

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**



**“FLUOPYRAM PARA EL CONTROL DEL NEMÁTODO DEL  
NÓDULO (*Meloidogyne incognita*) EN EL CULTIVO DE GRANADO  
(*Punica granatum* L.) EN HUARAL”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERA AGRÓNOMA**

**OSHYN KEILA CARHUARICRA JANAMPA**

**LIMA - PERÚ**

**2024**

# FLUOPYRAM PARA EL CONTROL DEL NEMATODO DEL NÓDULO (*Meloidogyne incognita*) EN EL CULTIVO DE GRANADO (*Punica granatum* L.) EN HUARAL

## INFORME DE ORIGINALIDAD



## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<a href="http://www.lamolina.edu.pe">www.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<a href="http://repositorio.lamolina.edu.pe">repositorio.lamolina.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<a href="http://orcid.org">orcid.org</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<a href="http://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<a href="http://repositorio.unsa.edu.pe">repositorio.unsa.edu.pe</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<b>1%</b>

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMIA**

**“FLUOPYRAM PARA EL CONTROL DEL NEMÁTODO DEL  
NÓDULO (*Meloidogyne incognita*) EN EL CULTIVO DE  
GRANADO (*Punica granatum* L.) EN HUARAL”**

**OSHYN KEILA CARHUARICRA JANAMPA**

Tesis para optar el título de:

**INGENIERA AGRÓNOMA**

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

---

Ing. Mg. Sc. Liliana Aragón Caballero  
**PRESIDENTE**

---

Ing. Mg. Sc. Ángel Alfonso Palomo Herrera  
**ASESOR**

---

Ing. Mg. Sc. Jorge Castillo Valiente  
**MIEMBRO**

---

Ing. Mg. Sc. Walter Apaza Tapia  
**MIEMBRO**

**LIMA – PERÚ**

**2024**

## **DEDICATORIA**

**“ A mi Dios, por su amor incondicional, bendiciones y por haberme permitido llegar hasta aquí.**

**También quiero dedicar este trabajo con todo mi amor y cariño a mi compañero de vida y a mi adorado hijo, gracias por todo su apoyo en todas las etapas de este proyecto, por impulsarme día a día para alcanzar nuevas metas, tanto profesionales como personales.”**

**“A mis padres Remigio y Fabia, quienes a lo largo de sus vidas me han inculcado la cultura del trabajo y estudio. Su dedicación y esfuerzo constante para asegurarme una educación son un regalo que valoro más allá de las palabras.**

**Dedico este trabajo también todos mis hermanos, no me quedan palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí”**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi asesor de tesis Ing. M. S. Alejandro Alfonso Palomo Herrera, por darme la oportunidad de llevar a cabo el presente trabajo de investigación.

A la compañía Bayer, por los años valiosos de aprendizaje y por darme la oportunidad de llevar a cabo esta investigación.

A Karla Ganoza, por ayudarme a sacar adelante este proyecto, por todos los valiosos consejos y por su linda amistad.

A todos los amigos del Fundo Santa María, quienes sumaron mucho con su valiosa ayuda.

A Luis Saire, por su apoyo en la fase de laboratorio de esta investigación.

A todas las personas que me brindaron apoyo y soporte para culminar mi trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1.	EL CULTIVO DEL GRANADO ( <i>Punica granatum</i> L.).....	3
2.1.1.	Características Generales .....	3
2.1.2.	Descripción de las variedades cultivadas en el Perú.....	5
2.1.3.	Clasificación Taxonómica.....	5
2.1.4.	Descripción botánica .....	5
2.1.5.	Requerimientos agroclimáticos.....	7
2.2.	NEMATODO DEL NÓDULO, <i>MELOIDOGYNE</i> SPP.....	8
2.2.1.	Características generales .....	8
2.2.2.	Clasificación Taxonómica.....	9
2.2.3.	Ciclo de vida .....	13
2.2.4.	Sintomatología .....	15
2.2.5.	Control químico .....	16
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>19</b>
3.1	LUGAR .....	19
3.1.1	Lugar de la etapa de laboratorio.....	19
3.1.2	Lugar de la etapa en parcela comercial.....	19
3.2	MATERIALES .....	20
3.2.1	Materiales de la etapa de laboratorio .....	20
3.2.2	Materiales de la etapa de campo .....	21
3.3	TRATAMIENTOS .....	22
3.3.1	Tratamientos para la fase de laboratorio .....	22
3.3.2	Tratamientos para la etapa de campo .....	22
3.4	METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS.....	23
3.4.1	Identificación de la especie de <i>Meloidogyne</i> predominante.....	23
3.4.2	Pruebas <i>in vitro</i> .....	23
3.5	PRUEBAS DE CAMPO.....	25

3.5.1 Consideraciones antes de la aplicación.....	25
3.5.2 Instalación del ensayo de campo.....	25
3.5.3 Consideraciones para el manejo del cultivo.....	26
3.5.4 Evaluación de nódulos en raíces.....	26
3.5.5 Toma de muestra, extracción de nemátodos y conteo poblacional.....	28
3.5.6 Determinación de la eficacia según Henderson & Tilton.....	28
3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	29
3.7 PARÁMETROS EVALUADOS.....	29
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>30</b>
4.1 RESULTADOS.....	30
4.1.1 Identificación de la especie de <i>Meloidogyne</i> predominante.....	30
4.1.2 Pruebas <i>in vitro</i> . .....	34
4.1.3 Prueba de campo.....	39
4.2 DISCUSIÓN.....	49
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>51</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>53</b>
<b>VIII. ANEXOS.....</b>	<b>60</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Composición media de la granada ( <i>Punica granatum</i> ).....	4
Tabla 2: Clasificación taxonómica del granado ( <i>Punica granatum</i> ).....	5
Tabla 3: Categorización taxonómica del nematodo <i>Meloidogyne</i> .....	9
Tabla 4: Características generales del Verango Prime (fluopyram).....	17
Tabla 5: Propiedades físicas y químicas del Verango Prime (fluopyram) .....	17
Tabla 6: Descripción de la zona de ejecución ensayo de campo – Fundo Santa María, Huaral, 2018.....	19
Tabla 7: Características de la plantación de granado en el Fundo Santa María, Huaral, 2018. ....	21
Tabla 8: Dosis y concentraciones evaluadas de Verango Prime (fluopyram) en las diferentes pruebas in vitro.....	22
Tabla 9: Dosis de utilizadas de Verango Prime (fluopyram) para el manejo del <i>Meloidogyne incognita</i> . ....	22
Tabla 10: Escala de nodulación de Baker.....	26
Tabla 11: Escala de nodulación del El Proyecto Internacional de <i>Meloidogyne</i> (PIM).....	26
Tabla 12: Escala de nodulación de ZECK.....	27
Tabla 13: Especie de <i>Meloidogyne</i> asociada a cada uno de los patrones perineales obtenidos de hembras ovíparas .....	30
Tabla 14: Especie de <i>Meloidogyne</i> asociada a cada uno de los individuos macho colectados .....	32
Tabla 15: Test de comparación de medias Duncan para la cantidad de <b>J2</b> emergidos de <i>Meloidogyne incognita</i> de la matriz gelatinosa a las diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) .....	35

Tabla 16: Test de comparación de medias Duncan para la variable eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) .....	36
Tabla 17: Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable porcentaje de movilidad de <b>J2</b> de <i>Meloidogyne incognita</i> a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram).....	37
Tabla 18: Test de comparación de medias Duncan, para la prueba de supervivencia de <b>J2</b> de <i>Meloidogyne incognita</i> a las diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram).	39
Tabla 19: Test de comparación de medias de Duncan de para la variable porcentaje de nodulación Baker en 4 momentos de evaluación. ....	41
Tabla 20: Test de comparación de medias Duncan para la variable grado de nodulación PIM a las diferentes dosis de aplicación de Verango Prime (fluopyram) en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral .....	42
Tabla 21: Test de comparación de medias Duncan para el nivel de nodulación según la escala Zeck, para diferentes dosis de aplicación de Verango Prime (fluopyram) en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral.....	44
Tabla 22: Test de comparación de medias de Duncan para la variable número de individuos <b>J2</b> en 100 cc de suelo en diferentes dosis de aplicación de Fluopyram en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral.....	45
Tabla 23: Test de comparación de medias de Duncan para la variable número de individuos <b>J2</b> en un gramo de raíz a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral.....	47
Tabla 24: Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre juveniles infectivos 2 de <i>Meloidogyne incognita</i> en el suelo.....	48
Tabla 25: Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre la población de <i>Meloidogyne incognita</i> en la raíz en 2 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	49

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1: La figura del patrón perineal fue adaptada del " "International Project of Meloidogyne – Its goals and accomplishments"", por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, Carolina del Norte 27650. .... 10
- Figura 2. Morfología de la hembra de *Meloidogyne* sp..1) Vista frontal. 2) Vista lateral. Adaptado de "International Project of Meloidogyne – Its goals and accomplishments". Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650. ... 11
- Figura 3. Morfología básica de la hembra de nemátodo del nódulo. Adaptado de "Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo del nódulo (*Meloidogyne* spp) con una clave pictórica". Por J.D. Eisenback, 1983. Editorial: Departamentos de Fitopatología y Genética, NCSU, Raleigh, NC..... 12
- Figura 4. Morfología de la región cefálica, labios y estomatoestilete de un individuo macho de *Meloidogyne* spp. 1) Vista frontal. 2) Vista lateral. Adaptado de "Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo del nódulo (*Meloidogyne* spp.) con una clave pictórica". Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650. .... 13
- Figura 5. Ciclo de vida de un nematodo nodulador de raíz. *Meloidogyne* spp.". Por M.F. Andrés, 2002. Resúmenes del XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Almería ..... 14
- Figura 6. Escala de nodulación de Zeck para raíces afectadas por *Meloidogyne* spp., por W. Zeck, 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer (24):1, 141-144. .... 27
- Figura 7. Croquis de distribución de los tratamientos de la prueba de campo para evaluar las dosis de aplicación de fluopyram en el experimento de manejo de *Meloidogyne* sp. .... 29

Figura 8. Patrones perineales obtenidos de cada una de las hembras ovíparas de <i>Meloidogyne</i> evaluadas en la plantación de granado en Huaral, Lima. ....	31
Figura 9. Patrones perineales de <i>Meloidogyne incognita</i> , arco dorsal alto y cuadrangular, es la característica predominante. Adaptado de “International Project of <i>Meloidogyne</i> – Its goals and accomplishments”. Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650. ....	32
Figura 10. Región cefálica y labial de individuos machos de <i>Meloidogyne</i> evaluadas en la plantación de granado en Huaral, Lima. ....	33
Figura 11. Modelo de región cefálica y labial de <i>Meloidogyne incognita</i> especie. Adaptado de “International Project of <i>Meloidogyne</i> – Its goals and accomplishments”. Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650. ....	33
Figura 12. Respuesta de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) comparado con la respuesta a oxamilo para la variable cantidad de <i>J2</i> emergidos de <i>Meloidogyne incognita</i> dentro de la matriz gelatinosa. ....	34
Figura 13. Resultado de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) comparado con la respuesta a oxamilo (4 L/ha) a la variable eclosión de huevos libres de <i>Meloidogyne incognita</i> . ....	36
Figura 14. Porcentajes de movimiento <i>J2</i> de <i>Meloidogyne incognita</i> expuestos a las diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) y oxamilo. ....	37
Figura 15. Porcentajes de supervivencia de <i>J2</i> de <i>Meloidogyne incognita</i> a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) y a un testigo comercial a base de oxamilo. ....	38
Figura 16. Efecto de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en la nodulación radicular según la escala Baker en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	40

Figura 17. Efecto diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en el nivel de nodulación según la escala de nodulación PIM, en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	42
Figura 18. Efecto de diferentes dosis de Fluopyram en la nodulación radicular, según la escala de nodulación Zeck en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	43
Figura 19. Efecto de diferentes dosis de Fluopyram en la reducción de la población de <i>Meloidogyne incognita</i> en el suelo, en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	45
Figura 20. Respuesta a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en 3 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral, a la variable número de individuos J <sub>2</sub> de <i>Meloidogyne incognita</i> en un gramo de raíz.....	46
Figura 21. Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre juveniles infectivos 2 de <i>Meloidogyne incognita</i> en suelo en 3 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	47
Figura 22. Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre la población de <i>Meloidogyne incognita</i> en la raíz en 2 momentos de evaluación en el cultivo de granado ( <i>Punica granatum</i> L.) en Huaral. ....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Análisis de varianza de prueba de eclosión de huevos dentro de la matriz gelatinosa.....	60
<b>Anexo 2.</b> Análisis de varianza de prueba de eclosión de huevos libres .....	60
<b>Anexo 3.</b> Análisis de variancia de prueba de movilidad de juveniles 2 de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	60
<b>Anexo 4.</b> Análisis de varianza de pruebas de sobrevivencia de juveniles 2 de <i>Meloidogyne incognita</i> .....	61
<b>Anexo 5.</b> Análisis de variancia de porcentaje de nodulación Baker 00 DDA.....	61
<b>Anexo 6 .</b> Análisis de variancia de porcentaje de nodulación Baker 20 DDA.....	61
<b>Anexo 7.</b> Análisis de variancia de porcentaje de nodulación Baker 44 DDA.....	61
<b>Anexo 8.</b> Análisis de variancia de porcentaje de nodulación Baker 60 DDA.....	62
<b>Anexo 9.</b> Análisis de variancia nodulación escala PIM 00 DDA .....	62
<b>Anexo 10.</b> Análisis de variancia nodulación escala PIM 20 DDA .....	62
<b>Anexo 11.</b> Análisis de variancia nodulación escala PIM 20 DDA .....	62
<b>Anexo 12.</b> Análisis de variancia nodulación escala PIM 60 DDA .....	63
<b>Anexo 13.</b> Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 00 DDA .....	63
<b>Anexo 14.</b> Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 20 DDA .....	63
<b>Anexo 15.</b> Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 44 DDA .....	63
<b>Anexo 16.</b> Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 60 DDA .....	64
<b>Anexo 17.</b> Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo antes de la aplicación.....	64
<b>Anexo 18.</b> Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo 20 DDA.....	64
<b>Anexo 19.</b> Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo 44 DDA.....	64
<b>Anexo 20.</b> Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo 60 DDA.....	65
<b>Anexo 21.</b> Análisis de variancia de individuos J2 en un gramo de raíz antes de la aplicación.....	65
<b>Anexo 22.</b> Análisis de variancia de individuos J2 en un gramo de raíz a los 44 DDA.....	65
<b>Anexo 23.</b> Análisis de variancia de individuos J2 en un gramo de raíz a los 60 DDA.....	65

## RESUMEN

La granada (*Punica granatum* L.) en la costa del Perú, es uno de los principales desafíos fitosanitarios es la infestación por nemátodos, especialmente por *Meloidogyne*, también conocidos como nematodos del nódulo de la raíz. Para solucionar esta problemática en condiciones naturales, se evaluó el efecto de un nematicida cuyo ingrediente activo es Fluopyram. El experimento se realizó en la provincia de Huaral, Lima, utilizando un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 5 dosis del nematicida (0, 0.5, 0.75, 0.90 y 1.0 L/ha), distribuidas en 4 bloques y un total de 20 unidades experimentales. Se realizaron evaluaciones cada 20 días durante un período de 60 días. Los resultados indican que el uso de Fluopyram tuvo un impacto positivo en el manejo de *Meloidogyne incognita* en el cultivo de granado, particularmente las dosis de 0.9 a 1 L/ha demostraron reducir la incidencia del nematodo en variables como el porcentaje y grado de nodulación, así como en la cantidad de nematodos presentes en raíces y por gramo de suelo.

**Palabras clave:** Fluopyram, *Meloidogyne incognita*, control químico, nematicida, granado.

## ABSTRACT

The pomegranate (*Punica granatum* L.) on the Peruvian coast, one of the main phytosanitary challenges is the infestation of nematodes, especially the genus *Meloidogyne*, also known as root knot nematode. To address this problem under field conditions, the effect of a Fluopyram-based nematicide was tested. The experiment took place in the province of Huaral, Lima, using a completely randomized block design (DBCA) with 5 doses of the nematicide (0, 0.5, 0.75, 0.90 and 1.0 L/ha), distributed in 4 blocks and a total of 20 experimental units. Assessments were conducted every 20 days over a 60-day period. The results indicate that the use of Fluopyram had a positive impact on the control of *Meloidogyne incognita* in the pomegranate crop, particularly doses of 0.9 to 1 L/ha were shown to reduce the incidence of the nematode in variables such as the percentage and degree of nodulation, as well as in the number of individuals present in roots and per gram of soil.

**Keywords:** Fluopyram, *Meloidogyne incognita*, chemical control, nematicide, pomegranate.

## I. INTRODUCCIÓN

En los años más recientes, la granada se ha posicionado como un alimento nutritivo muy apreciado debido a su alta actividad antioxidante, excelentes características nutricionales y su bajo aporte calórico. La producción y exportación de frutos de granado en Perú ha aumentado. La creciente demanda de países como Europa, Reino Unido, Canadá y Asia parece impulsar esta tendencia. El clima y las circunstancias favorables en Perú permiten la recolección de granadas en momentos en que la oferta global es limitada, lo que genera oportunidades atractivas en el mercado (Uribe, 2016). La variedad más popular en el Perú es "Wonderful", que se plantó en alrededor de 2,886 hectáreas en 2018 y aproximadamente el 80% de ella se encontró en la región de Ica (ADEX, 2018).

Para alcanzar altos rendimientos, es importante que se pueda manejar adecuadamente los factores que afectan la producción, como los agentes fitopatógenos. Entre estos, nematodos que ocasionan nódulos en las raíces, son un factor determinante. Estos nematodos obstruyen la masa radicular, impidiendo la obtención adecuada de agua y nutrientes del suelo y permitiendo que otros patógenos entren en el suelo, lo que resulta en pérdidas significativas en el rendimiento del cultivo de granado.

Esta investigación tiene como objetivo principal encontrar soluciones efectivas para reducir las pérdidas económicas causadas por *Meloidogyne*. Según Andrés (2002), se calcula que las pérdidas anuales por nematodos fitoparásitos supera el 11% de la producción agrícola en el mundo, con un valor de alrededor de 100 mil millones de dólares. Debido a su capacidad para reducir drásticamente la población de nematodos y reducir las pérdidas a corto plazo, las alternativas de control químico, como el uso de nematicidas, son actualmente los más utilizados. Sin embargo, según Andrés (2002), estos productos químicos pueden tener efectos perjudiciales significativos en el ambiente y poner en riesgo la salud humana de productores y consumidores.

Verango Prime, un nematicida con fluopyram como ingrediente activo, ha sido desarrollado por Bayer. Este producto ha demostrado ser muy efectivo contra *Meloidogyne* sp. con pocos efectos ambientales y baja residualidad en el campo. La acción del Fluopyram es distintiva

en comparación con otros nematicidas disponibles en el mercado, ya que controla una amplia gama de nematodos. Su capacidad para retrasar la repoblación de nematodos después de la aplicación permite obtener más días de control, incluso a bajas dosis, lo que reduce significativamente los gastos de transporte y aplicación.

Como resultado, el objetivo general de este experimento es conocer la eficacia de fluopyram para combatir a *Meloidogyne* sp. en la plantación de granado var. Wonderful en la región de Huaral. Los objetivos específicos incluyen caracterizar la especie de *Meloidogyne* sp. presente en el cultivo de granado, estudiar la respuesta del nematodo a fluopyram mediante pruebas *in vitro* y determinar la dosis óptima del producto para su uso en una parcela comercial.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. EL CULTIVO DEL GRANADO (*Punica granatum* L.)**

#### **2.1.1. Características Generales**

Este cultivo es un frutal originario de Oriente Medio, principalmente de Irán y su periferia, pero también se ha extendido hacia regiones como Asia Central, Mediterráneo y Sur. Se lanzó por primera vez en España y luego se expandió rápidamente a América. En nuestro país, ha sido sembrada la variedad Mollar en los valles de Huaral y Chilca, y en forma comercial en el departamento de Ica, Arequipa, Lima y Lambayeque principalmente con la variedad Wonderful.

La resistencia que posee a la sequía y su fácil adaptación a suelos pobres son sus principales características. Según Chinchazo (2013), su producción generalmente comienza entre los 3 y 4 años de plantación y alcanza rendimientos de hasta 4000 kg por hectárea.

La granada es una fruta baja en energía en términos nutricionales. Es rica en potasio y contiene poca vitamina C y complejo B. El ácido cítrico es responsable de su sabor distintivo, según García-Viguera y Pérez Vicente (2004).

