

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**



**“MOMENTOS DE APLICACIÓN DE FLUOPYRAM PARA EL  
TRASPLANTE DEL CULTIVO DE *Capsicum annuum* ‘PIMIENTO’  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**JORGE LUIS VALVERDE DAMIÁN**

**LIMA-PERÚ**

**2021**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

“MOMENTOS DE APLICACIÓN DE FLUOPYRAM PARA EL  
TRASPLANTE DEL CULTIVO DE *Capsicum annuum* ‘PIMIENTO’  
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO”

JORGE LUIS VALVERDE DAMIÁN

Tesis para optar el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Sustentada y Aprobada ante el siguiente jurado:

.....  
Ing. M. S. Andrés Virgilio Casas Díaz  
**PRESIDENTE**

.....  
Dra. Elsa Elizabeth Carbonell Torres  
**ASESORA**

.....  
Dr. Jorge Ramon Castillo Valiente  
**MIEMBRO**

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

**LIMA-PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

A mis padres queridos, Epifanio Valverde y Griselda Damián, por siempre confiar en mí, apoyarme en mis decisiones, por ser las bases que me ayudaron a llegar hasta aquí, ahora puedo decirles que he cumplido parte de sus sueños y aún tengo muchas alegrías que regalarles. Muchísimas gracias por todo.

A mis hermanos queridos, Pamela Valverde y Fernando Valverde, por su apoyo emocional en los momentos más difíciles y por enseñarme a disfrutar de la vida, sin ustedes no sería lo que soy ahora.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Dra. Elsa Carbonell, por ser mi asesora de tesis, por compartir sus conocimientos que me ayudaron a terminar la tesis, por brindarme su apoyo, confianza y sobre todo su paciencia durante todo ese tiempo.

A la Ing. Karla Ganoza, por permitirme realizar la tesis con la empresa Bayer S.A., por su disposición inmediata ante cualquier evento y por ser muy atenta conmigo.

A los miembros del jurado: Ing. Mg. Sc. Andrés Casas, Dr. Jorge Castillo Valiente y al Ing. Mg. Sc. Alfonso Palomo, por sus recomendaciones y observaciones finales para la redacción de la tesis.

A los miembros del laboratorio de nematología de la facultad de Agronomía: Ing. Luis Saire, Sr. Marcelino, Sra. Olga y la Sra. Julia, por facilitarme todo lo necesario para la instalación y el levantamiento de tesis, por su disponibilidad y buen humor que siempre tuvieron conmigo.

A Vania Quintana y Néstor De la Cruz, por autodenominarse “los incondicionales”, por su apoyo incondicional que hizo posible la realización de la tesis y a María Díaz, por su apoyo durante la instalación de la tesis.

A Claudia Alcántara, por su buena onda y apoyo constante durante la ejecución de la tesis.

Y para una amiga muy especial que me apoyó desde el inicio del proyecto de tesis y que siempre estuvo dándome ánimos y confianza.

## ÍNDICE GENERAL

I.	<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
II.	<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1.	<b>CULTIVO DE PIMIENTO</b> .....	3
2.1.1.	Historia del pimiento.....	3
2.1.2.	Importancia del cultivo.....	4
2.1.3.	Descripción botánica.....	4
2.1.4.	Característica del pimiento var. Piquillo.....	5
2.1.5.	Requerimientos agroclimáticos.....	5
2.2.	<b>NEMATODOS</b> .....	6
2.3.	<b>MELOIDOGYNE INCOGNITA</b> .....	7
2.3.1.	Clasificación taxonómica.....	7
2.3.2.	Morfología y desarrollo de <i>M. incognita</i> .....	7
2.3.3.	Ecología y distribución.....	9
2.3.4.	Histología y patogenicidad.....	11
2.4.	<b>CONTROL QUÍMICO</b> .....	13
2.5.	<b>FLUOPYRAM- VERANGO® PRIME</b> .....	14
2.5.1.	Introducción.....	13
2.5.2.	Clasificación.....	14
2.5.3.	Características.....	15
2.5.4.	Modo de acción.....	15
III.	<b>METODOLOGÍA</b> .....	16
3.1.	<b>LUGAR DE EJECUCIÓN</b> .....	16
3.2.	<b>METODOLOGÍA EXPERIMENTAL</b> .....	16
3.2.1.	Almacigo.....	16
3.2.2.	Obtención del suelo estéril.....	16
3.2.3.	Obtención del inóculo.....	17
3.2.4.	Instalación e inoculación.....	17
3.2.5.	Tratamientos.....	18
3.2.6.	Manejo agronómico.....	19
3.2.7.	Parámetros de evaluación.....	19

3.3.	ANÁLISIS EXPERIMENTAL .....	24
3.3.1	Diseño experimental.....	24
3.3.2	Unidad experimental.....	24
3.3.3	Duración de la investigación.....	24
IV.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	25
4.1.	FITOTOXICIDAD.....	25
4.2.	ALTURA DE PLANTA.....	27
4.3.	PESO FRESCO PARTE AÉREA Y PESO FRESCO RAÍZ .....	29
4.4.	PESO SECO PARTE AEREA Y PESO SECO RAÍZ .....	32
4.5.	PESO SECO Y PESO FRESCO FRUTO.....	35
4.6.	NÚMERO Y LONGITUD DE FRUTOS.....	37
4.7.	ÍNDICE DE NODULACIÓN .....	40
4.8.	NÚMERO DE J2- HUEVOS DE <i>M. INCOGNITA</i> POR GRAMO DE RAÍZ.....	42
4.9.	NÚMERO DE J2 DE <i>M. INCOGNITA</i> EN 100CC SUELO.....	44
4.10.	POBLACIÓN FINAL DE <i>M. INCOGNITA</i> .....	45
4.11.	FACTOR DE REPRODUCCIÓN DE <i>M. INCOGNITA</i> .....	47
4.12.	PORCENTAJE DE EFICIENCIA DEL FLUOPYRAM.....	49
4.13.	PERMANENCIA EFECTIVA DEL FLUOPYRAM A NIVEL DEL SUELO DESPUÉS DE LA COSECHA (90DÍAS) SEGÚN EL ÍNDICE DE NODULACIÓN PROPUESTO POR TAYLOR Y SASSER (1978)...	51
V.	<b>CONCLUSIONES</b> .....	54
VI.	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	55
VII.	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	56
VIII.	<b>ANEXO</b> .....	63

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Determinación de los tratamientos empleados según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	18
<b>Tabla 2:</b> Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS) para evaluar la fitotoxicidad en los cultivos.....	21
<b>Tabla 3:</b> Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) para evaluar raíces infectadas por <i>Meloidogyne</i> spp. ....	21
<b>Tabla 4:</b> Fitotoxicidad en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante a los 7 DDT, 14 DDT, 21DDT y 69 DD.. ....	25
<b>Tabla 5:</b> Altura de planta (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	27
<b>Tabla 6:</b> Peso fresco parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	29
<b>Tabla 7:</b> Peso fresco de raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	30
<b>Tabla 8:</b> Peso seco parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	32
<b>Tabla 9:</b> Peso seco raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	33
<b>Tabla 10:</b> Peso seco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	35
<b>Tabla 11:</b> Peso fresco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	35
<b>Tabla 12:</b> Número de fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	37
<b>Tabla 13:</b> Longitud de fruto (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	38
<b>Tabla 14:</b> Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	40
<b>Tabla 15:</b> Número de J2- huevos <i>M. incognita</i> por gramo de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	42

<b>Tabla 16:</b> Número de J2 de <i>M. incognita</i> en 100cc de suelo según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	44
<b>Tabla 17:</b> Población final de <i>M. incognita</i> según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	45
<b>Tabla 18:</b> Factor de reproducción según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	47
<b>Tabla 19:</b> Porcentaje de eficiencia según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	49
<b>Tabla 20:</b> Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) como indicativo de la permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo después de la cosecha (90días) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b> Fitotoxicidad en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante a los 7 DDT, 14 DDT, 21DDT y 69 DDT.....	26
<b>Figura 2:</b> Altura de planta (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	28
<b>Figura 3:</b> Peso fresco de la parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	31
<b>Figura 4:</b> Peso fresco de raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	31
<b>Figura 5:</b> Peso seco de la parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	34
<b>Figura 6:</b> Peso seco de raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	34
<b>Figura 7:</b> Peso seco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	36
<b>Figura 8:</b> Peso fresco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	37
<b>Figura 9:</b> Número de frutos según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	39
<b>Figura 10:</b> Longitud del fruto (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	39
<b>Figura 11:</b> Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	41
<b>Figura 12:</b> Número de J2- huevos por gramo de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	43
<b>Figura 13:</b> Número de J2 de <i>M. incognita</i> en 100 cc de suelo según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	44
<b>Figura 14:</b> Población final de <i>M. incognita</i> según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	46
<b>Figura 15:</b> Factor de reproducción de <i>M. incognita</i> según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	48

<b>Figura 16:</b> Porcentaje de eficiencia del fluopyram según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	50
<b>Figura 17:</b> Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) como indicativo de la permanencia efectiva del fluopyram a nivel de suelo después de la cosecha (90días) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	52

## ÍNDICE DE ANEXO

<b>Anexo 1:</b> Datos de los parámetros indirectos según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	63
<b>Anexo 2:</b> Datos de los parámetros directos y de respuesta del hospedante según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	65
<b>Anexo 3:</b> Análisis de varianza para el parámetro altura de planta según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	67
<b>Anexo 4:</b> Análisis de varianza para el parámetro peso fresco parte aérea según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	67
<b>Anexo 5:</b> Análisis de varianza para el parámetro peso fresco de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	67
<b>Anexo 6:</b> Análisis de varianza para el parámetro peso seco parte aérea según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	68
<b>Anexo 7:</b> Análisis de varianza para el parámetro peso seco raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	68
<b>Anexo 8:</b> Análisis de varianza para el parámetro peso seco fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	68
<b>Anexo 9:</b> Análisis de varianza para el parámetro peso fresco fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	69
<b>Anexo 10:</b> Análisis de varianza para el parámetro número de fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	69
<b>Anexo 11:</b> Análisis de varianza para el parámetro longitud de fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento.....	69
<b>Anexo 12:</b> Análisis de varianza para el parámetro índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a $\sqrt{x}$ ).....	70
<b>Anexo 13:</b> Análisis de varianza para el parámetro número de J2- huevos <i>M. incognita</i> por gramo de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a log 10).....	70
<b>Anexo 14:</b> Análisis de varianza para el parámetro población final de <i>M. incognita</i> según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a log 10).....	70

<b>Anexo 15:</b> Análisis de varianza para el parámetro factor de reproducción según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a log10).....	71
<b>Anexo 16:</b> Análisis de varianza para el parámetro porcentaje de eficiencia según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a arcoseno $\sqrt{x}$ ).....	71
<b>Anexo 17:</b> Instalación del proyecto de investigación.....	72
<b>Anexo 18:</b> Medición de los parámetros de crecimiento y producción en el cultivo de pimiento.....	73
<b>Anexo 19:</b> Síntomas de fitotoxicidad por fluopyram en el cultivo de pimiento según la escala EWRS.....	74
<b>Anexo 20:</b> Comparación de raíces en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram y los testigos.....	76
<b>Anexo 21:</b> Comparación de frutos en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram y los testigos .....	78
<b>Anexo 22:</b> Comparación de raíces del bioensayo en el cultivo de tomate según los días de aplicación del fluopyram y los testigos.....	80

## RESUMEN

Debido que muchos de los productos nematicidas actuales están bajo presión regulatoria y próximo a salir del mercado nacional debido a efectos toxicológicos y ambientales, Bayer Cropscience en busca de una solución alternativa ha desarrollado el nematicida fluopyram conocido comercialmente como Verango® Prime; sin embargo, su aplicación en campo se realiza entre siete y diez días después del trasplante debido a posibles efectos fitotóxicos en el cultivo de pimiento. Ese lapso sin aplicación del nematicida favorece al desarrollo de *M. incognita*, por tal motivo se determinó evaluar los efectos del fluopyram en los diferentes momentos de aplicación en el cultivo de pimiento var. piquillo y en el nematodo *M. incognita* bajo condiciones de invernadero. La metodología empleada consistió en inocular (a excepción del testigo sin nematodos) 500 J2-huevos *M. incognita*/100cc de suelo esterilizado en macetas de un kilogramo, definiéndose los tratamientos según los días de aplicación del fluopyram al trasplante, un día, dos, tres, cuatro, cinco y seis días después del trasplante respectivamente. Los resultados obtenidos muestran que los tratamientos con fluopyram presentaron síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento, reduciendo los parámetros de crecimiento como altura de planta, peso fresco y peso seco de raíz, peso fresco y peso seco de la parte aérea y reduciendo los parámetros de producción como peso fresco y peso seco de fruto, número y longitud de fruto. Las aplicaciones de fluopyram disminuyeron el índice de nodulación, población de *M. incognita* por gramo de raíz y en 100cc de suelo, población final, factor de reproducción, presentando una eficiencia de control de 84 – 98 % sobre *M. incognita* bajo condiciones de invernadero. El resultado del bioensayo en el cultivo tomate var. rio grande presentó una permanencia efectiva de control del fluopyram a nivel de suelo de 142 días bajo condiciones de invernadero.

