 |
| | | | | C3 | 70 |
| T3 | Solvigo | Abamectina+ thiamethoxan | 36g/L+72g/L | C1 | 10 |
| | | | | C2 | 30 |
| | | | | C3 | 70 |
| T4 | Verango | Fluopyram | 500g/L | C1 | 250 |
| | | | | C2 | 500 |
| | | | | C3 | 1000 |
| T5 | Nemathorin | Fosthiazate | 150g/L | C1 | 100 |
| | | | | C2 | 200 |
| | | | | C3 | 400 |

Continuación...

| | | | | | |
|------------|-------------------------|--------------------|---------|-----------|------|
| T6 | Protexin | Carbendazim | 500g/L | C1 | 250 |
| | | | | C2 | 500 |
| | | | | C3 | 1000 |
| T7 | Folicur | Tebuconazole | 250g/L | C1 | 250 |
| | | | | C2 | 500 |
| | | | | C3 | 1000 |
| T8 | Stroxisil | Azoxystrobin | 500g/Kg | C1 | 250 |
| | | | | C2 | 500 |
| | | | | C3 | 1000 |
| T9 | Nematode Control | Aceite de geraniol | 30ml/L | C1 | 100 |
| | | | | C2 | 200 |
| | | | | C3 | 400 |
| T10 | Hunter | Extracto vegetal | 5.6g/L | C1 | 10 |
| | | | | C2 | 30 |
| | | | | C3 | 70 |

5.1.2. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se prepararon soluciones de cada uno de los tratamientos con agua potable. Los tratamientos constaron de 4 repeticiones o unidades experimentales por tratamiento. Para cada prueba hubo 11 tratamientos. Un total de 44 unidades experimentales por prueba.

El diseño experimental fue un DCA, diseño completamente al azar. Se hizo un análisis de varianza y una prueba de comparación de medias de Tukey con un nivel de significancia del 0.05% usando el paquete estadístico SAS.

5.2. PRUEBA DE LABORATORIO IN VITRO

5.2.1. PRUEBA DE MASAS DE HUEVOS DE *Meloidogyne incognita*

A. Obtención de masas de huevos e instalación

Se recolectaron raíces noduladas de tomate de campo y se sumergieron en agua para liberar las partículas de suelo de las raíces. Posteriormente con ayuda de un estilete a base de una jeringa se sacó las masas de huevos de *Meloidogyne incognita* de la superficie de las raíces y se las colocó en una placa de petri con un agua de caño. Luego se transfirió 2 masas de huevos dentro de tubos de PVC de 2 cm de altura y 1 cm de diámetro con un pedazo de tul en la base. Estos pequeños cestos fueron colocados en placas petri de 5 cm

de diámetro con las soluciones-tratamiento respectivas. La cantidad de solución-tratamiento para cada placa petri fue de 10 ml.

B. Evaluación

Se evaluó el número de juveniles J2 emergidos, encontrados en el fondo de la placa petri cada dos días. Después de cada evaluación se renovó la solución-tratamiento. La prueba acabó cuando dejaron de salir J2 del tratamiento testigo. Los resultados se expresaron en número de juveniles emergidos de las masas. Para el análisis estadístico estos datos fueron transformados con $\text{Log}(x+1)$ según Sasser.

5.2.2. PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS LIBRES DE *Meloidogyne incognita*

A. Obtención de huevos e instalación

Se recolectaron raíces de tomate de campo y se sumergieron en agua tratando que con movimientos suaves se desprendan las partículas de suelo adheridas a la superficie de la raíz. De esta forma se logró una localización más fácil de las masas de huevos y se evitó su desprendimiento de la raíz. Con ayuda de un estilete a base de una jeringa, se colectó las masas de huevos de *Meloidogyne incognita* aproximadamente unas 100 masas y se las colocó en un frasco de vidrio con una solución de hipoclorito de sodio al 0.5%. Se agitó la solución por unos 3 minutos y se vertió el contenido en dos tamices uno debajo de otro. El de arriba de 180 micras y el de debajo de 32 micras. Los huevos quedaron retenidos en el tamiz de 32 micras y se lavaron rápidamente con abundante agua de caño para limpiarlos del hipoclorito de sodio y evitar que se inhiban. Se colocó esta suspensión de huevos en un beaker y se enrasó con agua de caño hasta un volumen final de 50 ml.

Se utilizaron tubos de PVC de 2 cm de altura y 1 cm de diámetro con una malla (tul) en la base. Dentro de este cesto se colocó un pliegue de papel facial recortado de forma circular a manera de un segundo cesto de papel dentro del cesto de PVC. Se colocaron los cestos de PVC dentro de placas petri de 5 cm de diámetro con 10 ml de las soluciones-tratamiento correspondientes y una vez que se haya humedecido el pliegue de papel se homogenizó la suspensión de huevos con una bomba de pecera y se colocó una cantidad de suspensión que contenga 100 huevos dentro del cesto dentro del papel facial. Este pliegue de papel debe encajar dentro del tubo y llegar a tener una altura similar al tubo de PVC cuando este dentro.

B. Evaluación

Se evaluó cada 2 días el número de J2 eclosionados que se encontraron en el fondo de la placa petri. La prueba terminó luego de 3 evaluaciones, cuando dejaron de salir J2 del tratamiento testigo. Los resultados fueron expresados en porcentaje de J2 eclosionados. Para el análisis estadístico estos datos fueron transformados con $\text{Log}(x+1)$ según Sasser.

5.2.3. PRUEBA DE MOVIMIENTO DE JUVENILES 2 DE *Meloidogyne incognita*

A. Obtención de juveniles e instalación

Se colectaron masas de huevos de las raíces de tomate noduladas con las indicaciones dadas en las pruebas anteriores. Estas masas fueron colocadas en cestos de PVC con un malla o tul en la base (usados para las pruebas anteriores) y se colocaron en una placa petri de 5 cm con agua de caño. Los juveniles emergieron de las masas de huevos y cayeron al fondo de la placa. Después de dos días se colectaron todos estos juveniles pasándolos primero por un tamiz de 38 μm , colectándolos en un beaker y se enrasó a un volumen de 50 ml con agua de caño. Posteriormente se colocó 100 J2, con ayuda de una pipeta pasteur, en los cestos de PVC con papel facial (descritos en la prueba de huevos libres) y se los colocaron dentro de las placas petri de 5 cm de diámetro con 10 ml de las soluciones tratamientos correspondientes.

B. Evaluación

Se evaluó el número de juveniles que lograron pasar el pliegue de papel facial del cesto. Se hizo el contaje respectivo después de 2 días de la instalación. Los resultados fueron expresados en porcentaje de juveniles móviles. Para el análisis estadístico estos datos fueron transformados con $\text{Log}(x+1)$ según Sasser.

5.3. ENSAYO EN INVERNADERO

Para esta prueba se utilizaron las concentraciones más efectivas según las pruebas in vitro, pero se hicieron algunas modificaciones teniendo dosis a utilizarse en campo.

5.3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo tuvo lugar en el invernadero del Laboratorio de Nematología de la Facultad de Agronomía de la UNALM. Las temperaturas máximas y mínimas durante el tiempo de ejecución del ensayo se muestran en el Anexo 32.

5.3.2. PREPARACIÓN DE SUELO ESTÉRIL

Se prepararon 160 kg de sustrato constituido de arena, tierra de chacra y compost en la proporción 8:4:1, respectivamente. Este suelo fue llevado en costales a la autoclave de la Clínica de Diagnóstico de Fitopatología de la UNALM, en donde bajo una presión 15 lbs y a una temperatura de 120 C° se llevó a cabo su esterilización durante 45 minutos.

5.3.3. ALMÁCIGO

Se hizo una bandeja de almacigo de tomate variedad Rio Grande, utilizando sustrato esterilizado SunShine. Las semillas usadas fueron curadas para evitar problemas como la chupadera. Se esperó a que tenga 15 días de haber germinado para proceder con el trasplante.

5.3.4. OBTENCIÓN DE INÓCULO

Se utilizó el método propuesto por Hussey y Baker (1973), también conocido como el método del hipoclorito de sodio. Se colectaron raíces tomate noduladas de campo. Las raíces fueron lavadas una a una, con mucho cuidado para no eliminar las masas de huevos adheridas a ellas, luego se cortaron en pedazos pequeños de aproximadamente 0.5 cm, los cuales fueron colocadas en botellas de plástico con una suspensión de hipoclorito de sodio al 0.5%. Las botellas estarán herméticamente cerradas. Las raíces cortadas se agitarán vigorosamente por tres minutos con el objetivo de que las masas de huevos sean removidas de la superficie de las raíces y disueltas, dejando los huevos libres. Las raíces después de ser agitadas fueron vertidas a través de dos tamices unidos de 180 y 38 micras. Los huevos fueron capturados en el segundo tamiz de 38 micras, siendo vertidos en un beaker con 100 ml de agua potable.

5.3.5. INSTALACIÓN E INOCULACIÓN

Las macetas usadas fueron de arcilla y desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1 %. Sumergidas por 24 horas y enjuagadas con agua potable. Posteriormente se llenaron macetas de 1 kg de capacidad con el sustrato preparado y esterilizado. Se procedió con la siembra de las plántulas de tomate de 15 días de germinado (con un par de hojas verdaderas) y se les dio un riego ligero. Al día siguiente se realizó la inoculación de los huevos del nematodo *Meloidogyne*. Se inocularon 20000 huevos por maceta colocados en la base del tallo con ayuda de una pipeta. Al día siguiente se realizó la aplicación de los productos correspondientes.

5.3.6. CUIDADOS

Los riegos realizados fueron ligeros y frecuentes. Se aplicaron los siguientes insecticidas cada 20 días para el control de mosca blanca y la mosca minadora: acetamiprid y thiodicarb.

5.3.7. EVALUACIÓN

Los parámetros a evaluados fueron los siguientes:

A. PARÁMETROS DE CRECIMIENTO DE LA PLANTA

- Altura de planta(cm)
- Peso fresco de la parte aérea (gramos)
- Peso seco de parte aérea(gramos)
- Peso fresco de raíces(gramos)

B. PARÁMETROS DE RESPUESTA DEL HOSPEDANTE AL NEMATODO

- Grado de nodulación

Las raíces se evaluaron con dos escalas:

- a) Escala del Proyecto Internacional de *Meloidogyne* (PIM), esta escala otorga valores del 1 al 5, según el número de nódulos que posean las raíces.
- b) Escala de Zeck, aquí se asignan valores del 0 al 10, donde 0 es igual a no infestación y 10 es igual a máxima infestación.

- Número de J2 y huevos por gramo de raíz

Para ello se realizó la metodología propuesta por Hussey y Baker en 1973 y explicada con anterioridad. La suspensión de huevos obtenida fue llevada a un volumen total de 100 ml de agua. Se colocó 0.1 ml de la suspensión, con ayuda de una pipeta, en una placa petri y se procedió a su contaje con la ayuda del estereoscopio obteniéndose el número total de individuos entre huevos y juveniles por raíz. Finalmente, esta cantidad fue dividida entre el peso fresco de la raíz dándonos el número de J2 y huevos por gramo de raíz.

- Número de juveniles 2(J2) en 100 cc de suelo

La obtención de los J2 se realizó mediante el método de centrifugación. Este método tiene como principio cambiar la densidad del agua usando una solución de azúcar con el fin de separar a los nematodos de las partículas del suelo.

- **Población final(Pf)**

Con los datos obtenidos del número de huevos por gramo de raíz y el número de J2 en 100 gramos de suelos, se obtuvo el número total de nematodos en el kilogramo de suelo.

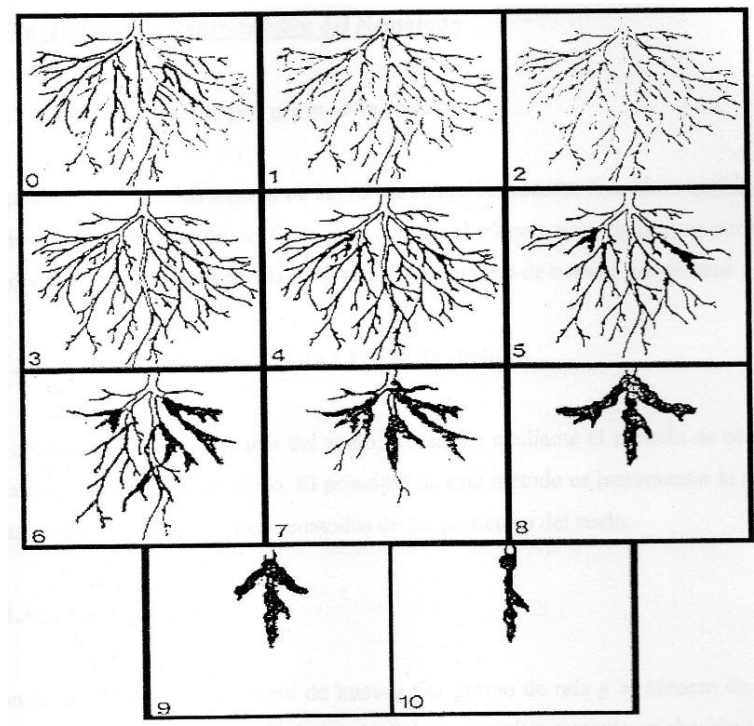
- **Tasa de Reproducción (Pf/Pi).**

Este parámetro resultó de dividir la población final de nematodo, conformada por el número de huevos y J2 encontrados en la raíz y los juveniles del suelo entre la población inicial (número de huevos inoculados).

Tabla 2. Escala de nodulación empleada por el Proyecto Internacional de *Meloidogyne*

| Grado de Nodulación | Número de nódulos |
|---------------------|-------------------|
| 1 | 1 -2 |
| 2 | 3-10 |
| 3 | 11-30 |
| 4 | 31-100 |
| 5 | Más de 100 |

Figura 1. Escala de Evaluación propuesta por Zeck para raíces infestadas por *Meloidogyne* spp. (Zeck, 1971)



Donde:

0 = Sistema radicular completamente sano, no infestado.

1 = Muy pocos nódulos pequeños pueden detectarse.

2 = Nódulos pequeños como en 1, en mayor número y fáciles de detectar.

3 = Numerosos nódulos pequeños, algunos crecimientos juntos, no afectara seriamente la función de las raíces.

4 = Numerosos nódulos pequeños y algunos grandes, la gran mayoría de raíces funcionales.

5 = 25% del sistema radicular seriamente nodulados y no funcional.

6 = 50% del sistema radicular seriamente nodulados y no funcional

7 = 75% del sistema radicular seriamente nodulados y no funcional

8 = No hay raíces sanas, alimentación de la planta interrumpida, planta aun verde.

9 = Sistema radicular completamente nodulado y podrido, planta moribunda.

10 = Planta y raíces muertas.

5.3.8. DURACIÓN DEL EXPERIMENTO

El experimento tuvo una duración de 60 días a partir de la inoculación.

5.3.9. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño utilizado fue un diseño completamente al azar, DCA.

Se utilizó un Análisis de Variancia (ANVA) y una Prueba de Comparación de Medias de Tukey con un nivel de significación del 0.05. Todos los datos fueron trabajados con el Programa Estadístico SAS 98 for Windows.

Los datos obtenidos durante el experimento: número de individuos por gramo de raíz, número de juveniles 2(J2) en 100 cc de suelo y población final, fueron transformados usando logaritmo en base 10 según Sasser.

Tabla 3. Tratamientos utilizados para la prueba de invernadero

| | Tratamiento | Dosis (L/ha) | Momento de Aplicación | Fecha de Aplicación | Ingrediente activo (mg) /maceta | Dosis de Ingrediente activo/ha |
|------------|---|---------------------|------------------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|
| T00 | Sin nematodos | - | - | - | - | - |
| T0 | Con nematodos | - | - | - | - | - |
| T1 | Oxamyl (Vydate) | 4 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 91.4 | 0.96 |
| | | 4 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 91.4 | 0.96 |
| | | 4 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 91.4 | 0.96 |
| T2 | Abamectina (Vertimec) | 2 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 3.4 | 0.036 |
| | | 2 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 3.4 | 0.036 |
| | | 2 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 3.4 | 0.036 |
| T3 | Abamectina (Vertimec) | 4 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 6.8 | 0.072 |
| | | 4 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 6.8 | 0.072 |
| | | 4 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 6.8 | 0.072 |
| T4 | Abamectina+ Thiamethoxan (Solvigo) | 1 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 3.4 | 0.036 |
| | | 1 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 3.4 | 0.036 |
| | | 1 | 3ra(40 ddt) | 4/01/2017 | 3.4 | 0.036 |
| T5 | Abamectina+ Thiamethoxan (Solvigo) | 2 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 6.8 | 0.072 |
| | | 2 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 6.8 | 0.072 |
| | | 2 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 6.8 | 0.072 |
| T6 | Fluopyram (Verango) | 0.5 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 23.8 | 0.25 |
| | | 0.5 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 23.8 | 0.25 |
| | | 0.5 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 23.8 | 0.25 |
| T7 | Fluopyram (Verango) | 1 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 47.5 | 0.5 |
| | | 1 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 47.5 | 0.5 |
| | | 1 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 47.5 | 0.5 |
| T8 | Fosthiazate (Nemathorin) | 0.75 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 10.5 | 0.11 |
| | | 0.75 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 10.5 | 0.11 |
| | | 0.75 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 10.5 | 0.11 |

Continuación...

| | | | | | | |
|------------|-------------------------------------|------------|---------------|----------|------|-------|
| T9 | Fosthiazate (Nemathorin) | 1.5 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 22 | 0.23 |
| | | 1.5 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 22 | 0.23 |
| | | 1.5 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 22 | 0.23 |
| T10 | Aceite de geraniol | 3.3 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 10.9 | 0.1 |
| | | 3.3 | 2da (10 ddt) | 7/12/16 | 10.9 | 0.1 |
| | | 3.3 | 3ra(20 ddt) | 21/12/17 | 10.9 | 0.1 |
| T11 | Hunter | 2 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 10 | 0.011 |
| | | 2 | 2da (15 ddt) | 7/12/16 | 10 | 0.011 |
| | | 2 | 3ra(30 ddt) | 21/12/17 | 10 | 0.011 |
| T12 | Carbendazim (Protexin) | 1.5 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 71.4 | 0.75 |
| | | 1.5 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 71.4 | 0.75 |
| | | 1.5 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 71.4 | 0.75 |
| T13 | Azoxystrobin (Stronsil) | 1.2 | 1ra (0 ddt) | 23/11/16 | 57.1 | 0.6 |
| | | 1.2 | 2da (20 ddt) | 14/12/16 | 57.1 | 0.6 |
| | | 1.2 | 3ra(40 ddt) | 4/01/17 | 57.1 | 0.6 |

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. ENSAYO DE LABORATORIO

6.1.1. PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS DENTRO DE LA MASA MUCILAGINOSA A LA CONCENTRACIÓN 1.

En esta prueba *in vitro* los resultados se expresaron como el número de J2 eclosionados de los huevos dentro de la masa mucilaginosa. Estos datos fueron previamente transformados con $\text{Log}(x+1)$. El análisis de varianza respectivo indica diferencias altamente significativas entre tratamientos. El coeficiente de variabilidad es de un 20.3%. (Anexo 1.1)

La prueba de comparación de medias de Tukey coloca al tratamiento testigo como el de mayor número promedio de J2 eclosionados con 267.8, le sigue el carbendazim (Protexin) con 26.3 J2, el Hunter con 26.3 J2, el tebuconazole (Folicur) con 16.5 J2, el oxamyl (Vydate) con 7 J2, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) con 5.8 J2, el aceite de geraniol (Nematode control) con 4.5 J2, el fosthiazate (Nemathorin) con 4.3 J2, el fluopyram (Verango) con 2.5 J2, el azoxystrobin (Stronsil) con 2 J2 y por último la abamectina (Vertimec) con 0.5 J2.

Hay que resaltar que la concentración de ingrediente activo utilizada para la concentración (C1) corresponde a 250 ppm de ingrediente activo para todos los tratamientos a excepción del Nemathorin y aceite de geraniol que poseen una concentración de 100 ppm mientras que en el Vertimec y Solvigo se usa una concentración de 10 ppm.

A través de los años la cantidad de ingrediente activo utilizado en los pesticidas ha ido disminuyendo y esto gracias a la generación de nuevas moléculas capaces de ejercer un buen control de la plaga o enfermedad a pesar de utilizarse en poca cantidad (Castillo, 2014). Este es el caso de las abamectinas y también del fosthiazate. Es por ello que en estas pruebas *in vitro* se cambiaron las concentraciones de estos tratamientos ya que no

res concentraciones por sus costos y formulación de productos actuales. Por otra parte, estos productos ya poseen productos comerciales en el mercado con dosis recomendadas para el control de nematodos. Las concentraciones usadas en estas pruebas se basaron teniendo en cuenta las dosis comerciales.

El Vertimec se comportó como el más efectivo en evitar la eclosión de huevos dentro de la masa de huevos.

Tabla 4. Prueba de comparación de medias de Tukey para los tratamientos de la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa de *Meloidogyne incognita* a la concentración 1(C1)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|-----------|
| T0 | Agua | 267.75 a* |
| T6 | Carbendazim | 26.25 b |
| T10 | Hunter | 26.25 b |
| T7 | Tebuconazole | 16.5 bc |
| T1 | Oxamyl | 7 cd |
| T3 | Abamectina+T | 5.75 cde |
| T9 | Geraniol | 4.5 de |
| T5 | Fosthiazate | 4.25 de |
| T4 | Fluopyram | 2.5 def |
| T8 | Azoxystrobin | 2 ef |
| T2 | Abamectina | 0.5 f |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

6.1.2. PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS DENTRO DE LA MASA MUCILAGINOSA A LA CONCENTRACIÓN 2 (C2)

El análisis de varianza para la concentración 2 de los productos evaluados indica la presencia de diferencias altamente significativas entre los tratamientos además se obtiene un coeficiente de variabilidad del 28.5% (Anexo 1.2)

La prueba de comparación de medias de Tukey coloca al carbendazim (Protexin) como el tratamiento que menos logró evitar la eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa con un 18 J2, le siguen en orden descendente el tebuconazole (Folicur) con 16.3 J2, el Hunter con 13.8 J2, el aceite de geraniol (Nematode Control) con 2.8 J2, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) con 2.5 J2, el oxamyl (Vydate) con un 2 J2, el fluopyram (Verango) con un 1.8 J2, el fosthiazate (Nemathorin) con 1 J2, el azoxystrobin (Stronsil) con 1 J2 y finalmente la abamectina (Vertimec) con 0.3 J2.

El tratamiento con carbendazim se mantiene como el tratamiento menos efectivo, mientras que Vertimec (abamectina) como el mejor. Sin embargo se puede decir que casi todos los tratamientos tuvieron un buen grado de inhibición de la eclosión ya que el testigo alcanzó 267.8 J2 eclosionados.

Hay que resaltar que la concentración de ingrediente activo utilizada para la concentración (C1) corresponde a 500 ppm de ingrediente activo para todos los tratamientos a excepción del Nemathorin y aceite de geraniol que poseen una concentración de 200 ppm mientras que en el Vertimec y Solvigo se usa una concentración de 30 ppm.

Tabla 5. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa de *Meloidogyne incognita* a la concentración 2(C2)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Agua | 267.75 a |
| T6 | Carbendazim | 18 b |
| T7 | Tebuconazole | 16.25 b |
| T10 | Hunter | 13.75 b |
| T3 | Geraniol | 2.75 c |
| T9 | Abamectina+T | 2.5 c |
| T4 | Oxamyl | 2 c |
| T10 | Fluopyram | 1.75 c |
| T8 | Fosthiazate | 1 c |
| T5 | Azoxystrobin | 1 c |
| T2 | Abamectina | 0.25 c |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

6.1.3. PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS DENTRO DE LA MASA MUCILAGINOSA A LA CONCENTRACIÓN 3 (C3)

El análisis de varianza correspondiente genera un coeficiente de variabilidad del 28.5% e indica la presencia de diferencias altamente significativas. (Anexo 1.3)

La prueba de comparación de medias de Tukey coloca al tebuconazole (Folicur) con 11 J2 que eclosionaron de la masa de huevos, le siguen en orden descendente el carbendazim (Protexin) con 9.3 J2, el Hunter con 8.8 J2, el fosthiazate (Nemathorin) con 6.5 J2, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) con 1.5 J2, el aceite de geraniol con 0.8 J2, el oxamyl (Vydate) con 0.5 J2, el azoxystrobin (Stronsil) con 0.5 J2, el fluopyram (Verango) con 0.5 J2 y por último la abamectina (Vertimec) con 0 J2. Cabe destacar que todos estos tratamientos son estadísticamente diferentes y mejores que el testigo con agua que obtuvo 267.8 J2 eclosionados.