**Tabla 1: Composición media de la granada (*Punica granatum*)**

CONSTITUYENTE	Cantidad
Agua (g)	72,5
Fibra alimentaria (g)	2,8
Proteínas (g)	0,9
Lípidos (g)	0,9
Hidratos de carbono (g)	20,7
Glucosa	6,2
Fructosa	7,9
Sacarosa	1,0
Minerales (mg)	
Sodio	7,2
Potasio	291,0
Calcio	8,3
Magnesio	3,1
Fósforo	17,2
Hierro	0,6
Vitaminas (mg)	
Tiamina (vitamina B1)	0,05
Riboflavina (vitamina B2)	0,02
Ácido ascórbico (vitamina C)	7,0
Nicotinamida (niocina)	0,3
Ácidos orgánicos (g)	0,77
Ac. Málico	0,1
Ac. Cítrico	0,5
Contenido en 100 g de porción comestible.	

**Nota:** Adaptado de “La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías” por García-Viguera & Pérez Vicente, 2004. Alimentación, Nutrición y Salud, 11, p. 126. Copyright © 2004 Instituto Danone

Los polifenoles (taninos) también están presentes, aunque se concentran principalmente en la cáscara, las membranas y los tabiques internos. El alto contenido en taninos explica su aspereza en el paladar y la lengua al consumirla. Se ha demostrado que la cascara contiene la mayor cantidad de antioxidantes, incluso más que las semillas.

### 2.1.2. Descripción de las variedades cultivadas en el Perú

La variedad más cultivada en todo el mundo es Wonderful. Su cáscara es roja y sus frutos son grandes. Las semillas son pequeñas, de dureza moderada y de sabor ácido. El contenido de sólidos solubles, acidez de 2-3 g de ácido cítrico por litro y contenido de azúcares de 13-18 o Brix lo destacan (Gutiérrez & Terrones, 2016).

Con árboles robustos, los frutos tienen un peso promedio de 550 gramos y los rendimientos pueden alcanzar las 40 toneladas por hectárea. Hay una ventana de cosecha de marzo a abril para la exportación y mejores costos, aunque puede comenzar en febrero dependiendo de las prácticas culturales y las condiciones de cada zona de producción.

### 2.1.3. Clasificación Taxonómica

Punicaceae es la familia, que solo incluye al género *Punica*, incluye el fruto de la granada. Las que destacan más en este género son *Punica granatum* L., que se cultiva por sus frutos, y *Punica nana* L., que se usa principalmente como planta ornamental y cuyos frutos no son comestibles (Melgarejo et al., 2010).

**Tabla 2: Clasificación taxonómica del granado (*Punica granatum*)**

CLASIFICACIÓN	TAXONOMÍA
División	Fanerógamas
Subdivisión	Angiospermas
Clase	Dicotiledonea
Orden	Myrtales
Familia	Punicaceae
Género	<i>Punica</i>
Especie	<i>Punica granatum</i> L.

**Nota:** Adaptación de “El Granado”, Jornadas nacionales sobre el granado: Producción, economía, industrialización, alimentación y salud, por P. Melgarejo, F. Hernández, P. Legua. SPE3, S.L. (Valencia) España.

### 2.1.4. Descripción botánica

Se clasifica con frecuencia como un arbusto porque es una planta que pierde sus hojas en temporada y es de tamaño reducido, de 3 a 6 metros de alto. El tronco es de forma retorcida y de madera muy dura con el color de corteza gris oscuro.

- **Raíz**

Sin desarrollar una raíz pivotante, el sistema de raíces es fibroso y superficial y se extiende horizontalmente. Las raíces son gruesas, nodosas, con corteza rojiza y con cinco alcaloides, la punicina el más notable. Aunque la raíz absorbe muy bien los suelos salinos, el crecimiento puede ser limitado en áreas con niveles freáticos altos, lo que hace que las raíces se curveen hacia arriba como resultado de la falta de oxígeno. (Melgarejo & Salazar, 2003).

- **Tronco**

El tronco tiene una tendencia basítona durante su juventud, lo que significa que tiende a desarrollar varios tallos llamados "mamones". Si no se eliminan, estos tallos podrían fusionarse para formar uno o más tallos. Las ramas principales y secundarias, que crecen de manera erecta y vertical y pueden alcanzar una altura superior a los 3 metros, también exhiben esta capacidad de producción de brotes. Los mamones se utilizan para propagar la planta mediante estacas (Melgarejo & Salazar, 2003).

- **Hojas**

Las hojas tienen una longitud que oscila entre 2 y 9 centímetros, y un ancho que varía de 1 a 3 centímetros aproximadamente. Son lisas y enteras, dispuestas de manera opuesta, a veces en verticilos y otras veces dispersas. No tienen estípulas y son de textura glabra, con forma oblonga y se desprenden al caer ya que tienen peciolo cortos (Melgarejo & Salazar, 2003).

- **Flores**

Ya sea sola o en grupos de 3 o 4, las flores del granado son muy llamativas y surgen en la punta de las ramillas del año. Las flores pueden polinizar cruzadamente por insectos polinizadores o pueden autofecundarse.

Este cultivo produce brotes vegetativos que superan el metro de largo y no se distinguen de las flores, además de brotes mixtos que sí producen flores. Estos últimos pueden ser pequeños, de 0,5 a 10 centímetros, con racimos de entre tres y seis flores, generalmente en grupos de tres. La flor en el final del racimo suele ser más fuerte y casi siempre da un fruto más grande o cae, lo que permite que las demás florezcan, principalmente cuando el clima es cálido.

Las yemas pueden ser mixtas o vegetativas. Las mixtas producen brotes y flores, ya sea un racimo o una sola flor, mientras que las vegetativas producen brotes con hojas, pero sin

flores. Este tipo de especie se conoce como simpodial porque la yema final puede desarrollar aguijones o incluso una flor, lo que hace que el crecimiento continúe desde una yema axial.

Las flores son hermafroditas o estaminadas. Son muy atractivas, con un receptáculo carnoso y casi sésiles. Debido al engrosamiento del receptáculo, las flores hermafroditas tienen una forma de botella, con un largo pistilo o de la misma longitud que los estambres; son más grandes que las flores estaminadas, que tienen forma campanulada y tienen un pistilo atrofiado. Ambas flores producen polen.

- **Fruto**

El fruto, conocido como balausta, es una baya esférica y robusta de dimensiones comerciales similares a un pomelo o una naranja. El receptáculo está completamente rodeado por una piel gruesa con múltiples concavidades poliespermas separadas por delicadas divisiones membranosas. En su interior hay una gran cantidad de semillas. La coloración del fruto en maduración cambia según la variedad, desde tonos amarillentos, verdosos o marrones con zonas más o menos rojas hasta frutos que tienen la superficie completamente roja (Pérez Vicente et al., 2004).

- **Semillas**

Las semillas tienen un embrión recto y cotiledones enrollados entre sí, con una consistencia leñosa y sin tejido nutritivo adicional. Envueltas por una testa prismática carnosa o pulposa, que puede ser de color granate, blanco o rosa y muy jugosa (López, 2019).

### **2.1.5. Requerimientos agroclimáticos**

Las condiciones climáticas de la costa peruana hacen posible la producción natural durante los meses de escasez en el mercado global. La costa sur y la costa norte se distinguen principalmente (Uribe, 2016).

- **Clima**

El granado crece mejor en climas subtropicales e incluso tropicales que en climas tropicales. Cuando el fruto está en maduración, las temperaturas altas dan lugar a las mejores cosechas. Para sus raíces, necesita abundante agua y un suelo fresco, dos condiciones que favorecen la producción de frutos de alta calidad. Este cultivo es muy sensible a las heladas rezagadas una vez que entra en vegetación, aunque tolera la sequía. Dado que las heladas de primavera

pueden afectar su floración tardía, prefiera climas semicálidos o cálidos a los más fríos. En su período de reposo durante el invierno, puede tolerar temperaturas de hasta -15°C, pero algunas variedades de granadas ácidas y cultivares más fuertes de Asia Central pueden soportar temperaturas más bajas (Melgarejo, 2010).

- **Suelo**

Aunque el granado funciona mejor en suelos profundos, especialmente en terrenos de aluvión, no requiere un suelo específicamente exigente. Se beneficia de suelos alcalinos y puede tolerar una cantidad excesiva de humedad, lo que promueve su crecimiento. El suelo ideal para este frutal es permeable, profundo, ligero y fresco, sin acidez o alcalinidad. Acepta bien los suelos salinos, el amarillamiento por deficiencia de hierro, la falta de agua extrema y los suelos con caliza activa. La sequía durante la floración en condiciones de secano puede causar la caída de flores y disminuir significativamente la cosecha. Aunque los terrenos regados requieren poca agua, un riego excesivo justo antes de la maduración de los frutos puede causar grietas.

- **Demanda de agua**

El riego por surcos se realiza en los primeros años de cultivo hasta que los árboles entran en plena producción, con una aplicación de agua de entre 600 a 850 m<sup>3</sup> por hectárea. Cuando los árboles entran en pico de producción después del injerto, a los 6 o 7 años de edad, se utiliza principalmente el riego por inundación o a manta, con dosis de agua de 900 a 1200 m<sup>3</sup> por hectárea. Se lleva a cabo una labor en este método después de cada riego, previamente preparada con fertilizantes. Por lo general, se realizan cuatro riegos al año. Se prefiere el riego por goteo con un caudal de 4 litros por hora en las plantaciones modernas.

Cuando los frutos comienzan a madurar, es fundamental detener por completo el riego para evitar que la corteza se agriete, lo que podría reducir su valor en el mercado (Arce & Enrique, 2014)

## **2.2. NEMATODO DEL NÓDULO, *MELOIDOGYNE* SPP.**

### **2.2.1. Características generales**

Estos microorganismos son formadores de agallas radicales forman parte del género *Meloidogyne* spp., que tiene más de 90 especies descritas (Perry et al., 2009). Estos gusanos, redondos y simétricos bilateralmente, de tamaño casi microscópico, parasitan prácticamente

todas las especies de plantas superiores en todo el mundo. Se multiplican y sustentan generalmente en las células transformadas de las raíces de las plantas, y se adaptan tanto a climas tropicales como templados. Sin embargo, son menos comunes en climas fríos.

Debido a su amplio rango de hospedantes y su conexión con otros patógenos que causan enfermedades complejas, estos nematodos son considerados plagas de gran importancia en todo el mundo. Este fitoparásito se adhiere a las raíces y ocasiona la formación de agallas, lo que dificulta la toma de nutrientes del suelo. La sintomatología causada por estos nematodos es similar a las enfermedades causadas por hongos del suelo y la falta de nutrientes (Eisenback, 1983).

### 2.2.2. Clasificación Taxonómica

Gran parte de las especies de estos nematodos habitan en grandes cantidades en aguas saladas, dulces o en el suelo, generalmente a profundidades de 0–15 cm. Pero su distribución en suelos con cultivos es heterogénea y se concentra principalmente en el contorno de las raíces de las plantas propensas, a veces hasta profundidades de 30 a 50 cm (Been & Schomaker, 2006).

La mayoría de las veces, cuando se habla de *Meloidogyne* spp., la atención se centra en las cuatro especies principales: *M. javanica*, *M. incognita* y *M. arenaria*, así como *M. hapla*, la cual prefiere climas fríos. Todas estas especies poseen una amplia gama de hospedantes y viven en todo el mundo. En una colección de 662 muestras de 65 países diferentes, estas cuatro especies representan el 99% de todos los aislamientos identificados (Perry et al., 2009).

La taxonomía de los representantes del género *Meloidogyne* se organiza de la siguiente manera, según Agrios (2005):

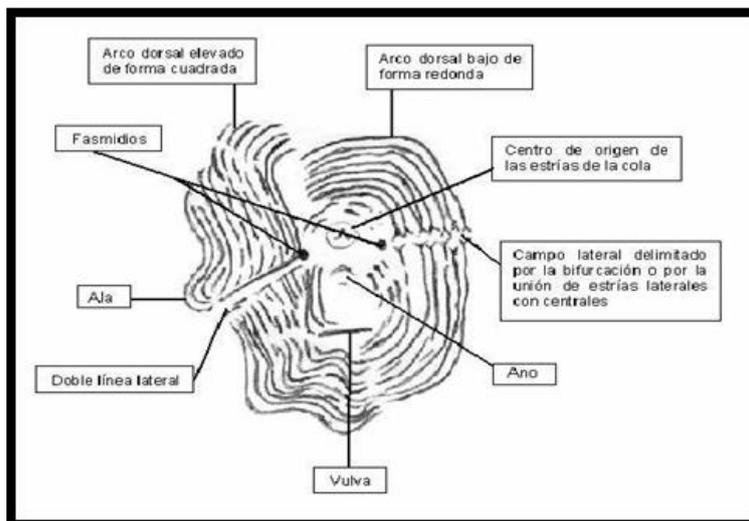
**Tabla 3: Categorización taxonómica del nematodo *Meloidogyne***

CLASIFICACIÓN	TAXONOMÍA
Phylum	Nematoda
Orden	Tylenchida
Suborden	Tylenchina
Superfamilia	Heteroderoidea
Familia	Heteroderidae
Género	<i>Meloidogyne</i>

Nota: Adaptado de "Plant Pathology" por G.N. Agrios. 2005.

- **Morfología**

Las especies de *Meloidogyne* tienen una estructura morfológica bastante similar, pero hay algunos rasgos que ayudan a diferenciarlas. La forma general del patrón perineal (Figura 1), la morfología de la región cefálica y labial en hembras oviplenas, machos y juveniles, así como la estructura del estomatoestilete en hembras y machos son algunos de estos rasgos.



**Figura 1:** La figura del patrón perineal fue adaptada del " "International Project of Meloidogyne – Its goals and accomplishments" ", por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Raleigh, Carolina del Norte 27650.

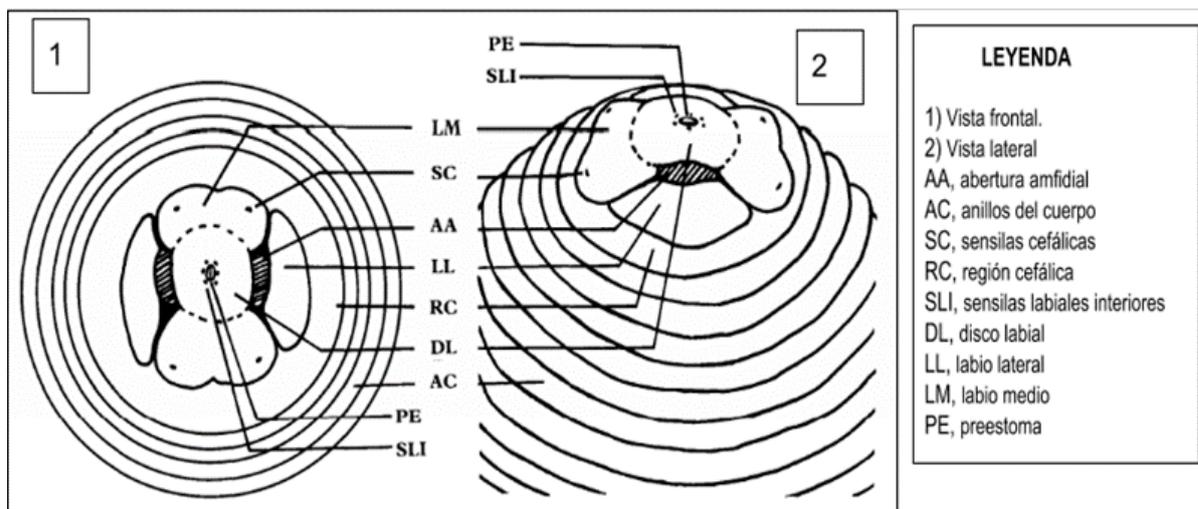
- **Hembra**

La hembra tiene un cuerpo de color blanquecino con una forma redondeada similar a una pera y a veces un esófago pronunciado y doblado. Su longitud es de 340 micras a 2.5 mm y su ancho va de 280 a 650 micras. Las hembras que completaron su madurez, poseen anillos en la cutícula en la parte posterior y la región de la cabeza, donde se forma un patrón perineal alrededor del perineo. La forma de este patrón puede variar y varios elementos del crecimiento lo afectan. El perineo es terminal, con el fasmidio encima del ano, que generalmente posee una pequeña cutícula plegada, y puede haber una ligera elevación en el perineo. Algunas especies tienen puntas subcuticulares o líneas laterales (Perry et al., 2009).

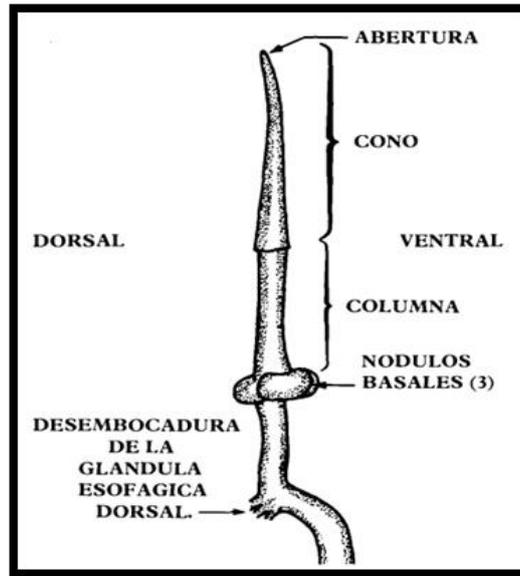
La cabeza tiene una estructura cefálica delicada pero clara. Los labios medios y laterales están fusionados con un disco labial ligeramente levantado. Como se muestra en la Figura 2, tiene dos aberturas anfidiales y diez pequeñas sensillas (unidades sensoriales) alrededor del estoma del estilete. El estilete tiene una longitud de 10 a 25 micras y tiene un cono

ligeramente curvado. Tiene un eje recto con tres nódulos basales en su interior. Estos nódulos tienen formas que van desde redondeadas hasta alargadas transversalmente y pueden inclinarse hacia atrás. Como se muestra en la Figura 3, la abertura de la glándula esofágica dorsal (DGO) se encuentra entre 2,5 y 9 micras detrás de los nódulos del estilete. Por lo general, el poro excretor se encuentra entre el nódulo basal.

El metacarpus es largo y se une a la glándula faríngea. Estas glándulas se superponen al intestino ventralmente y varían en tamaño y forma. Dos úteros largos (didelfos) tienen gónadas, cada uno de los cuales incluye un ovario con una zona germinal y de crecimiento, un oviducto y una espermoteca larga esférica lobulada. La mayoría de los huevos que han sido fertilizados se depositan en un saco de huevos formado por seis glándulas rectales y luego se secretan a través del ano (Perry et al., 2009).



**Figura 2.** Morfología de la hembra de *Meloidogyne* sp..1) Vista frontal. 2) Vista lateral. Adaptado de “International Project of Meloidogyne – Its goals and accomplishments”. Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650.



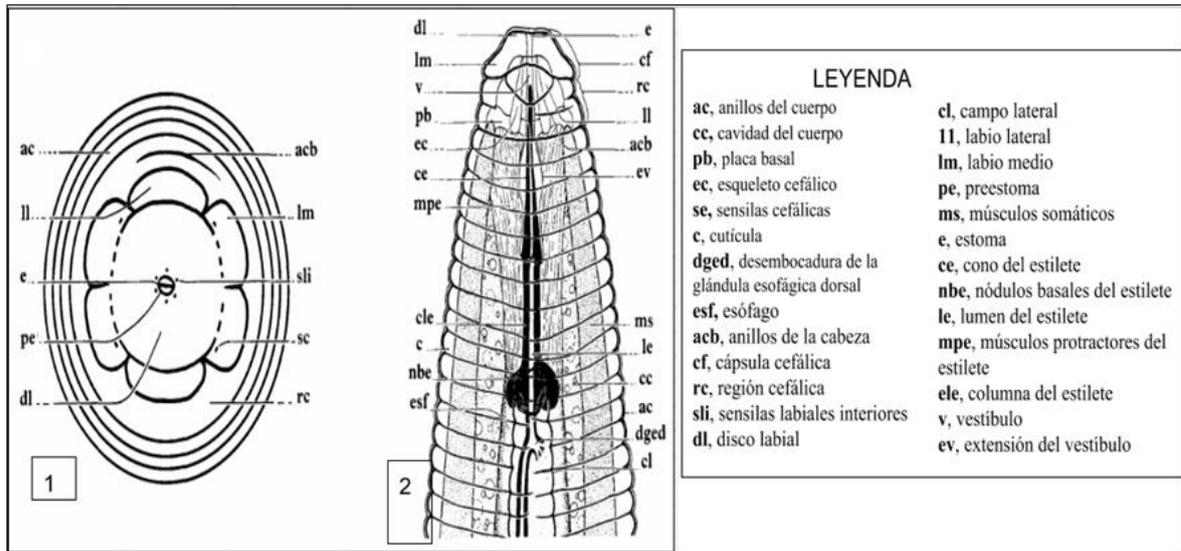
**Figura 3.** Morfología básica de la hembra de nemátodo del nódulo. Adaptado de “Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nemátodo del nódulo (*Meloidogyne* spp) con una clave pictórica”. Por J.D. Eisenback, 1983. Editorial: Departamentos de Fitopatología y Genética, NCSU, Raleigh, NC

- **Macho**

El macho de *Meloidogyne* tiene una longitud de 600 a 2500 micras y es vermiforme, móvil y claramente anillado. La cabeza tiene un anillo post-labial, con áreas compensadas o parcialmente subdivididas por cortes transversales o anillos. Los cuatro labios medios se fusionan con el largo y redondeado disco labial. Seis labios internos rodean la abertura oral, cada uno de los cuales tiene una sencilla cefálica en los labios medios. Aunque para ciertas especies los labios laterales pueden estar ausentes, hay dos largas aberturas anfidales entre el disco labial y el labio lateral. El estilete y la región cefálica están bien desarrollados, y la longitud del estomatoestilete está entre 13 a 33 micras. La abertura de la glándula esofágica dorsal (DGO) se encuentra generalmente entre 2 y 13 micras detrás de los tres nódulos basales del estilete, con una forma similar a la de las hembras (Figura 4) (Perry et al., 2009).