**Palabras claves:** *M. incognita*, piquillo, nematicida, fluopyram, Verango, fitotoxicidad.

## SUMMARY

Because many of the current nematicide products are under regulatory pressure and close to leaving the national market due to toxicological and environmental effects, Bayer Cropscience in search of an alternative solution has developed the neopramide fluopyram commercially known as Verango® Prime; however, its application in the field is carried out between seven and ten days after the transplant due to possible phytotoxic effects in the pepper crop. That period without application of the nematicide favors the development of *M. incognita*, for this reason it was determined to evaluate the effects of fluopyram at different times of application in the cultivation of pepper var. piquillo and in the nematode *M.* unknown under greenhouse conditions. The methodology used consists of inoculating (an exception of the control without nematodes) 500 J2-eggs *M. incognita* / 100cc of sterilized soil in one kilogram pots, defining the treatments according to the days of application of the fluopyram to the transplant, one day, two, three, four, five and six days after the transplant respectively. Detailed results that treatments with fluopyram, synthetic symptoms of phytotoxicity in the cultivation of pepper, reducing growth parameters such as plant height, fresh weight and dry root weight, fresh weight and dry weight of the aerial part and reducing parameters of production as fresh weight and dry weight of fruit, number and length of fruit. Applications with fluopyram decreased the nodulation index, population of *M. incognita* per gram of root and in 100cc of soil, final population, reproduction factor, presenting a control efficiency of 84 - 98 percent over *M. incognita* under conditions of greenhouse. The result of the bioassay in the tomato var. Rio Grande apparently has an effective permanence of control of fluopyram at ground level of 142 days under greenhouse conditions.

**Keywords:** *M. incognita*, piquillo, nematicide, fluopyram, Verango, phytotoxicity.

## I. INTRODUCCIÓN

El pimiento (*Capsicum annuum*), es uno de los cultivos de gran importancia en la costa peruana, con una gran perspectiva en el crecimiento de sus áreas de producción agrícola por ser un importante rubro en el área de la agro exportación.

El Perú es el octavo exportador mundial de *Capsicum* (pimientos y ajíes) en seco y en conserva; y el sexto producto más exportado del sector agrario no tradicional, posición que tiende a seguir mejorando debido al ingreso continuo a nuevos mercados internacionales (ADEX, citado por El Comercio, 2017).

Con el auge del cultivo y su producción intensiva se han incrementado los problemas fitosanitarios disminuyendo los rendimientos en el cultivo de pimiento. Dentro de estos problemas tienen gran importancia los daños ocasionados por nematodos, específicamente *M. incognita* que ocasiona retrasos en el crecimiento del pimiento, disminuyendo la producción y la calidad del producto cosechado, agravándose aún más estos problemas debido a la acción sinérgica que presenta con otros patógenos del suelo.

Teniendo en cuenta que actualmente solo se tienen productos de acción neurotóxicas de alta toxicidad, que producen efectos perjudiciales sobre salud humana, animales y microorganismos benéficos del suelo y con el propósito de seguir controlando poblaciones de nematodos, es imperativo el descubrimiento y desarrollo de nuevos nematicidas altamente eficaces que permitan satisfacer la creciente demanda social de seguridad para las personas. Por esta razón, empresas agroquímicas importantes como Bayer Cropscience ha desarrollado el nematicida Verango® Prime cuya molécula activa es el fluopyram, de baja toxicidad, con un alto grado de residualidad que permite un control prolongado, de acción sistémica – metabólica con muchas ventajas comparado con los nematicidas actualmente conocidos, lo que representa una nueva alternativa en el control de los nematodos.

Las recomendaciones técnicas del Verango® Prime a nivel de campo indican su aplicación a partir del día siete al día diez después del trasplante en el cultivo de pimiento, situación que dificulta el manejo de *Meloidogyne incognita* ya que el nematodo dispone de todo ese tiempo para infestar y formar células gigantes en las raíces del cultivo, ofreciéndole protección de agentes externos, manteniendo su integridad física y funcional frente a la actividad nematicida, afectando los rendimientos y la calidad del producto cosechado. Además, la práctica cultural de rotación de cultivo es muy poco utilizado a nivel nacional y el hecho de cultivar pimiento sobre pimiento intensifica los problemas con *Meloidogyne incognita*, limitando aún más los rendimientos del cultivo de pimiento en la siguiente campaña.

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general, determinar los efectos del fluopyram conocido comercialmente como VERANGO® Prime en los diferentes momentos de aplicación en el cultivo de pimiento var. piquillo y el nematodo *M. incognita* bajo condiciones de invernadero, y como objetivos específicos: evaluar los parámetros de crecimiento y producción del pimiento var. piquillo debido al efecto del fluopyram, evaluar la eficiencia de fluopyram en el control de *M. incognita* y determinar mediante bioensayo la permanencia efectiva de control del fluopyram a nivel de suelo bajo condiciones de invernadero.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. CULTIVO DEL PIMIENTO

#### 2.1.1. Historia del pimiento

En los años de 1925- 1928, a raíz del descubrimiento de los centros de origen de las plantas dada por Vavilov, se organizan una serie de expediciones por todo el mundo permitiendo a los taxónomos nuevas propuestas taxonómicas y replantear todo lo que existía en materia de nomenclatura de especies de plantas cultivadas. Las expediciones organizadas llegaron al Continente Americano con el objetivo de obtener material biológico de diferentes especies cultivadas, una de ellas se dirigió a la zona central de América y la otra en la Región Andina recolectando diferentes especies de plantas, entre ellos los *Capsicum* (Zhukovsky, citado por Mendoza, 2006).

La mayoría de taxónomos mantienen el criterio que las especies de *Capsicum* presentan dos centros de origen, una de las regiones tropicales y subtropicales de Meso América, como es el caso de pimientos de escaso picor, tales como el piquillo y otros picantes; y otra en la región central andino de América del Sur que comprende países como Perú y Bolivia, que se han desarrollado otras especies de *Capsicum* (Zhukovsky, citado por Mendoza, 2006).

El nombre científico del pimiento es *Capsicum annuum*, aunque al no existir una clasificación homogénea que agrupe a distintas especies de *Capsicum*, no se mencionan subdivisiones que puedan existir dentro de la especie y esto sucede porque la diversidad de ajés en el Perú no ha sido bien documentada ni estudiada desde el punto botánico sistemático (Programa de Hortalizas UNALM, 2012).

La terminología usual en el campo de la nomenclatura taxonómica en relación al ají: *Capsicum* proviene del griego Kapso, Kaptein que significa picar, referido al aroma pungente y penetrante que tiene el ají (Mendoza, 2006).

### **2.1.2. Importancia del cultivo**

El pimiento (*Capsicum annuum*), es uno de los cultivos de mayor importancia en la costa peruana con una gran perspectiva en el crecimiento en sus áreas de producción para el mercado de agro exportación, debido a la demanda de la agroindustria por sus diversas presentaciones tanto en fresco, conserva, deshidratado y polvo (Chapilliquen, 2010).

El Perú es el octavo exportador mundial de *Capsicum* (pimientos y ajíes) en seco y en conserva, y el sexto producto más exportado del sector agrario no tradicional, posición que tiende a seguir mejorando debido al acceso continuo a nuevos mercados internacionales (ADEX, citado por el Comercio, 2017).

Los acuerdos de tratado de libre comercio (TLC) firmado con Estados Unidos hacen que sea el principal destino de exportación del pimiento, pero los mercados europeos juegan también un papel importante ya que reciben algunos beneficios arancelarios que favorece su exportación. Así mismo hay que destacar que el Perú forma parte del Foro de Cooperación Económica Asia-Pacífico (APEC) (Ministerio de agricultura y riego, 2008).

### **2.1.3. Descripción botánica**

El pimiento como especie cultivada, es una planta anual, herbácea, raíz pivotante con numerosas raíces adventicias, de crecimiento erecto llegando a una altura de 0.5- 1.5m de alto. A medida que la planta va creciendo y desarrollándose los tallos se van lignificando ligeramente, las hojas glabras, enteras, ovales o lanceoladas con un ápice muy pronunciado y un peciolo largo o poco aparente.

Las flores poseen la corola blanquecina, aparecen solitarias en cada nudo y son de inserción aparentemente axilar, su fecundación es claramente autógena, no superando el porcentaje de alogamia del 10%.

El fruto es una baya semicartilaginosa y deprimida de forma y tamaño muy variables, de color rojo intenso cuando está maduro.

Las semillas son redondeadas y ligeramente reniformes, suelen tener 3-5 mm de longitud se insertan sobre una placenta cónica de disposición central, y son de un color amarillo pálido. En un gramo pueden contener entre 150 y 200 semillas y su poder germinativo es de tres a cuatro años (Maroto, 1986).

#### **2.1.4. Características del Pimiento var. piquillo**

El pimiento piquillo es sabor dulce, de color rojo intenso cuando está maduro, su tamaño es no mayor a 10 cm de longitud en general, su diámetro de 4-5cm, de forma triangular con el ápice agudo, peso medio del fruto es entre 35-50g, el espesor de la carne es fina 0,3cm, el número de lóculos va entre 2-3 y el porte del fruto es colgante (Ministerio de agricultura, pesca y alimentación, 1992).

#### **2.1.5. Requerimientos agroclimáticos**

Las condiciones edafoclimáticas en el Perú son óptimas para el cultivo del pimiento durante todo el año y en toda la franja costera, lo que le permite abastecer a los diferentes mercados internacionales en periodos de escasez y en momentos en que algunos de los principales productores mundiales dejan de producir, ofreciéndole al productor nacional una formidable ventaja competitiva frente a otros productores de pimiento (Pro inversión y Minag, 2008).

El cultivo de pimiento se desarrolla favorablemente en climas tropicales y subtropicales, cuya temperatura promedio óptima para el crecimiento y desarrollo de la planta es de 25°C y una humedad relativa promedio de 50- 70% (Domínguez, 2002).

“En cuanto a los requerimientos edáficos, el cultivo de pimiento requiere de suelos ligeros, buena aireación, buen drenaje, pH ligeramente ácido (pH: 5.5 – 6.8), bajos niveles de salinidad y presenta una excelente respuesta a la incorporación de materia orgánica” (Maroto, 1995).

Durante la madurez de frutos se prefiere que las temperaturas sean uniformes y con buena luminosidad, ya que la luz regula positivamente la biosíntesis de carotenoides, permitiendo que durante la cosecha, la intensidad de color entre los pimientos sea uniformes entre sí (Stange *et al.*, 2008).

## **2.2. NEMATODOS**

A pesar de su morfología engañosamente simple, los nematodos son organismos esencialmente acuáticos, ya que requieren por lo menos una película de agua para su vida activa, aunque proliferan también en ambientes terrestres (Perry y Moens, 2011).

El *Phylum* Nematoda comprende > 25.000 especies descritas, incluyendo especies de vida libre, parasitas de plantas, animales vertebrados e invertebrados y el ser humano, conformando el cuarto *Phylum* más grande del reino animal en cuanto a número de especies (Perry y Moens, 2010).

Todos los cultivos agrícolas tienen una o más especies de nematodos que se alimentan de sus raíces como son los nematodos ectoparásitos, que se alimentan externamente de la raíz; nematodos endoparásitos que se alimentan internamente en las raíces y pueden ser migratorios o sedentarios; nematodos semi endoparásitos que tienen solo una parte del cuerpo introducido en la raíz para alimentarse y pueden ser sedentarios o migratorios. Causando retrasos en el crecimiento, senescencia temprana, entre otros, originando pérdidas económicas severas en los cultivos agrícolas (González, 1981).

Entre los nematodos más importantes desde el punto de vista económico se encuentran las especies endoparásitos que forman estructuras complejas de alimentación en las raíces de sus plantas huésped, dentro de este grupo tenemos a los nematodos del nódulo de la raíz,

representado por el género *Meloidogyne* el cual tiene uno de los mayores daños en todo el mundo, es por esta razón la importancia del estudio de nematodos fitoparásitos (Jones y Goto, 2011).