A esta tercera concentración de los productos , se sigue marcando la misma tendencia que en las demás concentraciones , disminuyendo la eclosión de huevos dentro de la matriz gelatinosa a medida que aumenta la concentración, la abamectina a 70 ppm resulto ser la más efectiva. Solo tratamiento con fosthiazate disminuyó su porcentaje de inhibición de la eclosión al pasar de 1 J2 a 6.5 J2, al cambiar la concentración de 200 a 400 ppm.

El Solvigo y Vertimec trabajan con una concentración de 70 ppm mientras que el Nemathorin y aceite de geraniol con 200 ppm. Los demás tratamientos están con una concentración de 1000 ppm.

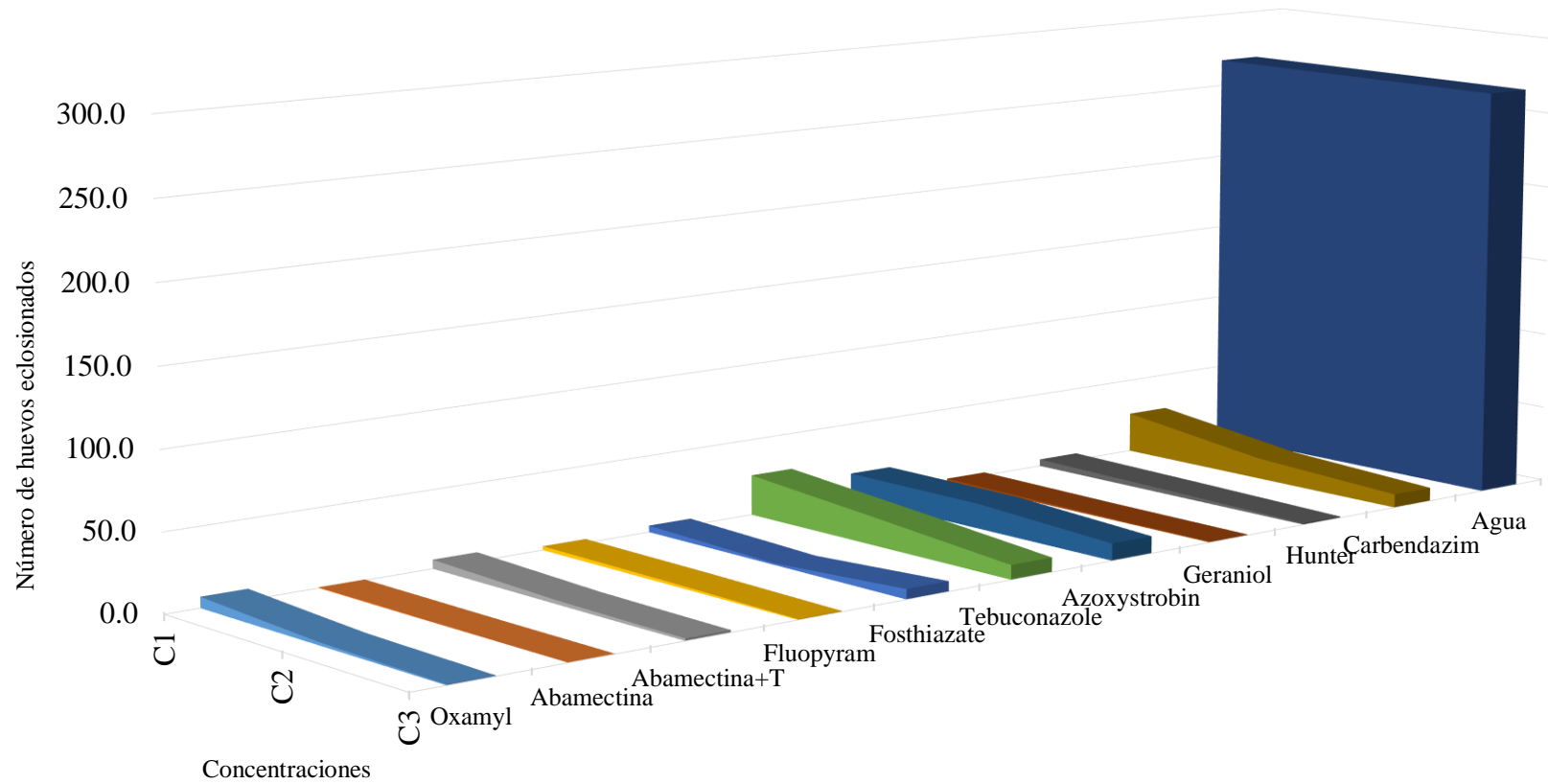
La selección correcta de masas de huevos en el estado de madurez adecuado, del mismo tamaño, coloración, estado fenológico de la planta, conocimiento de la dinámica población de nematodos son factores importantes a tener en cuenta en la selección de masas de huevos de *Meloidogyne* e instalación de esta prueba. La homogeneidad de las repeticiones es fundamental para la obtención de resultados con lógica. Posiblemente no hubo una buena selección de las masas de huevos al momento de la instalación de las repeticiones del tratamiento Nemathorin (fosthiazate).

Tabla 6. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa de *Meloidogyne incognita* a la concentración 3(C3).

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Agua | 267.8 a |
| T7 | Tebuconazole | 11.0 b |
| T6 | Carbendazim | 9.3 b |
| T10 | Hunter | 8.8 b |
| T5 | Fosthiazate | 6.5 b |
| T3 | Abamectina+T | 1.5 c |
| T9 | Geraniol | 0.8 c |
| T4 | Oxamyl | 0.5 c |
| T1 | Azoxystrobin | 0.5 c |
| T8 | Fluopyram | 0.5 c |
| T2 | Abamectina | 0.0 c |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

Gráfico 1. Efecto a diferentes concentraciones de productos comerciales alternativos e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* en la prueba de masas de huevos



6.1.4. PRUEBA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS LIBRES PARA LA CONCENTRACIÓN 1(C1)

El análisis de variancia correspondiente obtiene un coeficiente de variabilidad del 15.9 % e indica la presencia de diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 1.4). La prueba de comparación de medias de Tukey coloca al tratamiento testigo con un 48% de eclosión de huevos libres seguido del el Hunter y aceite de geraniol con un 18.8 % y 16.2%, estos dos tratamientos se agrupan en el mismo nivel de significancia. Le siguen el Stronsil (azoxystrobin) con un 11.1%, el Nemathorin (fosthiazate) con 8.8%, el Solvigo (abamectina+thiamethoxan) con un 7.4 %, el Protexin (carbendazim) con un 6.9%, el Vydate (oxamyl) con un 5.9%, el Vertimec (abamectina) con un 3.5%, el Folicur (tebuconazole) con un 2.1% y por último el Verango (fluopyram) con un 0.9%.

El Verango se muestra como el tratamiento más efectivo en suprimir la eclosión de los huevos libre de *Meloidogyne* a 250 ppm. El aceite de geraniol y Hunter se muestran como los menos efectivos en el control del nematodo a nivel de huevos libres.

Tabla 7. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne* incognita a la concentración 1(C1)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Testigo Agua | 48.6 a |
| T10 | Hunter | 18.8 b |
| T9 | Geraniol | 16.2 bc |
| T8 | Azoxystrobin | 11.1 bcd |
| T5 | Fosthiazate | 8.8 bcde |
| T3 | Abamectina+T | 7.4 cde |
| T6 | Carbendazim | 6.9 cde |
| T10 | Oxamyl | 5.9 de |
| T2 | Abamectina | 3.5 ef |
| T7 | Tebuconazole | 2.1 fg |
| T4 | Fluopyram | 0.9 g |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

6.1.5. PRUEBA DE ECLOSION DE HUEVOS LIBRES PARA LA CONCENTRACIÓN 2(C2)

El análisis de varianza respectivo tiene un coeficiente de variabilidad del 20.7 % e indica la presencia de diferencias altamente significativas. (Anexo 1.5)

Respecto a la prueba de comparación de medias de Tukey este coloca al testigo con agua con un 48% de eclosión, le siguen en orden descendente el carbendazim (Protexin) con un 17.7%, el aceite de geraniol un 12.8% , el Hunter con un 10.9% , el azoxystrobin (Stronsil) con un 4.2 % , el fosthiazate (Nemathorin) con un 3.6%, el oxamyl (Vydate) con un 3%, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) con un 1.4%, el tebuconazole (Folicur) con 0.9% , la abamectina (Vertimec) con 0.48% y por último el fluopyram (Verango) con 0.17%.

Se demuestra que a 500 ppm el Verango es el más efectivo suprimiendo la eclosión de huevos, aunque estadísticamente es igual al Vertimec. El aceite de geraniol, Hunter y Protexin son los menos efectivos en suprimir la eclosión.

Tabla 8. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita* a la concentración 2(C2)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Testigo Agua | 48.6 a* |
| T6 | Carbendazim | 17.7 b |
| T9 | Geraniol | 12.8 b |
| T10 | Hunter | 10.9 bc |
| T8 | Azoxystrobin | 4.3 cd |
| T5 | Fosthiazate | 3.6 de |
| T1 | Oxamyl | 3.0 def |
| T2 | Abamectina | 1.4 efg |
| T7 | Tebuconazole | 0.9 fg |
| T3 | Abamectina+T | 0.5 g |
| T4 | Fluopyram | 0.2 g |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

6.1.6. PRUEBA DE ECLOSION DE HUEVOS LIBRES PARA LA CONCENTRACIÓN 3(C3)

El análisis de variancia respectivo tiene un coeficiente de variabilidad del 27.2% e indica la presencia de diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 1.6)

La prueba de comparación de medias de Tukey coloca al testigo con un 48.6% de eclosión, con el valor más alto. Le siguen el aceite de geraniol con un 5.5 %, el Hunter con un 5.2%, el carbendazim (Protexin) con un 3%, el fosthiazate (Nemathorin) con un 2.3%, el azoxystrobin (Stronsil) con 1.4%, la abamectina (Vertimec) con un 0.47%, el oxamyl (Vydate) con 0.45%, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) con 0.25%, el tebuconazole (Folicur) con 0.23% y por último el fluopyram (Verango) con un 0.22%

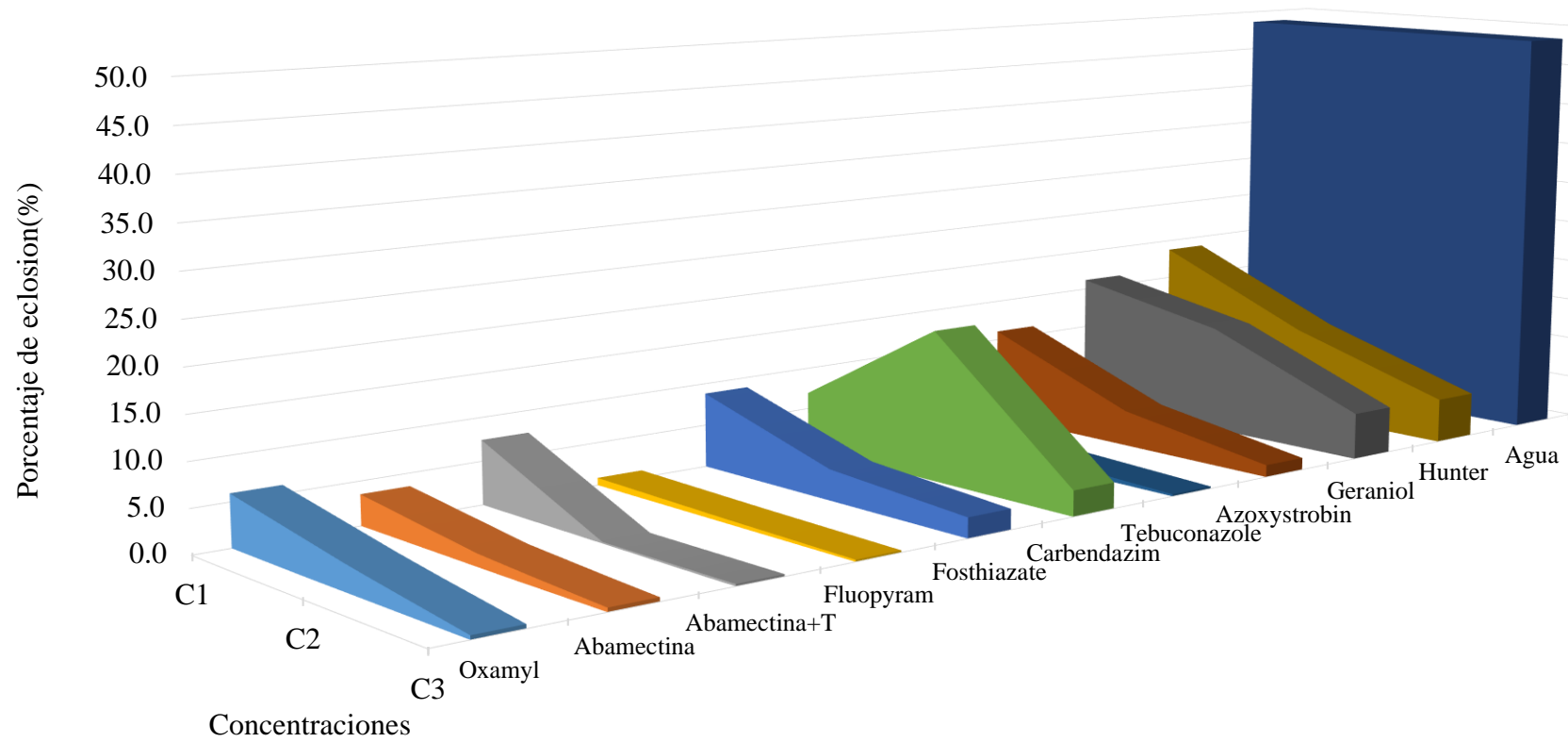
A 1000 ppm el Verango se muestra como el mejor tratamiento en suprimir la eclosión, estadísticamente igual al Solvigo, Vydate, Vertimec y Folicur.

Tabla 9. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita* a la concentración 3(C3)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Agua | 48.6 a |
| T9 | Geraniol | 5.5 b |
| T10 | Hunter | 5.2 b |
| T6 | Carbendazim | 3.0 bc |
| T5 | Fosthiazate | 2.3 bc |
| T8 | Azoxystrobin | 1.4 cd |
| T2 | Abamectina | 0.5 d |
| T1 | Oxamyl | 0.5 d |
| T3 | Abamectina+T | 0.2 d |
| T7 | Tebuconazole | 0.2 d |
| T4 | Fluopyram | 0.2 d |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

Gráfico 2. Efecto a diferentes concentraciones de productos comerciales alternativos e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* en la prueba de eclosión de huevos libres



6.1.7. PRUEBA DE MOVIMIENTO DE JUVENILES 2 A LA CONCENTRACION 1(C1)

El análisis de varianza respectivo da un coeficiente de variabilidad del 10.8 % e indica la presencia de diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 1.7)

La prueba de comparación de medias de Tukey coloca al testigo con un 88.3% de J2 con movimiento, le siguen el Hunter con 63.8 %, el aceite de geraniol con un 47.7%, el azoxystrobin (Stronsil) con un 28.8%, el carbendazim (Protexin) con un 16.1%, el tebuconazole (Folicur) con un 0.9%, mientras que el oxamyl (Vydate), la abamectina (Vertimec), la abamectina+thiamethoxan (Solvigo), el fluopyram (Verango) y el fosthiazate (Nemathorin) suprimieron totalmente el movimiento del nematodo.

Tabla 10. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de movimiento de J2 *Meloidogyne incognita* a la concentración 1(C1)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Agua | 88.3 a |
| T10 | Hunter | 63.8 ab |
| T9 | Geraniol | 47.7 b |
| T8 | Azoxystrobin | 28.8 c |
| T6 | Carbendazim | 16.1 d |
| T7 | Tebuconazole | 0.9 e |
| T4 | Oxamyl | 0.0 f |
| T2 | Abamectina | 0.0 f |
| T3 | Abamectina+T | 0.0 f |
| T10 | Fluopyram | 0.0 f |
| T5 | Fosthiazate | 0.0 f |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

6.1.8. PRUEBA DE MOVIMIENTO DE JUVENILES 2 A LA CONCENTRACION 2(C2)

El análisis de variancia respectivo tiene un coeficiente de variabilidad del 6.5 % e indica la presencia de diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 1.8)

Respecto a la prueba de comparación de medias de Tukey, se agrupa al testigo en un nivel de significancia aparte con un 88.3% de movimiento en los J2, le siguen el carbendazim (Protexin) con 47.6%, el Hunter con un 41.5%, el aceite de geraniol con un 28.2%, el azoxystrobin (Stronsil) con 17.4% , el tebuconazole (Folicur) con un 0.2%, mientras que el oxamyl (Vydate), la abamectina (Vertimec) , la abamectina+thiamethoxan (Solvigo), el fluopyram (Verango) y el fosthiazate (Nemathorin) suprimieron totalmente el movimiento del nematodo.

Tabla 11. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de movimiento de J2 *Meloidogyne incognita* a la concentración 2(C2)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Agua | 88.3 a |
| T6 | Carbendazim | 47.6 b |
| T10 | Hunter | 41.5 b |
| T9 | Geraniol | 28.2 c |
| T8 | Azoxystrobin | 17.4 d |
| T7 | Tebuconazole | 0.2 e |
| T4 | Oxamyl | 0.0 e |
| T2 | Abamectina | 0.0 e |
| T3 | Abamectina+T | 0.0 e |
| T10 | Fluopyram | 0.0 e |
| T5 | Fosthiazate | 0.0 e |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

6.1.9. PRUEBA DE MOVIMIENTO DE JUVENILES 2 A LA CONCENTRACION 3(C3)

El análisis de varianza respectivo tiene un coeficiente de variabilidad del 17.9% e indica diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 1.9)

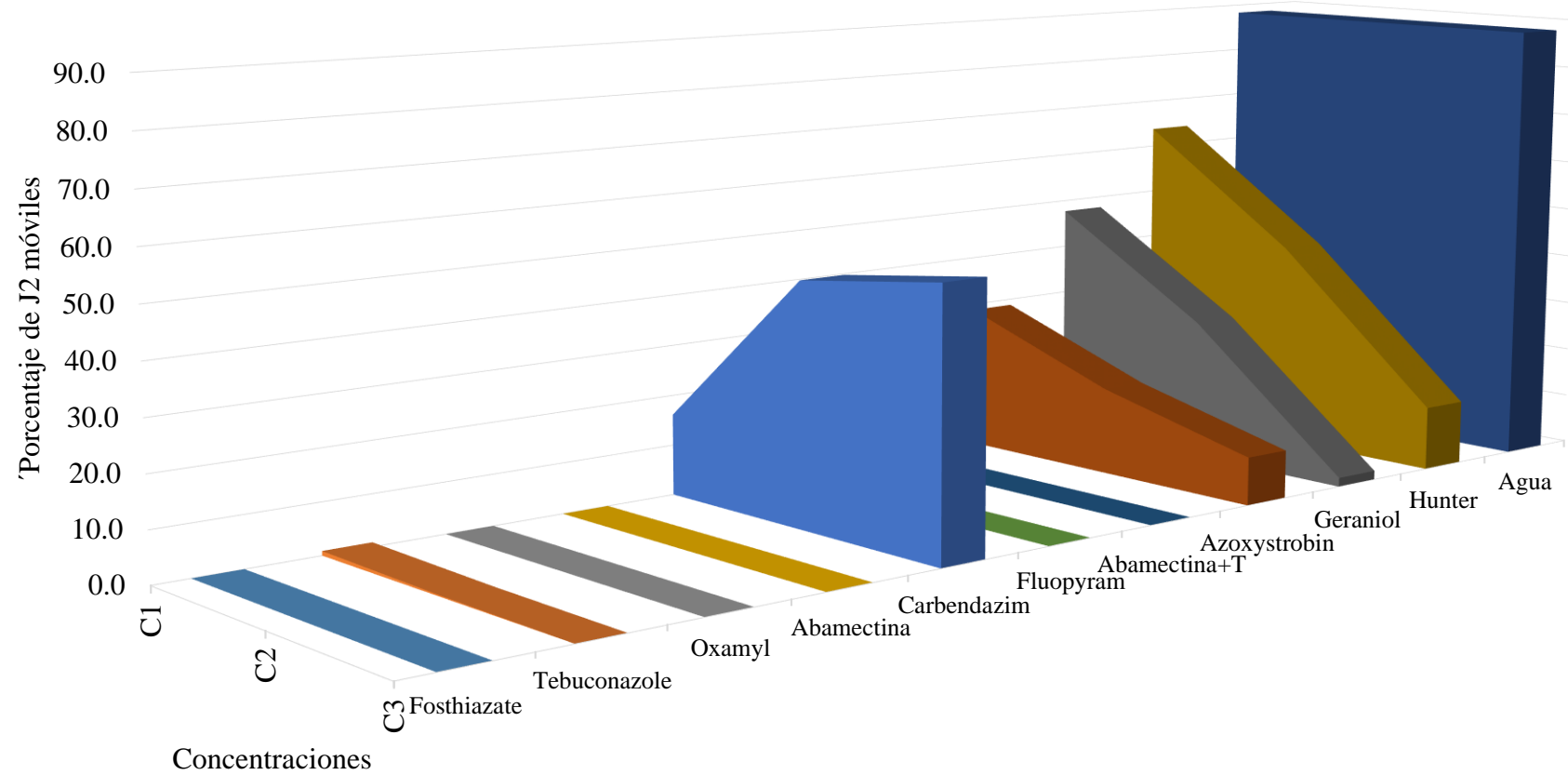
La prueba de comparación de medias de Tukey agrupa al testigo con un 88.3% de J2 con movimiento. Le siguen en orden descendente el carbendazim (Protexin) con un 51.9%, el Hunter 12.7%, el azoxystrobin (Stronsil) con un 9.5%, el aceite de geraniol con un 1.8% mientras que el oxamyl (Vydate), la abamectina (Vertimec), la abamectina+thiamethoxan (Solvigo), el fluopyram (Verango) y el fosthiazate (Nemathorin) suprimieron totalmente el movimiento del nematodo.

Tabla 12. Prueba de comparación de medias de Tukey de los tratamientos utilizados en la prueba de movimiento de J2 *Meloidogyne incognita* a la concentración 3(C3)

| Tratamiento | Ingrediente activo | Promedio |
|-------------|--------------------|----------|
| T0 | Agua | 88.3 a |
| T6 | Carbendazim | 51.9 b |
| T10 | Hunter | 12.7 b |
| T9 | Azoxystrobin | 9.5 c |
| T8 | Geraniol | 1.8 d |
| T7 | Oxamyl | 0.0 e |
| T4 | Abamectina | 0.0 e |
| T2 | Abamectina+T | 0.0 e |
| T3 | Fluopyram | 0.0 e |
| T10 | Fosthiazate | 0.0 e |
| T5 | Tebuconazole | 0.0 e |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

Grafico 3. Efecto a diferentes concentraciones de productos quimicos alternativos e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* mediante la prueba de movimieto de juveniles 2



6.2. ENSAYO DE INVERNADERO

6.2.1. PESO FRESCO DEL FOLLAJE

El análisis de varianza indica diferencias altamente significativas entre tratamientos con un coeficiente de variabilidad del 21.04 % lo cual es considerando bajo las condiciones de invernadero como ideal. (Anexo 2.1).