Los machos poseen un metacorpúsculo significativamente más pequeño que las hembras. El hemizonio y el poro excretor se encuentran entre la superposición ventral de las glándulas faríngeas y a nivel metacorpúsculo. El hemizonio se ubica anterior u ocasionalmente posterior al poro excretor. En la mayoría de los casos, la glándula faríngea se reduce a dos. En los machos con sexo reversible, a veces pueden observarse dos testículos reducidos, aunque su testículo generalmente es largo. Para gran parte de las especies poseen el campo lateral con cuatro incisiones y a veces las bandas exteriores son areoladas. La cola es extremadamente

corta, redondeada y sin bursa. La cloaca está cerca de los pequeños fasmidios. Las medidas de las espículas oscilan entre 20 y 40 micras de longitud, mientras que el gubernaculum tiene una longitud de 10 micras (Perry et al., 2009).



**Figura 4.** Morfología de la región cefálica, labios y estomatoestilete de un individuo macho de *Meloidogyne* spp. 1) Vista frontal. 2) Vista lateral. Adaptado de “Guía para la identificación de las cuatro especies más comunes del nematodo del nódulo (*Meloidogyne* spp.) con una clave pictórica”. Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650.

### 2.2.3. Ciclo de vida

El ciclo de vida de los nematodos inicia en la etapa de huevo, que dura entre 20 y 30 días a una temperatura de 27 C<sup>a</sup>. Tanto la hembra como el macho pasan por cuatro etapas de desarrollo juvenil que culminan en la fase adulta.

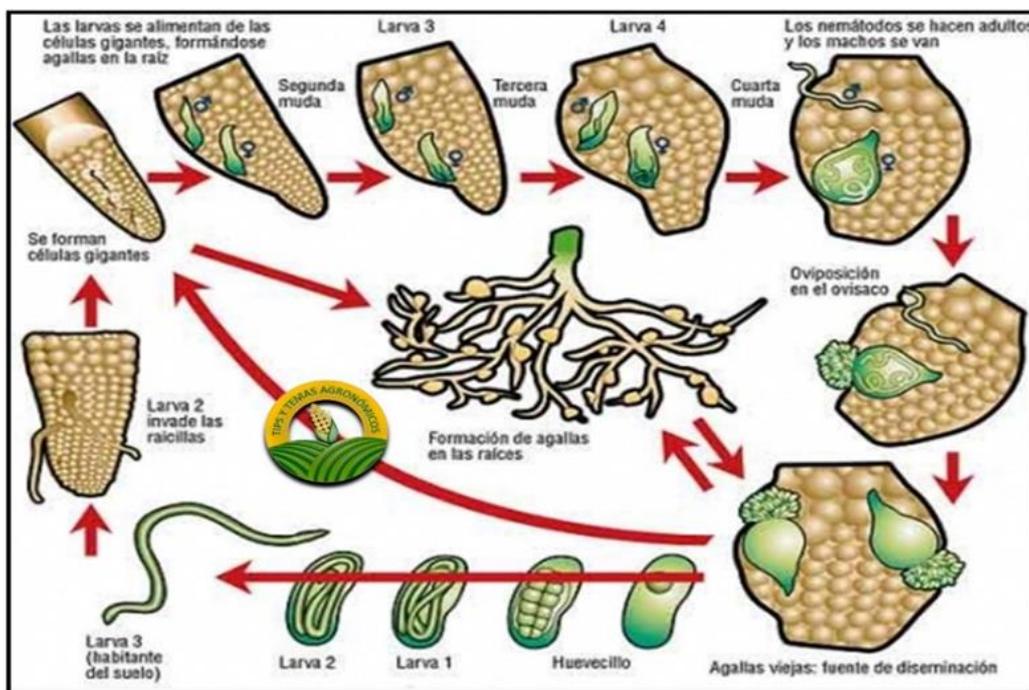
La hembra de *Meloidogyne* deposita alrededor de 600 huevos en una matriz gelatinosa que produce ella misma dentro de la raíz, según Agrios (2005). Dentro del huevecillo, se desarrolla la primera etapa larvaria. Después de la primera ecdise, comienza la etapa 2. En esta etapa, el nematodo sale del huevecillo y busca una raíz susceptible en el suelo. La única fase infecciosa de este nematodo es su segunda etapa larvaria, que es vermiforme. La larva penetra en la raíz, se vuelve sedentaria e incrementa de tamaño, adoptando una forma semejante a una salchicha cuando encuentra un hospedante susceptible.

*Meloidogyne* succiona su alimento de las células que rodean su región cefálica al insertar su estilete y secretar enzimas. Las enzimas estimulan el crecimiento celular y licua parte de su

contenido, que luego absorbe con su estilete hueco. Después de una segunda muda, la larva pasa a la tercera etapa larvaria. La tercera etapa larvaria sufre una tercera ecdisis y se convierte en la cuarta fase larvaria, donde se puede distinguir si el nematodo es hembra o macho

El macho de la cuarta etapa larvaria tiene forma vermiforme y se enrolla dentro de su tercera cutícula. Luego experimenta la cuarta y última muda, emergiendo de la raíz como un macho adulto que se mueve libremente. La hembra de la cuarta etapa larvaria sigue creciendo y se alarga un poco más. Se transforma en una hembra adulta con forma de pera después de la cuarta y última muda. La reproducción puede ser sexual, hermafrodita o partenogénica, por lo que la hembra adulta sigue creciendo, ya sea fecundada o no por un macho. Dependiendo de la posición de la hembra, los huevecillos pueden depositarse dentro o fuera de los tejidos de la raíz, dependiendo de la posición de la hembra (Figura 6).

Andrés (2002) distingue dos categorías de nematodos migratorios: los ectoparásitos y endoparásitos tienen todas sus fases móviles y filiformes, mientras que las sedentarias pierden su movilidad, se ensanchan y se fijan en el tejido que ha elegido para alimentarse.



**Figura 5.** Ciclo de vida de un nematodo nodulador de raíz. *Meloidogyne spp.* Por M.F. Andrés, 2002. Resúmenes del XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Almería

#### 2.2.4. Sintomatología

Según Bartra (2003), es difícil identificar los daños hechos por los nematodos. Sin embargo, la formación de tumores, con dimensiones variadas en las raíces es común, esto afecta la productividad al tener una masa radicular afectada.

El daño a las raíces reduce su tamaño y funcionalidad. Un daño grave puede causar una producción deficiente, plantas enanas, amarillamiento de hojas, marchitez y caída de hojas por el deterioro significativo de las raíces. Además, el mal funcionamiento del sistema radicular puede causar senescencia prematura, estrés hídrico y nutricional (Bridge & Page, 1980).

Los nematodos del nódulo también enferman las plantas con enfermedades complejas causadas por hongos como *Fusarium* y *Verticillium* y bacterias como *Pseudomonas solanacearum*. En algunos casos, estos nematodos pueden cambiar la resistencia de las plantas a estos patógeno (Bartra, 2003).

- **Elementos que alteran el desarrollo de nematodo**

Los factores que afectan el desarrollo de los nematodos del género *Meloidogyne*, son los grados térmicos, el contenido de agua, proporción de espacio poroso del suelo, la presencia de oxígeno y de sustancias tóxicas pueden parar el movimiento, el crecimiento y la eclosión de las posturas (Curtis et al., 2009).

En particular los representantes de *Meloidogyne*, están influenciados por la temperatura, que afecta su distribución y tasa de reproducción. Se clasifican en los siguientes grupos principales: nematodos criófilos y nematodos termófilos según su capacidad para tolerar temperaturas inferiores a los 10°C. Criófilos como *Meloidogyne hapla*, *M. naasi* y *M. chitwoodi*, pueden perdurar a estas temperaturas en terreno, mientras que termófilos como *Meloidogyne javanica*, *M. arenaria* y posiblemente *Meloidogyne exigua* no pueden hacerlo Principio del formularioFinal del formulario (Evans & Perry, 2009).

La fluctuación poblacional de los nematodos del género *Meloidogyne* puede ser determinada por variables como el potencial de hidrógenos y la conductividad eléctrica del suelo. Sin embargo, los hospederos *Meloidogyne* pueden crecer adecuadamente en circunstancias desfavorables de pH y salinidad, la población de *Meloidogyne* spp. puede ser mínima. Estos nematodos suelen encontrarse mayormente en el suelo a una profundidad de 5 a 30

centímetros, con una densidad que disminuye gradualmente a medida que se profundiza hasta un metro. (Taylor & Sasser, 1983).

- **Métodos de control**

Según Andrew (2002), hay muchas formas de controlar los nematodos y reducir su daño, como las prácticas culturales, el control biológico, el control físico y el control químico. Es fundamental caracterizar el problema, identificar nematodos patógenos presentes y comprender su densidad, biología e interacción específica antes de elegir la técnica de control más adecuada para cada situación.

### **2.2.5. Control químico**

Según Andrés (2002), el método más común para controlar los nematodos es mediante el uso de productos químicos, especialmente cuando los métodos agronómicos no logran reducir o eliminar suficientemente el problema nematológico para permitir una producción económica de las plantas huésped. Estos productos químicos se clasifican en dos categorías principales: fumigantes y no fumigantes. Los fumigantes son sustancias químicas volátiles que requieren tecnologías adecuadas para su introducción en el suelo con la mínima pérdida por evaporación. Los productos no fumigantes, por otro lado, son compuestos no volátiles disponibles en formulaciones graduadas.

- **Fluopyram**

En dosis elevadas, este fungicida afecta a una gran diversidad de nematodos. Es considerado una “piridinil etil benzamida” que inhibe la respiración mediante la enzima succinato deshidrogenasa (DSH). Según la clasificación del FRAC, pertenece al grupo 7 y su acción fungicida es notable.

Actualmente, en el Perú, el fluopyram se comercializa con el nombre de Verango Prime, el cual es un nematicida innovador y moderno que controla gradualmente la población de nematodos de manera efectiva y respetuosa con el medio ambiente y con los usuarios. Este producto mejora la salud de las raíces, lo que mejora la productividad y la calidad del cultivo. Ofrece un gran espectro de control contra una variedad de especies de nematodos y una alta persistencia, lo que prolonga los días de control.

- **Características**

La Tabla 4 muestra las características generales y la Tabla 5 muestra las propiedades físicas y químicas de Verango Prime.

**Tabla 4: Características generales del Verango Prime (fluopyram)**

Nombre comercial	Verango Prime
Ingrediente activo	Fluopyram
Nombre químico	N-{2-[3-cloro-5-(trifluorometil)-2piridil]-a, a, a-trifluoro-o-toluamida.
Grupo químico	Pyridinyl – Ethyl benzamide.
Concentración	Fluopyram 50% p/v (500g/l)
Formulación	Suspensión Concentrada (SC)
Toxicidad	II-Moderadamente peligroso

**Nota: Adaptado de “Ficha técnica de Verango Prime” Bayer Crop Science (2015).**

**Tabla 5: Propiedades físicas y químicas del Verango Prime (fluopyram)**

Propiedades	Descripción
Estado físico	Líquido suspensión
Apariencia y olor	Azul claro, olor característico
pH concentración y temperaturas	6.6 (1% en agua ionizada, 25°C)
Punto de inflamación	>100°C, No relevante, solución acuosa
Densidad a 20°C	Aprox. 1,20 g/cm <sup>3</sup> a 20°C
Coefficiente de reparto n-octano/agua	Fluopyram: log Pow=3.3
Propiedades comburentes	No tiene propiedades comburentes
Propiedades explosivas	No explosivas
Solubilidad en agua y otros solventes	Miscible en agua

**Nota: Adaptado de “Ficha técnica de Verango Prime” Bayer Crop Science (2015).**

- **Modo de acción**

El fluopyram, un fungicida e insecticida ampliamente utilizado, ha mostrado efectividad también como nematocida contra diversos tipos de nematodos. Su modo de acción se centra principalmente en la interferencia con los receptores de los canales de cloro en las células nerviosas de estos organismos. Los canales de cloro juegan un papel crucial en la regulación de la excitabilidad neuronal y la transmisión de señales nerviosas en los nematodos. El

fluopyram interrumpe la función normal de estos canales, lo que conduce a la despolarización de la membrana celular y la disfunción neuronal. Esta acción neurotóxica provoca la parálisis y eventualmente la muerte del nematodo afectado (Schaffer & Mabagala, 2016).

Además de su efecto directo sobre los canales iónicos, el fluopyram puede influir en otros procesos metabólicos y celulares del nematodo. Por ejemplo, se ha observado que altera la síntesis de ATP, la energía esencial para las funciones celulares, y puede interferir con la actividad enzimática necesaria para el metabolismo normal del nematodo (Wieczorek, Hofmann, & Bloechliger, 2016).

Estudios han demostrado que el fluopyram afecta específicamente a los receptores del tipo L de acetilcolina en los nematodos, lo que confirma su mecanismo de acción neurotóxico a nivel molecular (Fritz, Lautenschlager, & Kemmitt, 2015). Esta especificidad en la acción molecular es fundamental para entender cómo el fluopyram puede ser eficaz como nematicida, proporcionando una base científica robusta para su uso en el control de nematodos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR

##### 3.1.1 Lugar de la etapa de laboratorio

El Laboratorio de Nematología del Departamento de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) se utilizó para identificar la especie *Meloidogyne* sp. y realizar pruebas en condiciones controladas.

##### 3.1.2 Lugar de la etapa en parcela comercial

La parcela experimental estuvo dentro del Fundo Santa María, ubicado en la zona de Chancayllo, perteneciente al distrito de Chancay. La Tabla 6 muestra la ubicación precisa del Fundo Santa María. El Laboratorio de Nematología del Departamento de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) fue donde se realizaron los análisis nematológicos.

**Tabla 6: Descripción de la zona de ejecución ensayo de campo – Fundo Santa María, Huaral, 2018.**

DATOS	DESCRIPCIÓN
Distrito	Chancay – Km 94 Panamericana Norte
Provincia	Huaral
Departamento	Lima
Latitud Sur	-112,751
Longitud Oeste	-771,815
Altitud (msnm)	146

## **3.2 MATERIALES**

### **3.2.1 Materiales de la etapa de laboratorio**

#### **a) Material biológico**

- Masas de huevo colectadas de raíces de *Capsicum* infestadas con el nematodo del nódulo.

#### **b) Materiales para instalación de pruebas y equipos**

- Agujas hipodérmicas.
- Placas de cultivo celular
- Tubos falcon de 50 ml de capacidad
- Micropipetas de 100 U1
- Pipetas Pasteur
- Tamiz de 32 y 180 um.
- Lejía
- Agua embotellada
- Microscopio de 1000 x
- Cámara de microscopio
- Porta y cubre objetos
- Aceite de inmersión
- Ácido láctico
- Mango y hoja de bisturí
- Centrífuga
- Azúcar
- Balanza
- Tamiz de 32 y 180 um

#### **c) Producto químico**

- Botella de 1 L de Verango Prime (fluopyram)-Producto a evaluar
- Botella de 1 L de Vydate (oxamilo)-Testigo comercial

### 3.2.2 Materiales de la etapa de campo

#### a) Material Biológico

- El cultivo sobre el que se hizo la investigación fue granado (*Punica granatum* L.). En la Tabla 7 se describe los datos del cultivo.

**Tabla 7: Características de la plantación de granado en el Fundo Santa María, Huaral, 2018.**

CARACTERÍSTICA	DESCRIPCIÓN
Cultivo	<i>Punica granatum</i> L. granado
Variedad	Wonderful
Edad (años)	3
Sistema de riego	Goteo
Área del ensayo (m <sup>2</sup> )	1280

#### b) Materiales de campo y herramientas

- Equipo de protección personal
- Jarras graduadas
- Baldes
- Jeringas
- Lampa
- Pico
- Bolsas
- Caja hermética
- Geles refrigerantes
- Plumones
- Lapiceros
- Libreta de apuntes

#### c) Materiales de gabinete

- Computadora
- Impresora
- Útiles de escritorio
- Balanza analítica
- Cuaderno de campo

#### d) Productos químicos

- Botella de 1 L de Verango Prime (fluopyram)-Producto a evaluar
- Botella de 1 L de Vydate (oxamilo)-Testigo comercial

### 3.3 TRATAMIENTOS

#### 3.3.1 Tratamientos para la fase de laboratorio

Se establecieron 5 tratamientos con diferentes concentraciones de Verango Prime (fluopyram). Los tratamientos, se detallan en la Tabla 8.

**Tabla 8: Dosis y concentraciones evaluadas de Verango Prime (fluopyram) en las diferentes pruebas in vitro**

TRATAMIENTO	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS (L/ha)	CONCENTRACIÓN (%)
T0	Testigo absoluto (sin Fluopyram)	0.00	
T1	Fluopyram	0.50	
T2	Fluopyram	0.75	
T3	Fluopyram	0.90	
T4	Fluopyram	1.00	
T5	Oxamilo	4.00	

#### 3.3.2 Tratamientos para la etapa de campo

Se establecieron 5 tratamientos con diferentes concentraciones de Verango Prime (fluopyram). Ver Tabla 9.

**Tabla 9: Dosis de utilizadas de Verango Prime (fluopyram) para el manejo del Meloidogyne incognita.**

TRATAMIENTO	INGREDIENTE ACTIVO	DOSIS (L/ha)
T0	Testigo absoluto (sin Fluopyram)	0.00
T1	Fluopyram	0.50
T2	Fluopyram	0.75
T3	Fluopyram	0.90
T4	Fluopyram	1.00

### 3.4 METODOLOGÍA Y PROCEDIMIENTOS

#### 3.4.1 Identificación de la especie de *Meloidogyne* predominante

Para identificar la especie de *Meloidogyne* presente en los cultivos de granado *Punica granatum* del Fundo Santa María, se empleó la siguiente metodología: Se tomó una muestra de raíces y suelo del campo para la identificación morfológica de las especies. Se aislaron los nódulos de las raíces después de lavar las raíces. Las hembras se extrajeron de las raíces con muchos nódulos y se examinaron con un estereoscopio. Se separaron muchas hembras con una aguja y se colocaron en una placa Petri para evitar su desecación.

El patrón perineal se encuentra en la parte posterior del cuerpo de las hembras adultas entre el ano y la vulva. La metodología de Hartman y Sasser (1985) se utilizó para realizar los montajes. La cabeza de la hembra fue cortada, así como su contenido y la cutícula posterior del cuerpo. El dibujo perineal se ubicó y recortó, se limpió el corte de restos viscerales y se montó en un portaobjetos para preparar varios cortes perineales.

Por último, se colocó un protector de objetos y se selló la preparación. Se utilizó un microscopio óptico compuesto para examinar los montajes en portaobjetos.

Se utilizaron el método modificado del embudo de Baermann (método de la bandejita) y el método de centrifugación en azúcar para extraer los nematodos del suelo para identificar al macho de *Meloidogyne*. Se observó con un estereoscopio después de colocar una gota de la suspensión sobre un portaobjetos y cubrirlo con un cubreobjetos.

Utilizando una clave pictórica y morfométrica descrita por JD Eisenback et al. (1983), la identificación pudo realizarse hasta el nivel de género y especie.