### **2.3. MELOIDOGYNE INCOGNITA**

#### **2.3.1. Clasificación Taxonómica**

La clasificación taxonómica de *M. incognita* según Agrios (1995) es la siguiente:

<b>Phylum</b>	: Nematoda
<b>Clase</b>	: Secernentea
<b>Orden</b>	: Tylenchida
<b>Superfamilia:</b>	Tylenchoidea
<b>Familia</b>	: Meloidogynidae
<b>Subfamilia</b>	: Meloidogyninae
<b>Género</b>	: <i>Meloidogyne</i>
<b>Especie</b>	: <i>Meloidogyne incognita</i> (Kofoid y White 1919, citado por Chitwood 1949)

#### **2.3.2. Morfología y desarrollo de *M. incognita***

El ciclo de vida de *M. incognita* comienza con el estadio de huevo, que es depositado por la hembra dentro de una masa gelatinosa denominada matrix formando la primera línea de defensa contra los depredadores y parásitos (Perry y Moens, 2010).

Se ha reportado que las hembras de *Meloidogyne* spp. pueden depositar más de 1000 huevos en una masa de huevos, además el desarrollo embrionario del huevo comienza a pocas horas de su ovoposición, llegándose a formar el primer estadio larval, que es una larva completamente formada y poca activa que permanece dentro del huevo (Taylor y Sasser, 1983).

La primera muda de *M. incognita* se realiza dentro del huevo, dando consigo el segundo estadio larval (J2) no infectivo que no emerge del huevo hasta que se den las condiciones favorables para su supervivencia. El proceso de eclosión se puede dividir en tres fases: cambios en la permeabilidad de la cáscara del huevo, activación metabólica del juvenil y eclosión, aunque el orden cronológico de las dos primeras fases difiere entre las diferentes especies del género *Meloidogyne*. La alteración de las características de permeabilidad de la cáscara parece ser un requisito previo necesario para la activación del juvenil. Poco después de la activación del J2 *M. incognita*, este emerge del huevo dando pinchazos repetitivos con el estilete (Jones *et al.*, 2011).

La larva del segundo estadio (J2) de *M. incognita* que ha emergido, da inicio a la fase infectiva, moviéndose al azar través del suelo en búsqueda de una raíz de la que pueda alimentarse, ya que en esta etapa el J2 obtiene sus energías de las reservas propias del nematodo y si no logra encontrar una raíz a la cual pueda infectar y obtener sus propios alimentos, conforme pase el tiempo estas reservas se irán consumiendo y el nematodo morirá por inanición (Taylor y Sasser, 1983).

Es evidente que los nematodos fitoparásitos utilizan órganos quimio sensoriales llamados amphidios, los cuales les sirven para orientarse hacia las raíces dentro de la rizósfera, mediante la detección de gradientes como: compuestos volátiles y no volátiles, aminoácidos, iones, pH, temperatura y CO<sub>2</sub>; aumentando de esta forma su capacidad de orientación hacia los estímulos de la raíz permitiéndole encontrar a las raíces en menor tiempo (Perry 1997).

Perry (2005) separó los gradientes en tres tipos: atrayentes de larga distancia que permiten a los nematodos moverse al área de la raíz, atrayentes de corta distancia que permiten que el nematodo se oriente a las raíces individuales y los atrayentes locales que son usados por los nematodos endoparásitos para localizar el sitio de invasión preferido. Existe evidencia experimental clara de que el CO<sub>2</sub> es un atrayente de larga distancia (Robinson y Perry, 2006).

Una vez que el J2 de *Meloidogyne incognita* localiza la raíz, realiza un reconocimiento de la superficie que implica movimientos con el estilete en células epidérmicas y la entrada se

logra destruyendo células epidérmicas y sub epidérmicas en las partes más delgadas de la pared celular. Una vez que el nematodo J2 llega a las células pro vasculares, induce la formación de células gigantes, por secreción de proteínas u otros compuestos por la glándula esofágica sub ventral (Jones y Goto, 2011).

La formación de células gigantes en las raíces genera un desequilibrio hormonal que produce una intensiva división celular (hiperplasia) y agrandamiento celular (hipertrofia), deteniendo su crecimiento longitudinal e incentivando el crecimiento horizontal en ese lugar, protegiéndose a la vez el nematodo, a medida que el J2 de *M. incognita* se siga alimentado dará paso a una segunda, tercera y cuarta muda, alcanzando finalmente el estadio adulto, presentando un marcado dimorfismo sexual. La hembra adulta se caracteriza por ser piriforme (forma de pera) a consecuencia del hinchamiento del desarrollo del ovario dentro de la raíz, se forma el útero, la vagina y el patrón perineal se hace visible; por el contrario, los machos son vermiformes, pierden la capacidad de alimentarse y abandonan las células gigantes, siendo de vida libre (Taylor y Sasser, 1983).

La reproducción de *M. incognita* puede ser sexual (amfimixis) pero mayormente la hembra es partenogénica es decir que no necesita al macho para su reproducción. Todas las hembras que se reproducen por partenogénesis produce solo hembras, cuyo número varia con la provisión de alimentos y otros factores, generalmente cuando hay abundancia en alimento existe un mayor desarrollo de hembras y cuando la alimentación es menos abundante se produce una inversión sexual dando lugar a un incremento de individuos machos (Taylor y Sasser, 1983).

### **2.3.3. Ecología y distribución**

Los nematodos del nódulo de la raíz se clasifican como endoparásitos sedentarios biotrófico (Jones y Goto, 2011).

La mayoría de los nematodos fitopatógenos viven parte de su vida en el suelo y eso no es excepción para *Meloidogyne incognita*, siendo el estadio infectivo del J2 y el macho adulto. (Agrios, 1995).

La temperatura, humedad y aireación del suelo afectan a la supervivencia y al movimiento de los nematodos en el suelo.

López (2002) menciona que, “la temperatura tiene influencia en el ciclo de vida del nematodo, ya que *M. incognita* se encuentra presente donde el promedio anual de temperatura comprende los rangos de 18- 30°C, observándose una mayor de población del nematodo”. El desarrollo del ciclo biológico del nematodo se da entre 3 – 4 semanas aproximadamente bajo condiciones óptimas, a medida que la temperatura vaya disminuyendo su ciclo biológico se va alargando.

La humedad del suelo es muy importante para el J2 de *M. incognita* que debe buscar rápidamente raíces susceptibles para poder conseguir alimento y para ello necesita desplazarse con suma facilidad a través de los poros del suelo, la película de agua en los poros del suelo facilita el movimiento y la emergencia del J2 en suelos húmedos (Agrios 1995). Con un bajo contenido de agua en el suelo se inhibe la emergencia del J2 debido a que las condiciones son desfavorables para iniciar la fase parasita, el movimiento del J2 es más difícil en suelos poco húmedo llegando a morir por inanición si no llega a la raíz de una planta susceptible. En suelos muy húmedos la emergencia de *M. incognita* puede inhibirse y el movimiento del J2 puede disminuirse por falta de oxígeno y en suelos secos el J2 muere (Taylor y Sasser, 1983). En general los nemátodos siempre están activos en suelos con un contenido de humedad de 40-60% de la capacidad de campo (López, 2002).

La textura del suelo es otro factor que influye en la movilidad del nematodo, debido a que el J2 de *M. incognita* se mueve a través de los poros del suelo, el tamaño de los poros depende del tamaño de las partículas del suelo. En suelos con textura gruesa, por lo general contiene altos porcentaje de arena que favorece el movimiento del nematodo, ya que el espacio dejado por las partículas arenosas es suficiente para su desplazamiento; esto no ocurre en suelos arcillosos donde el movimiento del nematodo es dificultoso (Taylor y Sasser, 1983).

En cuanto a la distribución, *M. incognita* se encuentra distribuido en la mayoría de suelos hortícolas, encontrándose principalmente en zonas tropicales y subtropicales donde la

temperatura promedio le permita desarrollarse y expresar su patogenicidad (Taylor y Sasser, 1983).

#### **2.3.4. Histología y Patogenicidad**

El éxito de las interacciones depende de la capacidad del nematodo para localizar a su huésped e invadir las células de la raíz, inducir y mantener la formación de las células de alimentación.

Una vez que el J2 de *M. incognita* se ubica en las células pro vasculares induce a varios cambios en el desarrollo de la raíz, lo que implica secreciones de proteínas y/o componentes probablemente de la glándula esofágica subventral para inducir esos cambios. Uno de los cambios que induce es la reprogramación de la diferenciación celular y uno de los primeros signos externos que indica que el J2 de *M. incognita* se ha vuelto sedentario, es el hinchamiento de la raíz y la formación de nódulos (Taylor y Sasser, 1983).

El primer signo de la formación de células gigantes, es la división celular y la formación de células binucleadas, pero en esta etapa las células nos son tan diferentes en tamaño que las células vecinas hasta que se inicia la reabsorción de las paredes de las células alrededor de la cabeza del nematodo, luego de este proceso las células de alimentación de *M. incognita* toman el nombre de células gigantes (Jones y Goto, 2011).

En los primeros 3- 4 días después de la infestación de *M. incognita*, ocurre la mayor parte de la formación de células gigantes mientras son vacuoladas, los contenidos citoplasmáticos aumentan, los núcleos y nucléolos de las células gigantes se agrandan asumiendo un perfil ameboide, más de un nucléolo por núcleo a menudo está presente. A medida que las células gigantes se van expandiendo, las células circundantes empiezan a dividir para poder así acomodarse a la expansión de las células gigantes (Jones 1983).

Debido a que las células gigantes se forman a partir de células pro vasculares, la continuidad vascular en la raíz se ve comprometida y células adyacentes a menudo se diferencia para formar elementos vasculares cortos; sin embargo, cuando el nematodo deja de alimentarse

de las células gigantes, puede diferenciarse en traqueidas con paredes gruesas típicas del xilema (Jones y Goto, 2011).

Las células gigantes evidentemente son sitios de intensa actividad metabólica, especializado en tomar solutos para suministrar nutrientes al nematodo, actuando como sumidero al mismo tiempo que mantiene la integridad funcionalidad de la célula regulando su demanda a medida que el nematodo va creciendo.

Además de la formación de células gigantes y formación de nódulo que ocasiona la infestación de *M. incognita* en las raíces, también producen otros efectos, ya que el crecimiento y desarrollo de *M. incognita* compromete elementos vasculares, afecta el movimiento acropetal del agua y nutrientes por el xilema. En raíces altamente infestadas, el tamaño del sistema radicular es mucho más corto y deformado que en raíces sanas, por esta razón en raíces susceptibles a *M. incognita* no hay un uso eficiente del agua y elementos nutritivos a pesar de tener un volumen grande de suelo como el del sistema radicular no infectado (Taylor y Sasser, 1983).

Guiñez (1983) describe que, “los síntomas aéreos producido por *M. incognita* son semejante a los daños producidos por exceso o falta de riego, deficiencia de nutriente, daños ocasionados por insectos, enfermedades del suelo o por condiciones adversas”. La deformación de las raíces causa la paralización del crecimiento, marchitez en climas secos y otros síntomas propios de la deficiencia de agua y nutriente aun cuando estos son abundantes en el suelo. Por esta razón los daños que ocasiona *M. incognita* a menudo pasan desapercibidos debido a la naturaleza oculta de los nematodos y a los síntomas de daños no específicos.

El ingreso de *M. incognita* en las células de la raíz ocasiona daños mecánicos ligeros que proporciona puntos de ingresos para otros patógenos (NIMF N° 5- FAO 2016) de la planta, formando entonces parte de un complejo etiológico que da origen a un potencial patogénico combinado mucho mayor que la suma de los daños que pueden ocasionar los patógenos por separado hacia la planta (Agrios, 1995).

## 2.4. CONTROL QUÍMICO

Los nematodos fitoparásitos a través de la historia se han venido controlando y mitigando su daño mediante el uso intensivo de productos químicos como una forma de control contra el nematodo, siendo predominante el uso de nematicidas fumigantes durante mucho tiempo, como el bromuro de metilo que fue uno de los más usados en aquellos tiempos, ahora su uso viene siendo restringido (Kearn *et al.*, 2014).

Hace más de 30 años se ha detenido la producción de nematicidas fumigantes y con creciente preocupación por los aspectos toxicológicos y ambientales que ha generado el uso de estos nematicidas (Wright, 1981).

Cuando se reducen las concentraciones del ingrediente activo en el nematicida, el efecto nemastático en el nematodo es menor pero de alguna forma la planta puede verse protegida si se mantuviera por periodos largos, en caso contrario el tejido nervioso y muscular del nematodo comienza a recuperarse, empieza a aumentar el sentido de la orientación y la movilidad, aunque la penetración y la alimentación se les hace difícil ya que los músculos del estilete son los últimos en recuperarse, produciéndose un periodo de inanición, el cual el nematodo tiene todavía la posibilidad de recuperarse (Bunt, 1987).