En la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.2), el mayor peso fresco de follaje lo presenta el tratamiento sin nematodos ni productos con un valor de 43.5 gr. Le siguen los tratamientos: abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha con 38.8gr, abamectina (Vertimec) a 4L/ha con 38.5 gr y abamectina a 2L/ha con 37 gr. Los demás tratamientos que presentaron menor peso fresco de follaje fueron en orden decreciente fueron el Solvigo a 2L/ha, el oxamyl (Vydate) a 4L/ha, , el Hunter a 2L/ha, , el aceite de geraniol a 3.3L/ha, el carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha, el fosthiazate a 1.5L/ha, el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha, el fluopyram a 1L/ha y el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2kg/ha con 34.3 , 33.7 , 32.7 , 28.6, 22.7 , 21.7, 17.3, 15.2 , 7.7 y 2.3 gr respectivamente. (Gráfico 4)

Cabe resaltar que el Stronsil a 1.2kg/ha obtuvo el peso fresco más bajo con 2.3 gr. y el Solvigo a 1L/ha obtuvo el mayor peso fresco entre todos los tratamientos con 38.8 gr sin embargo este último no superó al testigo sin nematodos ni productos.

Las plantas del último tratamiento, el T14, con tebuconazole (Folicur) a 2L/ha no sobrevivieron por efecto de la toxicidad generada por el producto, por lo tanto, fue descartado del ensayo a los pocos días de la primera aplicación.

En el análisis de los resultados podemos notar que cuando se aumenta la dosis de abamectina de 2L/ha a 4L/ha se obtiene una mejor respuesta en la planta, pasando de 37 a 38.5 gr. de peso fresco respectivamente. Por otro lado, cuando aumentamos la dosis del Solvigo de 1L/ha a 2L/ha, la planta reduce su peso fresco, pasando de 38.8 a 34.3 gr, sin embargo, cabe resaltar que no hay presencia de efecto visual fitotóxico.

También cuando aumentó la dosis del fluopyram de 0.5L/ha a 1L/ha el peso fresco disminuyó de 15.2 a 7.7 gr. observándose la presencia de fitotoxicidad en la planta, donde las hojas presentaron al inicio clorosis para luego terminar en una extrema necrosis intervenal, acentuándose la fitotoxicidad con el aumento de la dosis. Similar

comportamiento observamos en las plantas tratadas con fosthiazate, en donde al aumentar la dosis de 0.75L/ha a 1.5 L/ha se reduce el peso fresco de follaje de 21.7 a 17.3 gr.

La respuesta encontrada en la planta de tomate para el uso del Vertimec y Solvigo que son productos basados en el ingrediente activo llamado abamectina también se ha visto en otros ensayos en invernadero para el control de *Meloidogyne* mostrándose como el mejor tratamiento en aumentar el peso fresco del follaje respecto a otros nematicidas como fosthiazate, oxamyl y el cadusafos (Massoud, 2010) que coincide con lo obtenido en este ensayo. En informes técnicos del producto Solvigo se habla del efecto vigorizante que tiene en la planta, sin embargo no se especifica si es debido a la abamectina o al otro ingrediente activo insecticida que posee el producto, el thiamethoxan (Syngenta,2015).

En este ensayo a las dosis utilizadas en los diferentes tratamientos no se logró superar el peso fresco del tratamiento sin nematodos ni producto. A pesar de esto existen numerosos reportes del fomento del crecimiento de la planta en diferentes cultivos con el uso de abamectinas (Saad *et al*, 2012; Muzhandu *et al*, 2014)

Respecto al efecto fitotóxico de la molécula fluopyram (Verango), existen algunos reportes como el producto Ileo de Bayer, para tratamiento de semillas en donde se observa un daño en cotiledones de semilla de soya, provocando que adquieran una coloración amarillenta-marrón, sin embargo, no llega a afectar las hojas visualmente. (Wise, 2015). Según Tomas Allen (2013), este efecto fitotóxico de clorosis y necrosis intervenal se presenta en fungicidas como los triazoles. Aconseja que aplicaciones al follaje, no se hagan durante los momentos más calurosos del día, porque se incrementa el riesgo de fitotoxicidad. En este ensayo la temperatura media dentro del invernadero superó los 30°C en gran parte de los días, ya que se dio lugar en época de verano. El estrés generado por las altas temperaturas pudo desencadenar la fitotoxicidad por parte del fluopyram.

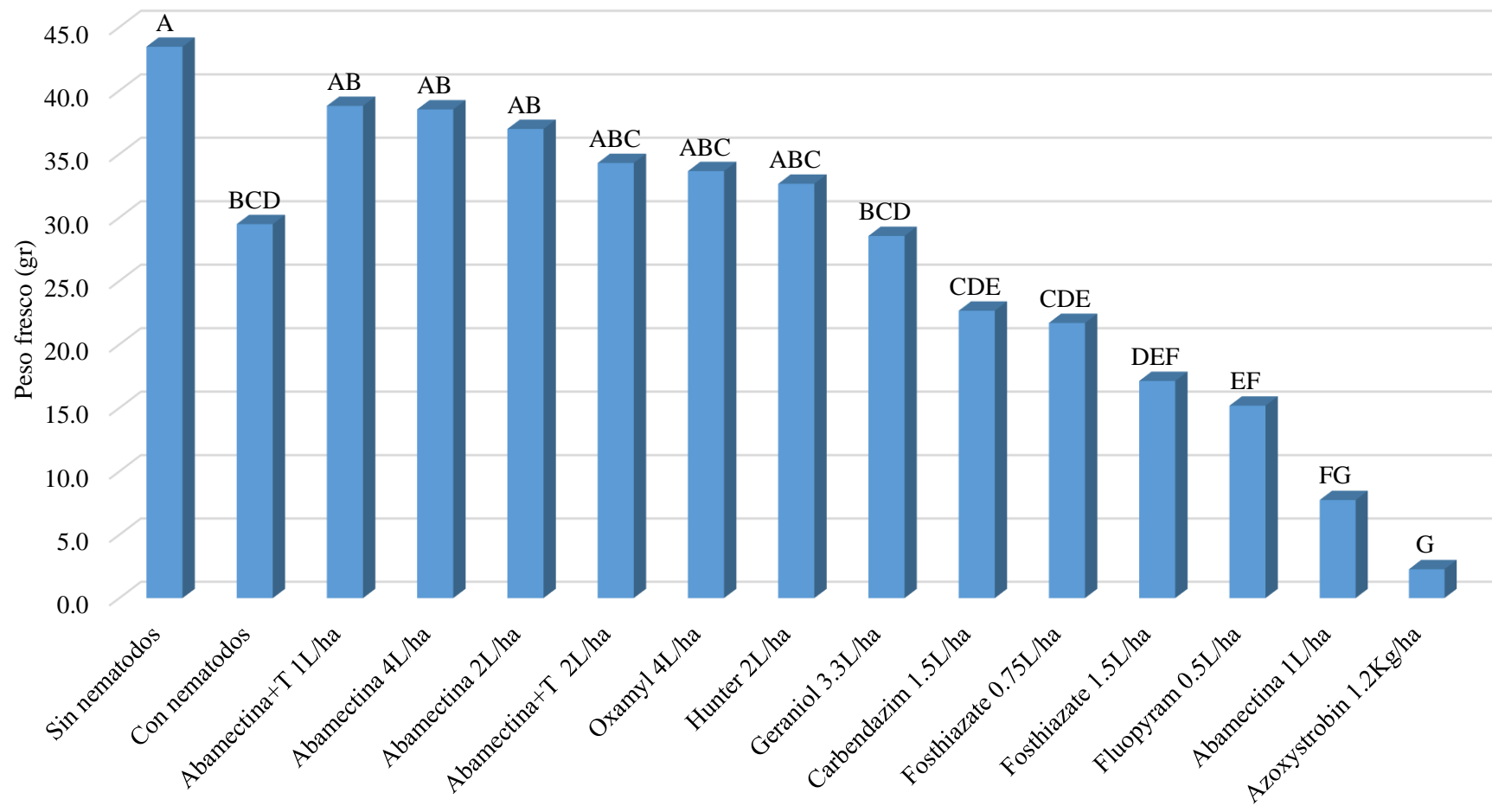
Respecto al tratamiento oxamyl su efecto fitotóxico reduce el peso fresco del follaje y genera quemaduras en las hojas. La planta se muestra con buen porte, pero con pocas hojas y área foliar y con una coloración verde intensa.

En el caso del fosthiazate su efecto fitotóxico se tradujo en un marcado enanismo en la planta y poca área foliar. Comportamiento que ha sido observado en otros estudios sobre el ingrediente activo de este producto conocido como fosthiazate. (Kokalis, 2005; Minton, 1993).

En el caso del uso del aceite de geraniol y del Hunter, sus efectos en el peso fresco del follaje son estadísticamente iguales a la que posee el testigo con solo nematodos. No presentan fitotoxicidad sino más bien una reducción del peso fresco debido a la poca acción de control que tuvieron estos productos sobre *Meloidogyne*. Comportamiento que se observa también en los resultados de las pruebas in vitro en donde se muestran como algunos de tratamientos menos efectivos.

Respecto al tratamiento con carbendazim, este producto posee un menor peso fresco que el testigo sin nematodos, pero sin presencia de fitotoxicidad, este comportamiento se debe control no efectivo contra *Meloidogyne* lo que se traduce en menos peso. Lo mismo sucede en el tratamiento con azoxystrobin, pero en este caso la fitotoxicidad del producto genera un marcado enanismo y una deformación en las hojas. En otra experiencia con el uso de azoxystrobin para el control de *Rhizoctonia solani*, un aumento de la dosis de este ingrediente activo inhibió el desarrollo de bulbos en cebolla, resultando fitotóxico en dosis altas. (Anstis y Wicks, 2012)

Gráfico 4. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra *Meloidogyne incognita* sobre el parámetro peso fresco de follaje



6.2.2. PESO SECO DE FOLLAJE

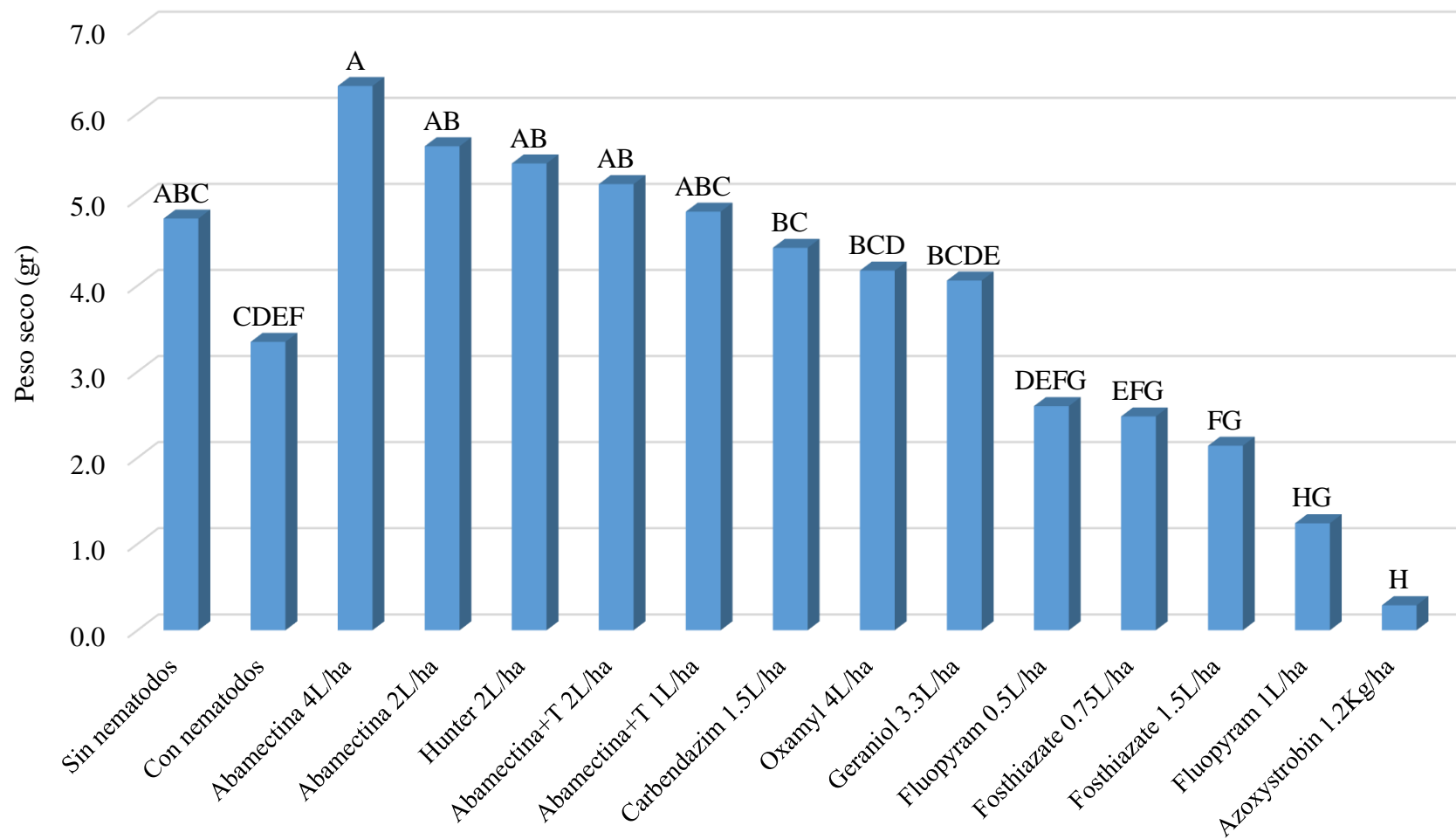
Respecto a este parámetro indirecto del efecto del nematodo, el análisis de varianza da un coeficiente de variabilidad del 19 %, lo cual indica que nuestros datos son confiables. (Anexo 2.3)

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.4) coloca al tratamiento con abamectina (Vertimec) a 2L/ha y 4L/ha como los de mayor materia seca generada con 6.3 y 5.6 gr respectivamente, valores superiores al testigo sin nematodos ni producto con 4.8 gr, saliendo a relucir el efecto estimulante de las abamectinas al generar mayor peso seco. Le siguen en orden descendente el Hunter a 2L/ha con 5.42 gr., abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 2L/ha con 5.2 gr. y la abamectina+thiamethoxan a 1L/ha con 4.9 g , el carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha con 4.4 g, el oxamyl (Vydate) a 4L/ha con 4.2 g, el aceite de geraniol a 3.3L/ha con 4.1 gr, el testigo solo con nematodos con 3.4 g, el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha con 2.6g, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha con 2.5 g, el fosthiazate a 1.5L/ha con 2.1, el fluopyram a 1L/ha con 1.2 gr y por último el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha con 0.29 g. (Gráfica 5)

Estadísticamente el tratamiento con Hunter, la abamectina y la abamectina+thiamethoxan son iguales en valor de materia seca alcanzado con las diferentes dosis utilizadas. En otra agrupación el fluopyram y fosthiazate también están dentro de un mismo nivel de significancia con las diferentes dosis usadas.

Cabe resaltar que en el peso seco al igual que en el peso fresco, disminuyó este parámetro cuando aumentó la dosis del producto, como en el caso de la abamectina+thiamethoxan, fluopyram y fosthiazate. El efecto fitotóxico fue ligero en la abamectina+thiamethoxan pero fue más marcado en el fluopyram y fosthiazate. Por otra parte el tratamiento con abamectina al pasar de 2L/ha a 4L/ha aumentó su peso seco.

Gráfico 5. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* sobre el parametro peso seco



6.2.3. ALTURA DE PLANTA.

Respecto al parámetro de altura de planta se observan diferencias altamente significativas entre tratamientos según el análisis de variancia realizado. Además, el coeficiente de variabilidad es de 14.2% lo cual está considerado ideal para un ensayo de invernadero. (Anexo 2.5)

En la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.6), observamos que el tratamiento con abamectina (Vertimec) a 2L/ha alcanzó la mayor altura con 51.1 cm seguido de los tratamientos sin nematodos ni producto con 50 cm, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha con 50.1 cm, la abamectina (Vertimec) a 4L/ha con 49.8 cm, la abamectina+thiamethoxan a 2L/ha con 49.6 cm y el oxamyl (Vydate) a 4L/ha con 48.4 cm. Los tratamientos que le siguen en orden descendente son el testigo con solo nematodos con 46.1 cm, el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha con 45.4 cm, la carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha con 43.2 cm, el Hunter a 2L/ha con 42.6 cm, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha con 38.8 cm, el aceite de geraniol a 3.3L/ha con 38.1 cm, el fluopyram a 1L/ha con 36 cm, el fosthiazate a 1.5L/ha con 32.5 cm y por último el azoxystrobin (Stronsil) con 1.2 Kg/ha con 7 cm. Casi todos los tratamientos a excepción de las dosis más altas de fluopyram y fosthiazate y el tratamiento con azoxystrobin, resultaron ser estadísticamente iguales. (Gráfico 6)

Se observa que la abamectina a 2L/ha se comporta como el mejor tratamiento respecto a la altura de planta. Además si bien es cierto el oxamyl a 4L/ha tiene un tamaño estadísticamente igual a la abamectina a 2L/ha, el oxamyl causó fitotoxicidad en la planta con un ligero enrollamiento de las hojas y quemaduras en los bordes.

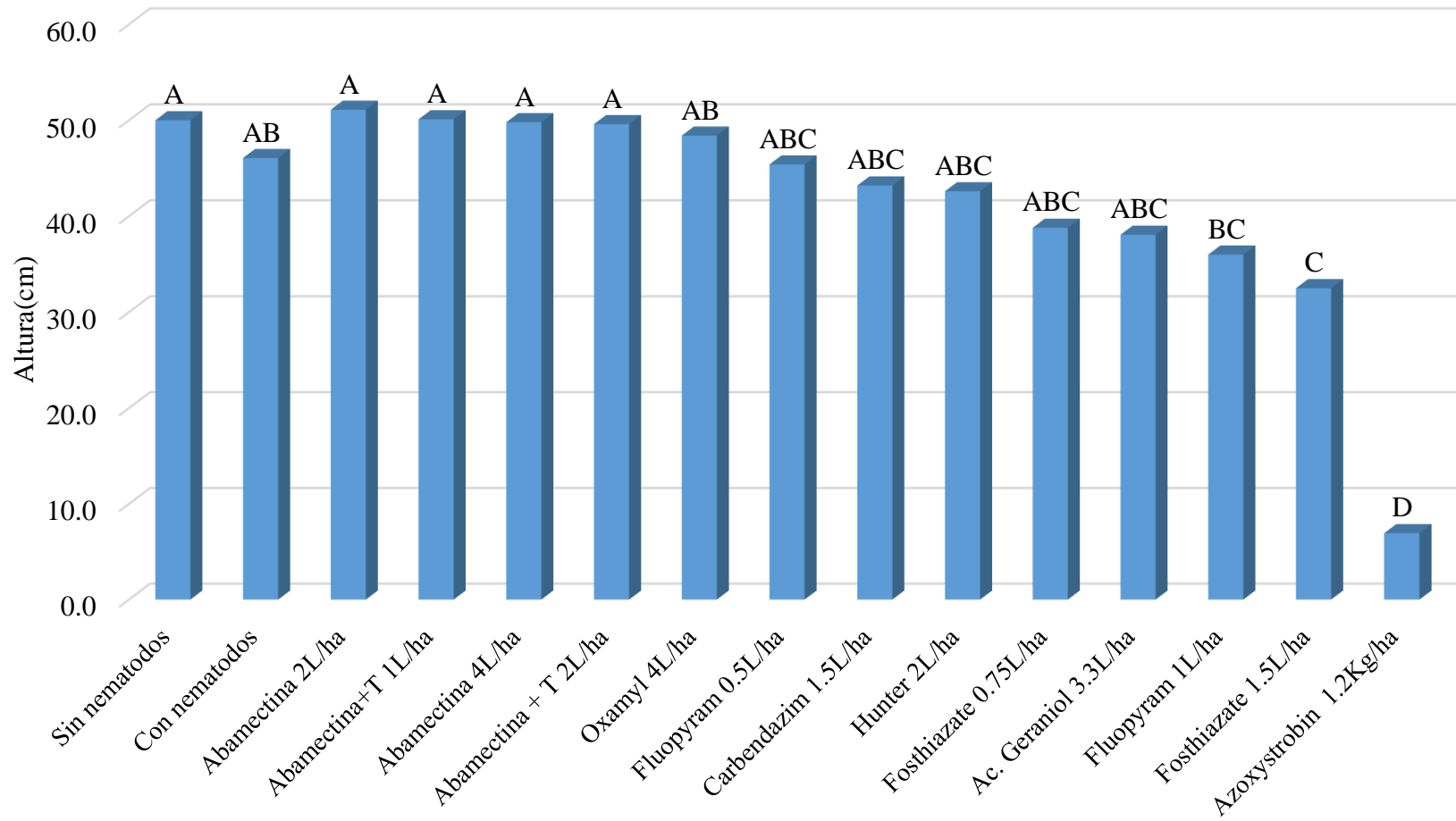
Los tratamientos a base de abamectina como el Vertimec y Solvigo presentaron las mayores alturas de planta, lo que confirma el efecto estimulante que tiene este ingrediente activo en el crecimiento de la planta, sin embargo, estadísticamente estos tratamientos son iguales inclusive con el testigo sin nematodos ni productos.

Los tratamientos fluopyram a 0.5L/ha y 1L/ha presentan una menor altura respecto al testigo sin nematodos ni producto, con valores de 45.4 y 36 cm respectivamente., observándose presencia de fitotoxicidad expresadas en hojas quemadas.

Los tratamientos con Hunter a 2L/ha y aceite de geraniol a 3.3L/ha poseen alturas estadísticamente iguales al encontrarse en un mismo nivel de significancia con valores de

42,6 y 38.1 cm. sin embargo, son valores menores al testigo sin nematodos y también menores al testigo con nematodos. Los tratamientos con carbendazim a 1.5L/ha y Stronsil a 1.2Kg/ha también obtuvieron valores de altura menores a los dos testigos con valores de 43.2 y 7 cm respectivamente. El azoxystrobin tuvo un efecto fitotóxico marcado al generar un enanismo y deformación de hojas.

Gráfico 6. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* sobre el parametro altura de planta



6.2.4. PESO DE RAIZ

Respecto al parámetro peso de raíz, el análisis de varianza obtiene un coeficiente de variación de 22 % lo que es considerado ideal para las condiciones de invernadero. Por otra parte, se obtienen diferencias altamente significativas. (Anexo 2.7).