#### 3.4.2 Pruebas *in vitro*

##### a) Test de eclosión de huevos dentro de la matriz gelatinosa de *Meloidogyne* sp.

Los experimentos *in vitro* se instalaron dentro de placas de cultivo celular. En esta prueba, se seleccionaron masas de huevos de color mostaza de raíces de *Capsicum*. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones y cada repetición estuvo constituida por un pocillo de la placa de cultivo celular. Dentro de cada pocillo se colocaron 2 masas de huevos previamente desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% durante 2 min y enjuagadas con agua potable. La cantidad de solución tratamiento vertida en los pocillos fue de 1 ml. A los 4, 7 y 10 días después de la instalación se realizaron las evaluaciones.

- **Evaluación**

Se realizó el conteo de J2 emergidos de la masa. Para el análisis estadístico (ANVA y Tukey) se hizo una modificación de los datos con  $\text{Log}(x+1)$ .

**b) Test de eclosión de huevos libres de *Meloidogyne sp.***

Se seleccionaron 50 masas de huevos de raíces de *Capsicum*, se lavaron con agua potable y se las colocó dentro de un tubo falcon con 25 ml de hipoclorito de sodio al 1% y se agitó vigorosamente el tubo durante 3 min. El contenido del tubo fue vertido en un tamiz de 32  $\mu\text{m}$  y enjuagado con agua de caño. La suspensión de huevos en el tamiz se vertió en una placa petri de 10 ml de capacidad y se dejó decantar los huevos libres durante 10 min. Con ayuda de una pipeta Pasteur se extrajo el exceso de agua para concentrar los huevos a un volumen de 2 ml, con ayuda de una micropipeta se extrajo una suspensión de huevos de contenía aproximadamente 100 huevos. La gota fue colocada dentro un pocillo de la placa de cultivo celular y la totalidad de huevos contabilizada con ayuda de un estereoscopio. Luego se vertió en el pocillo un volumen de 1 ml de solución tratamiento

- **Evaluación**

A los 4, 7 y 10 días de instalado el experimento se evaluaron el número de juveniles infectivos 2 en el fondo del pocillo. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones (pocillos) y para el ANVA y el test de medias de Tukey se hizo una modificación de los datos con  $\text{Log}(x+1)$ .

**c) Test de movilidad de juveniles 2 de *Meloidogyne sp.***

Se dejaron 50 masas de huevos en agua potable en una placa Petri de 10 ml de capacidad. Estas masas fueron previamente desinfectadas y enjuagadas con agua potable. Luego de 3 días, emergieron una gran cantidad de J2, con ayuda de una pipeta Pasteur se redujo el volumen de agua a 2 ml y se concentró a los J2, de tal forma que en una gota se obtuvieran 100 J2 aproximadamente, para ello se usó una micropipeta y se extrajeron gotas de la suspensión, para colocarlos en los pocillos, aquí se realizó el contaje exacto de J2 en cada pocillo. Luego se vertió la solución tratamiento correspondiente.

- **Evaluación**

Después de 48 horas de exposición continua con la concentración del producto se contabilizó el número de J2 que estaban quietos o en línea recta. El resultado se expresó en porcentaje de J2 en movimiento. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones (pocillos) y se realizó el ANVA y test de medias de Tukey correspondiente.

#### **d) Test de supervivencia de *Meloidogyne sp.***

En la prueba de supervivencia se desprende de la prueba de movilidad, luego de una exposición continua de 48 horas con el producto, los juveniles fueron retirados con una pestaña y colocados en agua potable durante 48 horas más, aquellos juveniles que no recobraron la movilidad fueron considerados como muertos.

- **Evaluación**

Los resultados se expresaron en porcentaje de mortandad o supervivencia. Cada tratamiento tuvo 4 repeticiones (pocillos) y para el análisis estadístico se realizó un ANVA y Tukey.

### **3.5 PRUEBAS DE CAMPO**

#### **3.5.1 Consideraciones antes de la aplicación**

Antes de aplicar los tratamientos, se realizó una calibración utilizando una calicata para localizar la zona radicular del árbol y determinar el bulbo de humedad generado por la aplicación de agua. Se aplicaron aproximadamente 2 litros de agua con una jarra de 1 litro para asegurar la cobertura adecuada del bulbo de humedad alrededor de la zona radicular. Después de esta calibración y conociendo el volumen de agua necesario para cubrir el área alrededor de las raíces, se determinó la cantidad de Verango Prime (fluopyram) requerida según la dosis específica de cada tratamiento.

Luego, se preparó el caldo para cada unidad experimental agregando agua a una jarra de 1 litro y mezclando la cantidad calculada de fluopyram según la dosis prescrita para cada tratamiento. Esta premezcla se agitó y luego se vertió en un balde con suficiente agua para cubrir el bulbo de humedad previamente calibrado, formando así el caldo de aplicación.

#### **3.5.2 Instalación del ensayo de campo**

Se aplicó el caldo de aplicación mediante drench alrededor de la proyección de la copa de la planta, utilizando una jarra de litro. Se distribuyó el caldo en dos áreas distintas y cercanas a la posición de los goteros.

### 3.5.3 Consideraciones para el manejo del cultivo.

La aplicación se realizó durante la fase de brotación y primera floración, aprovechando el incremento significativo del flujo de raíces durante este período. En términos del manejo agronómico del cultivo en el área experimental, se siguió el programa regular de aplicaciones y labores establecido por el fundo, con la excepción de cualquier actividad dirigida específicamente al control de nemátodos.<sup>3</sup>

### 3.5.4 Evaluación de nódulos en raíces

Antes de tomar la muestra se descubrió parcialmente las raíces, a la altura de las cintas de riego, para realizar la evaluación de porcentaje y grado de nodulación de acuerdo a las escalas Baker, PIM (Taylor y Sasser, 1983) y Zeck (Zeck, 1971)

**Tabla 10: Escala de nodulación de Baker**

Nodulación (índice)	Nodulación del Sistema radical (%)
1	0-10% de las raíces con daños
2	10-20 % de las raíces con daños
3	20-30 % de las raíces con daños
4	30-40 % de las raíces con daños
5	40-50 % de las raíces con daños
6	50-60 % de las raíces con daños
7	60-70 % de las raíces con daños
8	70-80 % de las raíces con daños
9	80-90 % de las raíces con daños
10	90-100 de las raíces con daños

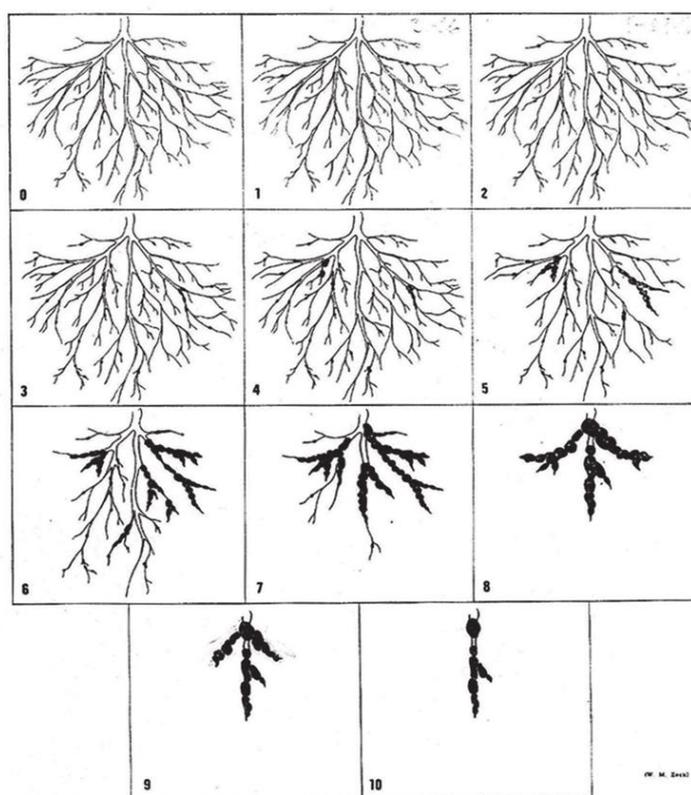
**Nota:** Escala de Baker, designa grados de nodulación del 1 al 10, según los daños producidos en las raíces.

**Tabla 11: Escala de nodulación del El Proyecto Internacional de *Meloidogyne* (PIM)**

Nivel de Nodulación	Nº de nódulos
1	1-2
2	3-10
3	11-30
4	31-100
5	Más de 100

**Tabla 12: Escala de nodulación de ZECK**

Grado de nodulación	Descripción
0	Área radicular totalmente sana, sin infestación.
1	Es muy difícil encontrar nódulos pequeños.
2	Nódulos más pequeños, más numerosos y más fáciles de detectar.
3	La función de las raíces no se vería afectada por muchos nódulos pequeños y algunos crecimientos juntos.
4	Muchas agallas pequeñas o grandes, casi todas las raíces funcionales
5	El 25% del sistema radicular no es funcional y tiene nódulos.
6	El 50% del sistema radicular no es funcional y tiene nódulos.
7	El 75% del sistema radicular no es funcional y tiene nódulos.
8	Planta sin raíces raíces sanas, no hay alimentación de la planta, aunque esta se siga viendo verde.
9	Planta moribunda con la totalidad de raíces noduladas y podridas.
10	Las raíces y la planta están sin vida.



**Figura 6.** Escala de nodulación de Zeck para raíces afectadas por *Meloidogyne* spp., por W. Zeck, 1971. A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer (24):1, 141-144.

### **3.5.5 Toma de muestra, extracción de nemátodos y contaje poblacional**

El muestreo se realizó en cada planta con 100 gramos de muestra de suelo y 50 gramos de muestra de raíz de cuatro puntos diferentes de la planta (norte, sur, este y oeste). Se tomó una muestra de los primeros 30 centímetros de la planta, sin tener en cuenta los 5 centímetros superficiales, utilizando una pala plana. Después de recolectar muestras de 4 puntos por planta y 16 puntos por unidad experimental, se mezclaron todas las muestras y se extrajo un kilo de suelo con raíces.

La muestra de suelo y raíces fueron depositadas en una bolsa plástica, finalmente la muestra fue rotulada señalando el tratamiento y bloque al cual pertenece.

Al finalizar el muestreo de suelo y raíces, todas las muestras fueron almacenadas en una caja conservadora de tecnopor y colocadas en un ambiente fresco antes de ser enviadas al laboratorio.

La extracción de poblaciones de nematodos en las raíces se realizó mediante el uso de licuado y tinción de raíces.

El método de centrifugación en azúcar y el método modificado del embudo de Baerman se utilizaron para extraer nematodos del suelo. Se utilizó un microscopio esteroscopio para contabilizar el contaje poblacional y la suspensión de nemátodos obtenidos de la técnica de extracción.

### **3.5.6 Determinación de la eficacia según Henderson & Tilton**

Dado que no se contaba con una distribución homogénea de la población en el campo al comenzar el ensayo y por el comportamiento de la plaga, Henderson y Tilton (Cámara Procultivos e Ica, 2015) seleccionaron la eficacia de las fórmulas disponibles para calcular el porcentaje de eficacia de los ensayos de pesticidas.

El porcentaje de control del tratamiento se calculó mediante una modificación de la fórmula de eficacia de Abbott:

$$Eficacia = 100 \cdot \left(1 - \frac{T_a \cdot C_b}{T_b \cdot C_a}\right)$$

### 3.6 DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se trabajó con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) de 5 tratamientos con 4 bloques (repeticiones), por lo tanto, hubo un total de 20 unidades experimentales. El área experimental estuvo conformada por 80 árboles de granado con un área de 1280 m<sup>2</sup>. Cada unidad experimental tuvo 4 árboles de granado (*Punica granatum* L.) distanciadas a 4 metros entre plantas y 4 metros entre hileras, se realizó el marcado de árboles con cintas rotuladas las cuales indica el tratamiento y bloque al cual pertenece la unidad experimental.

La distribución de los bloques se muestra en la Figura 8.

Bloque IV	T2	T3	T4	T0	T1
Bloque III	T3	T4	T0	T1	T2
Bloque II	T4	T0	T1	T2	T3
Bloque I	T0	T1	T2	T3	T4

**Figura 7.** Croquis de distribución de los tratamientos de la prueba de campo para evaluar las dosis de aplicación de fluopyram en el experimento de manejo de *Meloidogyne sp.*

### 3.7 PARÁMETROS EVALUADOS

- a) Grado de nodulación (escala Baker, PIM y Zeck).
- b) Cantidad de juveniles de segundo estadio en 100 cc de suelo
- c) Cantidad de J2 y huevos en un gramo de raíz.
- d) Porcentaje de eficacia según Henderson y Tilton.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 RESULTADOS

#### 4.1.1 Identificación de la especie de *Meloidogyne* predominante.

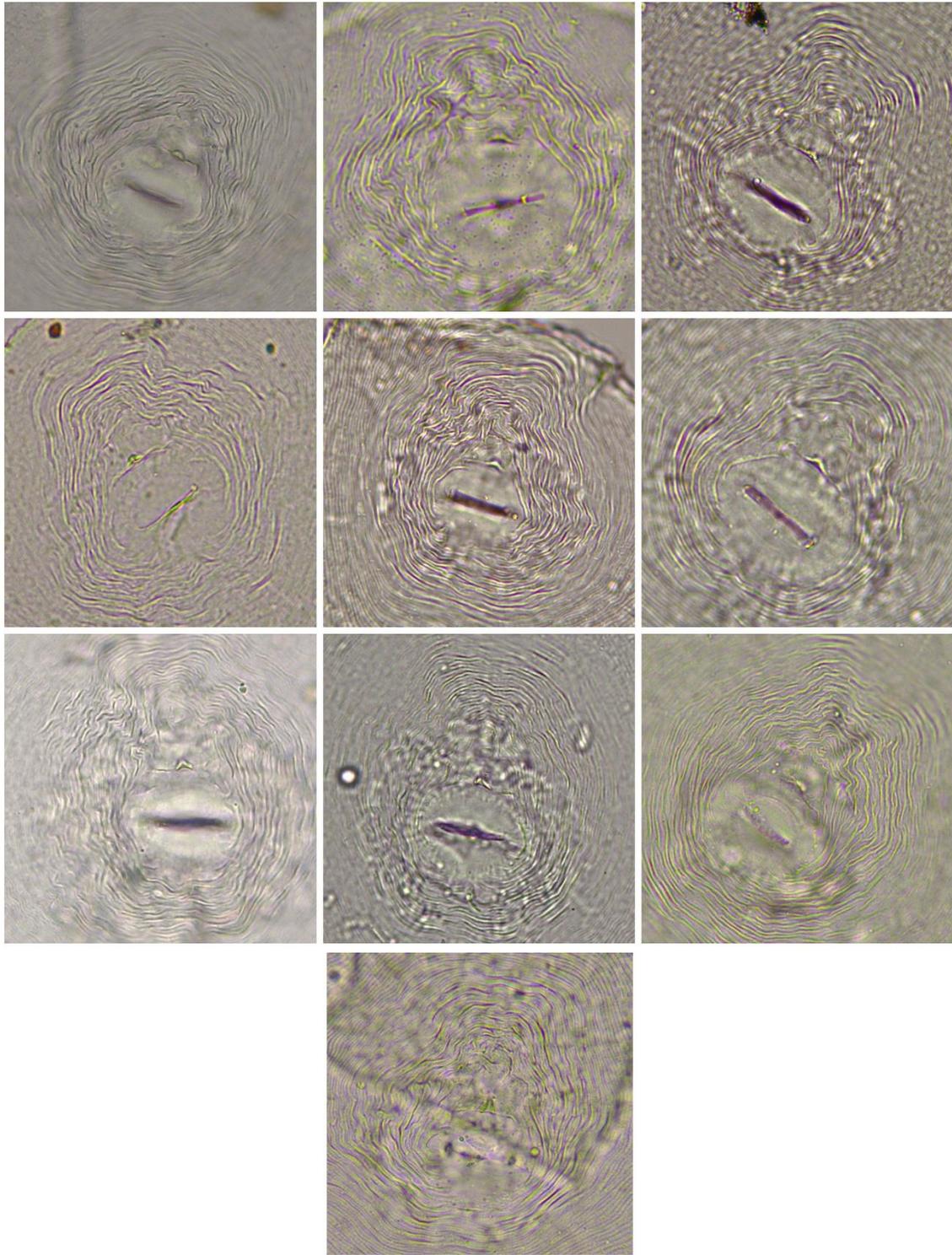
##### a) Hembras de *Meloidogyne*

Se estudiaron y analizaron 10 cortes perineales de hembras oviplenas obtenidas de raíces de una muestra compuesta de varios puntos de muestreo de todo el campo experimental. Los modelos perineales obtenidos se caracterizaron por tener un arco dorsal alto y cuadrado, con estrías lisas a onduladas. Se observa que ciertas estrías se dividen en dos cerca de las líneas laterales, que no son muy visibles. También se observa que algunas estrías se dirigen hacia la vulva. Estas características concuerdan con lo mencionado en la literatura (Taylor y Sasser, 1983) y concuerdan con lo reportado para la especie *Meloidogyne incognita*.

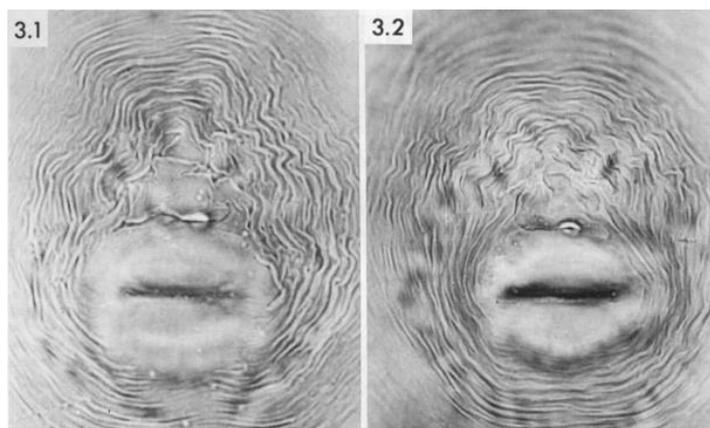
Los resultados y modelos perineales se presentan en la Tabla 13 y Figura 9

**Tabla 13: Especie de *Meloidogyne* asociada a cada uno de los patrones perineales obtenidos de hembras oviplenas**

Patrón perineal	Especie de <i>Meloidogyne</i>
1	<i>M. incognita</i>
2	<i>M. incognita</i>
3	<i>M. incognita</i>
4	<i>M. incognita</i>
5	<i>M. incognita</i>
6	<i>M. incognita</i>
7	<i>M. incognita</i>
8	<i>M. incognita</i>
9	<i>M. incognita</i>
10	<i>M. incognita</i>



**Figura 8.** Patrones perineales obtenidos de cada una de las hembras oviplenas de *Meloidogyne* evaluadas en la plantación de granado en Huaral, Lima.