Por esta razón el control químico es usado para reducir los niveles poblacionales ocasionado por los nematodos fitoparásitos y con ello reducir el impacto negativo en la producción, si bien es cierto que el uso de nematicidas sumamente tóxicos como los fumigantes ha cesado, el uso de nematicidas no fumigantes todavía sigue siendo tóxicos para el ambiente, representando una amenaza para el ecosistema, además de acumularse en el producto final cosechado.

## **2.5. FLUOPYRAM- VERANGO® PRIME**

### **2.5.1. Introducción**

*Meloidogyne* spp. son los nematodos más perjudiciales para los cultivos hortícolas por ello es imperativo el descubrimiento y desarrollo de nuevos nematicidas altamente eficaces, que desarrollen nuevo modos de acción, permitiendo satisfacer la creciente demanda social de seguridad para los seres humanos y el ambiente, ya que mucho de los productos nematicidas actuales están bajo presión regulatoria debido a una serie de cuestiones toxicológicas y ambientales (Lahm *et al.*, 2017).

Con los años los programas de investigación han dado como resultado el desarrollo de nuevos compuestos de protección a los cultivos con muchas propiedades deseables, incluyendo especificidad, sistematicidad, acción curativa y erradicante y alta actividad a baja dosis de uso. Recientemente se ha dado el descubrimiento de nuevos nematicidas en la protección de los cultivos, introduciéndose en el mercado nuevas moléculas activas como el fluopyram y fluensulfone (Lahm *et al.*, 2017).

El fluopyram es un ingrediente activo nuevo que actúa inhibiendo el succinato deshidrogenasa (SDHI) a nivel del complejo mitocondrial II, interfiriendo así con el proceso respiratorio y debido a su modo y lugar de acción únicos, no muestran resistencia cruzada con otros nematicidas por lo tanto representa una buena alternativa para el control de nematodos (Bayer Cropscience, 2018).

### **2.5.2. Clasificación**

La materia activa del Fluopyram pertenece a Bayer Cropscience, es el único representante de una nueva clase de fungicidas y nematicidas de amplio espectro (Piridinil etil benzamidas).

Como nematicida, no está incluido en el esquema de clasificación de resistencia de acuerdo al modo de acción del IRAC (Comité de Acción para la Resistencia a los Insecticidas),

puesto que este sistema solo clasifica compuestos cuyo objetivo son plagas como insectos y ácaros. Su acción nematicida, es clasificado por la FRAC (Comité de Acción para la Resistencia a los fungicidas) como miembro del grupo 7 como Inhibidores de la enzima Succinato Deshidrogenasa (DSHI), con registro EPA.

### 2.5.3. Características

- Nombre comercial: Verango® Prime
- Ingrediente activo: fluopyram
- Nombre químico: N-{2-[3-cloro-5-(trifluorometil)-2-piridil]etil}- $\alpha,\alpha,\alpha$ -trifluoro-*o*-toluamida.
- Grupo químico: pyridinyl - Ethyl benzamide
- Concentración: fluopyram 50 % p/v (500 g/L)
- Formulación: Suspensión Concentrada (SC)
- Toxicidad: III- Ligeramente peligroso (etiqueta azul)

### 2.5.4. Modo de acción

VERANGO® Prime cuya molécula activa es el fluopyram, tiene como modo de acción la inhibición de la enzima succinato deshidrogenasa (SDH) o succinato coenzima Q reductasa, Esta encima es un complejo proteico ligado a la membrana interna mitocondrial que interviene en el ciclo de Krebs y en la cadena de transporte de electrones, este complejo enzimático acopla la oxidación de succinato a fumarato con la reducción de la ubiquinona (UQ) a ubiquinol (UQH<sub>2</sub>), el cual transporta los electrones del complejo II al complejo III, continuando con la cadena transportadora de electrones (Avenot y Michailides, 2010).

El mecanismo de acción de fluopyram a nivel bioquímico es interrumpir específicamente el transporte de electrones producto de la oxidación de succinato a fumarato desde el complejo Hierro- Azufre [3Fe- 4S] a la ubiquinona (UQ), evitando la reducción a ubiquinol (UQH<sub>2</sub>), interrumpiendo de esta forma el transporte de electrones hacia el complejo III, disminuyendo la producción de energía en el nematodo que es utilizada para el desdoblamiento de las partículas alimenticias y para el proceso de muda (Guang *et al.*, 2015).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN**

La presente investigación se ejecutó en el invernadero del laboratorio de Nematología de la facultad de Agronomía de la UNALM, durante el periodo de Marzo a Junio del 2018.

#### **3.2. METODOLOGÍA EXPERIEMNTAL**

##### **3.2.1. Almacigo**

Para la preparación del almacigo de pimiento var. piquillo se utilizó bandejas de 108 celdas y sustrato esterilizado SunShine y el tiempo que permaneció en almacigo fue de 30 días antes de su trasplante.

##### **3.2.2. Obtención del suelo estéril**

Para la investigación se utilizó 180 Kg de suelo, constituido por arena, tierra de chacra y compost, en una proporción de 8:4:1 respectivamente. El procedimiento de esterilización de suelo fue mediante el método de autoclave realizado por la clínica de diagnóstico de fitopatología de la UNALM. La esterilización del suelo se realizó con una presión de 15 lbs y llevado a una temperatura de 120°C por 45 minutos.

### **3.2.3. Obtención del inóculo**

La obtención de inóculos de *M. incognita* se realizó mediante extracción de raíces completamente infectadas por el nematodo, de los campos de pimiento provenientes de la zona de Quilmaná, Cañete. Para su extracción se empleó el método propuesto por Hussey y Baker (1973), que consiste en lavar las raíces una por una con mucho cuidado de no eliminar las masas de huevo adheridas a ellas, posteriormente se procedió a cortar las raíces en trozos pequeños de aproximado de 0.5 cm, las cuales fueron llevados a un recipiente herméticamente cerrado junto con la solución de hipoclorito de sodio al 0.5%, el cual se agitó vigorosamente por tres minutos con el objetivo de que las masas de huevo se han removidas de la superficie de las raíces, dejando libre a los huevos del nematodo.

Las raíces después de ser agitadas fueron vertidas a dos tamices unidos de 180 y 38 micras correspondientemente, enjuagándose con abundante agua potable. En el Primer tamiz quedaron retenidos los restos de raíces de pimiento, mientras que en el segundo tamiz de 38 micras se retuvieron los huevos de *Meloidogyne incognita*. Se colectó los huevos del tamiz con la ayuda de una pizeta, posteriormente se vertió en un beaker.

Se tomó una alícuota de 0.1 ml del beaker, esta alícuota se depositó en una placa petri con una cierta cantidad de agua para poder realizar el conteo de nematodos. El conteo de nematodos consistió en J2 y huevos, esto se realizó mediante el uso de un estereoscopio. La identificación de la especie de *Meloidogyne incognita* fue realizada por la Profesora Dra. Elsa Carbonell.

### **3.2.4. Instalación e inoculación**

Para la instalación del proyecto de investigación se utilizaron macetas de arcilla de capacidad un kilogramo, las cuales fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 1% sumergido por 24 horas y posteriormente enjuagada con agua potable. Se utilizó por maceta un kilogramo de suelo esterilizado previamente enfriado y humedecido a capacidad de campo, para luego proceder con el trasplante de un pimiento por maceta, seguido de un riego ligero para mantener la humedad suficiente en la planta.

La inoculación de J2- huevos de *Meloidogyne incognita* se realizó el mismo día del trasplante con una cantidad total de 5000 J2- huevos/maceta alrededor de las raíces del pimiento. La inoculación se realizó con la ayuda de una pipeta volumétrica 10ml diluido en 150cc de agua, finalmente se procedió a la aplicación del fluopyram según los tratamientos asignados.

### 3.2.5. Tratamientos

Se evaluó la respuesta del cultivo de pimiento var. piquillo en los diferentes momentos de aplicación del nematicida fluopyram conocido comercialmente como VERANGO® Prime. La dosis utilizada en los tratamientos evaluados con fluopyram fue 1 L/ha, siendo la dosis recomendada en la etiqueta de VERANGO® Prime, considerando una densidad total de 30 000 plantas/ha. Los tratamientos aplicados se detallan en la tabla 1.

**Tabla 1: Tratamientos empleados según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamientos	Descripción	I. activo (ml)/ maceta
Testigo sin nematodos	-	-
Testigo con nematodos	-	-
Aplicación de fluopyram al trasplante	AFT	0.016
1 Día después del trasplante aplicación de fluopyram	1 DDTAF	0.016
2 Día después del trasplante aplicación de fluopyram	2 DDTAF	0.016
3 Día después del trasplante aplicación de fluopyram	3 DDTAF	0.016
4 Día después del trasplante aplicación de fluopyram	4 DDTAF	0.016
5 Día después del trasplante aplicación de fluopyram	5 DDTAF	0.016
6 Día después del trasplante aplicación de fluopyram	6 DDTAF	0.016

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

El volumen de solución de fluopyram aplicado en cada maceta se realizó preparando 0.6ml de VERANGO® Prime en dos litros de agua, por cada tratamiento (20 plantas), correspondiendo a cada maceta un volumen de 100ml de solución de fluopyram.

### **3.2.6. Manejo agronómico**

Para el manejo agronómico del cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero se tomaron en cuenta estas consideraciones: Los riegos fueron ligeros y frecuentes durante las primeras semanas del trasplante, posteriormente el riego fue conforme exigía las necesidades del cultivo. En cuanto a la fertilización, no se le aplicó ningún fertilizante antes, durante ni después del trasplante, para evitar alguna interferencia en la interacción de planta y nematodo.

En el control fitosanitario se evitó aplicar algún tipo de insecticida para el control de plagas, evitando algún tipo de interferencia entre la planta y el nematodo, por tal motivo se empleó el control manual en ciertas plagas como: *Lineodes integra* principalmente, seguido de *Pseudoplusia includens* con menor frecuencia, para el control de *Bemisia tabaci* se optó por utilizar aplicaciones foliares con jabón agrícola de pH neutro.

Durante el cuajado de fruto del pimiento fue necesario utilizar tutores en la planta, que permitan sostener a la planta durante la fase de cuajado y desarrollo de fruto, ya que en esta fase la planta empieza a ganar peso por el crecimiento de los frutos, por tanto, el tutorado en esta etapa fue necesaria con el fin de que la planta no se tumbara.

### **3.2.7 Parámetros de evaluación**

Se consideraron los siguientes parámetros de evaluación.

#### **A. Parámetros indirectos**

##### **- Altura de planta**

Se midió la altura de planta desde la base del cuello hasta la última hoja de la planta. Los datos obtenidos se expresaron en centímetros.

- **Peso fresco de la raíz y la parte aérea**

Se cortó la planta desde la base del cuello e inmediatamente se pesó la raíz (lavada) y la parte aérea. Los datos obtenidos se expresaron en gramos.

- **Peso seco de la raíz y la parte aérea**

Después de obtener el peso fresco, las muestras se llevaron a secar a estufa por 6 días a una temperatura de 80°C. Los datos obtenidos se expresaron en gramos. Para la determinación del peso seco de raíz (prueba destructiva) se procesaron 10 raíces/ tratamiento, quedando otras 10 raíces para determinar la población de *M. incognita* en raíz.

- **Número de frutos y tamaño de fruto**

Se contabilizaron el número de frutos de cada planta, se consideró frutos completamente desarrollados y frutos en cuaja, posteriormente se procedió a tomar la longitud del fruto, midiendo desde la base del cáliz hasta el ápice del fruto.

- **Peso fresco y peso seco del fruto**

Se pesaron los frutos inmediatamente después de la cosecha, posteriormente se llevó a secar a estufa por 10 días a una temperatura de 80°C. Los datos obtenidos se expresaron en gramos.

- **Escala de fitotoxicidad**

Para la estimación visual de los síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento se empleó la escala ordinal propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS), el cual otorga valores del 1 al 9, según la fitotoxicidad presente en el cultivo.

**Tabla 2: Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS) para evaluar la fitotoxicidad en los cultivos**

Escala	Interpretación agronómica	Fitotoxicidad (%)
1	Sin síntomas	0.0 - 1.0
2	Síntomas muy ligeros	1.0 - 3.5
3	Síntomas ligeros	3.5 - 7.0
4	Síntomas que no se reflejan en el rendimiento	7.0 - 12.5
<b>Límite de aceptabilidad</b>		
5	Daño medio	12.5 - 20.0
6	Daño elevado	20.0 - 30.0
7	Daños muy elevado	30.0 - 50.0
8	Daño severos	50.0 - 99.0
9	Muerte completa	99.0 - 100.0

Fuente: Metzler y Ahumada (2016)

## B. Parámetros de respuesta del hospedante

### - Índice de nodulación

La severidad de los síntomas ocasionados por la infestación de *M. incognita* en el sistema radicular, se determinó mediante el índice de nodulación propuesta por Taylor y Sasser (1978), este índice se basa en la observación del número de nódulos y otorga valores en una escala de 1 al 5, según el número de nódulos que posea la raíz.