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.8) nos muestra que tanto el testigo con nematodos y el aceite de geraniol a 3.3L/ha muestran los mayores pesos de raíz con 28 y 23.7 g respectivamente, estando en el mismo nivel de significancia. Mientras que el testigo sin nematodos ni producto alcanza un valor de 18 gr, le siguen en orden descendente el Hunter a 2L/ha con 17.4 gr, la abamectina (Vertimec) a 2L/ha con 12.3 gr., la abamectina a 4L/ha con 11.4 gr., oxamyl (Vydate) a 4L/ha con 10.66 gr., la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha con 10.5 g, la abamectina+thiamethoxan a 2L/ha con 9.2 gr., el carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha con 6.9 gr. , el fosthiazate (Nemathorin) a 1.5L/ha con 5.9 gr., el fosthiazate a 0.75L/ha con 5.3 gr, el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha con 3.9 gr , el fluopyram a 1L/ha a 2.1 g y por último el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha con 0.5 gr. (Gráfico 7)

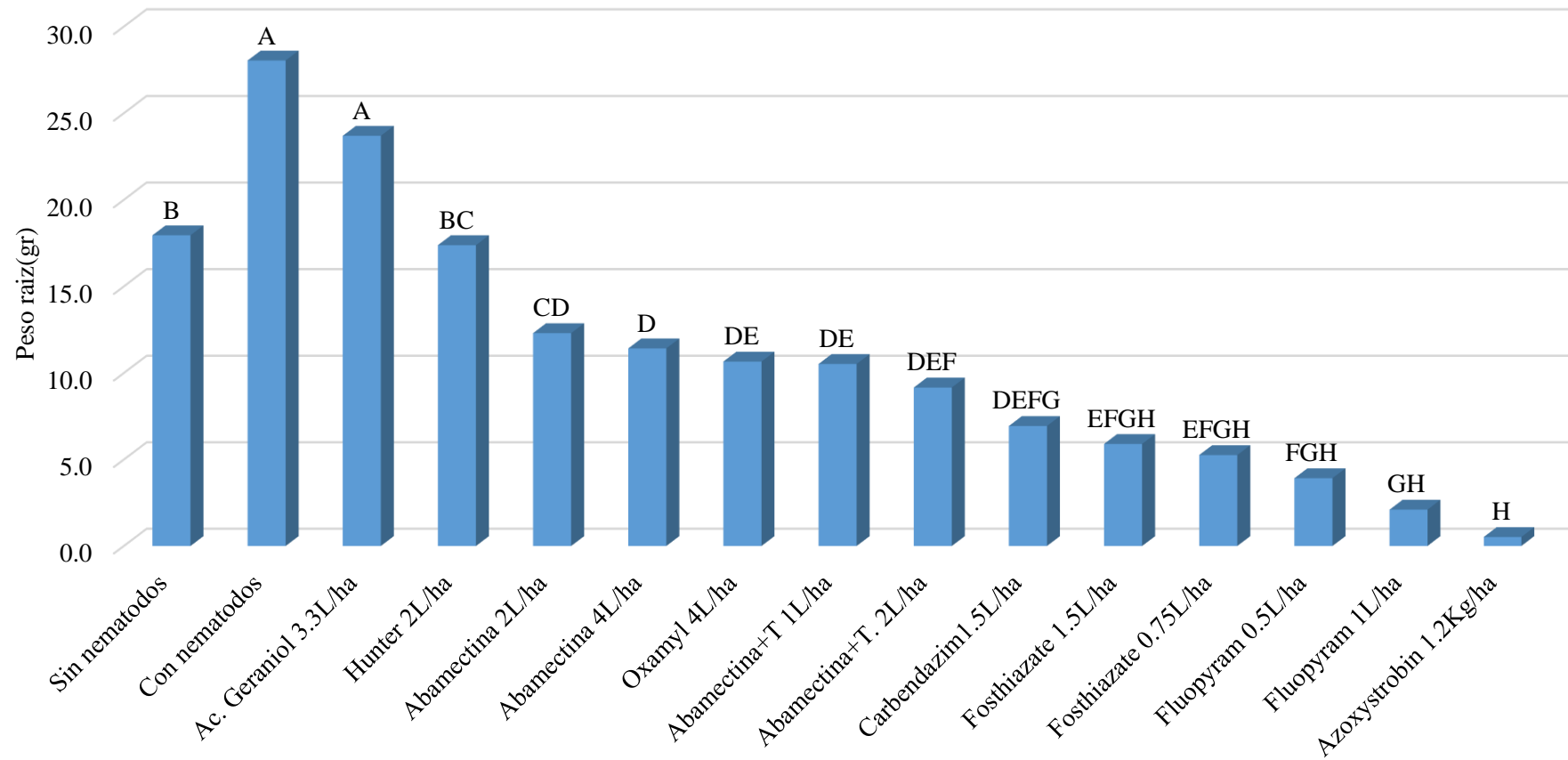
El aceite de geraniol y Hunter alcanzaron valores de peso de raíz de 23.7 y 17.4 gr. Mientras que el testigo con nematodos alcanzó un valor de 28 gr y el testigo sin nematodos ni producto un valor de 18 gr. Aparentemente el aceite de geraniol estimuló el crecimiento de la raíz mientras que el Hunter no afectó su crecimiento y en el testigo con nematodos el crecimiento se vio favorecido por la presencia del nematodo. Sin embargo este comportamiento se explica de la siguiente forma.

Al haber mayor daño del nematodo se presenta un mayor número de nódulos lo que se traduce en un mayor peso radicular. Los nódulos son la expresión visual de las células hipertrofiadas de los vasos conductores que sirven de sitios de alimentación para los estadios sedentario de *Meloidogyne*. Estas células pueden aumentar en 100 veces su tamaño normal y son llamadas células gigantes (Perry y Wesemael, 2008). Es por ello que el aceite de geraniol se muestra como uno de los tratamientos con mayor peso radicular, ya que si control sobre el nematodo no fue efectivo y el síntoma visual de presencia de nódulos está presente, lo mismo se observa para el testigo con nematodos.

Se puede observar también que la abamectina, la abamectina+thiamethoxan y el oxamyl en sus diferentes dosis, tienen pesos de raíz menores que el tratamiento sin nematodos ni producto, lo que podría entenderse como un efecto negativo de estos ingredientes activos

en el crecimiento radicular, sin embargo, este desmedro en el crecimiento de la raíz no perjudica el crecimiento de la parte aérea si lo relacionamos con el peso fresco de follaje y la ganancia de materia seca. Estos son estadísticamente iguales al tratamiento testigo sin nematodos ni producto.

Gráfico 7. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales en control de *Meloidogyne incognita* sobre el parametro de peso fresco de raíz



6.2.5. ESCALA DE NODULACIÓN ZECK

Respecto a la escala de Zeck usada para la evaluación de la nodulación en las raíces. El análisis de variancia muestra diferencias altamente significativas entre tratamientos además el coeficiente de variabilidad es de un 17.5 % lo que es considerado ideal. (Anexo 2.9)

En la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.10) se obtuvo que los tratamientos con el menor grado de nodulación son los tratamientos con fosthiazate (Nemathorin) a 1.5L/ha, el fluopyram (Verango) a 1L/ha, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 2L/ha y la abamectina (Vertimec) a 4L/ha, todos con 0 grados seguidos, en orden creciente, por el tratamiento fosthiazate a 0.75L/ha, la abamectina a 2L/ha, el fluopyram a 0.5L/ha, la abamectina+fluopyram a 1L/ha y el oxamyl (Vydate) a 4L/ha con valores de 0.2, 0.2, 0.4, 1.4, 1.4 y 1.4 grados respectivamente. Los tratamientos siguientes son el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha y el carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha obteniéndose 4 y 5 grados respectivamente y estadísticamente iguales. Los demás tratamientos como el Hunter a 2L/ha y el aceite de geraniol a 3.3L/ha son los que poseen mayor grado de nodulación con 5.2 y 7 grados. El testigo con nematodos obtuvo un grado 7.6.

La nodulación es una expresión visual del daño causado por *Meloidogyne*. Entre mayor el grado, mayor será el daño. Se observa que los tratamientos Nemathorin, Verango, Solvigo, Vertimec a las más altas dosis de este ensayo muestran los mejores resultados en suprimir la actividad del nematodo paralizándolo, matándolo y evitando la generación de nódulos.

El fluopyram es una molécula nueva en el uso de control de nematodos tiene acción nemastática conocida y tiene un mecanismo de acción según su acción fungicida dentro del grupo de los inhibidores de la respiración (FRAC, 2016). La utilización de otros ingredientes activos dentro del grupo de los inhibidores de la respiración y con un sitio de acción igual como el boscalid, iprodione, flutonil, penthiopyrad y el fluxapyroxad, en pruebas in vitro, no fueron efectivos en matar o paralizar a *Meloidogyne* (Faske, 2015). Esto indicaría que el sitio de acción del fluopyram es único y desconocida hasta el momento.

Existen trabajos para el control de *Meloidogyne* y *Rotylenchulus* en pruebas *in vitro* y en campo que validan su uso como nematicida y comercialmente lanzado al mercado por la transnacional Bayer.

La abamectina por su parte tiene un efecto similar en suprimir el movimiento de *Meloidogyne incognita* que el fluopyram en pruebas *in vitro* (Faske, 2015). Incluso se indica que la abamectina tiene un efecto nematicida para *Meloidogyne incognita* y *Rotylenchulus reniformis* en plantas de algodón (Monfort et al, 2006; Faske y Starr ,2007) de ahí que estos tratamientos se presenten como dos de los mejores tratamientos en evitar la formación de nódulos. Hay varios reportes de casos exitosos de control de nematodos usando la abamectina en tomates y en tratamientos de semillas de algodón. (Becker, 1999; Monfort *et al.*, 2006; Faske y Starr, 2006; Alfonso *et al.*, 2009). En algunos trabajos en tomate se observa un reducción de la nodulación hasta en un 68.7% usando el Vertimec a una concentración de 198 ppm de i.a y con una sola aplicación después del transplante con 5000 huevos de *Meloidogyne incognita* por maceta (Khalil, 2012) y también con una sola aplicación a 10L/ha de Abamectin (2.5% EC) se obtuvo un índice de nodulación de 2.14 , en una escala del 1 al 10, con una población inicial de 2000 J2 de *Meloidogyne incognita* por maceta (Qiao y Liu,2012). En un trabajo usando Tervigo (avermactina 2% SC) a una dosis de 6L/ha o 0.0025 ml/maceta obtuvo un promedio de 88 nódulos en la raíz comparado con el testigo con 263 nódulos y una población inicial de 5000 huevos/maceta. (Saad, 2017)

El fosthiazate es un inhibidor de la acetilcolinesterasa que tiene un efecto negativo en la eclosión y movimiento de los nematodos (Woods et al., 1999). Sin embargo mientras que la inhibición de la acetilcolinesterasa para carbamatos como aldicarb y oxamyl es reversible, el proceso se cree es irreversible para el caso del fosthiazate (Richard, 1960; Yu et al., 1972). En un ensayo de invernadero realizado con tomate, el producto Nemathorin 10 % WG a una dosis de 0.125 g/Kg de suelo fue el más efectivo comparado con oxamyl, carbofuran, ethoprofos y cadusafos. Este tratamiento obtuvo 21 nódulos en comparación a los 836 nódulos del testigo con nematodos demostrando su efectividad en reducción de la nodulación (Radwan, 2012)

El efecto fitotóxico del fosthiazate, a pesar de controlar muy bien la nodulación, disminuyó el peso radicular, peso fresco de follaje y altura de la planta de una forma significativa, si lo comparamos con el testigo sin nematodos ni producto. Lo mismo ocurre para el producto con fluopyram. Sin embargo la abamectina+thiamethoxan no

presenta un efecto fitotóxico, presentándose una leve disminución de valores de parámetros indirectos (peso fresco, altura, peso radicular) del efecto del nematodo al pasar de una dosis de 1 L/ha a 2L/ha. Cabe resaltar que el producto testigo comercial con oxamyl a 4L/ha no resultó ser tan eficaz como estos nuevos productos comerciales ya que obtuvo un grado de nodulación de 1.4 y tiene un efecto fitotóxico moderado.

En general estos ingredientes activos, alcanzaron un grado máximo de 1.4 de nodulación, es decir, solo hubo presencia de numerosos nódulos pequeños y fáciles de detectar y que no comprometen la funcionalidad de la raíz (Zeck, 1971) siendo el efecto del nematodo bajo, casi nulo o nulo dependiendo del tratamiento.

Los dos nuevos ingredientes activos propuestos en este ensayo para el control de *Meloidogyne* : el azoxystrobin a 1.2 Kg/ha y el carbendazim a 1.5L/ha mostraron tener cierto efecto en evitar la generación de nódulos ya que obtuvieron un grado 4 y 5 respectivamente a comparación del testigo que alcanzó un grado 7.6. Este comportamiento ya se previa debido a la ligera eficacia alcanzada en las pruebas *in vitro*. El azoxystrobin resultó ser altamente fitotóxico al causar no solo un fuerte enanismo sino una deformación de la hoja. El ingrediente activo que posee el Stronsil es el azoxystrobin y se encuentra dentro del grupo de fungicidas pertenecientes al mismo modo de acción que el fluopyram, a nivel de la respiración pero con sitios de acción diferentes, sin embargo, a la dosis utilizada de 1.2kg/ha o 550 ppm no tuvo el control deseado. No existe mucha información sobre la acción de este fungicida sobre los nematodos. En un ensayo en campo hecho en grass (*Zoysia japonica*) en donde había poblaciones predominantes de *Trichodorus obtusus*, una aplicación de 1.2 Kg/ha de azoxystrobin no logró reducir la población, sino que aumentó incluso más que el tratamiento control, además no se menciona ningún efecto fitotóxico (Shaver, 2016), como el observado en el ensayo.

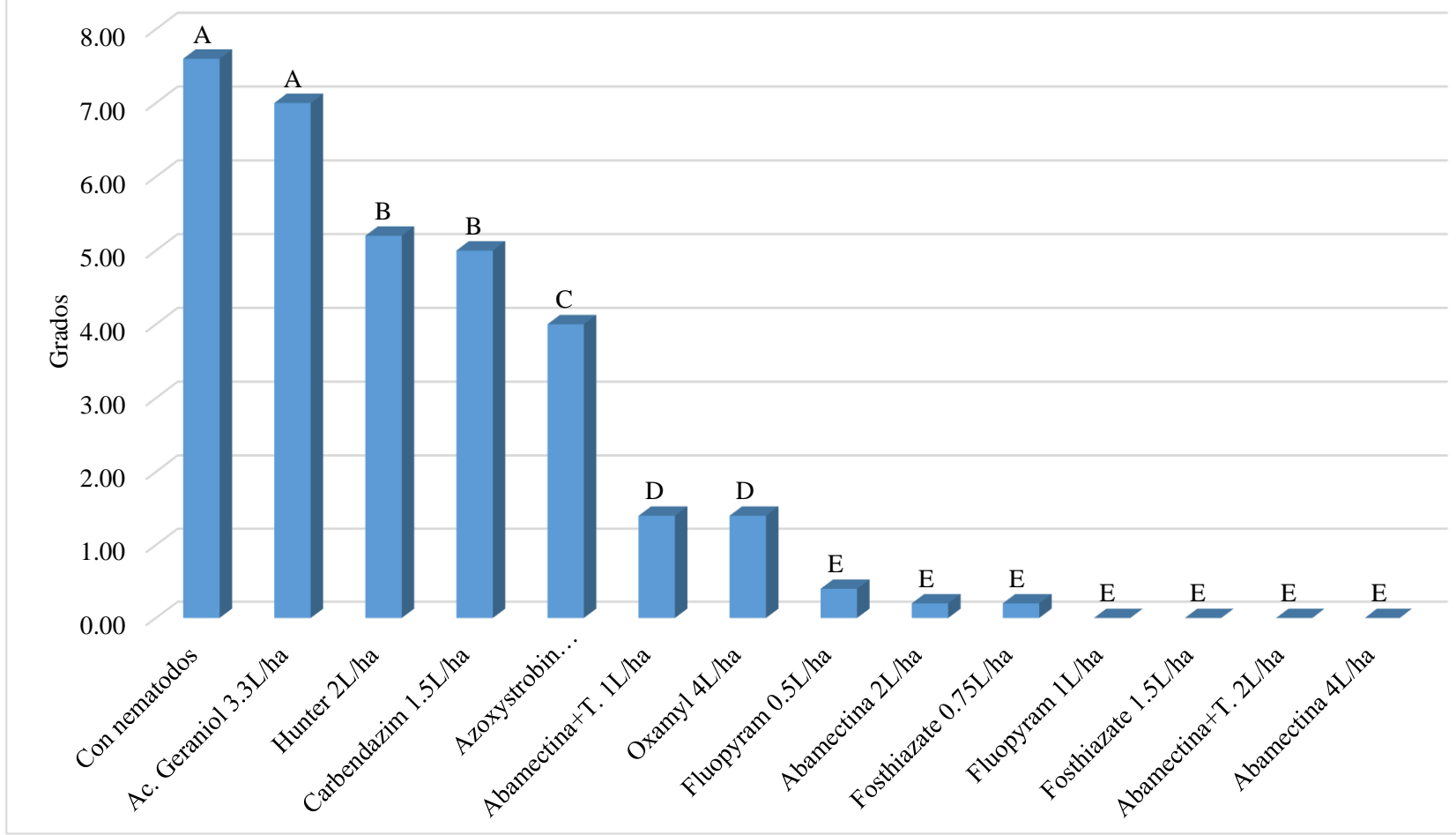
La carbendazim a 1.5L/ha mostró un ligero efecto fitotóxico y redujo el grado de nodulación, comportamiento que se veía venir, gracias a la data de las pruebas *in vitro*. El ingrediente activo de este producto es la carbendazim, un bendamidazole. El principal efecto de los benzimidazoles en nematodos parásitos de plantas sería, en los últimos estadios del desarrollo postembrionario y en la reproducción. No se conoce nada del modo de acción de los benzimidazoles en los nematodos fitoparásitos. Sin embargo varios de ellos son usados ampliamente en el control de nematodos parásitos de animales y se piensa que al menos alguno estos compuestos actúan bloqueando el ensamblamiento de

microtúbulos, por lo tanto inhibe la captura de nutrientes a través de las células intestinales (Coles, 1977).

El nematóxico comercial Hunter a 2L/ha con la dosis recomendada para su uso en campo y con 3 aplicaciones cada 15 días no fue efectivo en controlar la nodulación ya que alcanzó un grado de nodulación de 5.2 que indica un 50% del sistema radical seriamente nodulado y no funcional. Si bien es cierto es un grado menor al testigo con nematodos, no mostró un control efectivo. Posiblemente la población de *Meloidogyne* obtenida de una plantación de tomate de campo fue muy agresiva, la cantidad de huevos inoculada muy alta (20000 huevos/kg), la frecuencia de aplicaciones muy larga o tal vez las altas temperaturas del invernadero aceleraron la degradación de la molécula activa de este producto, ya que recordemos se trata de un extracto vegetal. Se ha observado que muchos productos comerciales rompen su eficacia al tener poblaciones de nematodos muy altas que controlar.

Por otro lado, el aceite de geraniol a 3.3L/ha no fue efectivo en controlar la generación de nódulos ya que alcanzó un grado de nodulación 7, ligeramente menor al testigo con nematodos. Esto significa que un 75% del sistema radicular está seriamente nodulado y no funcional. Las pruebas *in vitro* a diferentes concentraciones de este producto mostraron porcentajes muy bajos en afectar el comportamiento del nematodo en diferentes niveles (huevos libres, juveniles, masas de huevos) por lo que el resultado obtenido se explica por lo obtenido *in vitro*. Sin embargo, otros trabajos *in vitro* catalogan al aceite de geraniol con un 100% de mortalidad sobre juveniles 2 de *Meloidogyne incognita* a las 72 horas de exposición continua en el producto y un 71 % de inhibición de la eclosión de huevos dentro de las masas de huevos luego de 24 horas a una concentración para ambas pruebas de 0.5 ug/ul que son 500000 ppm o 50% de concentración (Andrés, 2012). Si comparamos la concentración usada en la aplicación del producto (109 ppm) en cada aplicación, esto podría apoyar el resultado obtenido con el producto a base de aceite de geraniol en nuestro ensayo. Sin embargo, este producto tiene una concentración del 3.5% y la dosis total utilizada con 3 aplicaciones cada 15 días fue de 10 L/ha/campaña cantidad que es considerada como alta. Si se quisiera alcanzar un efecto idóneo en campo por lo menos el producto tendría que tener una concentración de 50% de aceite de geraniol, lo cual demandaría mucha cantidad del ingrediente activo que puede ser no viable para su producción y masificación.

Gráfica 8. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales en el control de *Meloidogyne incognita* sobre la nodulación usando la escala ZECK



6.2.6. ESCALA DE NODULACIÓN PIM

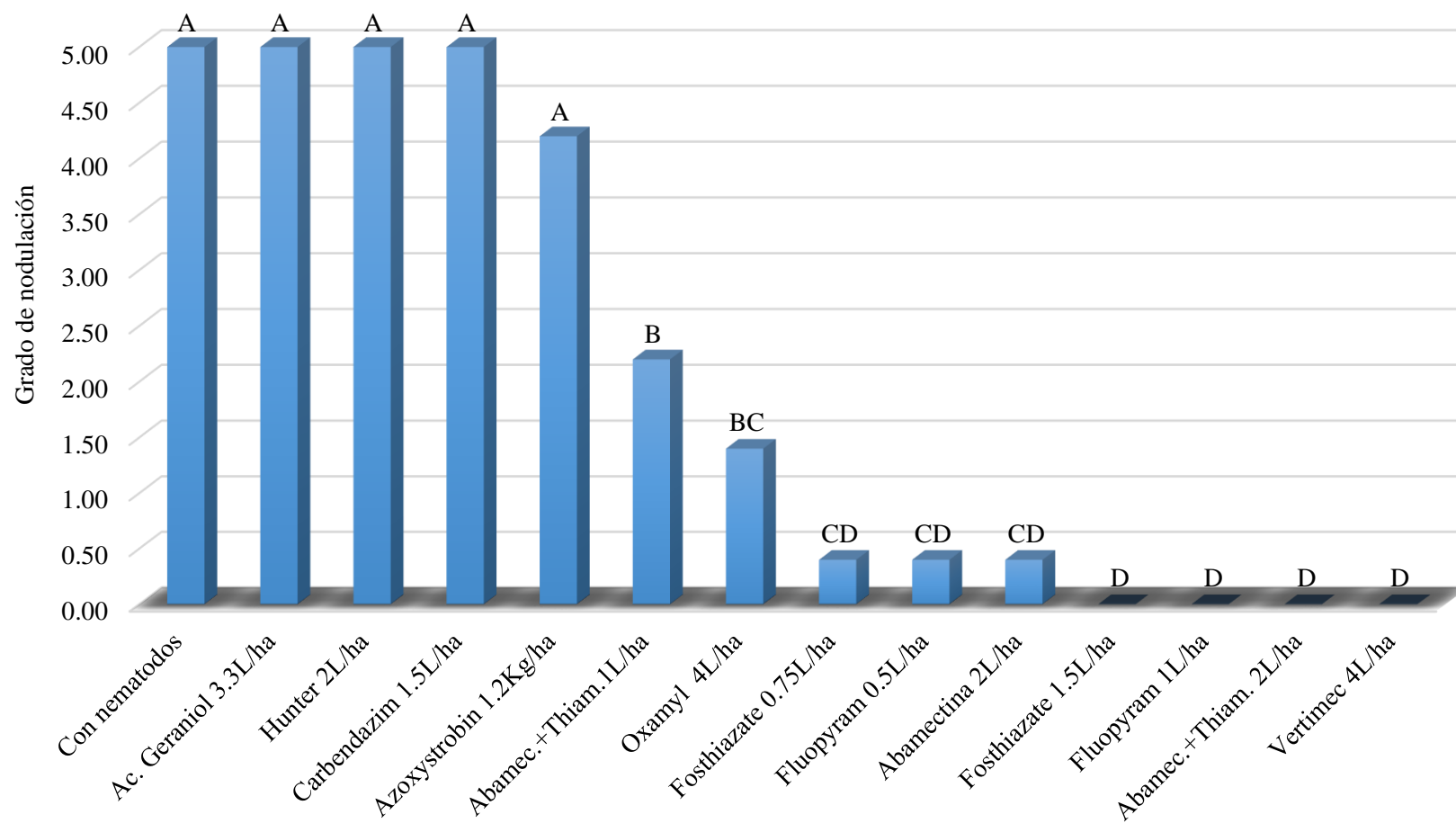
La escala PIM, propuesta por el Proyecto Internacional de Meloidogyne es una escala basada en el número de nódulos presentes en la raíz. Es una escala que se tiene que manejar con cuidado debido a que no siempre puede ser la adecuada para evaluar el daño generado por *Meloidogyne*. En aquellos casos en que el número de nódulos sobrepase el número de 100, esta escala llega a su grado más alto y va a subestimar el grado de daño generado por el nematodo en raíces que posean más de 100 nódulos.