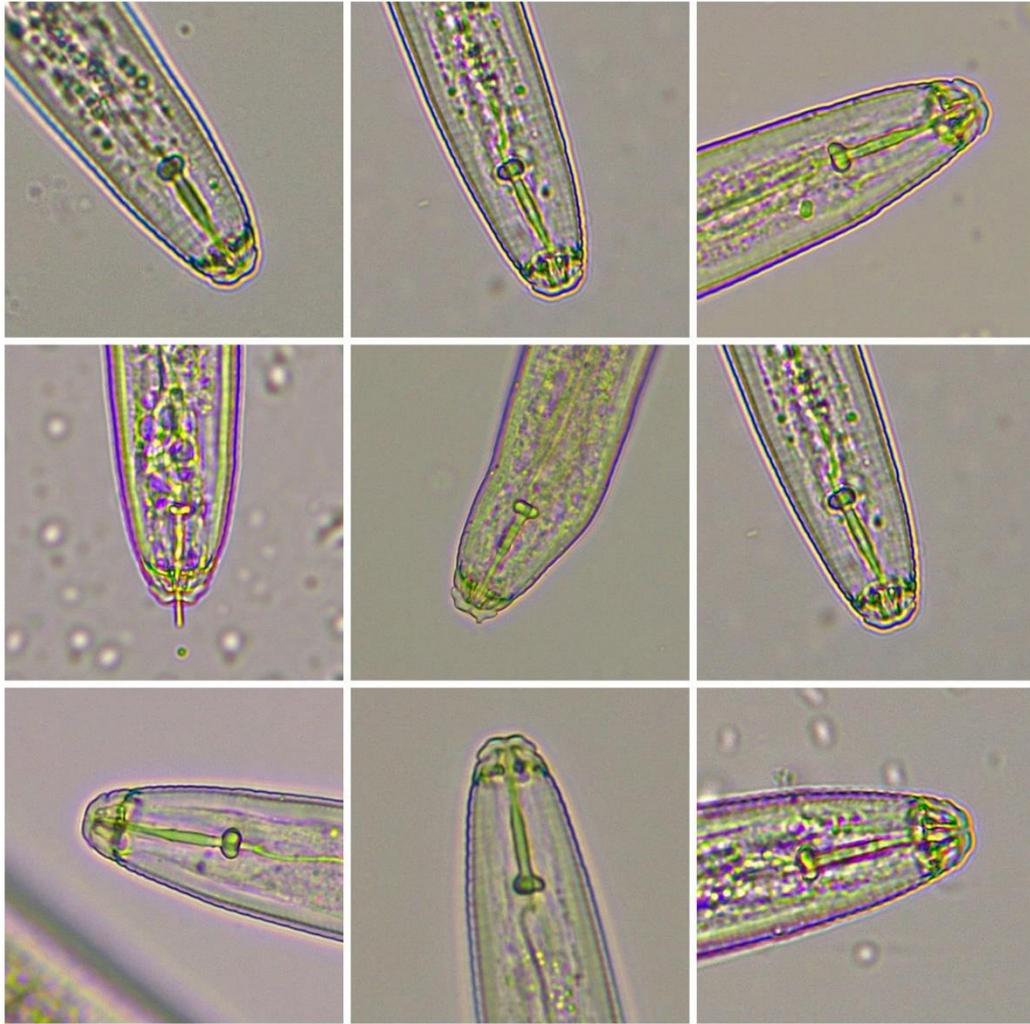
**Figura 9.** Patrones perineales de *Meloidogyne incognita*, arco dorsal alto y cuadrangular, es la característica predominante. Adaptado de “International Project of *Meloidogyne* – Its goals and accomplishments”. Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650.

#### **b) Machos de *Meloidogyne***

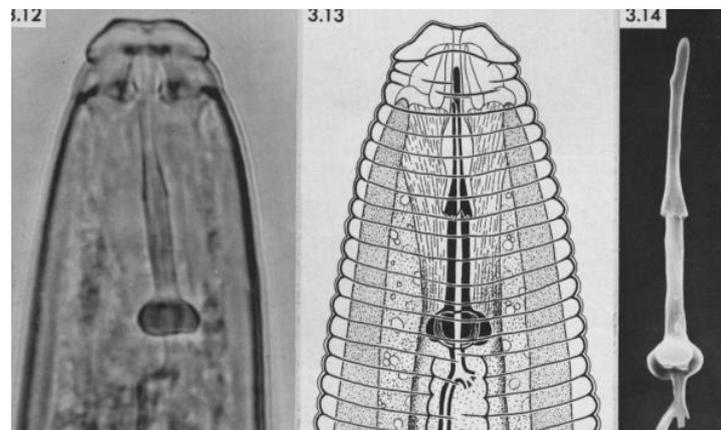
Solo se evaluaron 09 individuos machos colectados. En todos los individuos se aprecia al disco labial cóncavo centralmente y más alto que los labios medios. La región cefálica es tan ancha como los labios medios y presenta, por lo observado, hasta 2 anillos incompletos. El cono del estile tiene punta roma y la columna es cilíndrica y se estrecha en su base ligeramente. Los nódulos son separados, redondeados o transversalmente alargados. Estas características coinciden, con la descripción de *Meloidogyne incognita*. (Eisenback, J. D., Hrischmann, y et al. ,1981).

**Tabla 14: Especie de *Meloidogyne* asociada a cada uno de los individuos macho colectados**

<b>Patrón perineal</b>	<b>Especie de <i>Meloidogyne</i></b>
1	<i>M. incognita</i>
2	<i>M. incognita</i>
3	<i>M. incognita</i>
4	<i>M. incognita</i>
5	<i>M. incognita</i>
6	<i>M. incognita</i>
7	<i>M. incognita</i>
8	<i>M. incognita</i>
9	<i>M. incognita</i>



**Figura 10.** Región cefálica y labial de individuos machos de *Meloidogyne* evaluadas en la plantación de granado en Huaral, Lima.



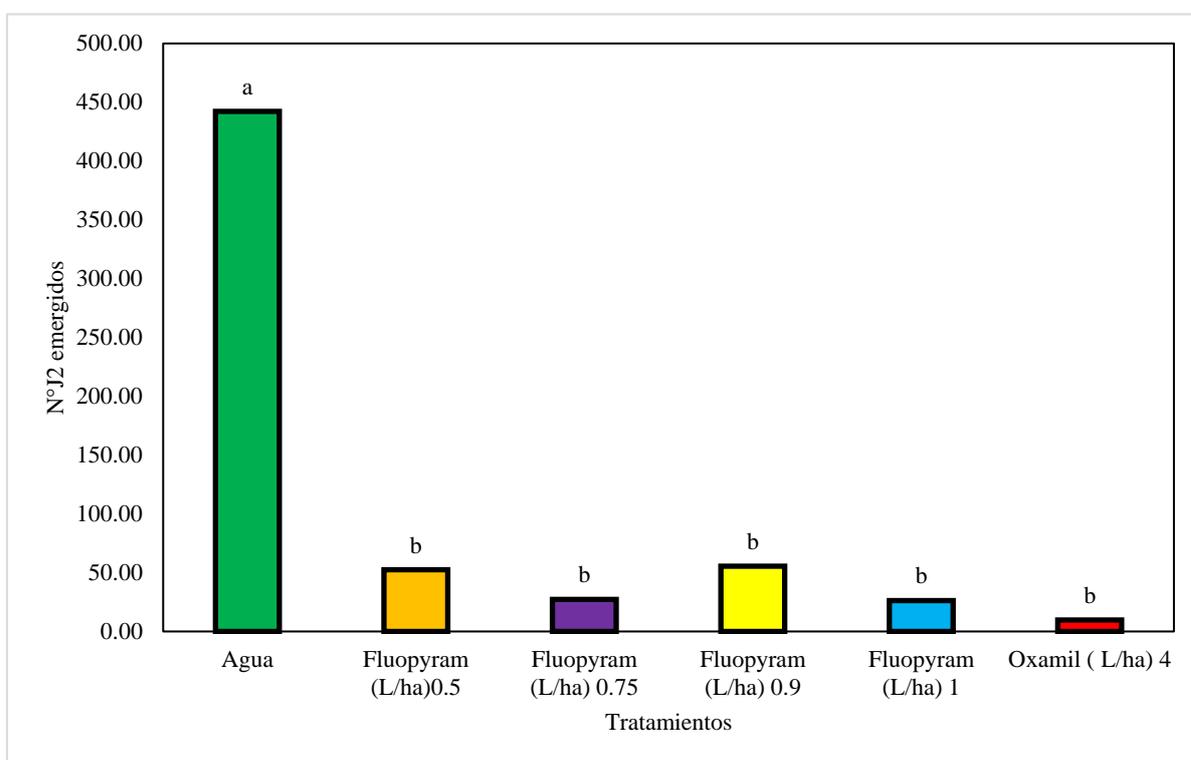
**Figura 11.** Modelo de región cefálica y labial de *Meloidogyne incognita* especie. Adaptado de “International Project of Meloidogyne – Its goals and accomplishments”. Por J.N. Sasser, J.D. & C.C. Carter Eisenback, 1983. Departamento de Fitopatología, NCSU, Raleigh, North Carolina 27650

#### 4.1.2 Pruebas *in vitro*.

##### a) Test de eclosión de huevos dentro de la matriz gelatinosa de *M. incognita*

Se contabilizó el número de  $J_2$  emergidos de la matriz gelatinosa; los resultados obtenidos se transformaron con  $\text{Log}(x+1)$  para realizar el análisis estadístico.

Se observa que hay diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $F=5.13$ ,  $p<0.05$ ), con un coeficiente de variabilidad de 28.41 tal como se observa en el anexo 1. Existe una tendencia notoria en la reducción del conteo de  $J_2$  emergidos de la matriz gelatinosa de huevos cuando hay un incremento de la dosis de fluopyram, tal como se aprecia en la Figura 11. El número de  $J_2$  emergidos en el tratamiento sin dosis de nematicida es estadísticamente diferente a todos los tratamientos a base de fluopyram y oxamilo. Por otra parte, todos los tratamientos a base de fluopyram y oxamilo son estadísticamente similares entre sí.



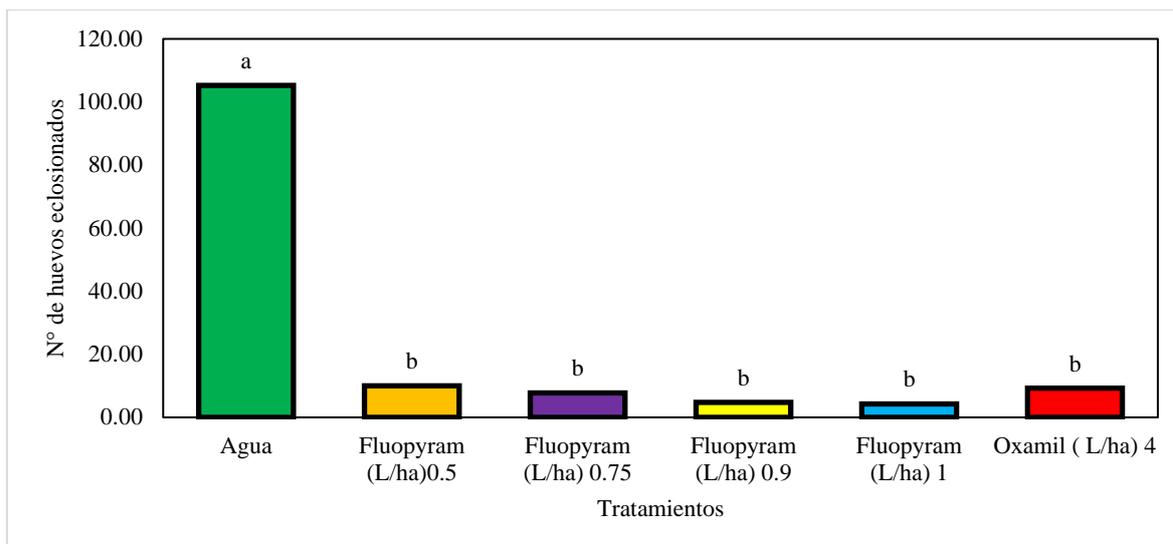
**Figura 12.** Respuesta de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) comparado con la respuesta a oxamilo para la variable cantidad de  $J_2$  emergidos de *Meloidogyne incognita* dentro de la matriz gelatinosa.

**Tabla 15: Test de comparación de medias Duncan para la cantidad de  $J_2$  emergidos de *Meloidogyne incognita* de la matriz gelatinosa a las diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram)**

Tratamiento	Número de $J_2$ emergidos (total)
Agua	442.25 a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	52.5 b
Fluopyram 0.75 (L/ha)	27.25 b
Fluopyram 0.9 (L/ha)	55.5 b
Fluopyram 1 (L/ha)	26.25 b
Oxamilo 4 (L/ha)	9.75 b

**b) Prueba de eclosión de huevos libres de *M. incognita***

En la prueba de eclosión de huevos libres se obtuvo como resultado el número de  $J_2$  emergidos. Se observa una interacción entre los tratamientos y las evaluaciones ( $F=429.12$ ,  $p<0.05$ ) y un coeficiente de variabilidad de 16.44, ver anexo 2. Se aprecia que todos los tratamientos inician con la misma cantidad de huevos instalados aproximadamente 115 individuos por repetición. En el tratamiento sin dosis de nematicida emergieron 105  $J_2$ . Con un porcentaje de eclosión de 89,26 %, seguido de fluopyram al 0.5 L/ha, con un total de 10 huevos eclosionados que representan un 8.62% de eclosión, a continuación el Fluopyram a 0.75 L/ha obtuvo 8 huevos eclosionados, es decir un 6.86 % de eclosión, seguido de fluopyram al 0.9 L/ha con 5 huevos eclosionados, que representan un 4.24 % de eclosión, por último el fluopyram a 1L/ha tuvo 4 huevos eclosionados o un 3.6 % de eclosión. El tratamiento testigo comercial a base de oxamilo a 4 L/ha generó 9 huevos eclosionados o un 8.11 % de eclosión, como se señala en la figura 12.



**Figura 13.** Resultado de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) comparado con la respuesta a oxamilo (4 L/ha) a la variable eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita*.

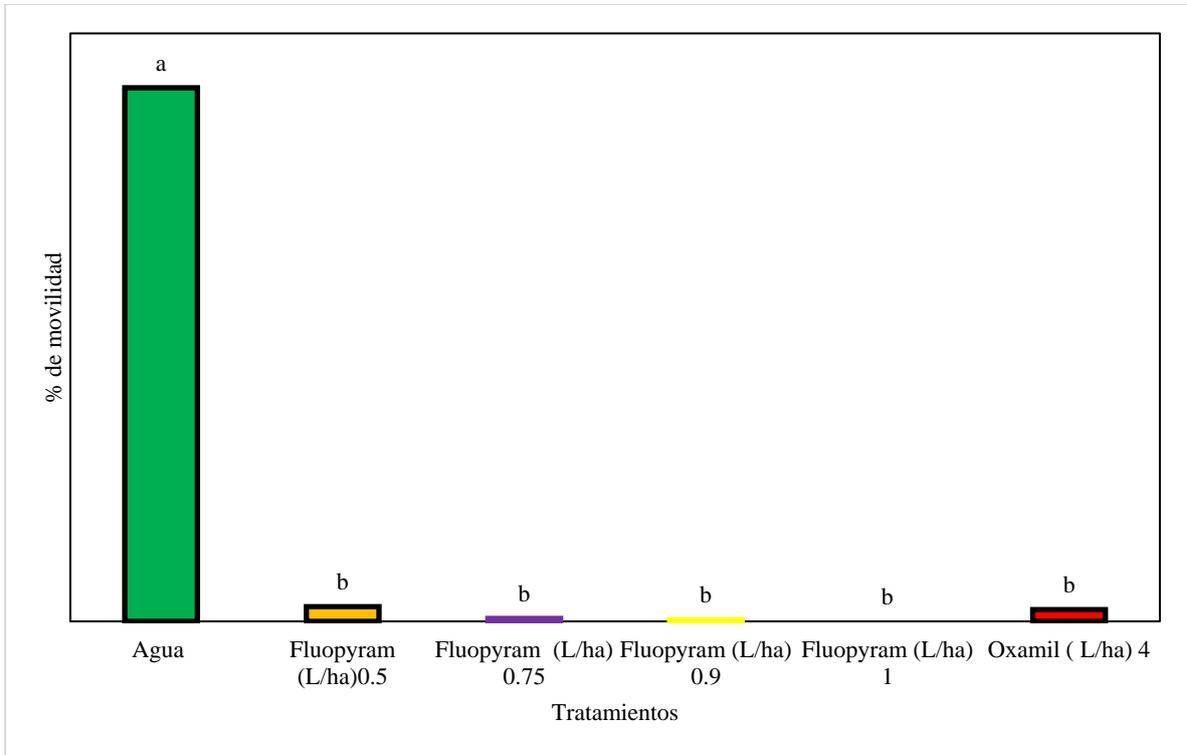
**Tabla 16: Test de comparación de medias Duncan para la variable eclosión de huevos libres de *Meloidogyne incognita* a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram)**

Tratamiento	Huevos		
	Instalados	# huevos eclosionados	% Eclosión
Agua	117 a	105.25 a	89.26
Fluopyram 0.5 (L/ha)	116 a	10 b	8.62
Fluopyram 0.75 (L/ha)	113 a	7.75 b	6.86
Fluopyram 0.9 (L/ha)	112 a	4.75 b	4.24
Fluopyram 1 (L/ha)	118 a	4.25 b	3.60
Oxamilo 4 (L/ha)	114 a	9.25 b	8.11

### c) Prueba de movilidad de $J_2$ de *Meloidogyne incognita*

En la prueba de movimiento se obtuvo como resultado el porcentaje de movilidad de juveniles 2 de *Meloidogyne incognita*, el análisis de variancia para la variable porcentaje de movilidad de juveniles 2 de *Meloidogyne incognita* muestra interacción entre los tratamientos ( $F=480$ ,  $p<0.05$ ), con un coeficiente de variabilidad de 20.91 %, según el anexo 3. El porcentaje de movilidad de juveniles 2 en el tratamiento con agua fue de 90.75 %, mientras que el fluopyram a 0.5 L/ha fue de 2.5 %, el fluopyram a 0.75 L/ha fue de 0.5 %, el fluopyram a 0.9 L/ha fue de 0.25 %, el fluopyram a 1 L/ha fue de 0 % y finalmente el

oxamilo obtuvo un porcentaje de movilidad del 2 %, por lo tanto, cualquier dosis de fluopyram y/o oxamilo tuvo una reducción significativa del movimiento de juveniles 2, ver la Figura 13.



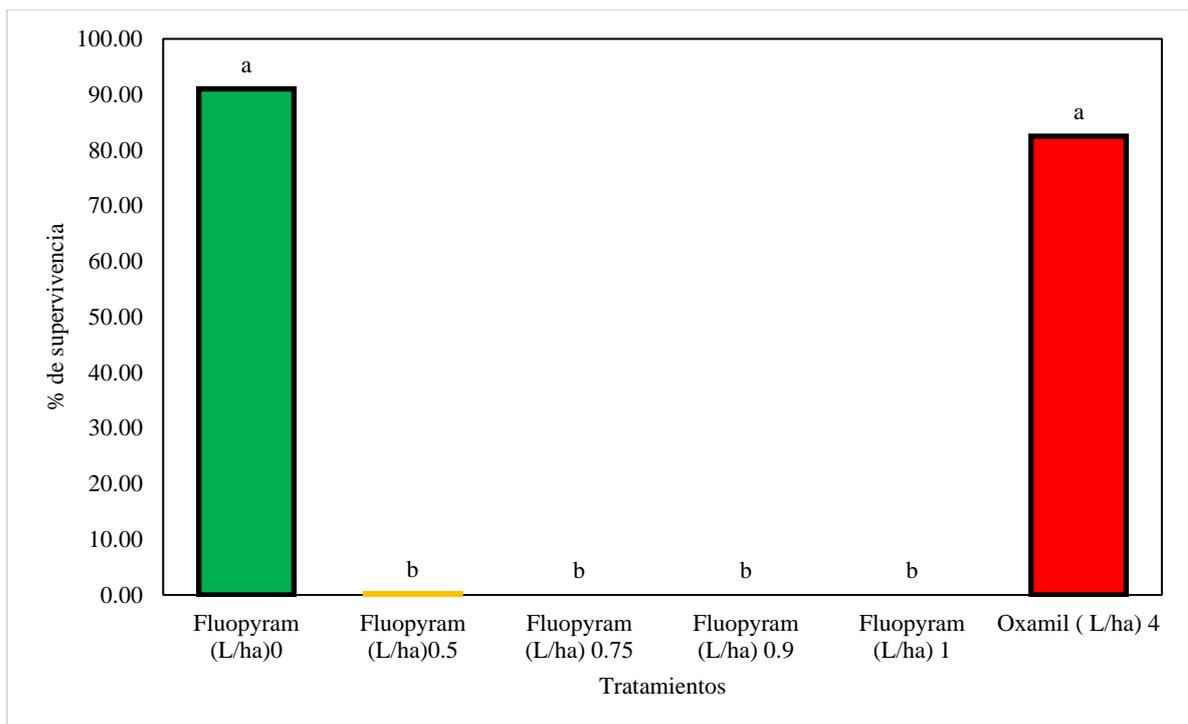
**Figura 14.** Porcentajes de movimiento  $J_2$  de *Meloidogyne incognita* expuestos a las diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) y oxamilo.