**Tabla 3: Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) para evaluar raíces infectadas por *Meloidogyne* spp.**

Índice de nodulación	Número de nódulos
1	1-2
2	3-10
3	11-30
4	31-100
5	más de 100

Fuente: Taylor y Sasser (1983)

**- Permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo después de la cosecha (90días) según el índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978)**

Para estimar la permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo después de la cosecha (90 días) se implementó el sistema bioensayo bajo condiciones de invernadero con una duración de 45 días. El bioensayo consistió en trasplantar una planta de tomate var. rio grande por maceta manteniendo los mismos suelos de los tratamientos evaluados anteriormente. El parámetro que se escogió para evaluar la permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo después de la cosecha (90días), fue el índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978).

**C. Parámetros directos**

**- Número de J2- Huevos por gramos de raíz**

Transcurrido 90 días después del trasplante se contabilizaron el número de J2- Huevos de *M. incognita* en la raíz mediante el método propuesto por Hussey y Baker (1973). Una vez obtenido el número total de nematodos presentes en la raíz, fue dividido por su peso fresco de raíz, obteniendo de esta forma la relación número de J2- Huevos de *M. incognita* por gramos de raíz. Se procesaron 10 raíces/ tratamiento, quedando otras 10 raíces para determinar el peso seco de raíz.

**- Número de J2 de *M. incognita* en 100cc de suelo**

Transcurrido 90 días después del trasplante se contabilizaron el número de J2 de *M. incognita* mediante el método de centrifugación.

**- Población final de *M. incognita***

Para determinar el parámetro de población final de *M. incognita* se procedió a sumar las poblaciones totales de *M. incognita* presente en suelos y raíces.

- **Factor de reproducción de *M. incognita***

$$FR = Pf / Pi$$

Si:  $FR < 1$ , indica que la planta se encuentra protegida

$FR > 1$ , indica que la planta no se encuentra protegida

Donde:

Pf: Población de nematodos al momento de la cosecha.

Pi: Población de nematodos al momento del trasplante.

- **Porcentaje de eficiencia del nematicida**

La cuantificación del porcentaje de eficiencia se calculó mediante la fórmula de HENDERSON-TILTON.

$$\text{Porcentaje de eficiencia} = [1 - (Td/Ta) \times (Ca/Cd)] \times 100$$

Ta: Población de nematodos antes de la aplicación.

Td: población de nematodos después de la aplicación.

Ca: Población de nematodos testigo antes del tratamiento.

Cd: Población de nematodos testigo después del tratamiento

Los resultados obtenidos de todos los parámetros evaluados se detallan en el Anexo 1 y Anexo 2.

Los procedimientos de instalación de la presente investigación se muestran en el Anexo 17 y la medición de los parámetros de crecimiento y producción del pimiento se muestran en el Anexo 18.

### **3.3 ANÁLISIS EXPERIMENTAL**

#### **3.3.1 Diseño experimental**

El diseño estadístico utilizado en la presente investigación fue el diseño completamente al azar (DCA). Los efectos de los distintos factores sobre las variables analizadas y las comparaciones entre tratamientos se realizaron mediante el análisis de varianza (ANOVA). Se aplicó el test de Shapiro- Wilk y Bartlett para comprobar la normalidad y homocedasticidad de las variables evaluadas. Los datos numéricos con presencia de *M. incognita* se transformaron mediante log10, escala de nodulación mediante  $\sqrt{x}$  y porcentaje de eficiencia mediante el arco seno de la raíz cuadrada del porcentaje (arcoseno  $\sqrt{x}$ ).

Cuando los resultados obtenidos en el ANOVA resultaron ser significativos, las diferencias entre medias de los tratamientos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia de 0,05 con el programa estadísticos Infostat versión 2018.e.

#### **3.3.2. Unidad experimental**

La presente investigación consistió en nueve tratamientos y cinco repeticiones, haciendo un total de 45 unidades experimentales. Cada unidad experimental es el promedio de cuatro plantas (una planta/ maceta), teniendo un total de 180 plantas.

Para los parámetros de población de *M. incognita* en raíz y peso seco de raíz, las unidades experimentales resultaron del promedio de dos plantas debido a que estos son muestras destructivas.

#### **3.3.3. Duración de la investigación**

El experimento tuvo una duración de 90 días a partir del trasplante desde los meses de Marzo-Junio. La instalación del bioensayo se realizó una semana después terminada la investigación y tuvo una duración de 45 días en el invernadero desde el mes de junio- Julio.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. FITOTOXICIDAD

Las evaluaciones de los síntomas de fitotoxicidad se realizaron a los siete, catorce y veintiuno días después del trasplante, ya que estos fueron los días donde se visualizó la mayor aparición de síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento. Finalmente se consideró evaluar a los 69 días después del trasplante para observar los niveles de fitotoxicidad semanas antes de la cosecha del pimiento.

**Tabla 4: Fitotoxicidad en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante a los 7 DDT, 14 DDT, 21DDT y 69 DDT**

Tratamiento	7DDT	14DDT	21DDT	69DDT
AFT	3	3	3	2
1 DDTAF	3	3	3	2
2 DDTAF	3	3	2	2
3 DDTAF	3	3	2	2
4 DDTAF	2	2	2	2
5 DDTAF	1	2	2	2
6 DDTAF	1	2	2	2

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

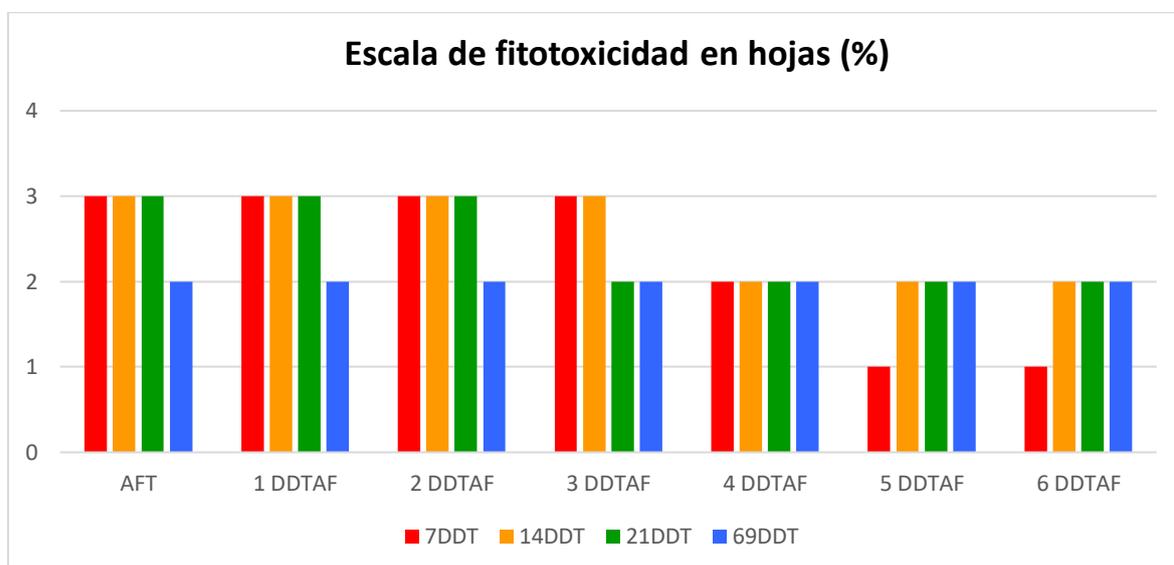
AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram;

DDT= Días después del trasplante

Escala EWRS: 1= sin síntomas, 2= síntomas muy ligeros y 3= síntomas ligeros

En la tabla 4 se puede apreciar que la fitotoxicidad causada por fluopyram se presentó al trasplante, primer y segundo día después del trasplante disminuyeron de la escala tres a la escala dos a los 69DDT, mientras que la aplicación de fluopyram realizado al tercer día después del trasplante disminuyó de la escala tres a la escala dos a los 21DDT. La aplicación de fluopyram realizado al quinto y sexto día después del trasplante manifestó una escala de fitotoxicidad de uno a los siete días después del trasplante, mientras que la aplicación de

fluopyram realizadas al cuarto, quinto y sexto día después del trasplante presentó una escala de dos hasta al final de la investigación.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram  
Escala EWRS: 1= sin síntomas, 2= síntomas muy ligeros y 3= síntomas ligeros

**Figura 1: Fitotoxicidad en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante a los 7 DDT, 14 DDT, 21DDT y 69 DDT**

En la figura 1 se observa que todos los tratamientos con fluopyram presentaron síntomas de fitotoxicidad, estando relacionado según los días de aplicación del fluopyram durante las primeras semanas de evaluación, siendo mayores los síntomas de fitotoxicidad cuando las aplicaciones de fluopyram se realizaron cercanos al trasplante, disminuyendo los síntomas conforme las aplicaciones de fluopyram se alejan del día de trasplante. Finalmente, los tratamientos con fluopyram a los 69 DDT presentaron el mismo nivel de fitotoxicidad con síntomas muy ligeros, permaneciendo en todo momento dentro de los límites de aceptabilidad según la escala de fitotoxicidad propuesta por la Sociedad Europea de Investigación en Malezas (EWRS).

Carmona *et al.* (2009) menciona que “los efectos de fitotoxicidad son nocivos debido a la presencia de sustancias químicas dentro de la planta y que esta puede expresarse en los diferentes órganos de la planta”. La presencia de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento hace manifiesto la actividad sistémica del fluopyram observándose los síntomas a nivel foliar del

tercio superior de la planta, con presencia de pequeñas manchas blanquecinas irregulares con bordes necrosados. Las hojas más afectadas con fitotoxicidad presentaron arrugamiento de la lámina con acercamiento entre los bordes hacia abajo (Anexo 19). Conforme la planta fue creciendo y desarrollándose, los síntomas de fitotoxicidad que se observaron en el tercio superior de la planta fueron desplazadas hacia el tercio medio de la planta, ya que las nuevas hojas formadas no presentaron síntomas de fitotoxicidad y fueron remplazando a las viejas hojas que presentaron síntomas de fitotoxicidad.

Existen reportes de fitotoxicidad en los cultivos de soja y pallar causado por aplicaciones de fluopyram, siendo reportado ambas por Kandel *et al.* (2016, 2018), cuyo síntoma característico recibe el nombre de “efecto halo” debido a que la presencia de fitotoxicidad produce una decoloración de marrón a negra en los tejidos afectados, situación que no se observó durante la investigación con fluopyram en el cultivo de pimiento.

## 4.2. ALTURA DE PLANTA

El análisis de varianza (Anexo 3), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Dado que se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0,05$ ), como se muestra en la tabla 5.