Respecto a este parámetro indirecto de efecto de *Meloidogyne* en el cultivo, el análisis de varianza obtuvo un coeficiente de variabilidad del 22.7 % e indica diferencias altamente significativas entre tratamientos (Anexo 2.11). La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.12) nos muestra que el testigo con nematodos junto con los tratamientos aceite de geraniol a 3.3L/ha, Hunter a 2L/ha, el carbendazim (Protexin) a 1.5 L/ha y el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha se encuentran dentro de un mismo nivel de significancia con grados de nodulación de 5, 5, 5, 5 y 4.2 grados respectivamente. Le siguen en orden decreciente el tratamiento con abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha con 2.2, el oxamyl (Vydate) 4L/ha con 1.4, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha con 0.4, el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha con 0.4, la abamectina (Vertimec) a 2L/ha con 0.4, el fosthiazate a 1.5L/ha con 0 grados al igual que el fluopyram a 1L/ha, la abamectina+thiamethoxan a 2L/ha y la abamectina a 4L/ha. (Gráfico 8)

Respecto a la escala PIM no hay mucho que decir, no es tan precisa en este caso, como la escala ZECK ya que se obtuvieron tratamientos con nodulación severa, en donde es más útil una escala ZECK que PIM.

Prácticamente el aceite de geraniol, Hunter, la carbendazim y e azoxystrobin fueron estadísticamente iguales al tratamiento testigo con solo nematodos por lo tanto no tuvieron ningún efecto en reducir la nodulación. Todos los demás nematódicos comerciales químicos si tuvieron un efecto bueno y muy bueno en suprimir la nodulación.

Gráfico 9. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra *Meloidgyne incognita* sobre la nodulación usando la escala PIM



6.2.7. NÚMERO DE J2 /100 CC DE SUELO

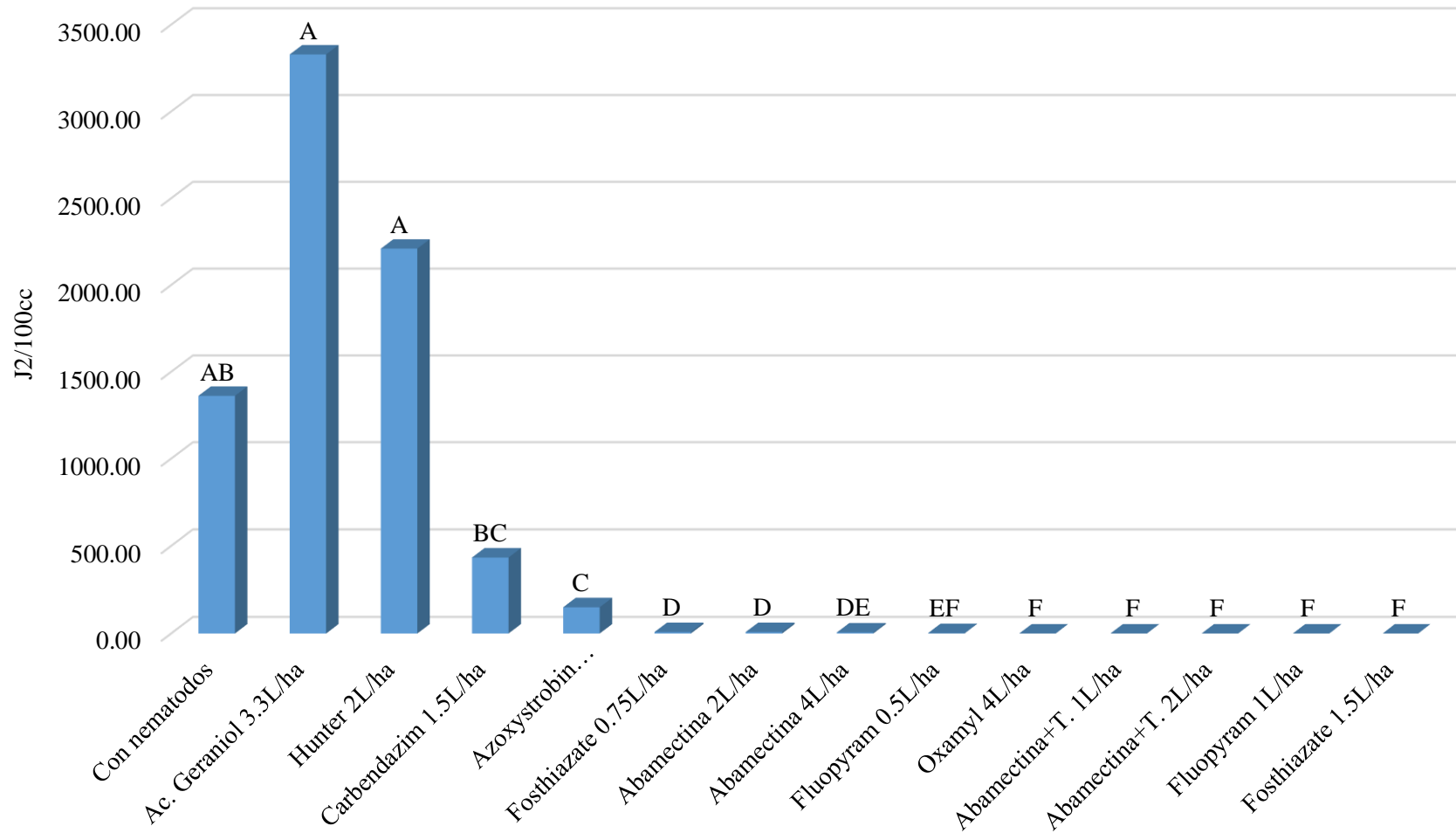
Respecto al número de juveniles 2 de *Meloidogyne* presentes en 100 cc de suelo, el análisis de varianza muestra un coeficiente de variabilidad del 29 % y existen diferencias significativas entre tratamientos (Anexo 2.13).

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.14) coloca al aceite de geraniol a 3.3L/ha, al Hunter a 2L/ha y al testigo solo con nematodos en un mismo nivel de significancia con 3339, 2210 y 1362 J2/100 cc de suelo. Los demás tratamientos como el carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha y el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha obtuvieron 434 y 150 J2, respectivamente y se ubican en un mismo nivel de significancia. Los demás tratamientos como la abamectina (Vertimec) a 2L/ha, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha y la abamectina (Vertimec) a 4L/ha son estadísticamente iguales con valores de 8, 8 y 6 J2/100 cc de suelo respectivamente. Por último el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha, el oxamyl (Vydate) a 4L/ha, la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha, la abamectina+thiamethoxan a 2L/ha, el fluopyram a 1L/ha y el fosthiazate a 1.5L/ha poseen poblaciones de J2 de 2, 0, 0, 0, 0 y 0 J2 en 100 cc de suelo respectivamente, siendo también estadísticamente iguales. (Gráfico 8)

Hay que tener en cuenta que en esta etapa del cultivo la mayor cantidad de J2 se van encontrar en las raíces debido a que *Meloidogyne* es un nematodo sedentario y deposita sus masas de huevos dentro o sobre la raíz. Solo cuando las masas de huevos de este nematodo se encuentran maduras los huevos dentro de ella eclosionan y dejan salir a los juveniles 2 hacia el suelo. Al momento de lavar las raíces se pudo apreciar masas de huevos recién emergiendo de las raíces, es decir aún se encontraban en una etapa inmadura por lo que encontrar baja o nula población en suelo es normal.

Este parámetro tiene una relación directa con las escalas de nodulación, es decir menos población de J2 en suelo se relaciona con un menor daño en la raíz expresado con la presencia de nódulos.

Gráfico 10. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* sobre el parametro poblacion de suelo en J2/100 cc



6.2.8. NÚMERO DE J2 Y HUEVOS POR GRAMO DE RAIZ

Respecto a este parámetro el análisis de varianza tiene un coeficiente de variabilidad del 12.7 % y existen diferencias altamente significativas entre tratamientos (Anexo 2.15) .En la prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.16). El tratamiento testigo con nematodos tiene un valor de 9859 (J2+huevos) por gramo de raíz y junto con el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha con 10875 (J2+huevos) se ubican en el mismo nivel de significancia. El Hunter a 2L/ha con 4527 (J2+huevos), el aceite de geraniol a 3.3L/ha con 3824 (J2+huevos), el carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha con 1864 (J2+huevos) son también estadísticamente iguales. La abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha con 18 (J2+huevos) y el oxamyl (Vydate) a 4L/ha con 8 (J2+huevos) se ubican en otro nivel de significancia. Por último el fluopyram (Verango) a 1L/ha, el fluopyram a 0.5L/ha, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha, la abamectina+thiamethoxan a 1L/ha y 2L/ha, la abamectina (Vertimec) a 2L/ha, la abamectina a 4L/ha y por último el fosthiazate a 1.5L/ha no tienen población detectada en la raíz y son estadísticamente iguales. (Gráfico 10)

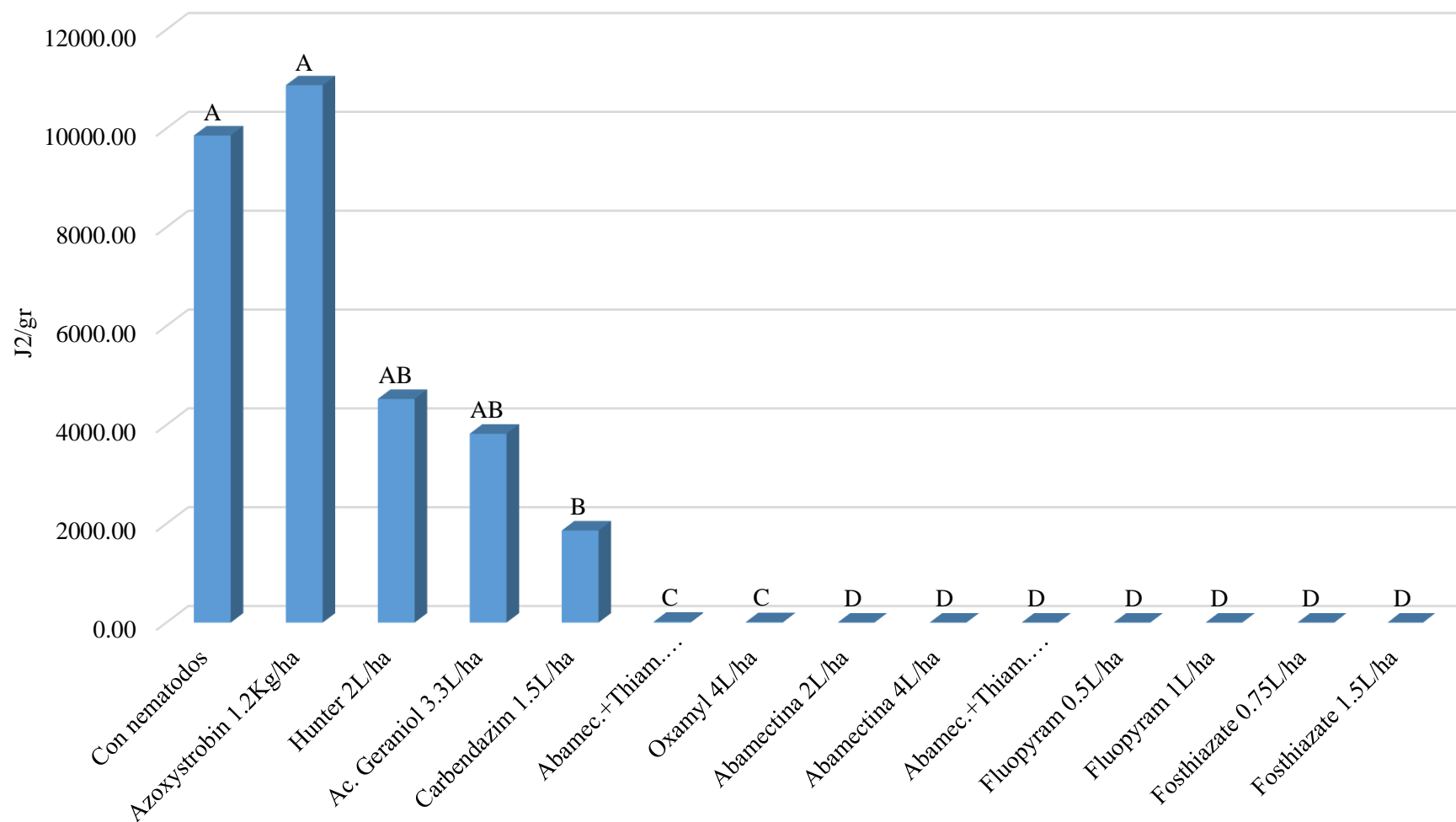
Se consideran tanto a los J2 como los huevos como parte de la población hallada en la raíz ya que una vez lavadas las raíces nos quedamos solamente con la raíz libre de suelo y si presentan masas de huevos, aparte de los huevos que pueda contener, estos pueden estar maduros, listo para eclosionar, por lo tanto, también habrán J2 que estén emergiendo de la masa mucilaginosa. Por ello es importante contabilizar los dos estadios del nematodo.

Por otra parte, se debe recordar que el fosthiazate no es el mejor producto, al controlar a *Meloidogyne incognita* con 0 (J2+ huevos), es cierto que tuvo un control efectivo sobre el nematodo, pero a su vez tuvo un efecto fitotóxico. Todo lo contrario, sucede con la abamectina a 4L/ha, la abamectina+thiamethoxan a 1 y 2L/ha en donde se obtienen poblaciones nulas de J2 y huevos en raíz sin comprometer significativamente el desarrollo de la planta.

En el caso del aceite de geraniol a 3.3L/ha, el Hunter al 0.2% y el carbendazim a 1.5L/ha estos se muestran como los tratamientos con menor número de J2 y huevos por gramo de raíz pero hay que aclarar que el peso de raíz de estos tratamientos es alto, además de tener alto grado de nodulación por lo que al hacer el cálculo respectivo (J2+ huevos/gr de raíz), la población baja “aparentemente” al tener que distribuirse en más gramos de raíz.

Algo similar sucede con el azoxystrobin ya que se muestra como uno de los tratamientos con menor peso de raíz debido a la fitotoxicidad del producto, sin embargo tiene buena nodulación por lo que el número de (J2+huevos) se distribuye en una menor cantidad de gramos de raíz, es por ello que se muestra como el tratamiento con mayor población en raíz, inclusive más alta que el testigo con nematodos.

Gráfico 11. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales para el control de *Meloidogyne incognita* sobre la poblacion en raiz expresada en J2/gr raiz



6.2.9. POBLACION TOTAL FINAL (Pf)

Respecto al parámetro población total este valor surge de la suma de la población total de J2 en el suelo en 1000 cc y la cantidad de J2 y huevos encontradas en toda la raíz.

El análisis de varianza obtiene un 24.6 % de coeficiente de variabilidad e indica la presencia de diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 2.17).

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.18), coloca al tratamiento testigo con nematodos como el de mayor población con 287920 (J2+huevos) estando en el mismo nivel de significancia con el aceite de geraniol a 3.3L/ha, el Hunter a 2L/ha y el carbendazim (Protexin) a 1.5L/h con 123687, 93100 y 16860 (J2+ huevos), mientras que el azoxystrobin (Stronsil) a 1.2 Kg/ha tiene 5100 (J2+huevos) siendo estadísticamente diferentes al resto de tratamientos. La abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 1L/ha, el oxamyl (Vydate) a 4L/ha, la abamectina (Vertimec) a 2L/ha, el fosthiazate (Nemathorin) a 0.75L/ha, la abamectina a 4L/ha se ubican en otro nivel de significancia con valores 180, 80, 80, 80 y 60 (J2+huevos) respectivamente. El resto de los tratamientos: el fluopyram (Verango) a 0.5L/ha, el fluopyram a 1L/ha, la abamectina+thiamethoxan a 2L/ha y el fosthiazate a 1.5L/ha se agrupan en un mismo nivel de significancia con valores de población final de 20, 0, 0 y 0 (J2+huevos), respectivamente.

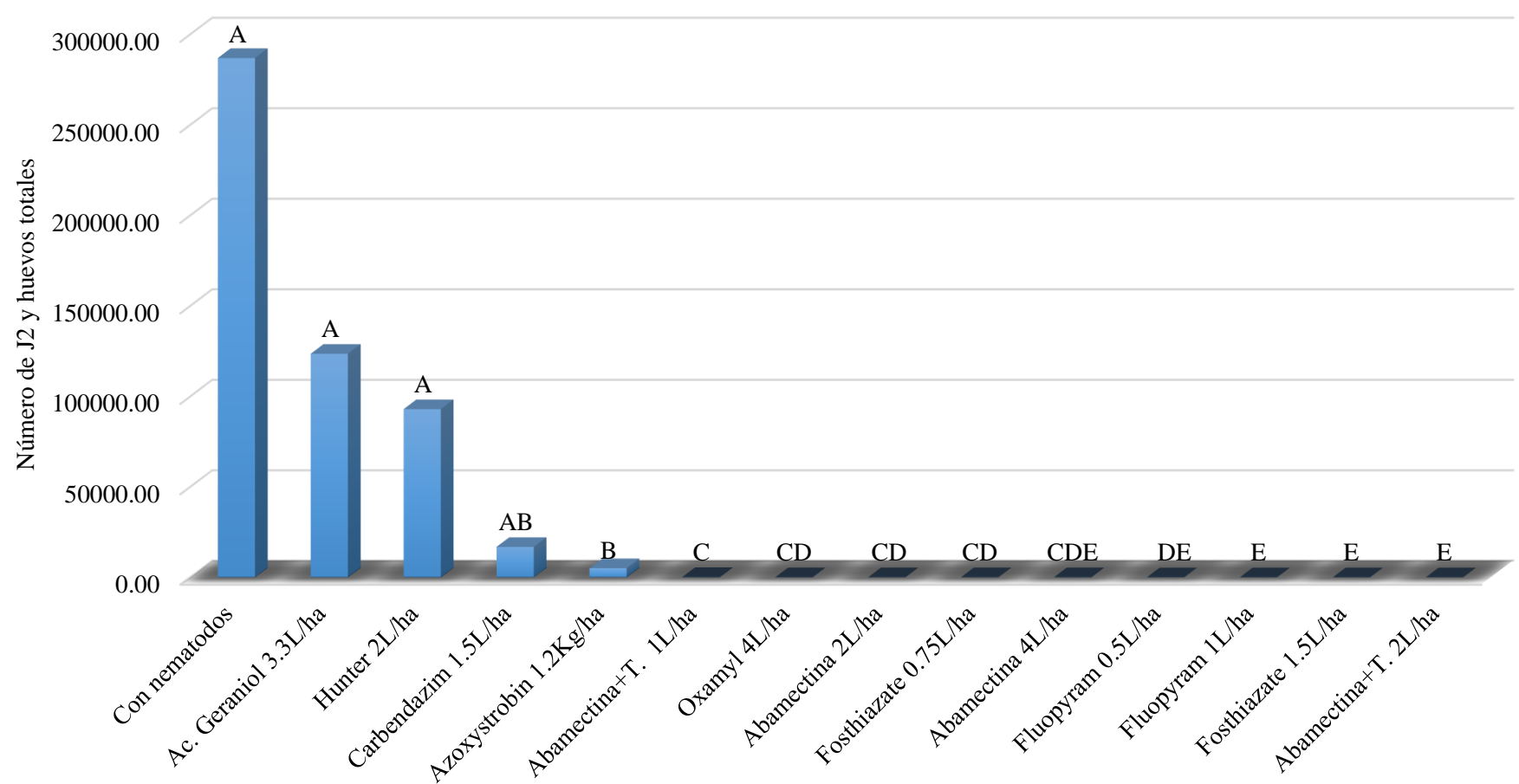
Respecto a la población final cabe resaltar que el fosthiazate se muestra como uno de los mejores tratamientos para el control de *Meloidogyne incognita*. La eficacia del fosthiazate en dosis altas de aplicación es comparable a la fumigación del suelo usando fumigantes. (Pullen y Fortnum, 1999), sin embargo, tiene un efecto fitotóxico en la planta al causar hojas ligeramente curvadas y enanismo en este ensayo.

El tratamiento con fluopyram reduce muy bien la población final al compararla con el testigo pero posee un efecto fitotóxico más agresivo que el fosthiazate, al causar clorosis y necrosis intervenal.

Los productos a base de abamectinas se muestran como los productos más prometedores y factibles en su uso para el buen control de *Meloidogyne incognita* ya que la población de final del nematodo es muy baja para todos los tratamientos y sin alterar o muy poco el desarrollo de la planta. A medida que aumenta la dosis el control es mayor, llegando a ser 0 (J2+huevos) en la población final para el caso de la abamectina+thiamethoxan a 2L/ha.

Los productos como el aceite de geraniol, el carbendazim y el azoxystrobin, tuvieron un efecto significativo en reducir las poblaciones finales del nematodo, pero aun así no es suficiente, principalmente el Stronsil presentó un efecto fitotóxico muy fuerte. El Hunter a pesar de ser un nematológico comercial, no logro reducir la población final siendo estadísticamente igual al testigo con nematodos.

Gráfico 12. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra *Meloidogyne incognita* sobre la población final total



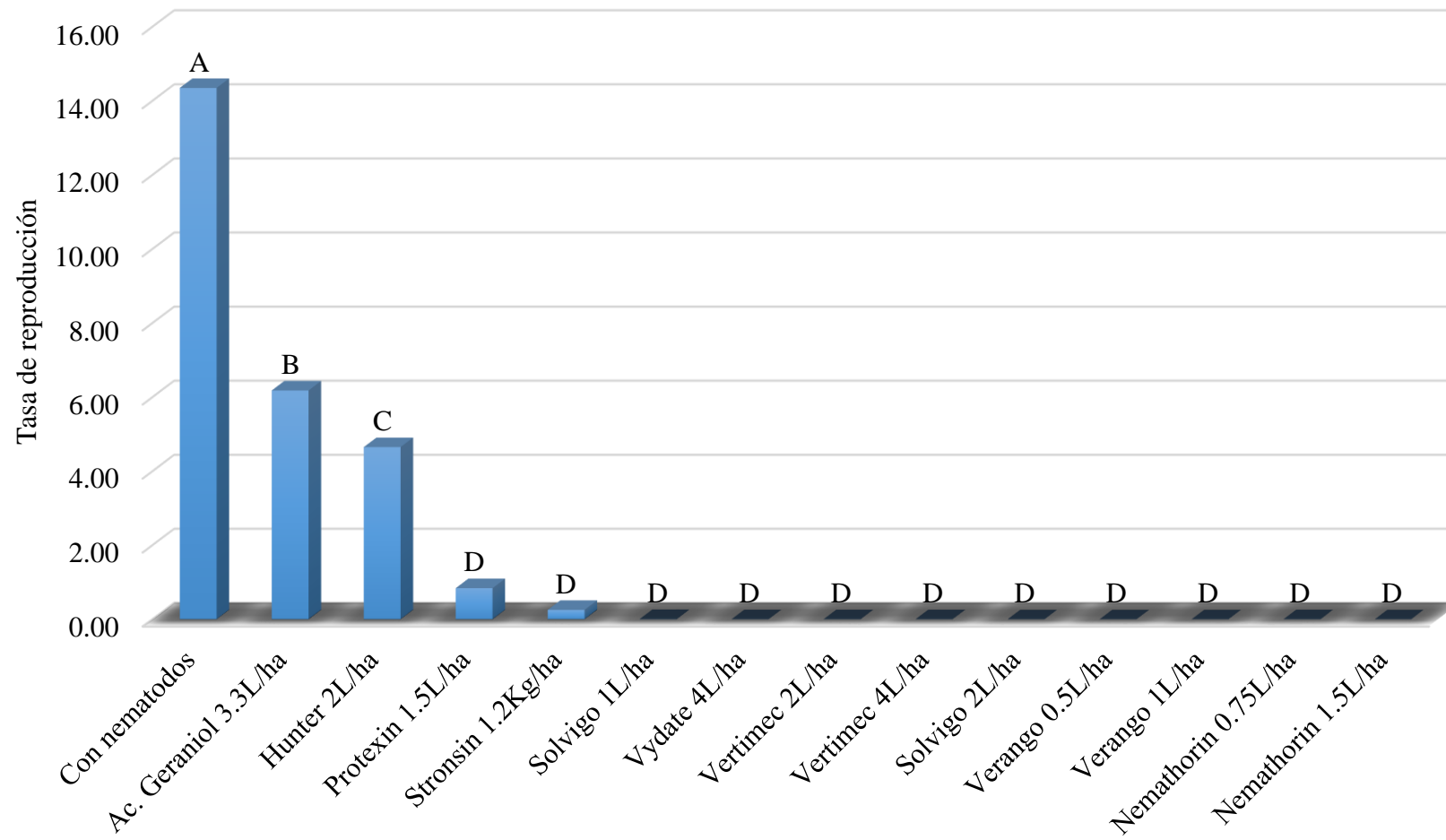
6.2.10. TASA DE REPRODUCCIÓN

El análisis de varianza de este parámetro muestra un coeficiente de variabilidad de 23.1 % e indica la presencia de diferencias altamente significativas entre tratamientos. (Anexo 19).