**Tabla 17: Prueba de comparación de medias de Duncan para la variable porcentaje de movilidad de  $J_2$  de *Meloidogyne incognita* a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram)**

Tratamiento	Porcentaje de movilidad de $J_2$
Agua	90.75 a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	2.50 b
Fluopyram 0.75 (L/ha)	0.50 b
Fluopyram 0.9 (L/ha)	0.25 b
Fluopyram 1 (L/ha)	0.00 b
Oxamilo 4 (L/ha)	2.00 b

#### d) Prueba de supervivencia de $J_2$ de *M. incognita*

Al hacer el análisis estadístico del porcentaje de supervivencia de juveniles estadio 2, se demostró la existencia de diferencias entre los tratamientos con fluopyram y oxamilo ( $F=170.9$ ,  $p<0.05$ ), con un coeficiente de variabilidad de 17.26 %, como se muestra en el anexo 4. Tanto el tratamiento con agua y el oxamilo muestran comportamientos similares, en donde los nematodos recuperan su movilidad, al estar expuestos en agua, luego de estar en exposición continua con las diferentes dosis del nematóxico, y son considerados como vivos con un promedio de supervivencia de 91 % y 82.5 % respectivamente, según la tabla 14. Para el Fluopyram, se observa que dosis de 0.5 L/ha hasta 1 L/ha inhiben la supervivencia de los  $J_2$  de *Meloidogyne incognita*, obteniéndose porcentajes de supervivencia menores a 0.25 %, como se presenta en la tabla 14. En el caso del oxamilo (4 L/ha) se observa que después de 48 horas en agua después de la exposición al nematocida, los nematodos recuperan su movilidad, con un porcentaje de supervivencia del 82.5 %, según la Figura 14.



**Figura 15.** Porcentajes de supervivencia de  $J_2$  de *Meloidogyne incognita* a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) y a un testigo comercial a base de oxamilo.

**Tabla 18: Test de comparación de medias Duncan, para la prueba de supervivencia de *J*<sub>2</sub> de *Meloidogyne incognita* a las diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram)**

Tratamiento	Supervivencia de <i>J</i> <sub>2</sub> (%)
Agua	91.00 a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	0.25 b
Fluopyram 0.75 (L/ha)	0.00 b
Fluopyram 0.9 (L/ha)	0.00 b
Fluopyram 1 (L/ha)	0.00 b
Oxamilo 4 (L/ha)	82.50 a

### 4.1.3 Prueba de campo

#### a) Escala de nodulación BAKER

Es una escala que designa un porcentaje de la raíz afectada por *Meloidogyne*. Una raíz afectada por este nematodo tiene nódulos o agallas, entre mayor cantidad de nódulos tenga, habrá mayor porcentaje de nodulación.

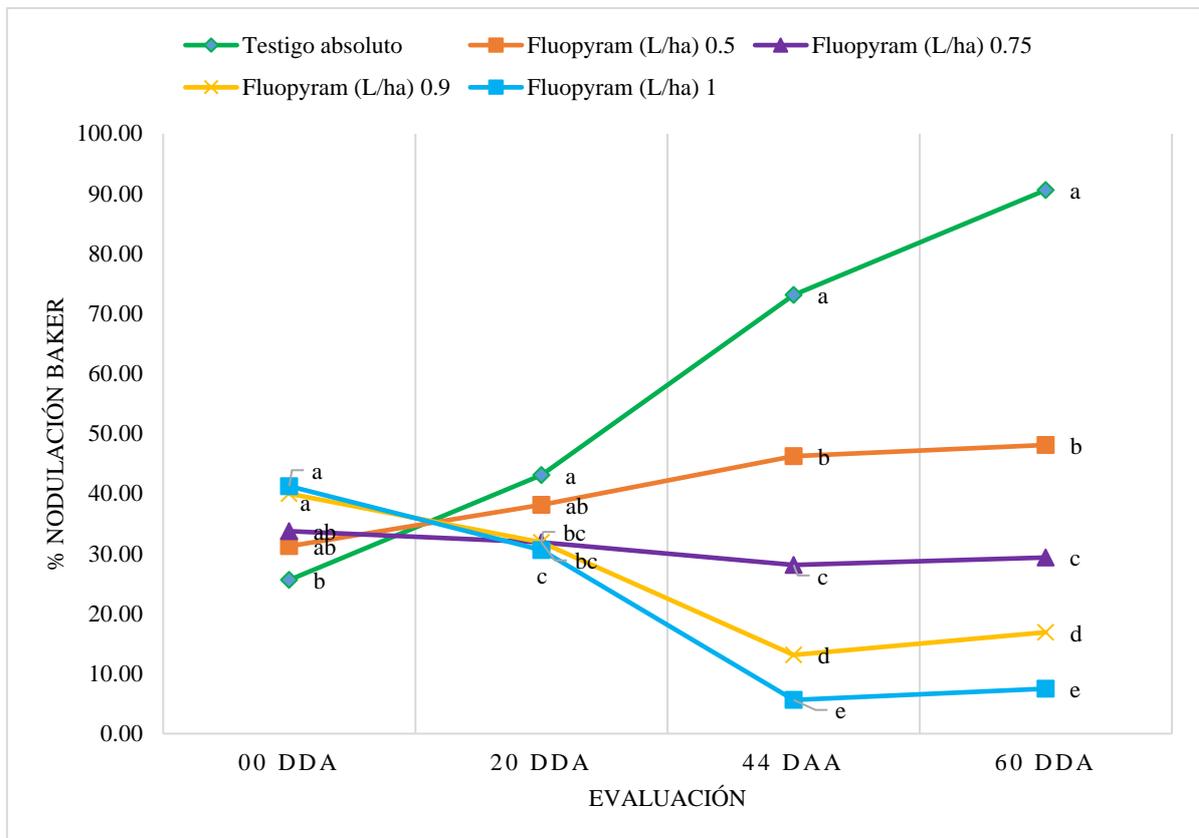
Los resultados muestran pocas diferencias significativas antes de la aplicación con un coeficiente de variabilidad de 24.25 % como se señala en el anexo 5, sin embargo, en el transcurso de las evaluaciones las diferencias significativas entre tratamientos son más evidentes, siendo los coeficientes de variabilidad para los 20 DDA, 44 DDA y 60 DDA de 13.36 % (anexo 6), 20.76 % (anexo 7) y 25.79 % (anexo 8) respectivamente.

En la Figura 15 existe una tendencia en el tiempo para el tratamiento Testigo absoluto es a incrementar el porcentaje de nodulación, mientras que para los tratamientos con fluopyram de 0.75 L/ha a 1 L/ha, los porcentajes de nodulación se reducen. Antes de la aplicación, todos los tratamientos inician con un porcentaje nodulación entre 25 – 50%, a los 20 DDA se aprecia que en el tratamiento Testigo hay un incremento de la nodulación hasta un 43.13 %, por otro lado, el fluopyram a 0.5 L/ha incrementa su porcentaje de nodulación hasta un 38.12 %, los demás tratamientos con fluopyram y oxamilo, muestran una ligera reducción del daño.

A los 44 DDA, se puede apreciar un efecto más marcado de fluopyram sobre la nodulación con una clara respuesta a dosis, el tratamiento testigo continua con una tendencia al incremento hasta llegar a 73.12 %, mientras que el tratamiento con fluopyram a 0.5 L/ha vuelve a presentar un ligero incremento hasta llegar a 46.25 %, fluopyram a 0.75 L/ha se

reduce a un 28.12 %, fluopyram a 0.9 L/ha reduce la nodulación a un 13.12 % y el tratamiento con fluopyram a 1 L/ha disminuye el porcentaje de nodulación a 5.62 %.

En la evaluación de los 60 DDA, se observa que todos de los tratamientos incrementan la nodulación, siendo el Testigo, el tratamiento con el porcentaje de nodulación más alto con 90.62%, los tratamientos con fluopyram 0.5L/ha ,0.75 L/ha, 0.9 L/ha y 1 L/ha incrementan a 48.12%, 29.38 %, 16.88% y 7.5% respectivamente. La respuesta a dosis de fluopyram sigue siendo contundente, presentando diferencias altamente significativas entre tratamientos como se aprecia en la tabla 15.



**Figura 16.** Efecto de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en la nodulación radicular según la escala Baker en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

**Tabla 19: Test de comparación de medias de Duncan de para la variable porcentaje de nodulación Baker en 4 momentos de evaluación.**

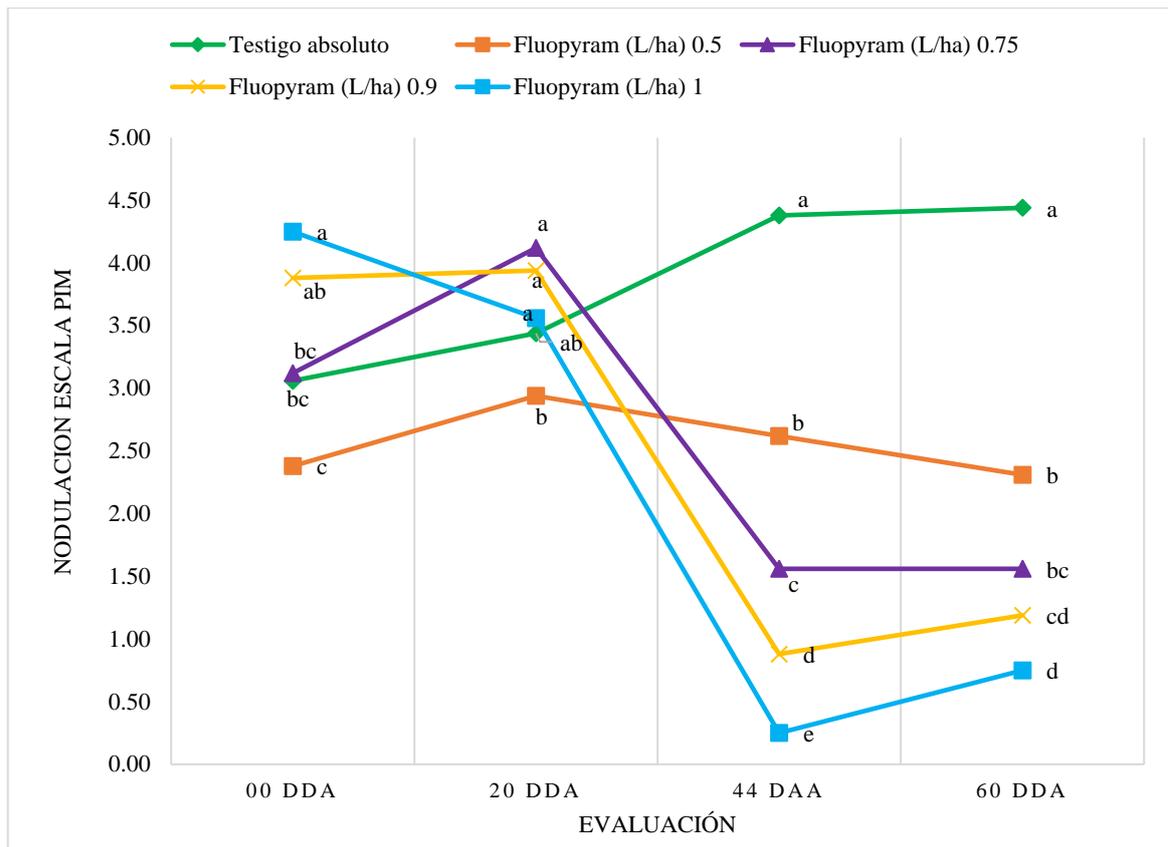
Tratamiento	0 DDA	20 DDA	44 DDA	60 DDA
Testigo absoluto	25.62 b	43.12 a	73.12 a	90.62 a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	31.25 ab	38.12 ab	46.25 b	48.12 b
Fluopyram 0.75(L/ha)	33.75 ab	31.88 bc	28.12 c	29.38 c
Fluopyram 0.9 (L/ha)	40 a	31.88 bc	13.12 d	16.88 d
Fluopyram 1 (L/ha)	41.25 a	30.62 c	5.62 e	7.5 e

### **b) Grado de nodulación según la escala PIM**

El ANVA (anexo 9) muestran diferencias significativas antes de la aplicación con un coeficiente de variabilidad de 15.65 %, como se señala en el anexo 9, la tendencia en el tiempo es básicamente que las diferencias significativas entre los tratamientos son más claras, los coeficientes de variabilidad para los 20 DDA, 44DDA y 60 DDA son 13.62 % (anexo 10), 14.34 % (anexo 11) y 19.76 % (anexo 12) respectivamente.

En la gráfica 16 se observa que la tendencia en el tiempo para el tratamiento testigo absoluto es a incrementar, los tratamientos tratados con fluopyram, también tienen un incremento a los 20 DDA. El principal descenso en el grado de nodulación es a los 44 DDA, donde fluopyram 0.5 L/ha desciende hasta 2.62, fluopyram 0.75 L/ha disminuye hasta 1.56, y los tratamientos con mejor performance en la reducción del grado de nodulación fueron fluopyram 0.9 L/ha y fluopyram 1.0 L/ha con grados promedios de 0.88 y 0.25 respectivamente.

En la evaluación de los 60 DDA, según la gráfica 16, se muestra que en casi todos los tratamientos hay un incremento en el grado de nodulación, tratamiento testigo fue el que presentó un grado de nodulación más alto con un valor de nodulación de 4.44, el tratamiento de fluopyram 0.5L/ha, decrece a 2.31, fluopyram 0.75 L/ha se mantiene en 1.56, fluopyram 0.9 L/ha y 1.0 L/ha incrementan a 1.19 y 0.75 respectivamente. La respuesta a dosis de fluopyram sigue siendo contundente, presentando diferencias altamente significativas entre tratamientos como se aprecia en la tabla 16.



**Figura 17.** Efecto diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en el nivel de nodulación según la escala de nodulación PIM, en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

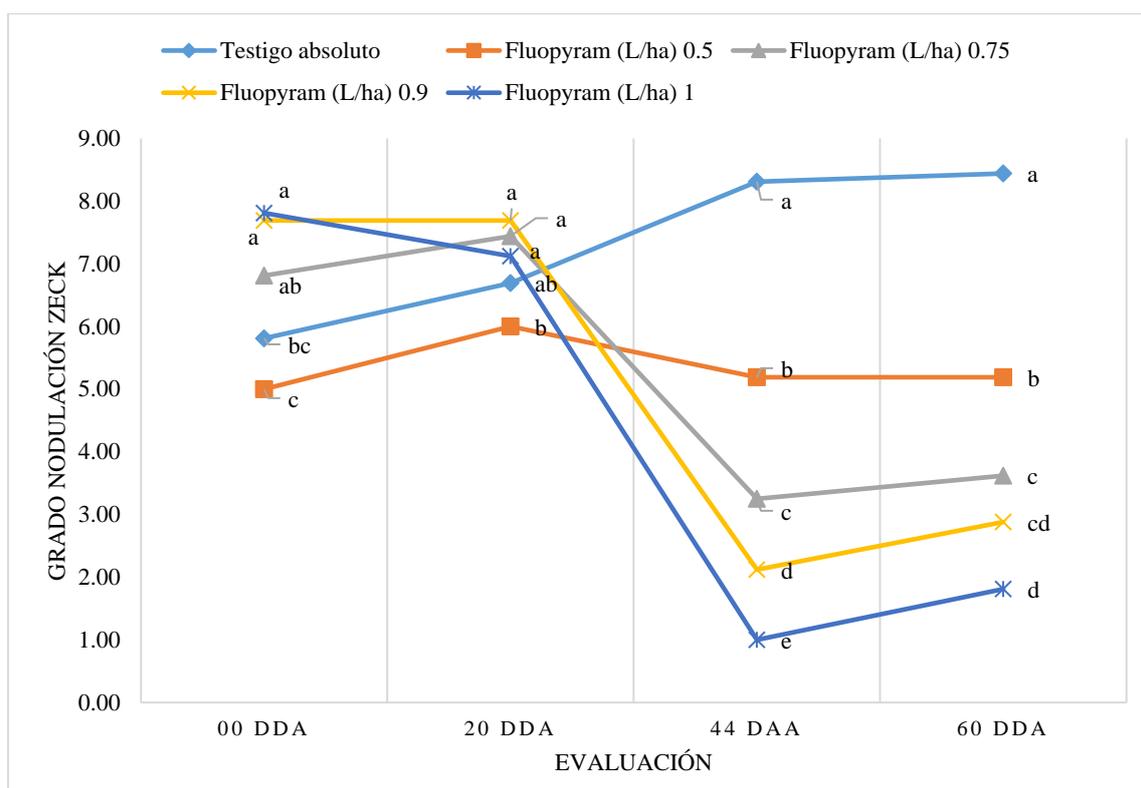
**Tabla 20:** Test de comparación de medias Duncan para la variable grado de nodulación PIM a las diferentes dosis de aplicación de Verango Prime (fluopyram) en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral

Tratamiento	0 DDA	20 DDA	44 DDA	60 DDA
Testigo absoluto	3.06 bc	3.44 ab	4.38 a	4.44 a
Fluopyram (L/ha) 0.5	2.38 c	2.94 b	2.62 b	2.31 b
Fluopyram (L/ha) 0.75	3.12 bc	4.12 a	1.56 c	1.56 bc
Fluopyram (L/ha) 0.9	3.88 ab	3.94 a	0.88 d	1.19 cd
Fluopyram (L/ha) 1	4.25 a	3.56 a	0.25 e	0.75 d

### c) Grado de nodulación con la escala de ZECK

El ANVA revela diferencias significativas antes de la aplicación con un coeficiente de variabilidad de 18.11 %, como se señala en el anexo 13, en el tiempo, los coeficientes de variabilidad para los 20, 40 y 60 DDA son 12.08 % (anexo 14), 17.02 % (anexo 15) y 19.56 % (anexo 16) respectivamente.

En el tiempo se observa que la tendencia para la el grado de nodulación del tratamiento testigo absoluto es a incrementar, como se señala en la Figura 17. A los 20 DDA ( días después de la aplicación) fluopyram 0.5 L/ha, incrementa a de 5 a 6, fluopyram 0.75 L/ha aumenta de 6.81 a 7.44, fluopyram 0.9 L/ha se mantiene en 7.69 y fluopyram 1.0 L/ha decrece de 7.81 a 7.12; observando que a los 20 DDA no hay mayor efecto de fluopyram, sin embargo, a los 44 DDA existe una marcada disminución de la nodulación y con altas diferencias significativas entre tratamientos como se aprecia en la Tabla 17. El efecto de fluopyram se va atenuando a los 60 DDA, observándose en esta etapa un ligero incremento en la nodulación para los tratamientos con fluopyram, ver Figura 17.



**Figura 18.** Efecto de diferentes dosis de Fluopyram en la nodulación radicular, según la escala de nodulación Zeck en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

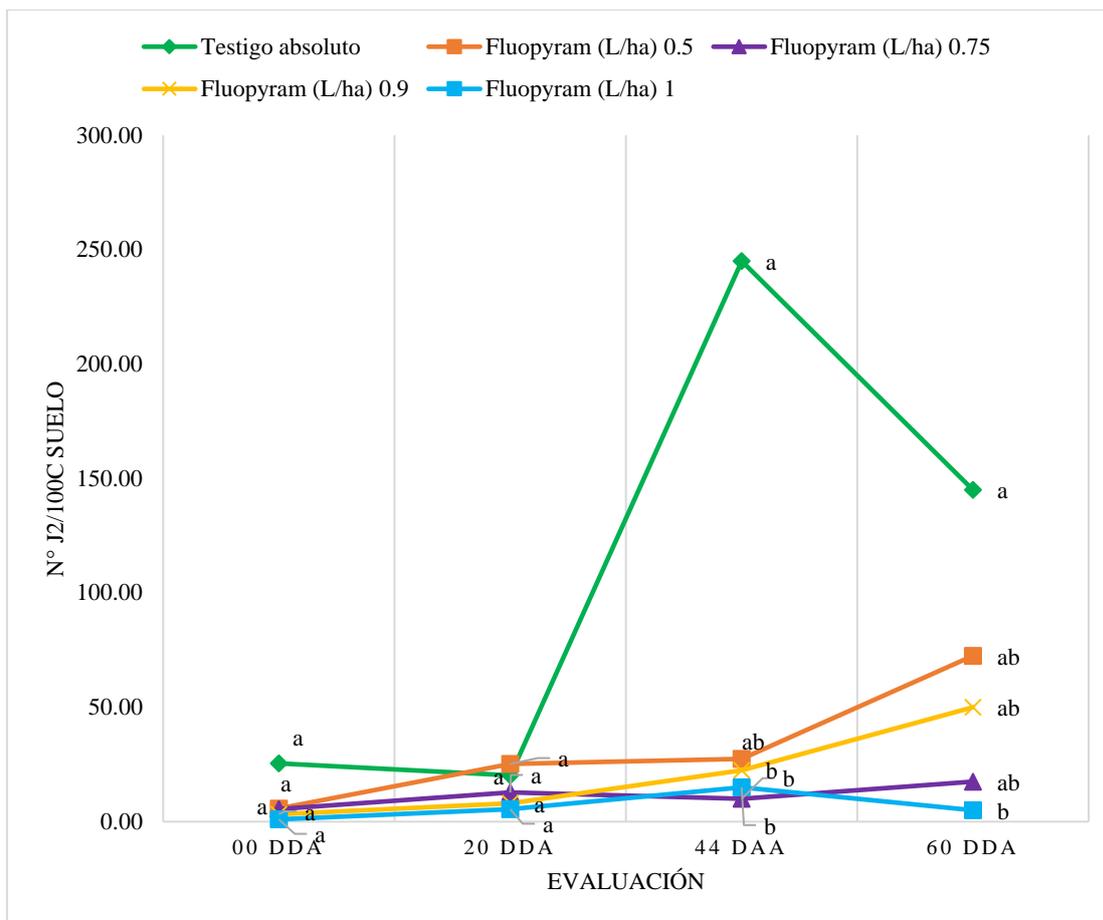
**Tabla 21: Test de comparación de medias Duncan para el nivel de nodulación según la escala Zeck, para diferentes dosis de aplicación de Verango Prime (fluopyram) en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.**

Tratamiento	0 DDA	20 DDA	44 DDA	60 DDA
Testigo absoluto	5.81 bc	6.69 ab	8.31 a	8.44 a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	5 c	6 b	5.19 b	5.19 b
Fluopyram 0.75 (L/ha)	6.81 ab	7.44 a	3.25 c	3.62 c
Fluopyram 0.9 (L/ha)	7.69 a	7.69 a	2.12 d	2.88 cd
Fluopyram 1.0 (L/ha)	7.81 a	7.12 ab	1.00 e	1.81 d

#### **d) Cantidad de juveniles infectivos 2 en el suelo**

Para la variable cantidad de  $J_2$  en 100 cc de suelo, el análisis de varianza se trabajó con la transformación de datos usando  $\sqrt{(x + 1)}$ . En el ANVA no se muestran diferencias significativas antes de la aplicación con un coeficiente de variabilidad de 147.64 %, como se señala en el anexo 17, los coeficientes de variabilidad para los 20, 44 y 60 DDA son 72.08 % (anexo 18), 81.54 % (anexo 19) y 61.53 % (anexo 20) respectivamente.