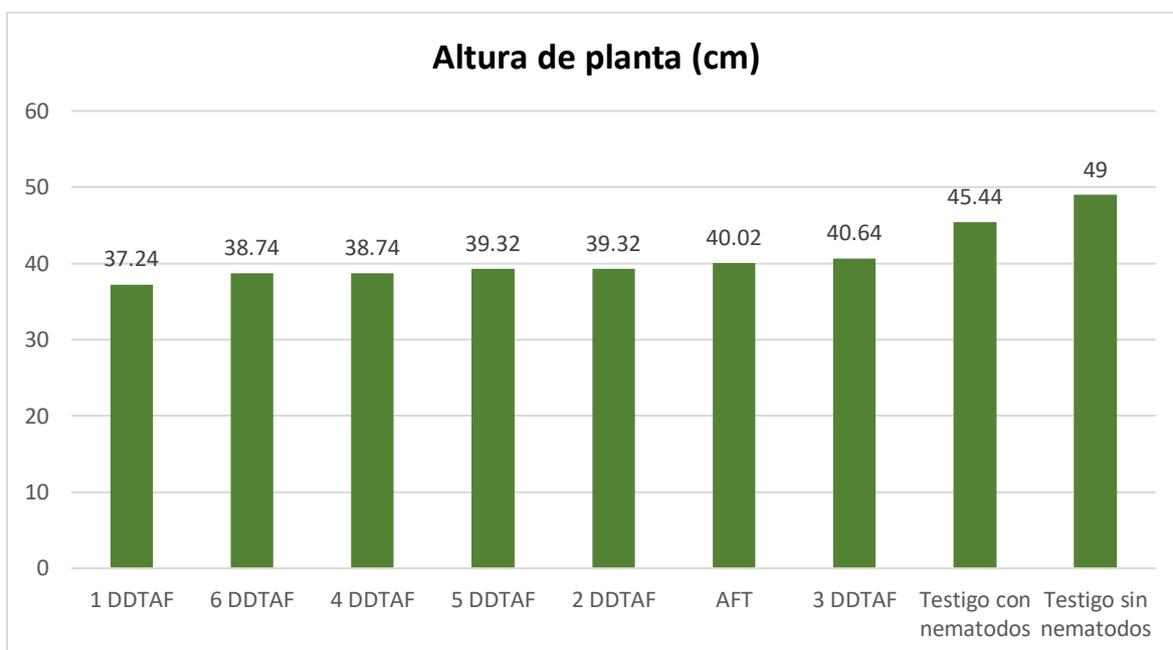
**Tabla 5: Altura de planta (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
1 DDTAF	37.24	A
6 DDTAF	38.74	A B
4 DDTAF	38.74	A B
5 DDTAF	39.32	A B
2 DDTAF	39.32	A B
AFT	40.02	A B
3 DDTAF	40.64	B
Testigo con nematodos	45.44	C
Testigo sin nematodos	49	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 5 se muestra que los tratamientos con fluopyram no presentaron diferencias estadísticas significativas; sin embargo, existen diferencias estadísticas entre los tratamientos con fluopyram y los testigos, siendo el testigo sin nematodos el tratamiento que presentó la mayor altura de planta.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 2: Altura de planta (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

En la figura 2 se observa que el testigo sin nematodos fue el tratamiento que presentó la mayor altura de planta, situación que no se dio con el testigo con nematodos ya que la presencia de *M. incognita* en las raíces ocasiona la pérdida de eficiencia radicular asociado al mal funcionamiento en el transporte de fitohormonas como la giberelina y citoquinina y de otros compuestos necesarios para el crecimiento de la planta, haciendo que estos se acumulen dentro de las raíces, disminuyendo su transporte hacia los diferentes órganos aéreos de la planta, como consecuencia de ello se obtuvo la reducción de la altura de planta como fue descrito por Brueske y Bergeson, citado por Taylor y Sasser (1983).

Los tratamientos con fluopyram presentaron una menor altura de planta en comparación con el testigo con nematodos debido a la fitotoxicidad causada por fluopyram, que generó un mayor estrés en comparación al estrés generado por solo la presencia de *M. incognita* en el

cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero. Durante la investigación no se realizó ninguna aplicación que ayudara a la planta a superar el estrés generado por la fitotoxicidad del fluopyram ni por la presencia de *M. incognita*.

#### 4.3. PESO FRESCO PARTE AÉREA Y PESO FRESCO RAÍZ

El análisis de varianza para la variable peso fresco de raíz y peso fresco de la parte aérea (Anexo 4 y Anexo 5), indican que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Como se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ) como se muestra en la tabla 6 y tabla 7.

**Tabla 6: Peso fresco parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
1 DDTAF	17.46	A
5 DDTAF	17.54	A B
2 DDTAF	17.64	A B
6 DDTAF	18.56	A B
3 DDTAF	18.66	A B
AFT	20.02	A B
4 DDTAF	20.32	B
Testigo con nematodos	22.58	C
Testigo sin nematodos	38.38	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 6 se muestra que los tratamientos con fluopyram no presentaron diferencias estadísticas significativas, siendo inferiores al testigo con nematodos y al testigo sin nematodos. El testigo sin nematodos fue el tratamiento que presentó el mayor peso fresco de la parte aérea.

**Tabla 7: Peso fresco de raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	
<b>1 DDTAF</b>	13.92	A
<b>5 DDTAF</b>	14.94	A
<b>6 DDTAF</b>	15.48	A
<b>4 DDTAF</b>	16.06	A B
<b>AFT</b>	16.06	A B
<b>3 DDTAF</b>	16.18	A B
<b>2 DDTAF</b>	16.32	A B
<b>Testigo con nematodos</b>	18.4	B
<b>Testigo sin nematodos</b>	22.76	C

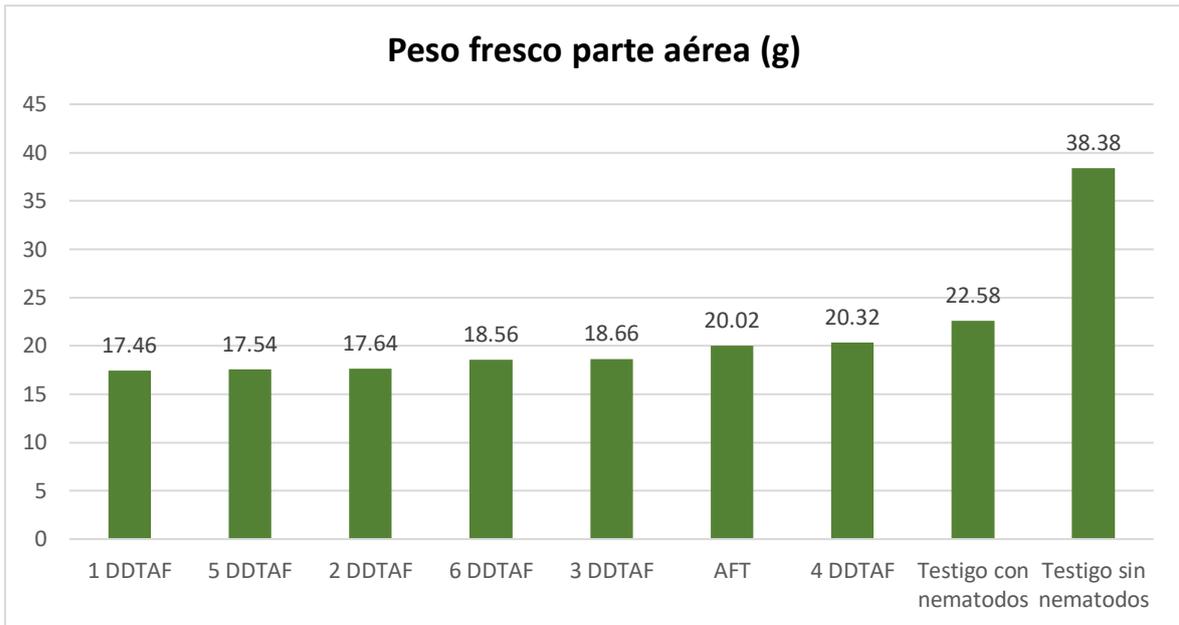
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 7 se muestra que los tratamientos con fluopyram no presentaron diferencias estadísticas significativas, aunque los tratamientos con fluopyram realizado al trasplante, segundo, tercer y cuarto día después del trasplante fueron ligeramente inferiores pero estadísticamente igual al testigo con nematodos; sin embargo, existe una clara diferencia con el testigo sin nematodos que presentó el mayor peso fresco de raíz.

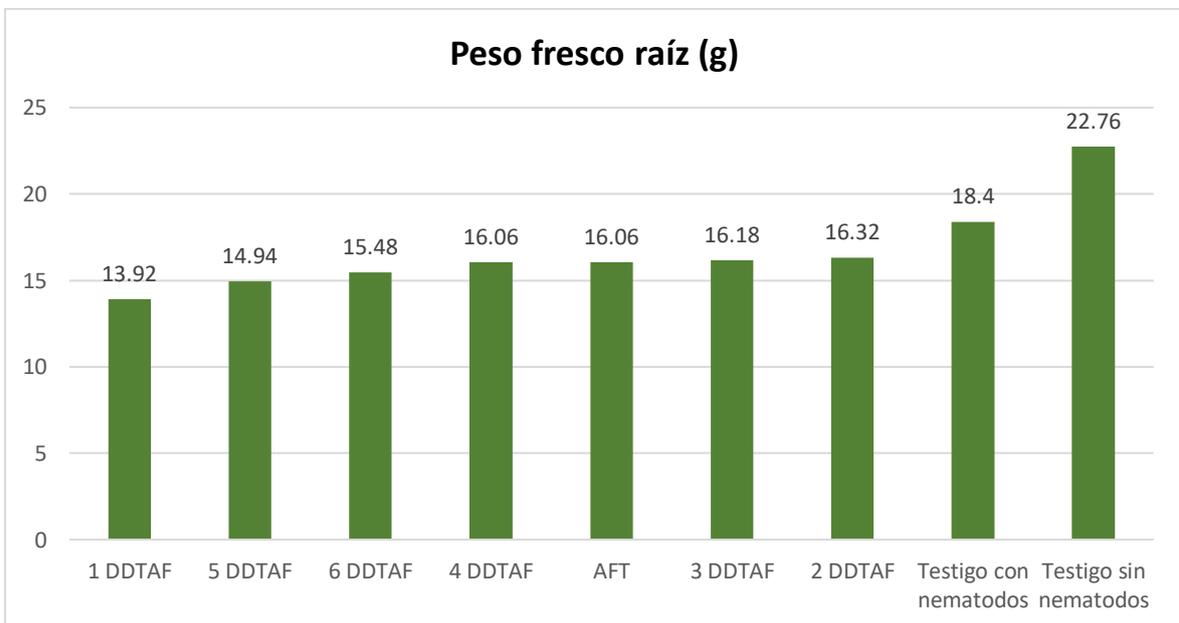
En la figura 4 se observa que las aplicaciones realizadas con fluopyram al trasplante, segundo, tercer y cuarto día después del trasplante presentaron peso frescos similares al testigo con nematodos, cuando esto sucede la única explicación es que las plantas tratadas con fluopyram generaron un mayor crecimiento radicular similar al peso fresco de raíz del testigo con nematodos, ya que generalmente las plantas infestadas por *M. incognita* presentan un mayor peso fresco de raíz en comparación a las plantas tratadas con nematicidas, debido al peso adicional de los nódulos en la raíz. Se debe tener en cuenta que un mayor peso fresco de raíz en el testigo con nematodos no significa un mejor crecimiento radicular (Anexo 20).

En la figura 3 se observa que el testigo con nematodos presentó el mayor peso fresco de la parte aérea en comparación con los tratamientos con fluopyram, ya que la presencia temprana de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero generó un mayor estrés en comparación con el estrés generado por solo la presencia de *M. incognita*, obteniendo de esta forma la reducción de este parámetro.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 3: Peso fresco de la parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 4: Peso fresco de raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

#### 4.4. PESO SECO PARTE AÉREA Y PESO SECO RAÍZ

El análisis de varianza para la variable peso seco de la parte aérea y peso seco de la raíz (Anexo 6 y Anexo 7), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativamente diferente del resto. Como se encontraron diferencias significativas entre estos dos parámetros, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 8 y tabla 9.

**Tabla 8: Peso seco parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
1 DDTAF	2.78	A
6 DDTAF	2.82	A
5 DDTAF	2.94	A B
2 DDTAF	2.98	A B
3 DDTAF	3.2	A B C
AFT	3.32	A B C
4 DDTAF	3.48	A B C
Testigo con nematodos	3.7	C
Testigo sin nematodos	6.4	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 8 se muestra que los tratamientos con fluopyram no presentaron diferencias estadísticas significativas, aunque los tratamientos con fluopyram realizado al trasplante, tercer y cuarto día después del trasplante fueron ligeramente inferiores pero estadísticamente igual al testigo con nematodos; sin embargo el testigo sin nematodos fue el tratamiento que presentó el mayor peso seco de la parte aérea.