La prueba de comparación de medias de Tukey (Anexo 2.20) coloca al tratamiento con nematodos con la mayor tasa reproductiva de 14.4 siendo estadísticamente diferentes al resto de tratamientos, mientras que el aceite de geraniol a 3.3 L/ha se ubica en otro nivel de significancia con una tasa de reproducción del 6.2. El Hunter a 2L/ha con una tasa de 4.7 se ubica en el siguiente nivel de significancia. El resto de los tratamientos el Protexin(carbendazim) a 1.5L/ha , el Stronsil (azoxystrobin) a 1.2Kg/ha , el Solvigo (abamectina+thiamethoxan) a 1L/ha , el Vydate (oxamyl) a 4L/ha, el Vertimec (abamectina) a 2L/ha, el Vertimec a 4L/ha , el Solvigo a 2L/ha, el Verango (fluopyram) a 0.5L/ha , el Verango a 1L/ha, y el Nemathorin (fosthiazate) a 0.75L/ha y por último el Nemathorin a 1.5L/ha tienen tasas de reproducción de 0.85, 0.26, 0.01, 0, 0 , 0 ,0 , 0, 0 ,0 ,0 ,0 y 0 respectivamente.

Lo que destaca de este parámetro es la tasa de reproducción alcanzado por los tratamientos con carbendazim y azoxystrobin con 0.85 y 0.26, esto significa que la población final de *Meloidogyne incognita* luego de 75 días resulta ser menor a la población inicial inoculada. Lo que indica el nivel de control que tuvieron estos productos en comparación a una tasa de reproducción de 14.4 del testigo con nematodos y que se traduce en un menor grado de nodulación (5 y 4, respectivamente), aunque respecto a sus parámetros indirectos (peso seco, altura, peso de raíz) el carbendazim es ligeramente mejor que el tratamiento testigo con nematodos y el azoxystrobin es menor en todos los parámetros indirectos respecto al testigo con nematodos.

Gráfico 13. Efecto de productos comerciales e ingredientes activos potenciales contra *Meloidogyne incognita* sobre la tasa de reproducción del nematodo



VII. CONCLUSIONES

- Respecto a las pruebas en laboratorio, los tratamientos a base de Hunter , carbendazim y aceite de geraniol son los menos efectivos en afectar el comportamiento del nematodo *Meloidogyne incognita* bajo las diferentes concentraciones utilizadas y pruebas realizadas
- El azoxystrobin tiene una alta inhibición de la eclosión de huevos dentro de la masa mucilaginosa, sin embargo su efecto es menor en la inhibición de la eclosión de huevos libres y en suprimir el movimiento de J2.
- El tebuconazole tiene un número elevado de J2 eclosionados de las masas mucilaginosas de huevos en comparación a otros tratamientos, sin embargo su efectividad es alta en la inhibición de la eclosión de huevos libres y la supresión del movimiento de J2.
- La abamectina, fosthiazate, fluopyram fueron los tratamientos más efectivos en afectar el comportamiento del nematodo *Meloidogyne incognita* bajo las diferentes concentraciones usadas y pruebas realizadas.
- Respecto al ensayo en invernadero, los tratamientos a base de abamectinas: la abamectina+thiamethoxan (Solvigo) a 2L/ha y la abamectina (Vertimec) a 4L/ha tienen el mejor efecto de control al reducir la población de *Meloidogyne incognita* en tomate de invernadero sin comprometer significativamente parámetros indirectos del efecto del nematodo como peso seco, peso radicular y altura.
- El tratamiento con oxamyl (Vydate) a 4L/ha se muestra como ligeramente fitotóxico, sin embargo el grado de control en la población de *Meloidogyne incognita* es menor al de las abamectinas.
- El producto fluopyram (Verango) a las dosis de 0.5L/ha y 1L/ha se reducen en alto grado la tasa de reproducción de *Meloidogyne incognita*, sin embargo tiene un efecto fitotóxico fuerte en la planta.
- El producto comercial Hunter a la dosis comercial de 2L/ha no logró un control efectivo de la población de *Meloidogyne incognita* en el ensayo y no muestra fitotoxicidad.

- El aceite de geraniol a la dosis de 3.3L/ha obtiene valores similares al testigo con nematodos pero con una menor población final total. Por otra parte no presenta fitotoxicidad.
- El carbendazim (Protexin) a 1.5L/ha mostró un control importante de la población inicial de *Meloidogyne incognita* con una tasa de reproducción de 0.85 y un grado 5 en la escala de nodulación ZECK. No se visualizó fitotoxicidad
- El azoxystrobin (Stronsil) a 1.2Kg/ha tuvo un efecto fitotóxico fuerte al causar enanismo y deformación de hojas y tuvo un ligero efecto en el control.

VIII. RECOMENDACIONES

- Comprobar la eficacia del tebuconazole a nivel de invernadero evitando que el producto entre en contacto con el cuello de planta
- Probar aplicaciones de abamectinas a nivel de campo y evaluar no solo eficacia del producto para el control de nematodos sino también persistencia en la planta
- Repetir el ensayo en condiciones de temperatura más controlada para evitar la presencia de fitotoxicidad causada posiblemente por altas temperaturas. Este fue el caso del producto a base fluopyram.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. ABAD, P., FAVERY, B., ROSSO, M.N. AND CASTAGNONE-SERENO, P. (2003). Root-knot nematode parasitism and host response: molecular basis of a sophisticated interaction. *Molecular Plant Pathology* 4, 217–224.
2. ALFONSO T, CABRERA K, SEBASTIAN G, CHRISTOPH D, ABD EL-FATTAH A, SIKORA RA. (2009). Effective concentration and range of activity of abamectin as seed treatment against root-knot nematodes in tomato under glasshouse conditions. *Brill* 11(6):909-915.
3. ALLEN T. (2013). Not everything is as it seems: Fungicide Phytotoxicity and Plant Diseases. *Plant Disease Management Reports (online)*. Repor 9:FC10
4. ANDRÉS M.F. (2012). Nematicidal activity of essential oils: a review. *Phytochem Rev.*
5. ANSTIS, S.T. AND WICKS, T.J. (2012). Soil fungicide and fumigant application for management of onion stunt caused by *Rhizoctonia solani* AG 8. *Acta Hort. (ISHS)* 969:255-260
6. BAXTER, R.I. AND BLAKE, C.D. (1969). Oxygen and the hatch of eggs and migration of larvae of *Meloidogyne javanica*. *Annals of Applied Biology* 63, 191–203.
7. BIRD, FA; WALLACE, HR. (1966). The influence of temperature on *Meloidogyne hapla* and *Meloidogyne javanica*. *Nematologica* 11:581-589.
8. BAYER. 2016. Verango 500 SC. Ficha Técnica.
9. BAYER. 2016. Folicur 250 EW. Ficha Técnica.
10. BECKER FW. (1999). The effect of Abamectin on garlic infected by *Ditylenchus dipsaci* *Nematologia Brasileira* 23:2.
11. BURG, R W., MN.LER, B. M., BAKER, E. E., BIRNBAUM., CURRIE, S. A., HARTMAN, R, KONG, Y. L., MONAGHAN, R L., OLSON, G., PUTTER, L, TUNAC, J. B., W ALLICK, H., STAPLEY, E. O., OIWA, R. & OMURA, S. (1979). Avermectins, a new family of potent anthelmintic agents: producing organisms and fermentations. *Antimicrob. Agenls ehemolher.*, 15: 361-36.

12. CANTO-SÁENZ, M. (2010). Separatas del Curso de Nematología. Lima, Perú. Escuela de Posgrado. Especialidad de Fitopatología. Universidad Nacional Agraria La Molina.
13. CAYROL, J.C, DJIAN C., FRANKOWSKI, J. P. (1993). Efficacy of Abamectin B1 for the control of *Meloidogyne arenaria*. *Fundam. Appl. Nematol.*,16(3), 239-246.
14. CHITWOOD, DJ; PERRY, RN. (2009). Reproduction, Physiology and Biochemistry. In Perry, R; Moens, M; Starr, J. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International. p. 182-194.
15. COLES, G. C (1977). *Pestic. Sci.* 8, 536-543.
16. COOK, R., AND YORK, P. A. (1972). *Plant Dis. Rep.* 56, 261-264.
17. CORBETT, J. R. (1974). "Biochemical Mode of Action of Pesticides." Academic Press, New York.
18. CURTIS, RHC; ROBINSON, AF; PERRY, RN. (2009). Hatch and host location. In Perry, RN; Moens, M; Starr, JL. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International. p. 139-155.
19. DE BEER, E.F.L. (2010). The Efficacy of abamectin in reducing plant parasitic nematodes in cotton. A dissertation submitted in partial fulfilment of the requirements for the degree Magister Scientiae in Environmental Sciences at the Potchefstroom Campus of the North-West University. 35-38 p.
20. EVANS, A. A. F. (1973). *Ann. Appl. Biol.* 75, 469-473.
21. EVANS, A.A.F., AND PERRY, R. N. (1976). In "The Organization of Nematodes" (N. A. Croll, ed.), pp. 383-424. Academic Press, New York.
22. EVANS, A.A.F.; PERRY, RN. (2009). Survival mechanisms. In Perry, RN; Moens, M; Starr, JL. eds. Root-knot nematodes. London, UK. CAB International. p. 201-219.
23. FARMEX S.A. (2008). Vydate 240 EC. Folleto Técnico. Lima. Perú. 5 p.
24. FASKE TR, STARR JL. (2006). Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to Abamectin. *J. Nematol.* 38(2):240-244.
25. FASKE T. R. AND HURD, K. (2015). Sensitivity of *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to fluopyram. *Journal of Nematology.* 47(4): 316-321.
26. FISCHER, M.H. & MROZIK, H. (1992). The chemistry and pharmacology of avermectins. *Annual Review of Pharmacology Toxicology*, 32:537-53.

27. FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE (2016). FRAC Code List. Consultado el 15 de marzo del 2017. Disponible en <http://www.frac.info/what-s-new/2016/02/15/publication-of-the-frac-code-list-2016>.
28. GARABEDIAN, S. & VAN GUNDY, S.D. (1982). Use of avermectins for the control of *Meloidogyne incognita* on tomatoes. *Journal of Nematology*, 15(4):503-510.
29. GROWERS TRUST. (2016). Ficha Técnica Nematode Control. Consultado el 15 de Marzo del 2017. Disponible en <https://www.growerstrust.com/products/nematode-control>
30. HART, R. J., AND LEE, R. M. (1966). *Exp. Parasitol.* 18, 332-337.
31. HAGUE, N. G. M. (1979). *Ann. Appl. Biol.* 93, 205-211.
32. HAYDOCK P.J.; WOODS S.R.; GROVE I.G. AND HARE M.C. (2006). Chemical control of nematodes. In: Perry R.N and Moens M., *Plant Nematology*, London, UK. CAB International, p 392-394
33. HOESTRA, H. (1976). *Neth. J. Plant Pathol.* 82, 17-23.
34. HOGGER, C.; ESTEY, R. H., AND CROLL, N. A. (1978). *Exp. Parasitol.* 45, 139-149.
35. HUNT, DJ; HANDOO, ZA. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In Perry, R.; Moens, M; Starr, J. eds. *Root-knot nematodes*. London, UK. CAB International. p. 55-88.
36. HUSSEY, RS; WILLIAMSON, VM. (1998). Physiological and Molecular Aspects of Nematode Parasitism. In Barker, KR; Pederson, GA; Windham, GL. eds. *Plant and Nematode Interactions*. Madison, Wisconsin, USA. American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. p. 87-108.
37. HUSSEY, RS; MIMS, CW. (1991). Ultrastructure of esophageal glands and their secretory granules in the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Protoplasma* 156:9-18.
38. KNOWLES, C. O., AND CASIDA, J. E. (1966). *J. Agric. Food Chem.* 14, 566-572.
39. KARSSSEN, G; MOENS, M. (2006). Root-knot nematodes. In Perry, RN; Moens, M. eds. *Plant Nematology*. London, UK. CAB International. p. 59-88.

40. KHALIL M.S.E. AND ALLAM A.F.G. (2012). Nematicidal activity of some biopesticide agents and microorganisms against root-knot nematode on tomato plants under greenhouse conditions. *Journal of Plant Protection Research*. 52 (1): 48-49
41. KOKALIS B.N. (2005). Review of the non-fumigant nematicides oxamyl and fosthiazate. Presentation online.
42. LAWRENCE, K., LAWRENCE, G., FASKE, T., OVERSTREET, C., WHEELER, T., YOUNG, H., KOENNING, S., MUELLER, J., KEMERAIT, R., AND MEHL, H. (2014). Cotton variety and nematicide combinations for reniform and root-knot management across the cotton belt. Beltwide Cotton Conferences; January 6–8; New Orleans, LA. National Cotton Council, Córdoba, TN. Pp. 295–301.
43. LAWRENCE, K., HUANG, P., LAWRENCE, G., FASKE, T., OVERSTREET, C., WHEELER, T., YOUNG, H., KEMARAIT, R., AND MEHL, H. (2015). Beltwide nematode research and education committee 2014 nematode research report cotton varietal and nematicide responses in nematode soils. Beltwide Cotton Conferences; January 5–7; San Antonio, TX. National Cotton Council, Córdoba, TN. Pp. 739–742.
44. LAZNIK1 Z., VIDRIH1 M., AND TRDAN1 S. (2012). The Effects of different fungicides on the viability of entomopathogenic Nematodes *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* Weiser, and *Heterorhabditis downesi* Stock, Griffin & Burnell (Nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72(1).
45. LEELA N.K, KHAN R.M, REDDY P.P AND NIDIRY E.S.J. (1992). Nematicidal activity of essential oil of *Pelargonium graveolens* against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *Nematologia Mediterranea* (20): pp 57-58
46. LE PATOUREL, G. N. J., AND WRIGHT, D. J. (1974). *Pestic. Biochem. Physiol.* 4, 135-143.
47. LUC, M; SIKORA, RA; BRIDGE, J. (1990). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford, UK. CAB International, 629 p.
48. MAGGENTI, A.R. AND HARDIN, A. (1973) The effects of soil salinity and *Meloidogyne javanica* on tomato. *Journal of Nematology* 5, 231–233.
49. MCLEOD, R. W., AND KHAIR, G. T. (1975). *Ann. Appl. Biol.* 79, 329-341.

50. MILLER, P. M. (1969). Plant Dis. Rep. 53, 963-966.
51. MINTON N.A. (1993). Activity of fosthiazate against *Meloidogyne arenaria*, *Frankliniella* spp., and *Sclerotium rolfsii* in peanut. Peanut Science 20: 66-68.
52. MONFORT WS, KIRKPATRIC TL, LONG DL, RIDEOUT S. (2006). Efficacy of a novel nematicidal seed treatment against *Meloidogyne incognita* on cotton. J. Nematol. 38(2):245-249.
53. MOENS M. (2009), *Meloidogyne* species-a diverse group of novel and important plant parasites. In: Perry R, Moens M, Starr J.(eds) Root-knot nematodes, London, UK. CAB International, p 3.
54. MUZHANDU, R. T., CHINHEYA, C. C., DIMBI, S. & MANJERU, P. (2014). Efficacy of abamectin for the control of root-knot nematodes in tobacco seedling production in Zimbabwe. African Journal of Agricultural Research, 9, 144-147.
55. NELMES, A. J., TRUDGILL, D. L., AND CORBETT, D. C. M. (1973). In "Chemotherapeutic Agents in the Study of Parasites" (A. E. R. Taylor and R. Muller, eds.), pp. 95-112. Blackwell, Oxford.
56. ORION, D. AND KRITZMAN, G. (1991). Antimicrobial activity of *Meloidogyne javanica* gelatinous matrix. Nematologica 14, 481-483.
57. PERRY, R.N. AND WESEMAEL, W.M.L. (2008) Host plant effects on hatching of root-knot nematodes. *Russian Journal of Nematology* 16, 1-5.
58. PLATZER, E. G., EBY, J. E., AND FRIEDMAN, P. A. (1977). J. Nematol. 9, 280. (Abstr.)
59. PROT, J.C. (1978). Influence of concentration gradients of salts on the movement of second stage juveniles of *Meloidogyne javanica*. *Revue de Nematologie* 1, 21-26.
60. PULLEN, M. P. AND B. A. FORTNUM. (1999). Fosthiazate controls *Meloidogyne arenaria* and *M. incognita* in flue-cured tobacco. J. Nematol. 31:694
61. PUTTER, I., MacCONNEL, J.G., PREISER, F.A., HAIDRI, A.A., RISTICH, S.S. & DYBAS, R.A. (1981). Avermectins: novel insecticides, acaricides and nematicides from a soil microorganism. *Experientia*, 37:963-964.
62. QIAO, K., X. LIU, H. WANG, X. XIA, X. JI AND K. WANG. (2012). Effect of abamectin on root-knot nematodes and tomato yield. *Pest Management Science* 68, 853-857

63. RADWAN, M.A.; FARRAG, S.A.A.; ABU-ELAMAYEM; M.M. AND AHMED, N.S. (2012). Biological control of the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on tomato using bioproducts of microbial origin. *Applied Soil Ecology* 56: 58- 62.
64. REVERSAT, G. (1981) Consumption of food reserves by starved second-stage juveniles of *Meloidogyne javanica* under conditions inducing osmobiosis. *Nematologica* 27, 207–214.
65. RICHARD D. O. B. (1960) Toxic phosphorus esters: chemistry, metabolism, and biological effects. Academic Press, UK.434pp
66. ROHDE, R. A. (1960). *Proc. Helminthol. Soc. Wash.* 27, 121-123.
67. SAAD, A. S. A., MASSOUD, M. A., IBRAHIM, H. S. & KHALIL, M. S. H. (2012). Activity of nemathorin, natural product and bioproducts against root-knot nematodes on tomatoes. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45, 955-962
68. SAAD A.S. AND RADWAN M.A. (2017). Evaluation of some non-fumigant nematicides and the biocide avermectin for managing *Meloidogyne incognita* in tomatoes. *Pakistan Journal of Nematology* 35(1):85-92
69. SHAVER J.B. (2014). Use of azoxytrobin and a new formulation of abamectin for managing *Trichodorus obtusus* in a zoysiagrass stand. Clemson University. The American Phythopathology Society.
70. SILVESTRE S.A.C. (2003). Hunter. Folleto Técnico. Lima. Perú. 3 p
71. SILVESTRE S.A.C. (2015). Protexin 500 FW. Ficha Técnica. Lima. Perú. 4 p
72. SILVESTRE S.A.C (2012). Stronsil 500 WG. Ficha Técnica. Lima. Perú. 4 p
73. SPURR, H. W., AND CHANCEY, E. L. (1967). *Phytopathol.* 57, 832.
74. SYNGENTA AGRO S.A. (2012).Nemathorin 150 EC Informe Técnico. 4 p
75. SYNGENTA AGRO S.A. (2103). Ficha Técnica. Lima. Perú. 4 p
76. TAYLOR, D.P. AND NETSCHER, C. (1974). An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica*, 20: 268-269.
77. TAYLOR, A; SASSER, J. (1983). Biología, identificación y control de los nemátodos del nódulo de la raíz. North Carolina. EE.UU. Proyecto Internacional de *Meloidogyne*. Publicación Cooperativa entre el Departamento de Fitopatología de la Universidad del Estado de Carolina del Norte y la Agencia de EEUU para el desarrollo Internacional. 111 p.

78. WALLACE, H. (1964). The biology of plant parasitic nematodes. London, UK. Edward Arnold. 280 p.
79. WALLACE, H.R. (1968) .The influence of soil moisture on the survival and hatch of *Meloidogyne javanica*. Nematologica 14, 231–242.
80. WALKER J.T. AND MELIN J.B. (1996). *Mentha x piperita*, *Mentha spicata* and effects of their essentials oils on *Meloidogyne* in soil. Journal of Nematology 28(4S):629-635.
81. WOODS SR, HAYDOCK P, EDMUNDS C. (1999) .Mode of action of fosthiazate used for the control of the potato cyst nematode *Globodera pallida*. Ann Appl Biol 135(1):409–415.
82. WRIGHT, D.J. (1998) Respiratory physiology, nitrogen excretion and osmotic and ionic regulation. In: Perry, R.N. and Wright, D.J. (eds) The Physiology and Biochemistry of Free-living and Plant-parasitic Nematodes. CAB International, Wallingford, UK, pp. 103–13.
83. WYSS, U; GRUNDLER, FMW; MÜNCH, A.(1992). The parasitic behaviour of second stage juveniles of *Meloidogyne incognita* in roots of *Arabidopsis thaliana*. Nematologica 38:98-111.
84. WRIGHT, D.J., BIRTLE, A.J. & ROBERTS, I.T.J. (1984). Triphasic locomotor response of a plant-parasitic nematode to avermectin: inhibition by the GABA antagonists bicuculline and picrotoxin. Parasitology, 88:375-382.
85. VAN DEN BOSSCHE, H. (1978). Nature (London) 237, 626-630.
86. Saad, A. S. A., Massoud, M. A., Ibrahim, H. S. & Khalil, M. S. H. (2012). Activity of nemathorin, natural product and bioproducts against root-knot nematodes on tomatoes. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 45, 955-962
87. YU, C. C., C. W. KEARNS AND R. L. METCALF (1972) Acetylcholinesterase inhibition by substituted phenyl N-alkyl carbamates. J. Agric Food Chem. 20:537-540.
88. ZECK, W. M. (1971). A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer. 24: 1, 141-144

X. ANEXOS

Anexo 1. Análisis de varianza del número de j2 eclosionados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa de huevos a la concentración 1 (C1). Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 16.18158985 | 1.61815898 | 42.4 | <.0001 |
| Error | 33 | 1.25938985 | 0.03816333 | - | - |
| Total | 43 | 17.4409797 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 20.26176 Promedio: 0.964153

Anexo 2. Análisis de varianza del número de j2 eclosionados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa de huevos a la concentración 2 (C2). Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 19.44518785 | 1.94451878 | 38.06 | <.0001 |
| Error | 33 | 1.68606792 | 0.05109297 | - | - |
| Total | 43 | 21.13125576 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 29.60470 Promedio: 0.763519

Anexo 3. Análisis de varianza del número de j2 eclosionados en la prueba de eclosión de huevos dentro de la masa de huevos a la concentración 3 (C3) .datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 20.67165218 | 2.06716522 | 59.23 | <.0001 |
| Error | 33 | 1.15175594 | 0.0349017 | - | - |
| Total | 43 | 21.82340813 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 28.49528 Promedio: 0.655617

Anexo 4. Análisis de la varianza del porcentaje de huevos eclosionados en la prueba de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita* a la concentración 1 (C1). Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 6.78919367 | 0.67891937 | 31.2 | <.0001 |
| Error | 33 | 0.71805028 | 0.0217591 | - | - |
| Total | 43 | 7.50724395 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 15.92639

Promedio: 0.926197

Anexo 5. Análisis de la varianza del porcentaje de huevos eclosionados en la prueba de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita* a la concentración 2(C2). Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 10.20879892 | 1.02087989 | 44.46 | <.0001 |
| Error | 33 | 0.75767753 | 0.02295993 | - | - |
| Total | 43 | 10.96647645 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 20.67662 Promedio: 0.732834

Anexo 6. Análisis de la varianza del porcentaje de huevos eclosionados en la prueba de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita* a la concentración 3(C3). Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 9.69990988 | 0.96999099 | 57.53 | <.0001 |
| Error | 33 | 0.55642779 | 0.01686145 | - | - |
| Total | 43 | 10.25633768 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 27.24020 Promedio: 0.47669