La población de juveniles infectivos 2 en 100 cc de suelo, estadísticamente no presentó una interacción con la dosis de Fluopyram, sino hasta los 44 DDA según la tabla 18, esta tendencia se mantiene hasta los 60 DDA en los que se observa diferencias entre el testigo y las dosis más altas con Fluopyram, existe una tendencia a la reducción de los nematodos en el suelo con la aplicación de dosis crecientes de Fluopyram, donde el tratamiento sin aplicación de nematicida tiene una poblacional inicial de 26 individuos y se incrementa a hasta 145 a los 60 DDA, como se observa en la Gráfica 18.



**Figura 19.** Efecto de diferentes dosis de Fluopyram en la reducción de la población de *Meloidogyne incognita* en el suelo, en 4 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

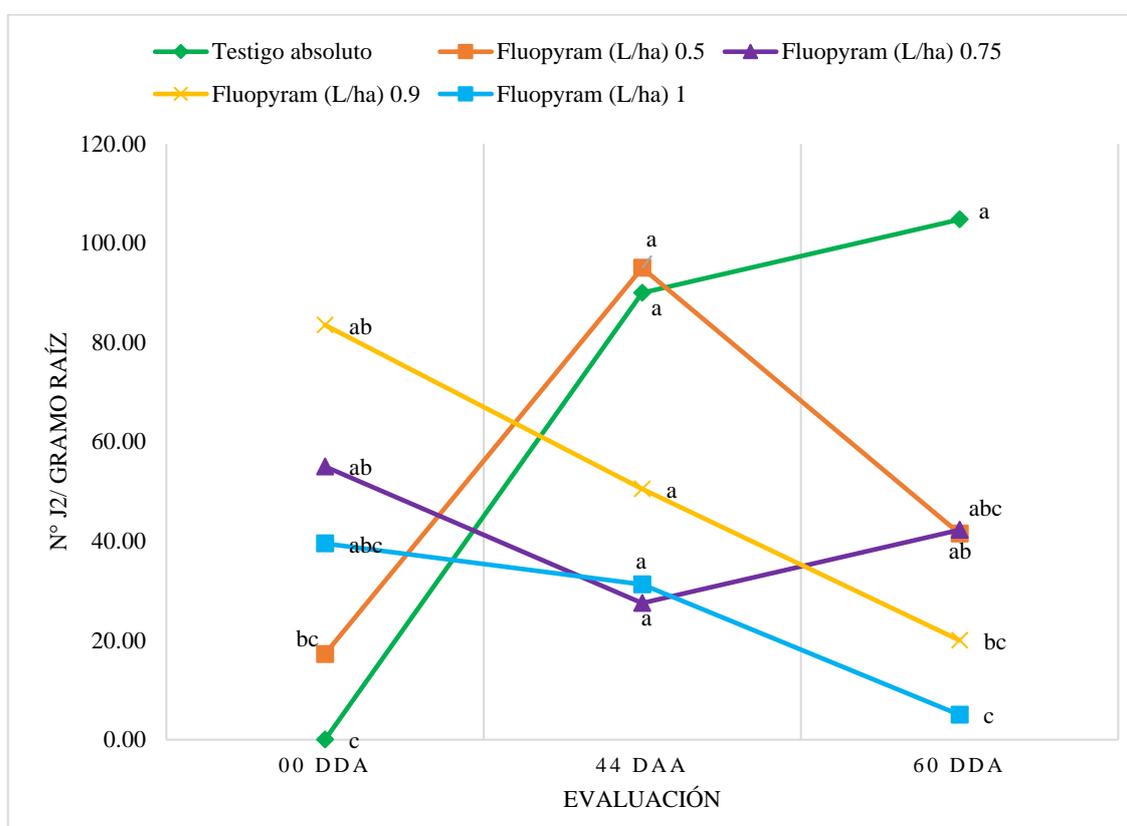
**Tabla 22:** Test de comparación de medias de Duncan para la variable número de individuos  $J_2$  en 100 cc de suelo en diferentes dosis de aplicación de Fluopyram en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

Tratamiento	0 DDA	20 DDA	44 DDA	60 DDA
Testigo absoluto	26a	20 a	245 a	145 a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	6 a	25 a	28 ab	73 ab
Fluopyram 0.75 (L/ha)	6 a	13 a	11 b	18 ab
Fluopyram 0.9 (L/ha)	3 a	8 a	23 b	50 b
Fluopyram 1.0 (L/ha)	2a	6 a	15 b	5 b

### e) Número de juveniles infectivos 2 en un gramo de raíz

Para la variable cantidad de  $J_2$  en un gramo de raíz, el ANVA se hizo usando una transformación de datos con  $\sqrt{(x + 1)}$ . El ANVA muestra diferencias significativas antes de la aplicación esto debido al establecimiento en focos de las poblaciones de nemátodos, el coeficiente de variabilidad es de 59.46 %, como se señala en el anexo 21, en el tiempo los coeficientes de variabilidad para los 44 días después de la aplicación y 60 días después de la aplicación son 67.52 % (anexo 22) y 59.85 % (anexo 23).

En número de  $J_2$  por gramo de raíz muestra una reducción en esta variable con el incremento de la dosis de Fluopyram en relación a las fechas de evaluación, según la Tabla 23. Para el tratamiento sin dosis y el tratamiento 0.5 L/ha, se observa un incremento luego una reducción en la dosis de 0.5 L/ha (41.5 individuos) y para el tratamiento sin dosis sigue el incremento del nematodo hasta llegar a 104.8 individuos a los 60 días después de la aplicación. En el caso de las dosis de 0.9 y 1.0 L/ha se nota una reducción lineal respecto a los días evaluados concluyendo a en 20 y 5 individuos respectivamente, como se muestra en la tabla 19 y Figura 19.



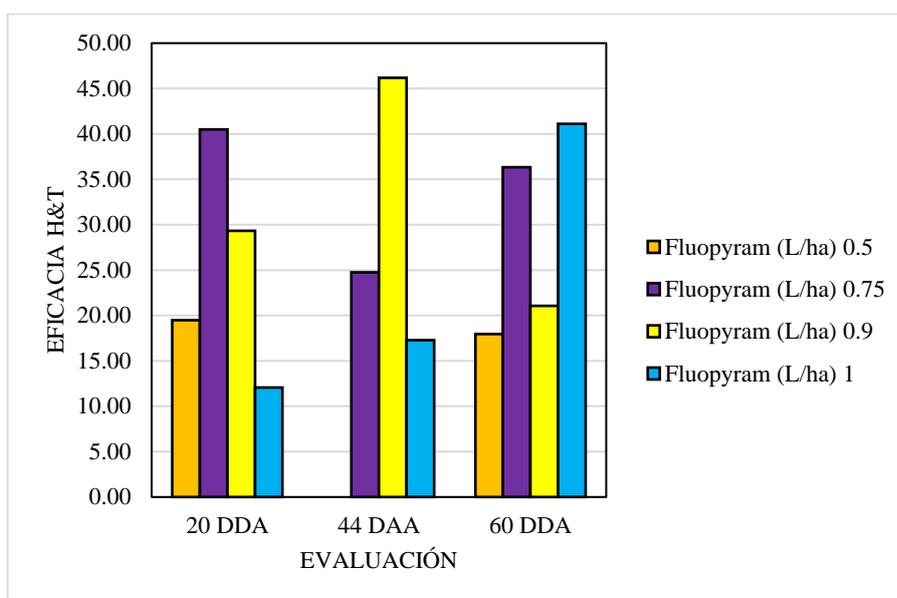
**Figura 20.** Respuesta a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en 3 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral, a la variable número de individuos  $J_2$  de *Meloidogyne incognita* en un gramo de raíz.

**Tabla 23: Test de comparación de medias de Duncan para la variable número de individuos  $J_2$  en un gramo de raíz a diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.**

Tratamiento	0 DDA	44 DDA	60 DDA
Testigo absoluto	0 c	90 a	105a
Fluopyram 0.5 (L/ha)	17 c	95 a	42 ab
Fluopyram 0.75 (L/ha)	55 ab	28 a	43 abc
Fluopyram 0.9 (L/ha)	84 ab	51 a	20 bc
Fluopyram 1.0 (L/ha)	40 abc	31 a	5 b

**f) Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton para la población en el suelo de juveniles infectivos de *M. incognita***

La mortandad que ejerce Fluopyram sobre *Meloidogyne incognita* se midió con la eficacia según Henderson & Tillton, previamente se transformaron los datos con la fórmula  $\sqrt{(x + 1)}$ . A los 20 DDA se muestra que no hay un efecto significativo en el control de las poblaciones del suelo, a los 44 DDA hay un efecto más marcado con el tratamiento de fluopyram 0.9L/ha con 46.17% de eficacia en el control, sin embargo, este continúa siendo insuficiente. A los 60 DDA, el efecto de control sobre poblaciones de suelo, continúa siendo mínimo, siendo la dosis de fluopyram 1 L/ha la que reportó la eficacia más alta con un valor de 41.17 %, como se muestra en la Gráfica 20 y Tabla 20.



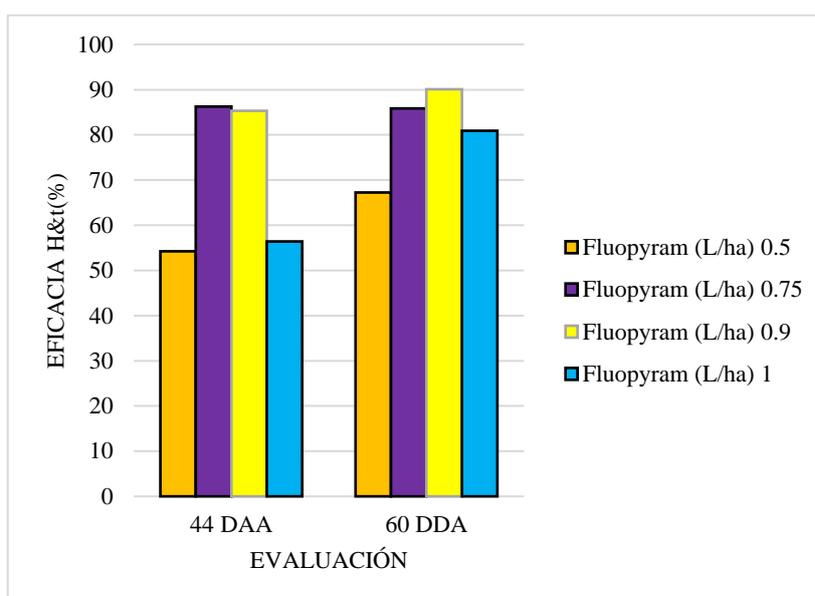
**Figura 21.** Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre juveniles infectivos 2 de *Meloidogyne incognita* en suelo en 3 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

**Tabla 24: Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre juveniles infectivos 2 de *Meloidogyne incognita* en el suelo**

Tratamiento	20 DDA	44 DDA	60 DDA
Fluopyram 0.5 (L/ha)	19.48	0	17.95
Fluopyram 0.75 (L/ha)	40.50	24.76	36.33
Fluopyram 0.9 (L/ha)	29.34	46.18	21.07
Fluopyram 1.0 (L/ha)	12.05	17.29	41.12

**g) Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, para la población (huevos+  $J_2$ ) de *M. incognita* en la raíz**

La medición del control de poblaciones *Meloidogyne incognita* presentes en la raíz, se hizo mediante la aplicación de la fórmula de eficacia según H&T, previamente se transformaron los datos de número de individuos con la fórmula  $\sqrt{(x + 1)}$ . A los 20 DDA, la población en raíces no se pudo evaluar debido a la poca presencia de estas en la planta, los resultados a los 44 DDA, demuestra un control superior al 80% para las dosis de Fluopyram de 0.75 y 0.9 L/ha con 86.27% y 85.35% respectivamente, a los 60 DDA de acuerdo a la Gráfica 21 y Tabla 21 un considerable incremento en la eficacia en todas las dosis de Fluopyram las dosis de 0.75, 0.9 y 1.0 L/ha sobrepasaron el 80% de control en poblaciones de raíces, demostrando que la acción nematocida es mejor al interior de la raíz.



**Figura 22.** Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre la población de *Meloidogyne incognita* en la raíz en 2 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.

**Tabla 25: Porcentaje de eficacia, según Henderson & Tillton, de diferentes dosis de Verango Prime (fluopyram) sobre la población de *Meloidogyne incognita* en la raíz en 2 momentos de evaluación en el cultivo de granado (*Punica granatum* L.) en Huaral.**

Tratamiento	44 DDA	60 DDA
Fluopyram (L/ha) 0.5	54.21	67.26
Fluopyram (L/ha) 0.75	86.27	85.84
Fluopyram (L/ha) 0.9	85.35	90.09
Fluopyram (L/ha) 1	56.38	80.88

## 4.2 DISCUSIÓN

El presente estudio, es el primer trabajo en Perú en realizar la identificación de la especie de *Meloidogyne* presente en el cultivo de granado var. Wonderful en la zona de Huaral. Las observaciones de los patrones perineales de las hembras y las regiones cefálicas y labiales de los machos, concluyeron la presencia de la especie, *Meloidogyne incognita*.

En las pruebas *in vitro*, la eclosión de huevos dentro de la matriz gelatinosa y prueba de eclosión de huevos libres muestran una reducción en el número de individuos bajo las diferentes dosis de fluopyram reduciendo drásticamente la eclosión de huevos, la dosis de oxamilo (4 L/ha) también mostró una respuesta positiva en la reducción de la eclosión de huevos en muchos casos reduciendo hasta neutralizando dicho proceso.

En relación a la movilidad, fluopyram muestra un efecto supresor de la locomoción de *Meloidogyne incognita*, para cualquiera de la dosis utilizadas, produciendo el mismo efecto el uso de Oxamil a 4 L/ha, sin embargo la prueba de supervivencia muestra que después de la exposición de Fluopyram a cualquiera de las dosis empleadas en juveniles 2, estos no recobran su actividad, en cambio la aplicación de Oxamil es revertido después de un lavado y sumergido en agua por 48 horas, lo que muestra la capacidad nematicida de Fluopyram, lo cual es corroborado por Saire (2017) demostrando que Fluopyram a diferentes concentraciones afecta negativamente a *Meloidogyne incognita* en las diferentes pruebas *in vitro* realizadas.

Las pruebas de campo establecen la dosis de Fluopyram de 0.9 a 1 L/ha como la adecuada para el manejo de *Meloidogyne incognita* tanto en la reducción de la nodulación de las diferentes escalas como Baker, PIM y Zeck. Karseen et al. (2013) sugieren que el Fluopyram

puede interrumpir la quimiorrecepción y la capacidad de *Meloidogyne incognita* para infectar un sistema de raíz huésped.

Fluopyram tiene un movimiento limitado por el xilema, lo que indica que el contacto directo será importante para la supresión de nematodos en lugar de nematicidas sistémicos como el aldicarb, que se translocan a las raíces para inhibir la infección de nematodos o repeler los nematodos de la raíz (Faske y Hurd 2015).

Por otro lado, el fluopyram también demostró efecto de control de poblaciones del suelo y raíces, como afirma Saire (2017) fluopyram a 0.5 y 1.0 L/ha disminuyen de forma importante la multiplicación de *Meloidogyne incognita*.

En un experimento llevado a cabo por Jackson et al. (2014), el fluopyram aplicado como aerosol en los surcos se asoció más comúnmente con una reducción numérica del nematodo de las raíces y un mayor rendimiento, en este estudio también se realizó la aplicación en el suelo y se obtuvo buenos resultados reduciendo la presencia del nematodo hasta valores próximos a cero. Así mismo las semillas tratadas con fluopyram proporcionan una supresión de la infección por *Meloidogyne* y la protección del rendimiento potencial (Jackson et al. 2014).

En cuanto a su toxicidad, un trabajo desarrollado por Dong y Hu (2014), muestra que la vida media de Fluopyram fue de 6.48-6.60 días en sandía y 15.8-24.8 días en el suelo, y en cuanto los residuos terminales de Fluopyram estaban por debajo del valor límite de residuos (LMR) establecido por EE.UU. El residuo de Fluopyram en la pulpa de la sandía fue mucho más bajo que los LMR establecidos por los EE. UU es de 7 días después de la última aplicación. Por lo tanto, se sugiere un intervalo seguro antes de la cosecha de 7 días antes de la cosecha en sandía (Dong y Hu 2014).

## V. CONCLUSIONES

- La especie de nematodo encontrado e identificado, para el cultivo de granado *Punica granatum* en el Fundo Santa María, distrito de Chancay, provincia de Huaral, Región Lima, fue *Meloidogyne incognita*.
- Las pruebas in vitro indican que el fluopyram, tuvo un efecto en la reducción de la eclosión de huevos dentro de sus masas mucilaginosas, también en la eclosión de huevos libres, además de influir en el movimiento y supervivencia del estadio juvenil 2 de *Meloidogyne incognita*.
- Las pruebas de campo indican que el uso fluopyram (Verango prime), tuvo un efecto positivo en el control del nematodo del nódulo de la raíz (*Meloidogyne incognita*) para el cultivo de granado *Punica granatum* L. en la zona de Huaral, siendo la dosis de 0.9 a 1.0 L/ha, las que muestran reducción de la incidencia del nematodo en las variables estudiadas como grado y porcentaje de nodulación, reducción de la población de *Meloidogyne incognita* en raíces y en el suelo.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Desarrollo de un análisis económico para calcular el costo de aplicación con los beneficios en la producción del uso del nematicida Fluopyram (Verango prime).
- Seguir el tratamiento hasta la fructificación de la granada para evaluar el rendimiento de las plantas de acuerdo a las dosis de aplicación de Fluopyram.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. (2005). Fitopatología. 2 ed. México D.F., Grupo Noriega.
- AMPEX. (2016). Perfil de Mercado de La Granada Fresca. Recuperado de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/349144/pp6.pdf>
- Andrés, M. (2002). Estudio de la incidencia de nematodos formadores de nódulos (*Meloidogyne spp.*) y transmisores de virus (*Xiphinema spp.*) en cultivos de vid y melón de la comarca de Tomelloso. Resúmenes del XI Congreso de la Sociedad Española de Fitopatología. Almería.
- Arce, C.E.; Enrique, C. (2014). Identificación de las etapas fenológicas de *Punica granatum l. var. Wonderful* en Salaverry, Trujillo. Tesis para optar al grado de ingeniero agrónomo. Trujillo, Perú, Universidad Nacional de Trujillo. Recuperada de: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7639>
- Avenot, H.F.; Michailides, T.J. (2010). Progress in Understanding Molecular Mechanisms and Evolution of Resistance to Succinate Dehydrogenase Inhibiting (SDHI) Fungicides in Phytopathogenic Fungi. *Crop Protection* 29(7):643-651. Recuperado de [https://www.ndsu.edu/fileadmin/potatopathology/Alternia\\_SHHI\\_fungicides.pdf](https://www.ndsu.edu/fileadmin/potatopathology/Alternia_SHHI_fungicides.pdf)
- Bartra, R.J. (2003). Efecto de Diferentes Dosis de extractos vegetales en el cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum*) y en el control de *Meloidogyne sp.* en Cacatachi. Tesis para optar al grado de ingeniero agrónomo. Tarapoto, Perú, Universidad Nacional de San Martín. Recuperado de <https://tesis.unsm.edu.pe/handle/11458/1603>.
- Bayer CropScience. (2015) Verango Prime - Hoja de Datos de Seguridad. s.l., Bayer. Recuperado de <https://www.cropscience.bayer.pe/Productos-e-innovacion/Productos/Insecticidas/Verango-500-SC.aspx>.