**Tabla 9: Peso seco raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
<b>5 DDTAF</b>	1.40	A
<b>4 DDTAF</b>	1.48	A
<b>6 DDTAF</b>	1.52	A
<b>2 DDTAF</b>	1.52	A
<b>1 DDTAF</b>	1.54	A
<b>3 DDTAF</b>	1.58	A
<b>AFT</b>	1.60	A
<b>Testigo sin nematodos</b>	1.80	B
<b>Testigo con nematodos</b>	2.04	B

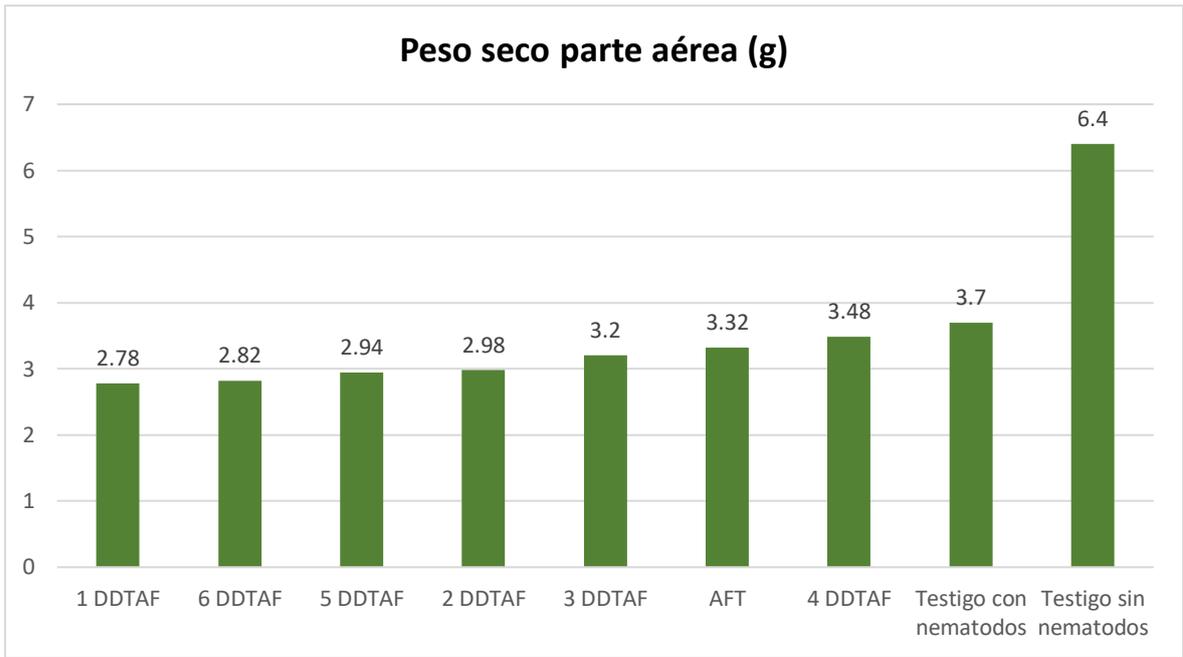
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 9 se muestra que los tratamientos con fluopyram no presentaron diferencias estadísticas significativas; sin embargo, existe una clara diferencia entre el testigo sin nematodos y el testigo con nematodos, siendo este último el que presentó el mayor peso seco de raíz.

En la figura 5 se observa que los tratamientos con fluopyram presentaron una reducción en el peso seco de la parte aérea en comparación al testigo con nematodo, ya que la presencia temprana de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero generó un mayor estrés en comparación con el estrés generado por solo la presencia de *M. incognita*, obteniendo de esta forma la reducción de este parámetro.

En la figura 6 se observa que el testigo con nematodos presentó el mayor peso seco de raíz debido a que *M. incognita* induce a la formación de nódulos y células gigantes en las raíces, estas formaciones con llevan al aumento del contenido citoplasmático aumentando 10 veces más el nivel de proteína que debería encontrarse en el citoplasma de una célula no infestada como el testigo sin nematodos (Camborda, 1998).



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 5: Peso seco de la parte aérea (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 6: Peso seco de raíz (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

#### 4.5. PESO SECO Y PESO FRESCO DE FRUTO

El análisis de varianza para la variable peso fresco y peso seco fruto (Anexo 8 y Anexo 9) indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Como se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 10 y tabla 11.

**Tabla 10: Peso seco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
Testigo con nematodos	3.52	A
3 DDTAF	3.92	A B
AFT	3.94	A B
5 DDTAF	3.96	A B
4 DDTAF	4.1	A B
2 DDTAF	4.44	A B
1 DDTAF	4.64	B
6 DDTAF	4.82	B
Testigo sin nematodos	7.14	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 10 se muestra que los tratamientos con fluopyram fueron ligeramente superiores al testigo con nematodos; sin embargo estos fueron estadísticamente inferiores al testigo sin nematodos que presentó el mayor peso seco de fruto.

**Tabla 11: Peso fresco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
5 DDTAF	26.64	A
6 DDTAF	26.92	A
4 DDTAF	27.48	A
3 DDTAF	28.34	A
1 DDTAF	30.74	A
2 DDTAF	31.12	A
AFT	33.22	A
Testigo con nematodos	33.8	A
Testigo sin nematodo	50.52	B

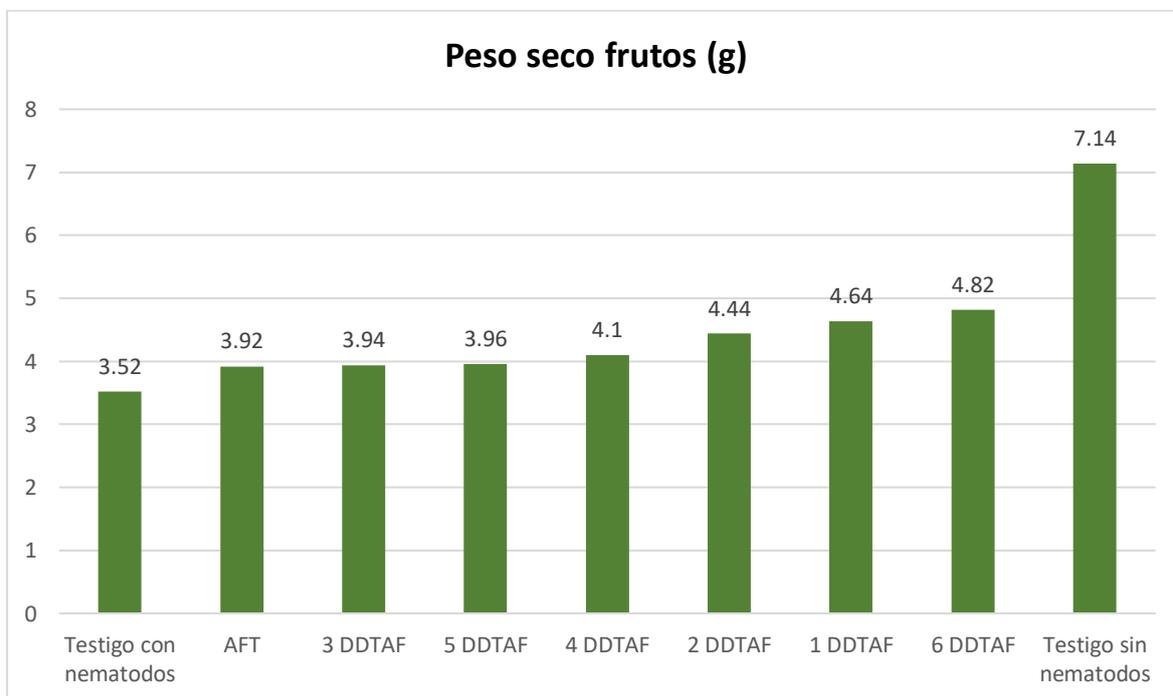
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 11 se muestra que los tratamientos con fluopyram y el testigo con nematodos no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí; sin embargo estos fueron estadísticamente inferiores al testigo sin nematodos que presentó el mayor peso fresco de fruto.

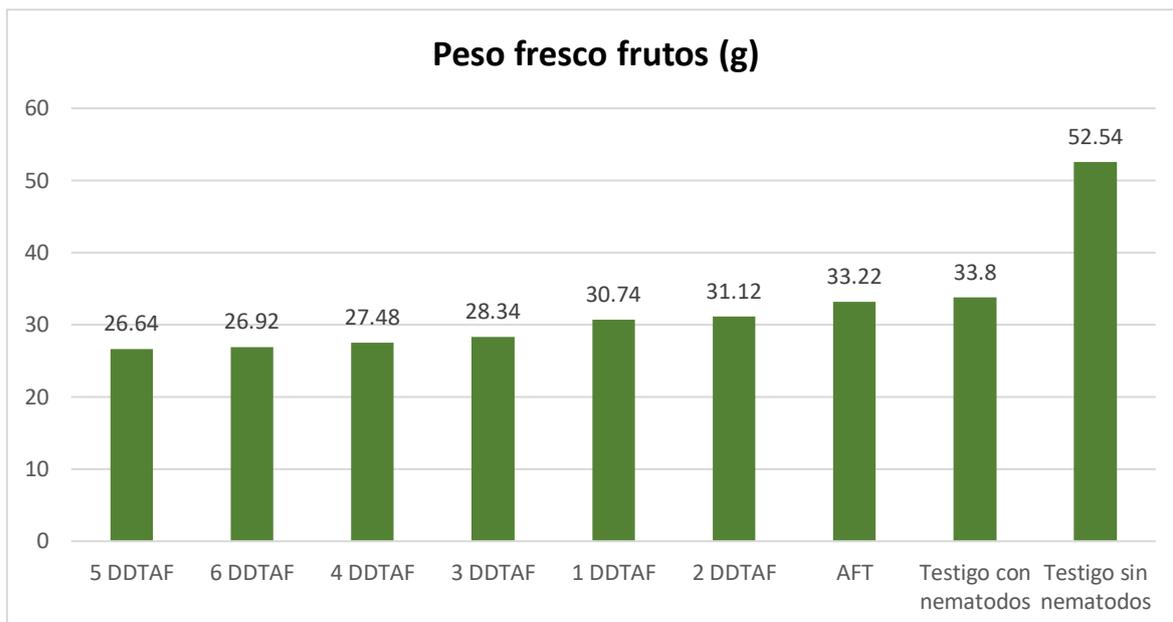
El fruto es un órgano que demanda una alta cantidad de metabolitos y energía en sus estados iniciales y por ello depende de la acumulación de agua y materia seca en las células del fruto para su crecimiento; sin embargo “este crecimiento puede ser limitado si la planta no puede suministrar de forma eficiente los metabolitos requerido” (Milthorpe y Moorby, 1962).

En la figura 7 y figura 8 se observa que los tratamientos con fluopyram presentaron menor peso fresco y peso seco de fruto en comparación con el testigo sin nematodos, ya que la presencia temprana de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero generó una situación de estrés en la planta que no le permitieron suministrar de forma eficiente lo requerido para la formación del fruto.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 7: Peso seco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 8: Peso fresco fruto (g) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

#### 4.6. NÚMERO Y LONGITUD DE FRUTOS

El análisis de varianza para las variables número y longitud fruto (Anexo 10 y Anexo 11), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto. Como se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ) como se muestra en la tabla 12 y tabla 13.

**Tabla 12: Número de fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
1 DDTAF	2.94	A
6 DDTAF	3.08	A
5 DDTAF	3.14	A
3 DDTAF	3.24	A
2 DDTAF	3.30	A
4 DDTAF	3.40	A
Testigo con nematodos	3.44	A
AFT	3.80	A
Testigo sin nematodos	5.06	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 12 se muestra que los tratamientos con fluopyram y el testigo con nematodos no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí; sin embargo estos fueron estadísticamente inferiores al testigo sin nematodos que presentó el mayor número de frutos.

**Tabla 13: Longitud de fruto (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

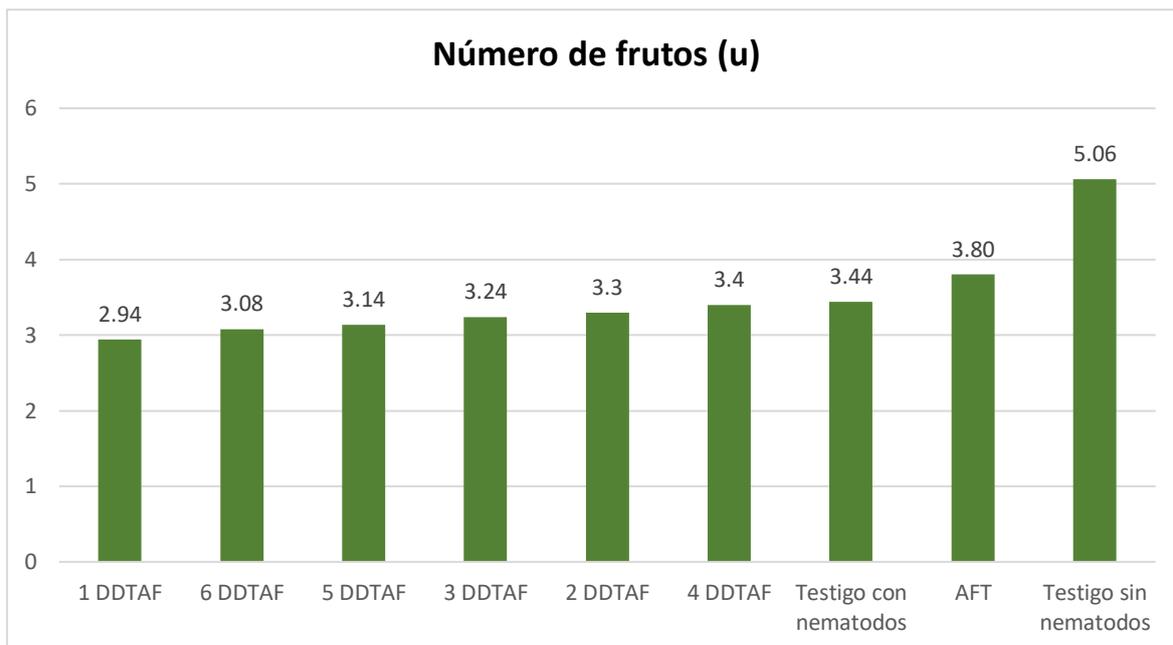
Tratamiento	Medias	
AFT	6.68	A
Testigo con nematodos	6.68	A
4 DDTAF	6.80	A
5 DDTAF	6.82	A
3 DDTAF	7.02	A B
Testigo sin nematodos	7.16	A B
1 DDTAF	7.44	A B
6 DDTAF	7.66	B
2 DDTAF	7.72	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