Anexo 7. Análisis de varianza del porcentaje de movimiento de j2 en la prueba de movimiento de j2 de *Meloidogyne incognita* a la concentración 1(C1). Datos transformados con $\log(x+1)$

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 29.20839882 | 2.92083988 | 436.14 | <.0001 |
| Error | 33 | 0.22100336 | 0.00669707 | - | - |
| Total | 43 | 29.42940218 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad (CV): 10.76428 Promedio: 0.760252

Anexo 8. Análisis de varianza del porcentaje de movimiento de j2 en la prueba de movimiento de j2 de *Meloidogyne incognita* a la concentración 2(C2). Datos transformados con $\log(x+1)$

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 28.52763076 | 2.85276308 | 1242.29 | <.0001 |
| Error | 33 | 0.07578015 | 0.00229637 | - | - |
| Total | 43 | 28.60341091 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 6.537608 Promedio: 0.732996

Anexo 9. Análisis de varianza del porcentaje de movimiento de j2 en la prueba de movimiento de j2 de *Meloidogyne incognita* a la concentración 3(c3) datos transformados con $\log(x+1)$

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 10 | 22.91467348 | 2.29146735 | 226.03 | <.0001 |
| Error | 33 | 0.33455506 | 0.01013803 | - | - |
| Total | 43 | 23.24922854 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 17.90080 Promedio: 0.562476

Anexo 10. Análisis de varianza del parámetro peso fresco de follaje para los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 14 | 10233.04570 | 730.93184 | 22.85 | <.0001 |
| Error | 60 | 1918.94000 | 31.98233 | - | - |
| Total | 74 | 12151.98570 | - | - | - |

Coeficiente de variabilidad: 21.04415 Promedio: 26.87347

Anexo 11. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro peso fresco de follaje para los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|-----------|
| 14 | Sin nematodos | 43.5 a |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 38.80 ab |
| 3 | Vertimec 4L/ha | 38.52 ab |
| 2 | Vertimec 2L/ha | 36.98 ab |
| 5 | Solvigo 2L/ha | 34.30 abc |
| 1 | Vydate 4L/ha | 33.66 abc |
| 11 | Hunter 0.2% | 32.66 abc |
| 0 | Con nematodos | 29.48 bcd |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 28.55 bcd |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 22.66 cde |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 21.70 cde |
| 9 | Nemathorin 1.5L/ha | 17.13 def |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 15.18 ef |
| 7 | Verango 1L/ha | 7.74 fg |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 2.28 g |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

Anexo 12. Análisis de varianza del parámetro peso seco de planta para los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 14 | 209.5591920 | 14.9685137 | 28.64 | <.0001 |
| Error | 60 | 31.3598400 | 0.5226640 | - | - |
| Total | 74 | 240.9190320 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 19.04117 Promedio: 3.796800

Anexo 13. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro peso seco de follaje para los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|-----------|
| 3 | Vertimec 4L/ha | 6.3 a |
| 2 | Vertimec 2L/ha | 5.62 ab |
| 11 | Hunter 0.2% | 5.42 ab |
| 5 | Solvigo 2L/ha | 5.18 ab |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 4.86 abc |
| 14 | Sin nematodos | 4.78 abc |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 4.44 bc |
| 1 | Vydate 4L/ha | 4.18 bcd |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 4.06 bcde |
| 0 | Con nematodos | 3.35 cdef |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 2.60 defg |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 2.48 efg |
| 9 | Nemathorin 1.5L/ha | 2.14 fg |
| 7 | Verango 1L/ha | 1.24 hg |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 0.29 h |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

Anexo 14. Análisis de varianza del parámetro altura de planta para los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 14 | 8914.53183 | 636.75227 | 17.95 | <.0001 |
| Error | 60 | 2128.14624 | 35.46910 | - | - |
| Total | 74 | 11042.67807 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 14.21220 Promedio: 41.90480

Anexo 15. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro altura de planta para los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|-----------|
| 2 | Vertimec 2L/ha | 51.1 a |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 50.10 a |
| 14 | Sin nematodos | 50.00 a |
| 3 | Vertimec 4L/ha | 49.80 a |
| 5 | Solvigo 2L/ha | 49.60 a |
| 1 | Vydate 4L/ha | 48.40 ab |
| 0 | Con nematodos | 46.07 ab |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 45.40 abc |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 43.20 abc |
| 11 | Hunter 0.2% | 42.60 abc |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 38.80 abc |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 38.07 abc |
| 7 | Verango 1L/ha | 36.00 bc |
| 9 | Nemathorin 1.5L/ha | 32.50 c |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 6.94 d |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

Anexo 16. Análisis de varianza del parámetro peso fresco de raíz de los tratamientos de la prueba en invernadero

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 14 | 4304.056488 | 307.432606 | 52.22 | <.0001 |
| Error | 60 | 353.212720 | 5.886879 | - | - |
| Total | 74 | 4657.269208 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 21.95419 Promedio: 11.05160

Anexo 17. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro peso fresco de raíz de los tratamientos de la prueba en invernadero.

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|-----------|
| 0 | Con nematodos | 28.0 a |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 23.69 a |
| 14 | Sin nematodos | 17.95 b |
| 11 | Hunter 0.2% | 17.38 bc |
| 2 | Vertimec 2L/ha | 12.30 cd |
| 3 | Vertimec 4L/ha | 11.42 d |
| 1 | Vydate 4L/ha | 10.66 de |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 10.52 de |
| 5 | Solvigo 2L/ha | 9.16 def |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 6.94 defg |
| 9 | Nemathorin 1.5L/ha | 5.90 efgh |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 5.26 efgh |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 3.92 fgh |
| 7 | Verango 1L/ha | 2.10 gh |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 0.52 h |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

Anexo 18. Análisis de varianza del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala Zeck

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 13 | 519.8857143 | 39.9912088 | 243.42 | <.0001 |
| Error | 56 | 9.2000000 | 0.1642857 | - | - |
| Total | 69 | 529.0857143 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 17.51390 Promedio: 2.314286

Anexo 19. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala Zeck

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|----------|
| 0 | Con nematodos | 7.6 a |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 7.00 a |
| 11 | Hunter 0.2% | 5.20 b |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 5.00 b |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 4.00 c |
| 1 | Vydate 4L/ha | 1.40 d |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 1.40 d |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 0.40 e |
| 2 | Vertimec 2L/ha | 0.20 e |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 0.20 e |
| 7 | Vertimec 4L/ha | 0.00 e |
| 9 | Solvigo 2L/ha | 0.00 e |
| 3 | Verango 1L/ha | 0.00 e |
| 5 | Nemathorin 1.5L/ha | 0.00 e |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

Anexo 20. Análisis de varianza del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala PIM

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 13 | 324.2428571 | 24.9417582 | 112.64 | <.0001 |
| Error | 56 | 12.4000000 | 0.2214286 | - | - |
| Total | 69 | 336.6428571 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 22.71678 Promedio: 2.071429

Anexo 21. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro nodulación en los tratamientos de la prueba de invernadero usando la escala PIM

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|----------|
| 0 | Con nematodos | 5.0 a |
| 11 | Geraniol 3.3L/ha | 5.00 a |
| 10 | Hunter 0.2% | 5.00 a |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 5.00 a |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 4.20 a |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 2.20 b |
| 1 | Vydate 4L/ha | 1.40 bc |
| 6 | Nemathorin 0.75L/ha | 0.40 cd |
| 2 | Verango 0.5L/ha | 0.40 cd |
| 8 | Vertimec 2L/ha | 0.40 cd |
| 7 | Nemathorin 1.5L/ha | 0.00 d |
| 9 | Verango 1L/ha | 0.00 d |
| 3 | Solvigo 2L/ha | 0.00 d |
| 5 | Vertimec 4L/ha | 0.00 d |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

Anexo 22. Análisis de varianza del parámetro población de j2/100 cc de suelo en los tratamientos de la prueba de invernadero. . Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 13 | 127.2871886 | 9.7913222 | 137.58 | <.0001 |
| Error | 56 | 3.985560 | 0.0711707 | - | - |
| Total | 69 | 131.2727486 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 21.59899 Promedio: 1.235143

Anexo 23. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro población de j2/100 cc de suelo en los tratamientos de la prueba de invernadero. Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|------------|
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 3328.7 a |
| 11 | Hunter 0.2% | 2210.00 a |
| 0 | Con nematodos | 1362.00 ab |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 434.00 bc |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 150.00 c |
| 2 | Vertimec 2L/ha | 8.00 d |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 8.00 d |
| 3 | Vertimec 4L/ha | 6.00 de |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 2.00 ef |
| 1 | Vydate 4L/ha | 0.00 f |
| 9 | Solvigo 1L/ha | 0.00 f |
| 7 | Solvigo 2L/ha | 0.00 f |
| 4 | Verango 1L/ha | 0.00 f |
| 5 | Nemathorin 1.5L/ha | 0.00 f |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

Anexo 24. Análisis de varianza del parámetro población de j2 y huevos/gramo de raíz en los tratamientos de la prueba de invernadero.

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 13 | 201.267434 | 15.482110 | 454.08 | <.0001 |
| Error | 56 | 1.9093600 | 0.0340957 | - | - |
| Total | 69 | 203.176794 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 12.64975 Promedio: 1.459714

Anexo 25. Prueba de comparación de medias de Tukey del parámetro población de j2 y huevos/gramo de raíz en los tratamientos de la prueba de invernadero. Datos transformados con $\log(x+1)$.

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|------------|
| 0 | Con nematodos | 10875.0 a |
| 13 | Stronsil 1.2 Kg/ha | 9858.65 a |
| 11 | Hunter 0.2% | 4526.84 ab |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 3823.62 ab |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 1863.73 b |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 17.48 c |
| 1 | Vydate 4L/ha | 8.20 c |
| 7 | Verango 1L/ha | 0.00 d |
| 6 | Nemathorin 0.75L/ha | 0.00 d |
| 9 | Nemathorin 1.5L/ha | 0.00 d |
| 2 | Solvigo 2L/ha | 0.00 d |
| 3 | Verango 0.5L/ha | 0.00 d |
| 8 | Vertimec 2L/ha | 0.00 d |
| 5 | Vertimec 4L/ha | 0.00 d |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey

Anexo 26. Análisis de varianza del parámetro población total final en los tratamientos de la prueba de invernadero

| Fuente de variabilidad | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado | P valor |
|------------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|---------|
| Tratamientos | 13 | 263.4534743 | 20.2656519 | 63.71 | <.0001 |
| Error | 56 | 17.8137200 | 0.3181021 | - | - |
| Total | 69 | 281.2671943 | - | - | - |

Coefficiente de variabilidad: 24.63213 Promedio: 2.289714

Anexo 27. Prueba de comparación de medias de Tukey del población total final en los tratamientos de la prueba de invernadero. Datos transformados con $\log(x+1)$

| Tratamientos | Ingrediente activo | Promedio |
|--------------|---------------------|-------------|
| 0 | Con nematodos | 287020.0 a |
| 10 | Geraniol 3.3L/ha | 123686.67 a |
| 11 | Hunter 0.2% | 93100.00 a |
| 12 | Protexin 1.5L/ha | 16860.00 ab |
| 13 | Stronsil 1.2Kg/ha | 5100.00 b |
| 4 | Solvigo 1L/ha | 180.00 c |
| 1 | Vydate 4L/ha | 80.00 cd |
| 2 | Vertimec 2L/ha | 80.00 cd |
| 8 | Nemathorin 0.75L/ha | 80.00 cd |
| 3 | Vertimec 4L/ha | 60.00 cde |
| 6 | Verango 0.5L/ha | 20.00 de |
| 9 | Verango 1L/ha | 0.00 e |
| 7 | Nemathorin 1.5L/ha | 0.00 e |
| 5 | Solvigo 2L/ha | 0.00 e |

*Promedios (n= 5) seguidos con letras diferentes son significativamente diferentes al 95 % de nivel de confianza según la prueba de Tukey.

Anexo 28. Datos en bruto de los parámetros evaluados en la fase de invernadero

| TRAT | REP | PF | PS | AL | PR | N | ZECK | PIM | PoS | PoR | PT | Tr |
|-------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-------------|------------|------------|------------|-----------|-----------|
| T00 | R1 | 45.2 | 4.1 | 52.0 | 20.5 | - | - | - | - | - | - | - |
| T00 | R2 | 28.3 | 5.7 | 41.0 | 18.2 | - | - | - | - | - | - | - |
| T00 | R3 | 40.7 | 6.2 | 44.0 | 15.6 | - | - | - | - | - | - | - |
| T00 | R4 | 56.9 | 3.7 | 59.0 | 20.7 | - | - | - | - | - | - | - |
| T00 | R5 | 46.2 | 4.2 | 54.0 | 14.8 | - | - | - | - | - | - | - |
| T0 | R1 | 32.20 | 3.50 | 49.00 | 34.30 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 1060.00 | 9154.52 | 298200.00 | 14.91 |
| T0 | R2 | 15.20 | 2.70 | 45.33 | 29.40 | 100.00 | 8.00 | 5.00 | 1330.00 | 9013.61 | 278300.00 | 13.92 |
| T0 | R3 | 19.20 | 3.40 | 37.00 | 24.70 | 100.00 | 8.00 | 5.00 | 1470.00 | 9271.26 | 243700.00 | 12.19 |
| T0 | R4 | 41.00 | 3.60 | 48.00 | 22.90 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 1330.00 | 12096.07 | 290300.00 | 14.52 |
| T0 | R5 | 39.80 | 3.53 | 51.00 | 28.90 | 100.00 | 8.00 | 5.00 | 1620.00 | 9757.79 | 324600.00 | 16.23 |
| T1 | R1 | 36.30 | 4.18 | 53.00 | 13.30 | 2.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 7.52 | 100.00 | 0.01 |
| T1 | R2 | 42.90 | 4.80 | 54.00 | 11.70 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T1 | R3 | 36.30 | 4.50 | 54.00 | 12.50 | 13.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 8.00 | 100.00 | 0.01 |
| T1 | R4 | 22.60 | 3.50 | 33.00 | 8.50 | 18.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 11.76 | 100.00 | 0.01 |
| T1 | R5 | 30.20 | 3.90 | 48.00 | 7.30 | 21.00 | 2.00 | 2.00 | 0.00 | 13.70 | 100.00 | 0.01 |
| T2 | R1 | 33.80 | 4.90 | 52.00 | 10.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T2 | R2 | 41.60 | 5.90 | 58.00 | 14.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T2 | R3 | 37.70 | 6.30 | 48.50 | 12.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T2 | R4 | 37.20 | 5.60 | 49.00 | 14.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T2 | R5 | 34.60 | 5.40 | 48.00 | 10.80 | 3.00 | 1.00 | 2.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |

Continuación...

| | | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|------|
| T3 | R1 | 34.60 | 6.80 | 48.00 | 10.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T3 | R2 | 44.00 | 6.20 | 58.00 | 14.10 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T3 | R3 | 40.80 | 7.30 | 43.00 | 11.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T3 | R4 | 34.30 | 5.50 | 44.00 | 11.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T3 | R5 | 38.90 | 5.80 | 56.00 | 8.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T4 | R1 | 37.20 | 5.90 | 49.00 | 10.20 | 39.00 | 2.00 | 3.00 | 0.00 | 19.61 | 200.00 | 0.01 |
| T4 | R2 | 44.00 | 2.90 | 50.00 | 8.90 | 26.00 | 2.00 | 3.00 | 0.00 | 22.47 | 200.00 | 0.01 |
| T4 | R3 | 36.60 | 4.00 | 49.00 | 12.10 | 0.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 8.26 | 100.00 | 0.01 |
| T4 | R4 | 35.90 | 5.60 | 53.00 | 10.90 | 14.00 | 1.00 | 3.00 | 0.00 | 27.52 | 300.00 | 0.02 |
| T4 | R5 | 40.30 | 5.90 | 49.50 | 10.50 | 5.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 9.52 | 100.00 | 0.01 |
| T5 | R1 | 41.30 | 6.00 | 55.00 | 10.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T5 | R2 | 33.60 | 4.60 | 48.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T5 | R3 | 31.40 | 5.50 | 48.00 | 8.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T5 | R4 | 35.80 | 4.20 | 59.00 | 11.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T5 | R5 | 29.40 | 5.60 | 38.00 | 7.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T6 | R1 | 22.70 | 3.70 | 51.00 | 5.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T6 | R2 | 11.30 | 2.20 | 42.00 | 3.40 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T6 | R3 | 10.00 | 1.80 | 47.00 | 3.10 | 3.00 | 1.00 | 1.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T6 | R4 | 13.40 | 2.50 | 41.00 | 4.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T6 | R5 | 18.50 | 2.80 | 46.00 | 3.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |

Continuación...

| | | | | | | | | | | | | |
|------------|-----------|-------|------|-------|-------|--------|------|------|---------|---------|-----------|------|
| T7 | R1 | 7.80 | 1.10 | 39.00 | 1.50 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T7 | R2 | 4.20 | 0.70 | 34.00 | 1.70 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T7 | R3 | 7.40 | 1.10 | 24.00 | 2.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T7 | R4 | 10.90 | 1.80 | 40.00 | 2.30 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T7 | R5 | 8.40 | 1.50 | 43.00 | 2.40 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T8 | R1 | 26.20 | 3.10 | 49.00 | 6.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T8 | R2 | 20.20 | 2.30 | 33.00 | 8.10 | 4.00 | 1.00 | 1.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T8 | R3 | 19.00 | 1.90 | 42.00 | 5.60 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T8 | R4 | 22.00 | 2.60 | 36.00 | 1.60 | 0.00 | 0.00 | 1.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T8 | R5 | 21.10 | 2.50 | 34.00 | 5.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 10.00 | 0.00 | 100.00 | 0.01 |
| T9 | R1 | 19.00 | 2.10 | 35.00 | 7.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T9 | R2 | 16.40 | 2.50 | 35.00 | 5.80 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T9 | R3 | 17.70 | 1.70 | 36.00 | 4.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T9 | R4 | 15.50 | 2.90 | 24.00 | 5.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T9 | R5 | 17.04 | 1.50 | 32.50 | 5.90 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| T10 | R1 | 30.07 | 3.70 | 39.33 | 23.80 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 3443.33 | 3277.31 | 112433.33 | 5.62 |
| T10 | R2 | 22.50 | 4.90 | 33.00 | 23.80 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 3370.00 | 3739.50 | 122700.00 | 6.14 |
| T10 | R3 | 27.90 | 5.20 | 38.00 | 21.20 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 2980.00 | 4386.79 | 122800.00 | 6.14 |
| T10 | R4 | 37.00 | 2.20 | 32.00 | 26.00 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 3980.00 | 4038.46 | 144800.00 | 7.24 |
| T10 | R5 | 25.30 | 4.30 | 48.00 | 23.67 | 100.00 | 7.00 | 5.00 | 2870.00 | 3676.06 | 115700.00 | 5.79 |

Anexo 29. Datos de las evaluaciones realizadas en la fase de laboratorio: Prueba de masas de huevo

| Tratamiento | Repetición | Evaluaciones | | | Número total de individuos |
|--------------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|-----------------------------------|
| TRAT | REP | I | II | III | TI |
| T0 | R1 | 175 | 54 | 7 | 236 |
| T0 | R2 | 136 | 34 | 41 | 211 |
| T0 | R3 | 159 | 67 | 96 | 322 |
| T0 | R4 | 146 | 89 | 67 | 302 |
| T1D1 | R1 | 5 | 3 | 0 | 8 |
| T1D1 | R2 | 5 | 1 | 0 | 6 |
| T1D1 | R3 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| T1D1 | R4 | 7 | 2 | 0 | 9 |
| T1D2 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1D2 | R2 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| T1D2 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1D2 | R4 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T1D3 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1D3 | R2 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T1D3 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T1D3 | R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D1 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D1 | R2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T2D1 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D1 | R4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T2D2 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D2 | R2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D2 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D2 | R4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T2D3 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D3 | R2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D3 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T2D3 | R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T3D1 | R1 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| T3D1 | R2 | 7 | 0 | 0 | 7 |
| T3D1 | R3 | 8 | 0 | 0 | 8 |
| T3D1 | R4 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T3D2 | R1 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T3D2 | R2 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T3D2 | R3 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| T3D2 | R4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T3D3 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| | | | | | |
|------|----|----|----|---|----|
| T3D3 | R2 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T3D3 | R3 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| T3D3 | R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4D1 | R1 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T4D1 | R2 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| T4D1 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4D1 | R4 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T4D2 | R1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T4D2 | R2 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T4D2 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4D2 | R4 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| T4D3 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4D3 | R2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T4D3 | R3 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T4D3 | R4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T5D1 | R1 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| T5D1 | R2 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T5D1 | R3 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| T5D1 | R4 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T5D2 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T5D2 | R2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T5D2 | R3 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T5D2 | R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T5D3 | R1 | 7 | 0 | 0 | 7 |
| T5D3 | R2 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T5D3 | R3 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| T5D3 | R4 | 7 | 0 | 0 | 7 |
| T6D1 | R1 | 15 | 6 | 1 | 22 |
| T6D1 | R2 | 18 | 12 | 0 | 30 |
| T6D1 | R3 | 21 | 1 | 3 | 25 |
| T6D1 | R4 | 12 | 16 | 0 | 28 |
| T6D2 | R1 | 10 | 5 | 0 | 15 |
| T6D2 | R2 | 12 | 5 | 1 | 18 |
| T6D2 | R3 | 19 | 2 | 1 | 22 |
| T6D2 | R4 | 9 | 6 | 2 | 17 |
| T6D3 | R1 | 10 | 1 | 0 | 11 |
| T6D3 | R2 | 5 | 1 | 0 | 6 |
| T6D3 | R3 | 8 | 3 | 0 | 11 |
| T6D3 | R4 | 7 | 2 | 0 | 9 |
| T7D1 | R1 | 16 | 4 | 1 | 21 |
| T7D1 | R2 | 12 | 1 | 2 | 15 |
| T7D1 | R3 | 13 | 6 | 0 | 19 |

| | | | | | |
|-------|----|----|---|---|----|
| T7D1 | R4 | 9 | 1 | 1 | 11 |
| T7D2 | R1 | 18 | 0 | 1 | 19 |
| T7D2 | R2 | 10 | 4 | 0 | 14 |
| T7D2 | R3 | 15 | 2 | 0 | 17 |
| T7D2 | R4 | 13 | 2 | 0 | 15 |
| T7D3 | R1 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| T7D3 | R2 | 14 | 0 | 0 | 14 |
| T7D3 | R3 | 11 | 0 | 0 | 11 |
| T7D3 | R4 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| T8D1 | R1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T8D1 | R2 | 3 | 1 | 0 | 4 |
| T8D1 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T8D1 | R4 | 2 | 1 | 0 | 3 |
| T8D2 | R1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T8D2 | R2 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T8D2 | R3 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T8D2 | R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T8D3 | R1 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T8D3 | R2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T8D3 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T8D3 | R4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T9D1 | R1 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| T9D1 | R2 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T9D1 | R3 | 5 | 0 | 0 | 7 |
| T9D1 | R4 | 5 | 0 | 2 | 5 |
| T9D2 | R1 | 4 | 0 | 0 | 4 |
| T9D2 | R2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T9D2 | R3 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| T9D2 | R4 | 2 | 2 | 0 | 4 |
| T9D3 | R1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T9D3 | R2 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| T9D3 | R3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| T9D3 | R4 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| T10D1 | R1 | 25 | 7 | 1 | 33 |
| T10D1 | R2 | 19 | 4 | 2 | 25 |
| T10D1 | R3 | 21 | 6 | 1 | 28 |
| T10D1 | R4 | 17 | 2 | 0 | 19 |
| T10D2 | R1 | 13 | 0 | 0 | 13 |
| T10D2 | R2 | 10 | 4 | 1 | 15 |
| T10D2 | R3 | 7 | 3 | 0 | 10 |
| T10D2 | R4 | 15 | 2 | 0 | 17 |
| T10D3 | R1 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| T10D3 | R2 | 7 | 0 | 0 | 7 |