- Been, T. H.; Schomaker, C. H., (2006). Distribution Patterns and Sampling. Plant nematology: 302-326. Recuperado de <https://www.cabi.org/isc/FullTextPDF/2006/20063106968.pdf>.
- Bernardo, A. (2014). Aplicaciones básicas para el análisis estadístico de datos experimentales en el programa Infostat. Guía de ejercicios. Estelí, Nicaragua, Universidad Católica del Trópico Seco.
- Bridge, J; Page, S.L. (1980). Estimation of Root-Knot Nematode Infestation Levels on Roots Using a Rating Chart. International Journal of Pest Management 26(3):296-298. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09670878009414416>.
- Cámara Procultivos, A. N. D. I. (2015). Manual para la elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con PQUA.
- Carranza, S.E. (2004). Evaluación de tres productos botánicos (*Crotalaria longirostrata*, *Tagetes tenuifolia* y *Asparagus officinalis*) y dos concentraciones para control del nematodo *Meloidogyne sp.* en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota*); a nivel de invernadero. Tesis para optar al grado de ingeniero agrónomo. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Recuperado de [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_2062.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2062.pdf)
- Chinchazo, E. (2013). Evaluación cualitativa y cuantitativa de frutos de granado (*Punica granatum* L.) en el primer año de producción variedad wonderful en la irrigación san camilo Arequipa. 2012. Tesis para optar al grado de ingeniero agrónomo. Arequipa, Perú, Universidad Católica Santa María. Recuperado de [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM\\_40991ab40033fbd9cc7094fee891d23c](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCSM_40991ab40033fbd9cc7094fee891d23c).
- Cillóniz, B. (2016) Granadas: Aumenta La Producción, El Consumo y La Competencia. *AgroForum.pe*. s.l. Recuperado de <https://www.agroforum.pe/agro-noticias/granadas-aumenta-produccion-consumo-y-competencia-8920/>.
- Curtis, RH; Robinson, A.F.; Perry, R.N. (2009). Hatch and Host Location. Root-knot nematodes: 139-162. de Mendiburu, F. 2017. *Agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research* (en línea). s.l., s.e. Disponible en <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

- Dalhin P.; Reinhar E.; Consoli E.; Krauss J.; Kieewmick S, (2019). Integrated control og *Meloidogyne incognita* in tomatoes using fluopyram and *Purpureocillium lalicinum* strain 251. *Crop Protection* (124): 10 , 120. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104874>Get rights and content
- Dong, B; Hurt J. (2014) Dissipation and Residue Determination of Fluopyram and Tebuconazole Residues in Watermelon and Soil by GC-MS. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry* 94(5):493-505. Recuperado de <https://doi.org/10.1080/03067319.2013.841152>.
- Eisenback, J.D. (1983). Guía Para La Identificación de Las Cuatro Especies Más Comunes Del Nematodo Agallador (*Meloidogyne Especies*), Con Una Clave Pictórica. México, Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado de <https://www.researchgate.net/profile/JonathanEisenback/publication>
- Evans, A; Perry, R.(2009). *Meloidogyne* Speciesa Diverse Group of Novel and Important Plant Parasites. Root-knot nematodes. Wallingford, CABI: 201-222.Recuperado de <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp129733.pdf>.
- Faske, T.R.; Hurd, K. (2015). Sensitivity of *Meloidogyne Incognita* and *Rotylenchulus reniformis* to Fluopyram. *Journal of Nematology* 47(4):316-321. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26941460/>.
- Faske T.; Brown K. (2019). Movement of seed - and soil – applied fluopyram in soil columns. *The Journal of Nematology* 51: e2019-45. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104874>Get rights and content
- Fritz, K. J., Lautenschlager, R. A., & Kemmitt, G. M. (2015). Mode of action of fluopyram in nematodes: Targeting of the L-subtype acetylcholine receptor. *Pest Management Science*, 71(6), 823-830. doi:10.1002/ps.3882
- García-Viguera, C.; Pérez Vicente, A. (2004). La granada. Alimento rico en polifenoles antioxidantes y bajo en calorías. *Alimentación, nutrición y salud* 11(4):113-120.Recuperado de <https://digital.csic.es/handle/10261/17946>.

- Oka, Y. (2020). From old-generation to next-generation nematicides. *Agronomy*, 10(9), 1387.
- Golec, A. F. C. (2018). Estudio fenológico, floral, y frutal del árbol de granado (*Punica granatum* L.) variedad Wonderful en el departamento de Ica en Perú. In *Anales Científicos* (Vol. 79, No. 1, pp. 92-100). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gutiérrez, Y.Y.; Terrones, L.J. (2016). Caracterización fisicoquímica y estabilidad oxidativa del aceite de semilla de granada (*púnica granatum*). Tesis para optar el título profesional de ingeniero agroindustrial. Chimbote, Perú, Universidad Nacional del Santa. Recuperado de <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2993>
- Hartman, K.M. & Sasser, J.N. (1985) Identificación de especies de *Meloidogyne* mediante prueba de huésped diferencial y morfología del patrón perineal, págs. 69-77. En Un tratado avanzado sobre *Meloidogyne*; Metodología Vol.II, ed. KR Barker, CC Carter y JN Sasser. Cooperativa. publ. dep. Plant Pathol., NC State University y US Agency Int. Dev., Raleigh NC En prensa.
- Henderson, C.F; Tilton, E.W. 1955. Tests with Acaricides against the Brown Wheat Mite. *Journal of Economic Entomology* 48(2):157-161.
- Silva, J. D. O., Loffredo, A., da Rocha, M. R., & Becker, J. O. (2019). Efficacy of new nematicides for managing *Meloidogyne incognita* in tomato crop. *Journal of Phytopathology*, 167(5), 295-298.
- Jackson, C.S.; Faske, T.R.; Kirkpatrick, T.L. (2014). Assessment of Fluopyram for Suppression of Root-Knot Nematode (*Meloidogyne Incognita*) in Soybean. *Soybean Research Studies* 2014:65 Recuperado de <https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS-04-17-0585-RE>.
- Jones, J.G.; Kleczewski, N.M; Desaegeer, J.; Meyer, S.L.; Johnson, G.C. (2017). Evaluation of Nematicides for Southern Root-Knot Nematode Management in Lima Bean. *Crop Protection*. 96:151-157. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2017.02.015>.
- Jones, J.T.; Haegeman, A.; Danchin, E.G.J.; Gaur, H.S.; Helder, J.; Jones, M.G.K.; Kikuchi, T.; Manzanilla-López, R.; Palomares-Rius, J.E.; Wesemael, W.M.L.; Perry, R.N.

- (2013). Top 10 Plant-Parasitic Nematodes in Molecular Plant Pathology. *Molecular Plant Pathology* 14(9):946-961. Recuperado de <https://doi.org/10.1111/mpp.12057>.
- Karssen, G.; Wesemael, W.M.L.; Moens, M. (2013). Root-Knot Nematodes. *In*. s.l., CABI. pp. 73-108. Recuperado de <https://research.wur.nl/en/publications/root-knot-nematodes-2>
- Koo, W. (2018). Granadas. *AgradataPerú*. S.l., Recuperado de <https://www.agrodataperu.com/category/exportaciones/granadas>.
- Koolman, J.; Röhm, K.H. (2005). Bioquímica: texto y atlas. 3 ed. Madrid, España, Ed. Médica Panamericana.
- López Y. (2019). Efecto del ácido indol butírico en el enraizamiento de estaquillas semileñosas de granado (*Punica granatum*) variedad Wonderful en la localidad de Sama Región Tacna, Universidad Nacional de Jorge Basadre Groman. Recuperado de **URI:** <http://repositorio.unjbg.edu.pe/handle/UNJBG/3692>
- Luc, M.; Sikora, R.A.; Bridge, J. (2005). Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture. s.l., Cabi.
- Medina, P. (2019). Manejo cultural del cultivo de granado (*Punica granatum*) Var. Wonderful para la exportación realizado en Agrícola Pampa Baja S.A.C. Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo. Universidad San Agustín de Arequipa.
- McCarter, J.P. (2008). Nematology: Terra Incognita No More. *Nature Biotechnology* 26(8):882-884. Recuperado de <https://doi.org/10.1038/nbt0808-882>.
- Melgarejo, M.P. 2010. Conferencia General: El Granado, Su Problemática y Usos. *In*. Valencia, España, SPE·3 / Especialistas en Servicios Profesionales. pp. 7-28. Recuperado de <https://pvm.umh.es/files/2013/04/El-Granado2.pdf>.
- Melgarejo, P.; Salazar, D.M. 2003. Tratado de Fruticultura Para Zonas Áridas y Semiáridas: Algarrobo, Granado y Jinjolero. Madrid, Mundi-Prensa y AMV Ediciones, vol.2. Recuperado de <https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484761112/tratado-de-fruticultura-para-zonas-aridas-y-semiaridas>.

- 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, 3.
- Pérez-Vicente, A & Serrano, P.A. & Abellan, Pedro & Cristina, Garcia-Viguera. (2004). Influence of packaging material on pomegranate juice colour and bioactive compounds, during storage. Journal of the Science of Food and Agriculture. 84. 639 - 644. 10.1002/jsfa.1721.
- Saire, L.A. (2017). Productos químicos alternativos e ingredientes activos comercialmente nuevos para el control de *Meloidogyne incognita* en tomate en invernadero. Tesis para optar al grado de ingeniero agrónomo. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. Recuperado de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/2955>
- Sasser, J.N. (1979). Economic Importance of Meloidogyne in Tropical Countries. Root-knot nematodes:359-374.
- Schaffer, A., & Mabagala, R. (2016). Discovery and mode of action of fluopyram: A story of great chemistry, perseverance, and luck. *Pest Management Science*, 72(12), 2194-2200. doi:10.1002/ps.4400
- Sepúlveda, E.; Sáenz, C.; Peña, Á.; Robert, P.; Bartolomé, B; Gómez-Cordovés, C. 2010. Influence of the Genotype on the Anthocyanin Composition, Antioxidant Capacity and Color of Chilean Pomegranate (*Punica Granatum L.*) Juices. University of Carolina State.
- 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.
- Uribe, JA. (2016). Estudio de Prefactibilidad Para La Instalación de Una Empresa Productora de Granada (*Punica Granatum L. Var. Wonderful*) Para Su Comercialización En El Mercado Internacional. Tesis Para Optar Al Grado de Ingeniero Agrónomo. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Wieczorek, K., Hofmann, J., & Bloechliger, E. (2016). Fluopyram: An overview of its target pests and modes of action. *Revista Brasileira de Entomologia*, 60(2), 101-110. doi:10.1016/j.rbe.2016.03.002

Zeck, W. (1971). A rating scheme for field evaluation of root-knot nematode infestations. *Pflanzenschutz-Nachrichten Bayer* (24):1, 141-144. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302304189>.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Análisis de varianza de prueba de eclosión de huevos dentro de la matriz gelatinosa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.97	5	0.99	5.13	0.0043
TRATAMIENTO	4.97	5	0.99	5.13	0.0043
Error	3.49	18	0.19		
Total	8.47	23			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
J2 EMERGIDOS	MH 24	0.59	0.47	28.41

### Anexo 2. Análisis de varianza de prueba de eclosión de huevos libres

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	32154.21	5	6430.84	429.12	<0.0001
TRATAMIENTO	32154.21	5	6430.84	429.12	<0.0001
Error	269.75	18	14.99		
Total	32423.96	23			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
J2 EMERGIDOS	MH 24	0.99	0.99	16.44

### Anexo 3. Análisis de variancia de prueba de movilidad de juveniles 2 de Meloidogyne incognita

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	26840.50	5	5368.10	479.53	<0.0001
TRATAMIENTO	26840.50	5	5368.10	479.53	<0.0001
Error	201.50	18	11.19		
Total	27042.00	23			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
§ MOVIMIENTO	24	0.99	0.99	20.91

**Anexo 4. Análisis de varianza de pruebas de sobrevivencia de juveniles 2 de Meloidogyne incognita**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	361.50	5	72.30	170.79	<0.0001
TRATAMIENTO	361.50	5	72.30	170.79	<0.0001
Error	7.62	18	0.42		
Total	369.12	23			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
% SOBREVIVENCIA	24	0.98	0.97	17.26

**Anexo 5. Análisis de varianza de porcentaje de nodulación Baker 00 DDA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 00 DDA	80	0.30	0.23	24.35

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	59.99	7	8.57	4.40	0.0004
Bloque	30.59	3	10.20	5.23	0.0025
Tratamiento	29.40	4	7.35	3.77	0.0077
Error	140.37	72	1.95		
Total	200.36	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 00 DDA	80	0.30	0.23	24.35

**Anexo 6 . Análisis de varianza de porcentaje de nodulación Baker 20 DDA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 20 DDA	80	0.35	0.29	13.36

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	24.88	7	3.55	5.65	<0.0001
Bloque	12.81	3	4.27	6.79	0.0004
Tratamiento	12.07	4	3.02	4.80	0.0017
Error	45.26	72	0.63		
Total	70.14	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 20 DDA	80	0.35	0.29	13.36

**Anexo 7. Análisis de varianza de porcentaje de nodulación Baker 44 DDA**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 44 DDA	80	0.83	0.81	20.76

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	424.88	7	60.70	50.57	<0.0001
Bloque	9.75	3	3.25	2.71	0.0515
Tratamiento	415.13	4	103.78	86.47	<0.0001
Error	86.42	72	1.20		
Total	511.29	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 44 DDA	80	0.83	0.81	20.76

### Anexo 8. Análisis de variancia de porcentaje de nodulación Baker 60 DDA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	431.91	7	61.70	29.07	<0.0001
Bloque	1.54	3	0.51	0.24	0.8664
Tratamiento	430.37	4	107.59	50.70	<0.0001
Error	152.80	72	2.12		
Total	584.71	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Baker 60 DDA	80	0.74	0.71	25.29

### Anexo 9. Análisis de variancia nodulación escala PIM 00 DDA

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PIM 00 DDA	80	0.42	0.36	15.68

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	5.26	7	0.75	7.32	<0.0001
Bloque	3.04	3	1.01	9.86	<0.0001
Tratamiento	2.22	4	0.56	5.41	0.0007
Error	7.40	72	0.10		
Total	12.66	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PIM 00 DDA	80	0.42	0.36	15.68

### Anexo 10. Análisis de variancia nodulación escala PIM 20 DDA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.33	7	0.33	4.04	0.0009
Bloque	1.57	3	0.52	6.36	0.0007
Tratamiento	0.76	4	0.19	2.30	0.0674
Error	5.94	72	0.08		
Total	8.27	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PIM 20 DDA	80	0.28	0.21	13.62

### Anexo 11. Análisis de variancia nodulación escala PIM 20 DDA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	14.87	7	2.12	38.25	<0.0001
Bloque	0.53	3	0.18	3.17	0.0293
Tratamiento	14.34	4	3.58	64.56	<0.0001
Error	4.00	72	0.06		
Total	18.87	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
PIM 44 DDA	80	0.79	0.77	14.34

## Anexo 12. Análisis de variancia nodulación escala PIM 60 DDA

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	10.28	7	1.47	13.33	<0.0001
Bloque	0.35	3	0.12	1.06	0.3699
Tratamiento	9.92	4	2.48	22.52	<0.0001
Error	7.93	72	0.11		
Total	18.21	79			

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
PIM60 DDA	80	0.56	0.52	19.76

## Anexo 13. Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 00 DDA

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Zeck 00 DDA	80	0.42	0.36	18.11

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	12.17	7	1.74	7.31	<0.0001
Bloque	8.31	3	2.77	11.63	<0.0001
Tratamiento	3.87	4	0.97	4.06	0.0050
Error	17.14	72	0.24		
Total	29.31	79			

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Zeck 00 DDA	80	0.42	0.36	18.11

## Anexo 14. Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 20 DDA

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	4.16	7	0.59	5.25	0.0001
Bloque	3.27	3	1.09	9.61	<0.0001
Tratamiento	0.90	4	0.22	1.98	0.1072
Error	8.16	72	0.11		
Total	12.32	79			

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Zeck 20 DDA	80	0.34	0.27	12.03

## Anexo 15. Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 44 DDA

<u>F.V.</u>	<u>SC</u>	<u>gl</u>	<u>CM</u>	<u>F</u>	<u>p-valor</u>
Modelo.	29.43	7	4.20	32.32	<0.0001
Bloque	1.80	3	0.60	4.62	0.0052
Tratamiento	27.62	4	6.91	53.10	<0.0001
Error	9.36	72	0.13		
Total	38.79	79			

<u>Variable</u>	<u>N</u>	<u>R<sup>2</sup></u>	<u>R<sup>2</sup> Aj</u>	<u>CV</u>
Zeck 44 DDA	80	0.76	0.74	17.02

### Anexo 16. Análisis de variancia de nodulación escala ZECK 60 DDA

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	19.44	7	2.78	14.59	<0.0001
Bloque	0.70	3	0.23	1.23	0.3059
Tratamiento	18.74	4	4.68	24.61	<0.0001
Error	13.71	72	0.19		
Total	33.15	79			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Zeck 60 DDA	80	0.59	0.55	19.56

### Anexo 17. Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo antes de la aplicación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.60	7	0.37	0.96	0.5016
Bloque	0.38	3	0.13	0.33	0.8048
Tratamiento	2.22	4	0.55	1.43	0.2839
Error	4.66	12	0.39		
Total	7.25	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 100cc suelo 00 DDA.	20	0.36	0.00	147.64

### Anexo 18. Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo 20 DDA.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.82	7	0.55	1.46	0.2683
Bloque	2.58	3	0.86	2.31	0.1283
Tratamiento	1.24	4	0.31	0.83	0.5318
Error	4.47	12	0.37		
Total	8.29	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 100cc suelo 20 DDA	20	0.46	0.15	72.08

### Anexo 19. Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo 44 DDA.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	8.82	7	1.26	1.88	0.1613
Bloque	1.74	3	0.58	0.86	0.4870
Tratamiento	7.08	4	1.77	2.64	0.0864
Error	8.06	12	0.67		
Total	16.88	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 100cc suelo 44 DDA.	20	0.52	0.24	81.54

**Anexo 20. Análisis de variancia de individuos en 100 cc de suelo 60 DDA.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.77	7	0.68	1.16	0.3891
Bloque	0.43	3	0.14	0.24	0.8647
Tratamiento	4.34	4	1.09	1.86	0.1831
Error	7.02	12	0.59		
Total	11.80	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 100cc suelo60 DDA	20	0.40	0.06	61.53

**Anexo 21. Análisis de variancia de individuos J2 en un gramo de raíz antes de la aplicación**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10.81	7	1.54	4.01	0.0172
Bloque	1.91	3	0.64	1.65	0.2295
Tratamiento	8.90	4	2.22	5.77	0.0079
Error	4.62	12	0.39		
Total	15.43	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 gr. raíz 00 DDA	20	0.70	0.53	59.46

**Anexo 22. Análisis de variancia de individuos J2 en un gramo de raíz a los 44 DDA.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.93	7	0.56	0.70	0.6716
Bloque	2.22	3	0.74	0.92	0.4589
Tratamiento	1.71	4	0.43	0.53	0.7130
Error	9.59	12	0.80		
Total	13.52	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 gr. raíz 44 DDA	20	0.29	0.00	67.52

**Anexo 23. Análisis de variancia de individuos J2 en un gramo de raíz a los 60 DDA.**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	9.18	7	1.31	2.82	0.0550
Bloque	2.10	3	0.70	1.51	0.2622
Tratamiento	7.08	4	1.77	3.81	0.0318
Error	5.57	12	0.46		
Total	14.76	19			

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Nº J2 gr. raíz 60 DDA	20	0.62	0.40	59.85