| | | | | | |
|-------|----|----|---|---|----|
| T10D3 | R3 | 8 | 0 | 0 | 8 |
| T10D3 | R4 | 11 | 0 | 0 | 11 |

Anexo 30. Datos de las evaluaciones realizadas en la fase de laboratorio: Prueba de movimiento de J2

| Tratamiento | Repetición | Total # individuos | Total con movimiento | Porcentaje |
|-------------|------------|--------------------|----------------------|------------|
| T0 | R1 | 111 | 99 | 89.2 |
| T0 | R2 | 109 | 98 | 89.9 |
| T0 | R3 | 99 | 83 | 83.8 |
| T0 | R4 | 112 | 101 | 90.2 |
| T1D1 | R1 | 98 | 0 | 0.0 |
| T1D1 | R2 | 114 | 0 | 0.0 |
| T1D1 | R3 | 120 | 0 | 0.0 |
| T1D1 | R4 | 109 | 0 | 0.0 |
| T1D2 | R1 | 100 | 0 | 0.0 |
| T1D2 | R2 | 104 | 0 | 0.0 |
| T1D2 | R3 | 109 | 0 | 0.0 |
| T1D2 | R4 | 113 | 0 | 0.0 |
| T1D3 | R1 | 103 | 0 | 0.0 |
| T1D3 | R2 | 107 | 0 | 0.0 |
| T1D3 | R3 | 97 | 0 | 0.0 |
| T1D3 | R4 | 112 | 0 | 0.0 |
| T2D1 | R1 | 102 | 0 | 0.0 |
| T2D1 | R2 | 108 | 0 | 0.0 |
| T2D1 | R3 | 113 | 0 | 0.0 |
| T2D1 | R4 | 99 | 0 | 0.0 |
| T2D2 | R1 | 121 | 0 | 0.0 |
| T2D2 | R2 | 112 | 0 | 0.0 |
| T2D2 | R3 | 101 | 0 | 0.0 |
| T2D2 | R4 | 113 | 0 | 0.0 |
| T2D3 | R1 | 96 | 0 | 0.0 |
| T2D3 | R2 | 110 | 0 | 0.0 |
| T2D3 | R3 | 103 | 0 | 0.0 |
| T2D3 | R4 | 112 | 0 | 0.0 |
| T3D1 | R1 | 104 | 0 | 0.0 |
| T3D1 | R2 | 121 | 0 | 0.0 |
| T3D1 | R3 | 115 | 0 | 0.0 |
| T3D1 | R4 | 108 | 0 | 0.0 |
| T3D2 | R1 | 119 | 0 | 0.0 |
| T3D2 | R2 | 114 | 0 | 0.0 |
| T3D2 | R3 | 104 | 0 | 0.0 |

| | | | | |
|-------------|-----------|-----|----|------|
| T3D2 | R4 | 109 | 0 | 0.0 |
| T3D3 | R1 | 105 | 0 | 0.0 |
| T3D3 | R2 | 101 | 0 | 0.0 |
| T3D3 | R3 | 111 | 0 | 0.0 |
| T3D3 | R4 | 114 | 0 | 0.0 |
| T4D1 | R1 | 101 | 0 | 0.0 |
| T4D1 | R2 | 112 | 0 | 0.0 |
| T4D1 | R3 | 123 | 0 | 0.0 |
| T4D1 | R4 | 104 | 0 | 0.0 |
| T4D2 | R1 | 94 | 0 | 0.0 |
| T4D2 | R2 | 114 | 0 | 0.0 |
| T4D2 | R3 | 107 | 0 | 0.0 |
| T4D2 | R4 | 99 | 0 | 0.0 |
| T4D3 | R1 | 114 | 0 | 0.0 |
| T4D3 | R2 | 103 | 0 | 0.0 |
| T4D3 | R3 | 121 | 0 | 0.0 |
| T4D3 | R4 | 109 | 0 | 0.0 |
| T5D1 | R1 | 100 | 0 | 0.0 |
| T5D1 | R2 | 105 | 0 | 0.0 |
| T5D1 | R3 | 121 | 0 | 0.0 |
| T5D1 | R4 | 113 | 0 | 0.0 |
| T5D2 | R1 | 111 | 0 | 0.0 |
| T5D2 | R2 | 119 | 0 | 0.0 |
| T5D2 | R3 | 102 | 0 | 0.0 |
| T5D2 | R4 | 99 | 0 | 0.0 |
| T5D3 | R1 | 109 | 0 | 0.0 |
| T5D3 | R2 | 111 | 0 | 0.0 |
| T5D3 | R3 | 103 | 0 | 0.0 |
| T5D3 | R4 | 100 | 0 | 0.0 |
| T6D1 | R1 | 115 | 15 | 13.0 |
| T6D1 | R2 | 121 | 21 | 17.4 |
| T6D1 | R3 | 102 | 17 | 16.7 |
| T6D1 | R4 | 109 | 19 | 17.4 |
| T6D2 | R1 | 101 | 45 | 44.6 |
| T6D2 | R2 | 109 | 52 | 47.7 |
| T6D2 | R3 | 97 | 45 | 46.4 |
| T6D2 | R4 | 114 | 59 | 51.8 |
| T6D3 | R1 | 121 | 63 | 52.1 |
| T6D3 | R2 | 112 | 59 | 52.7 |
| T6D3 | R3 | 101 | 49 | 48.5 |
| T6D3 | R4 | 107 | 58 | 54.2 |
| T7D1 | R1 | 109 | 0 | 0.0 |
| T7D1 | R2 | 121 | 3 | 2.5 |

| | | | | |
|--------------|-----------|-----|----|------|
| T7D1 | R3 | 101 | 1 | 1.0 |
| T7D1 | R4 | 100 | 0 | 0.0 |
| T7D2 | R1 | 118 | 0 | 0.0 |
| T7D2 | R2 | 122 | 0 | 0.0 |
| T7D2 | R3 | 101 | 0 | 0.0 |
| T7D2 | R4 | 108 | 1 | 0.9 |
| T7D3 | R1 | 119 | 0 | 0.0 |
| T7D3 | R2 | 98 | 0 | 0.0 |
| T7D3 | R3 | 101 | 0 | 0.0 |
| T7D3 | R4 | 108 | 0 | 0.0 |
| T8D1 | R1 | 111 | 31 | 27.9 |
| T8D1 | R2 | 103 | 29 | 28.2 |
| T8D1 | R3 | 118 | 33 | 28.0 |
| T8D1 | R4 | 100 | 31 | 31.0 |
| T8D2 | R1 | 129 | 22 | 17.1 |
| T8D2 | R2 | 111 | 18 | 16.2 |
| T8D2 | R3 | 102 | 16 | 15.7 |
| T8D2 | R4 | 102 | 21 | 20.6 |
| T8D3 | R1 | 102 | 10 | 9.8 |
| T8D3 | R2 | 94 | 13 | 13.8 |
| T8D3 | R3 | 121 | 9 | 7.4 |
| T8D3 | R4 | 114 | 8 | 7.0 |
| T9D1 | R1 | 110 | 50 | 45.5 |
| T9D1 | R2 | 101 | 53 | 52.5 |
| T9D1 | R3 | 107 | 49 | 45.8 |
| T9D1 | R4 | 119 | 56 | 47.1 |
| T9D2 | R1 | 109 | 33 | 30.3 |
| T9D2 | R2 | 100 | 29 | 29.0 |
| T9D2 | R3 | 96 | 25 | 26.0 |
| T9D2 | R4 | 112 | 31 | 27.7 |
| T9D3 | R1 | 110 | 4 | 3.6 |
| T9D3 | R2 | 102 | 0 | 0.0 |
| T9D3 | R3 | 109 | 1 | 0.9 |
| T9D3 | R4 | 118 | 3 | 2.5 |
| T10D1 | R1 | 117 | 73 | 62.4 |
| T10D1 | R2 | 100 | 68 | 68.0 |
| T10D1 | R3 | 104 | 64 | 61.5 |
| T10D1 | R4 | 114 | 72 | 63.2 |
| T10D2 | R1 | 102 | 45 | 44.1 |
| T10D2 | R2 | 111 | 48 | 43.2 |
| T10D2 | R3 | 108 | 41 | 38.0 |
| T10D2 | R4 | 101 | 41 | 40.6 |
| T10D3 | R1 | 101 | 17 | 16.8 |

| | | | | |
|--------------|-----------|-----|----|------|
| T10D3 | R2 | 101 | 12 | 11.9 |
| T10D3 | R3 | 114 | 14 | 12.3 |
| T10D3 | R4 | 111 | 11 | 9.9 |

Anexo 31. Datos de las evaluaciones realizadas en la fase de laboratorio: Prueba de eclosion de huevos libres

| Tratamiento | Repetición | Número total de individuos | Evaluaciones | | | Número de huevos eclosionados | Porcentaje de huevos eclosionados |
|-------------|------------|----------------------------|--------------|----|-----|-------------------------------|-----------------------------------|
| | | | I | II | III | | |
| TRAT | REP | TI | I | II | III | CM | % |
| T0 | R1 | 104 | 35 | 15 | 0.0 | 50.0 | 48.1 |
| T0 | R2 | 121 | 39 | 16 | 0.0 | 55.0 | 45.5 |
| T0 | R3 | 115 | 48 | 15 | 1.0 | 64.0 | 55.7 |
| T0 | R4 | 108 | 36 | 13 | 0.0 | 49.0 | 45.4 |
| T1D1 | R1 | 111 | 7 | 0 | 0.0 | 7.0 | 6.3 |
| T1D1 | R2 | 103 | 6 | 0 | 0.0 | 6.0 | 5.8 |
| T1D1 | R3 | 118 | 6 | 3 | 0.0 | 9.0 | 7.6 |
| T1D1 | R4 | 100 | 3 | 1 | 0.0 | 4.0 | 4.0 |
| T1D2 | R1 | 100 | 4 | 0 | 0.0 | 4.0 | 4.0 |
| T1D2 | R2 | 104 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| T1D2 | R3 | 109 | 2 | 1 | 0.0 | 3.0 | 2.8 |
| T1D2 | R4 | 113 | 5 | 0 | 0.0 | 5.0 | 4.4 |
| T1D3 | R1 | 111 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 0.9 |
| T1D3 | R2 | 109 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 0.9 |
| T1D3 | R3 | 99 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| T1D3 | R4 | 112 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| T2D1 | R1 | 102 | 5 | 0 | 0.0 | 5.0 | 4.9 |
| T2D1 | R2 | 108 | 2 | 1 | 0.0 | 3.0 | 2.8 |
| T2D1 | R3 | 113 | 4 | 1 | 0.0 | 5.0 | 4.4 |
| T2D1 | R4 | 99 | 2 | 0 | 0.0 | 2.0 | 2.0 |
| T2D2 | R1 | 96 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| T2D2 | R2 | 110 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| T2D2 | R3 | 103 | 3 | 0 | 0.0 | 3.0 | 2.9 |
| T2D2 | R4 | 112 | 2 | 0 | 0.0 | 2.0 | 1.8 |
| T2D3 | R1 | 96 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| T2D3 | R2 | 110 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| T2D3 | R3 | 103 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 1.0 |
| T2D3 | R4 | 112 | 1 | 0 | 0.0 | 1.0 | 0.9 |
| T3D1 | R1 | 94 | 6 | 1 | 0.0 | 7.0 | 7.4 |
| T3D1 | R2 | 114 | 9 | 1 | 0.0 | 10.0 | 8.8 |

| | | | | | | | |
|------|----|-----|----|---|---|------|------|
| T3D1 | R3 | 107 | 6 | 1 | 1 | 8.0 | 7.5 |
| T3D1 | R4 | 99 | 5 | 1 | 0 | 6.0 | 6.1 |
| T3D2 | R1 | 119 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.8 |
| T3D2 | R2 | 114 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 1.8 |
| T3D2 | R3 | 104 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T3D2 | R4 | 109 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T3D3 | R1 | 121 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T3D3 | R2 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T3D3 | R3 | 101 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 |
| T3D3 | R4 | 113 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D1 | R1 | 101 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D1 | R2 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D1 | R3 | 123 | 2 | 1 | 0 | 3.0 | 2.4 |
| T4D1 | R4 | 104 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 |
| T4D2 | R1 | 94 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D2 | R2 | 114 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D2 | R3 | 107 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.9 |
| T4D2 | R4 | 99 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 |
| T4D3 | R1 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D3 | R2 | 105 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D3 | R3 | 121 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T4D3 | R4 | 113 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.9 |
| T5D1 | R1 | 101 | 8 | 2 | 0 | 10.0 | 9.9 |
| T5D1 | R2 | 109 | 4 | 3 | 0 | 7.0 | 6.4 |
| T5D1 | R3 | 97 | 6 | 3 | 0 | 9.0 | 9.3 |
| T5D1 | R4 | 114 | 11 | 0 | 0 | 11.0 | 9.6 |
| T5D2 | R1 | 111 | 3 | 0 | 0 | 3.0 | 2.7 |
| T5D2 | R2 | 119 | 5 | 0 | 0 | 5.0 | 4.2 |
| T5D2 | R3 | 102 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 3.9 |
| T5D2 | R4 | 99 | 4 | 1 | 0 | 5.0 | 5.1 |
| T5D3 | R1 | 109 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 3.7 |
| T5D3 | R2 | 111 | 3 | 0 | 0 | 3.0 | 2.7 |
| T5D3 | R3 | 103 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 1.9 |
| T5D3 | R4 | 100 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 1.0 |
| T6D1 | R1 | 115 | 5 | 0 | 0 | 5.0 | 4.3 |
| T6D1 | R2 | 121 | 8 | 2 | 0 | 10.0 | 8.3 |
| T6D1 | R3 | 102 | 7 | 0 | 0 | 7.0 | 6.9 |
| T6D1 | R4 | 109 | 8 | 1 | 0 | 9.0 | 8.3 |
| T6D2 | R1 | 114 | 19 | 3 | 0 | 22.0 | 19.3 |
| T6D2 | R2 | 103 | 15 | 2 | 0 | 17.0 | 16.5 |
| T6D2 | R3 | 121 | 14 | 3 | 2 | 19.0 | 15.7 |
| T6D2 | R4 | 109 | 21 | 0 | 0 | 21.0 | 19.3 |
| T6D3 | R1 | 121 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 3.3 |

| | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|----|---|---|------|------|
| T6D3 | R2 | 112 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 1.8 |
| T6D3 | R3 | 101 | 3 | 1 | 0 | 4.0 | 4.0 |
| T6D3 | R4 | 107 | 3 | 0 | 0 | 3.0 | 2.8 |
| T7D1 | R1 | 109 | 3 | 0 | 0 | 3.0 | 2.8 |
| T7D1 | R2 | 121 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 1.7 |
| T7D1 | R3 | 101 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T7D1 | R4 | 100 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 4.0 |
| T7D2 | R1 | 118 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.8 |
| T7D2 | R2 | 122 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T7D2 | R3 | 101 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 2.0 |
| T7D2 | R4 | 108 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.9 |
| T7D3 | R1 | 121 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T7D3 | R2 | 112 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T7D3 | R3 | 101 | 0 | 0 | 0 | 0.0 | 0.0 |
| T7D3 | R4 | 107 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.9 |
| T8D1 | R1 | 111 | 14 | 1 | 0 | 15.0 | 13.5 |
| T8D1 | R2 | 103 | 8 | 0 | 0 | 8.0 | 7.8 |
| T8D1 | R3 | 118 | 12 | 1 | 0 | 13.0 | 11.0 |
| T8D1 | R4 | 100 | 11 | 1 | 0 | 12.0 | 12.0 |
| T8D2 | R1 | 129 | 5 | 0 | 0 | 5.0 | 3.9 |
| T8D2 | R2 | 111 | 6 | 1 | 0 | 7.0 | 6.3 |
| T8D2 | R3 | 102 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 3.9 |
| T8D2 | R4 | 102 | 2 | 1 | 0 | 3.0 | 2.9 |
| T8D3 | R1 | 102 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 2.0 |
| T8D3 | R2 | 94 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 1.1 |
| T8D3 | R3 | 121 | 1 | 0 | 0 | 1.0 | 0.8 |
| T8D3 | R4 | 114 | 2 | 0 | 0 | 2.0 | 1.8 |
| T9D1 | R1 | 110 | 15 | 2 | 0 | 17.0 | 15.5 |
| T9D1 | R2 | 101 | 20 | 2 | 1 | 23.0 | 22.8 |
| T9D1 | R3 | 107 | 12 | 1 | 1 | 14.0 | 13.1 |
| T9D1 | R4 | 119 | 14 | 2 | 0 | 16.0 | 13.4 |
| T9D2 | R1 | 109 | 15 | 1 | 0 | 16.0 | 14.7 |
| T9D2 | R2 | 100 | 10 | 2 | 0 | 12.0 | 12.0 |
| T9D2 | R3 | 96 | 14 | 0 | 0 | 14.0 | 14.6 |
| T9D2 | R4 | 112 | 10 | 1 | 0 | 11.0 | 9.8 |
| T9D3 | R1 | 109 | 6 | 0 | 0 | 6.0 | 5.5 |
| T9D3 | R2 | 111 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 3.6 |
| T9D3 | R3 | 103 | 6 | 0 | 0 | 6.0 | 5.8 |
| T9D3 | R4 | 100 | 7 | 0 | 0 | 7.0 | 7.0 |
| T10D1 | R1 | 117 | 19 | 2 | 0 | 21.0 | 17.9 |
| T10D1 | R2 | 100 | 22 | 3 | 0 | 25.0 | 25.0 |
| T10D1 | R3 | 104 | 13 | 2 | 2 | 17.0 | 16.3 |
| T10D1 | R4 | 114 | 15 | 3 | 0 | 18.0 | 15.8 |
| T10D2 | R1 | 102 | 14 | 0 | 0 | 14.0 | 13.7 |

| | | | | | | | |
|--------------|-----------|-----|----|---|---|------|------|
| T10D2 | R2 | 111 | 10 | 2 | 0 | 12.0 | 10.8 |
| T10D2 | R3 | 108 | 10 | 1 | 0 | 11.0 | 10.2 |
| T10D2 | R4 | 101 | 9 | 0 | 0 | 9.0 | 8.9 |
| T10D3 | R1 | 129 | 5 | 0 | 0 | 5.0 | 3.9 |
| T10D3 | R2 | 111 | 7 | 0 | 0 | 7.0 | 6.3 |
| T10D3 | R3 | 102 | 4 | 0 | 0 | 4.0 | 3.9 |
| T10D3 | R4 | 102 | 7 | 0 | 0 | 7.0 | 6.9 |

Anexo 32. Datos de temperaturas máximas y mínimas durante la ejecución del ensayo en invernadero

| Dic-16 | | | Ene-17 | | |
|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| DIA | MÍNIMA | MÁXIMA | DIA | MÍNIMA | MÁXIMA |
| 1 | 17.5 | 23.4 | 1 | 20 | 27.8 |
| 2 | 17.3 | 23.5 | 2 | 19.3 | 24.8 |
| 3 | 18 | 24.6 | 3 | 19.1 | 26.3 |
| 4 | 18.2 | 25 | 4 | 18.9 | 24.6 |
| 5 | 17.7 | 25.6 | 5 | 19.6 | 27.6 |
| 6 | 17.9 | 23.2 | 6 | 21.8 | 31.1 |
| 7 | 17.4 | 24.9 | 7 | 20.8 | 30.9 |
| 8 | 17.9 | 23.9 | 8 | 19.6 | 25.6 |
| 9 | 18.3 | 24.9 | 9 | 20.1 | 28.9 |
| 10 | 17.7 | 24.9 | 10 | 20.8 | 27.9 |
| 11 | 17.6 | 24.9 | 11 | 22.2 | 28 |
| 12 | 16.9 | 24.5 | 12 | 21.3 | 27.6 |
| 13 | 17 | 23.1 | 13 | 20.3 | 26.5 |
| 14 | 16.8 | 24.4 | 14 | 20.5 | 26.7 |
| 15 | 17.9 | 21.9 | 15 | 21.7 | 27.7 |
| 16 | 16.8 | 24.6 | 16 | 22.2 | 29.6 |
| 17 | 18.5 | 25.1 | 17 | 21.6 | 27.6 |
| 18 | 18.8 | 25.1 | 18 | 22.4 | 27.7 |
| 19 | 18.8 | 24.7 | 19 | 21.7 | 27.9 |
| 20 | 18 | 25.7 | 20 | 22.4 | 27.6 |
| 21 | 17.8 | 24.4 | 21 | 22.6 | 27.9 |
| 22 | 18.2 | 24.8 | 22 | 22.7 | 30.2 |
| 23 | 18.9 | 26.1 | 23 | 22.6 | 29.1 |
| 24 | 18.9 | 25.7 | 24 | 23.3 | 29.3 |
| 25 | 19.3 | 25.5 | 25 | 23.9 | 28.9 |
| 26 | 19 | 25.8 | 26 | 23.9 | 29.4 |
| 27 | 19.4 | 26.3 | 27 | 23.8 | 29.1 |
| 28 | 18.8 | 26.8 | 28 | 23.6 | 30.4 |

| | | | | | |
|-----------|------|------|-----------|------|------|
| 29 | 19.4 | 26.8 | 29 | 23.1 | 29.2 |
| 30 | 19.2 | 27.8 | 30 | 22.9 | 26.4 |
| 31 | 19.6 | 26.5 | 31 | 22.3 | 26.1 |

| Feb-17 | | | Mar-17 | | |
|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|
| DIA | MÍNIMA | MÁXIMA | DIA | MÍNIMA | MÁXIMA |
| 1 | 23.3 | 29.6 | 1 | 23.2 | 29 |
| 2 | 22.4 | 29.6 | 2 | 23.3 | 29.7 |
| 3 | 22.5 | 29.3 | 3 | 23.3 | 30 |
| 4 | 22.7 | 29.9 | 4 | 22.7 | 30 |
| 5 | 22.1 | 28.7 | 5 | 22.4 | 30.1 |
| 6 | 21.4 | 28.1 | 6 | 22.5 | 29.5 |
| 7 | 21.3 | 28.2 | 7 | 21.9 | 30.3 |
| 8 | 21.4 | 27.9 | 8 | 22.5 | 27.6 |
| 9 | 21.6 | 29.1 | 9 | 22.8 | 30.6 |
| 10 | 21.5 | 28.7 | 10 | 23.1 | 29.9 |
| 11 | 22.8 | 30.6 | 11 | 22.6 | 29.3 |
| 12 | 21.9 | 29.3 | 12 | 22.2 | 30.3 |
| 13 | 22.2 | 28.9 | 13 | 23.4 | 30.1 |
| 14 | 22.5 | 29.9 | 14 | 23.2 | 27.8 |
| 15 | 21.8 | 29.5 | 15 | 22.3 | 29.1 |
| 16 | 22.8 | 30.4 | 16 | 23.8 | 29.9 |
| 17 | 22.2 | 29.2 | 17 | 22.6 | 29.1 |
| 18 | 22 | 28.4 | 18 | 22.1 | 29.7 |
| 19 | 21.4 | 29.9 | 19 | 22.6 | 28.7 |
| 20 | 21.4 | 29.7 | 20 | 22.1 | 28.9 |
| 21 | 21.8 | 29.3 | 21 | 21.8 | 29.1 |
| 22 | 22.4 | 30.4 | 22 | 22.9 | 28.5 |
| 23 | 22.3 | 29.9 | 23 | 22.1 | 28.9 |
| 24 | 21.3 | 29.6 | 24 | 21.8 | 28.1 |
| 25 | 21.9 | 30.3 | 25 | 20.7 | 28.9 |
| 26 | 23.4 | 30.6 | 26 | 21.8 | 27.8 |
| 27 | 23.4 | 30.6 | 27 | 21.9 | 29 |
| 28 | 24.2 | 29.5 | 28 | 22.2 | 27.9 |
| | | | 29 | 20.9 | 26.7 |
| | | | 30 | 20.6 | 27.3 |
| | | | 31 | 20.8 | 27.2 |