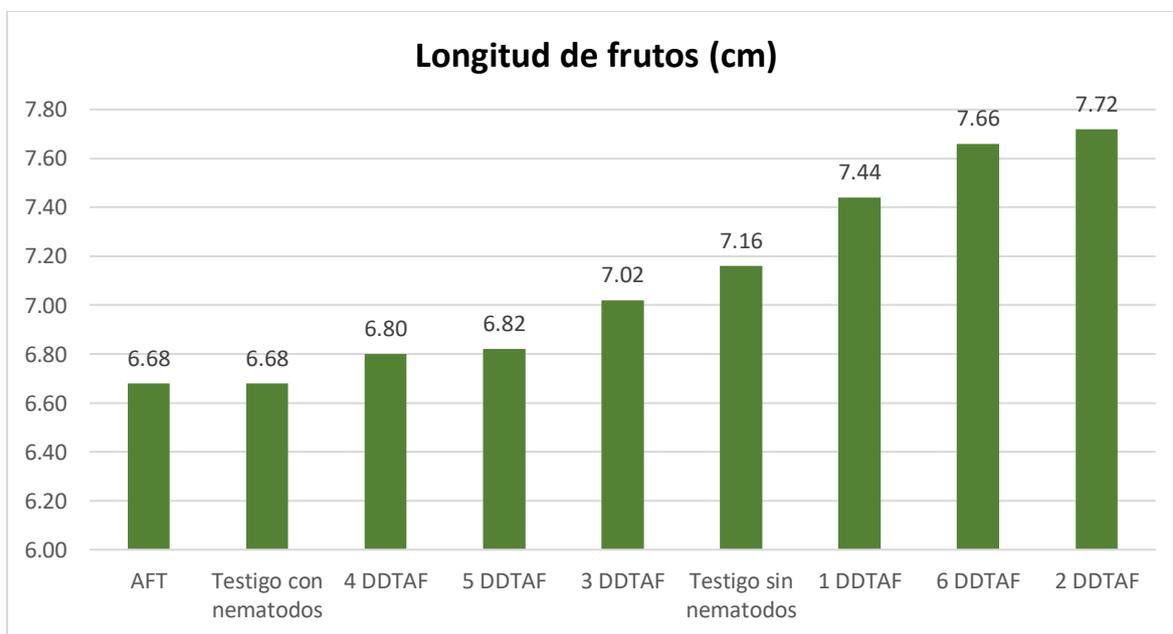
En la tabla 13 se observa que la aplicación de fluopyram realizada al segundo y sexto día después del trasplante fueron ligeramente superiores aunque estadísticamente iguales al testigo sin nematodos, la aplicación de fluopyram realizada al primer y tercer día después del trasplante pero estadísticamente superior al testigo con nematodos y a la aplicación de fluopyram realizado al trasplante, cuarto y quinto día después del trasplante.

En la figura 9 se observa que el número de frutos de los tratamientos con fluopyram son similares al testigo con nematodos; sin embargo en la figura 10 se observa que existe diferencias estadísticas en la longitud del fruto debido que la formación de frutos se va dando paulatinamente a la floración en el cultivo de pimiento, siendo los primeros frutos formados los más grandes y ubicados en la parte baja de la planta, seguidamente los frutos que llegan formarse después de la primera floración incrementan en número pero se reduce la longitud del fruto. Así mismo se debe considerar que, entre menor carga de fruto soporte la planta, mayor será la longitud del fruto (Parra *et. al.*, 2008). Por tanto se observa que los tratamientos que presentaron una mínima diferencia en el número de frutos, presentaron una mayor diferencia en la longitud del fruto (Anexo 21).



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 9: Número de frutos según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 10: Longitud del fruto (cm) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

#### 4.7. ÍNDICE DE NODULACIÓN

Con el objetivo de encontrar diferencias estadísticas, se realizó el análisis de varianza para el índice de nodulación (Anexo 12), que indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Como se encontraron diferencias significativas, se realizó las prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 14.

**Tabla 14: Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
AFT	0.9	A
1 DDTAF	1.5	B
2 DDTAF	1.9	B C
3 DDTAF	2.4	C D
4 DDTAF	2.4	C D
5 DDTAF	3	D E
6 DDTAF	3.3	E
Testigo con nematodos	5	F

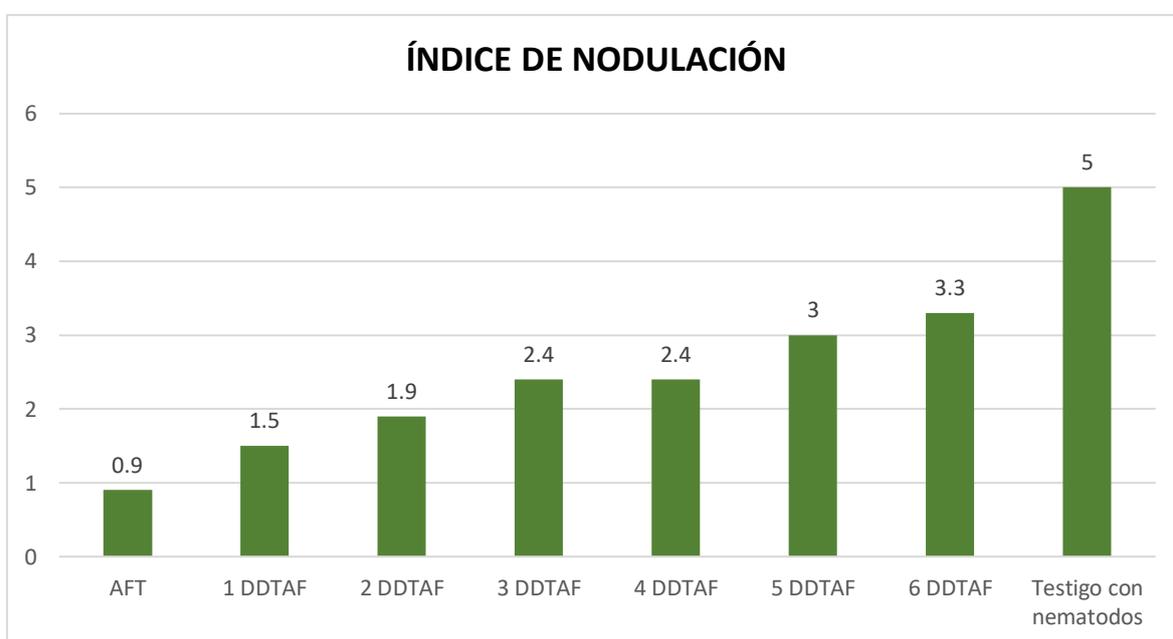
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 14 se observa que la aplicación de fluopyram realizado al trasplante presentó el menor índice de nodulación siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. La aplicación de fluopyram realizada al primer día después del trasplante fue ligeramente superior aunque estadísticamente iguales a la aplicación de fluopyram realizada al segundo días después del trasplante. La aplicación de fluopyram realizada al tercer y cuarto día después del trasplante no presentó diferencias estadísticas significativas. La aplicación de fluopyram realizada al quinto día después del trasplante fue ligeramente superior aunque estadísticamente igual a la aplicación de fluopyram realizada al sexto día después del trasplante. Finalmente el testigo con nematodos fue el tratamiento que presento el mayor índice de nodulación, siendo estadísticamente inferior a todos los demás tratamientos.

El índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) es una escala basada en la cuantificación del número de nódulos cuyo número no sobrepasen los 100 nódulos formados en la raíz, por ello es utilizado para trabajos bajo condiciones de invernadero donde se evidencie el efecto de control que ejerce el nematicida sobre el nematodo.

Parada y Guzmán (1997) explica que, “se debe tener en cuenta que ningún índice de nodulación es un método preciso para determinar el número total de nematodos en la raíz pero permite identificar y expresar los síntomas producidos por la infestación de *M. incognita*”.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 11: Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

En la figura 11 se observa que aplicaciones tempranas con fluopyram reducen el número de nódulos formados en las raíces y conforme la aplicación de fluopyram se va alejando del día de trasplante aumentan el número de nódulos en las raíces hasta una escala de 3 según el índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978). El testigo con nematodos fue el único tratamiento que superó los 100 nódulos formado en la raíz debido que no estuvo expuesto a la acción nematicida del fluopyram.

#### 4.8. NÚMERO DE J2 y HUEVOS *M. INCOGNITA* POR GRAMO DE RAÍZ

El análisis de varianza para la variable número de J2 y huevos *M. incognita* por gramo de raíz (Anexo 13), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Dado que se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 15.

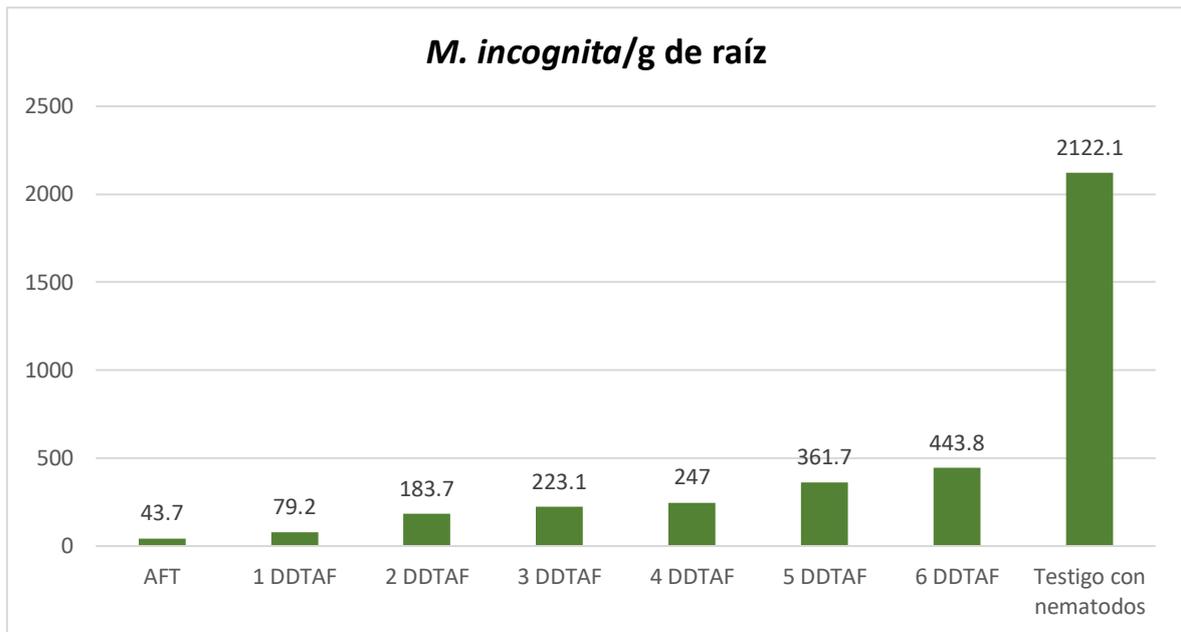
**Tabla 15: Número de J2 y huevos *M. incognita* por gramo de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
AFT	43.7	A
1 DDTAF	79.2	A
2 DDTAF	183.7	B
3 DDTAF	223.1	B C
4 DDTAF	247	B C D
5 DDTAF	361.7	C D
6 DDTAF	443.8	D
Testigo con nematodos	2122.1	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 15 se muestra que la aplicación de fluopyram realizado al trasplante y al primer día después del trasplante presentaron el menor número de J2 y huevos de *M. incognita* por gramo de raíz, siendo estadísticamente superiores a los demás tratamientos. La aplicación de fluopyram realizado al segundo día después del trasplante fue ligeramente superior aunque estadísticamente iguales a las aplicaciones de fluopyram realizado al tercer, cuarto y quinto día después del trasplante. Seguidamente la aplicación de fluopyram realizado al sexto día después del trasplante fue ligeramente inferior aunque no significativo con la aplicación de fluopyram realizado al quinto día después del trasplante. Finalmente el testigo con nematodos fue el tratamiento que presentó el mayor número de J2 y huevos de *M. incognita* siendo estadísticamente inferior a los demás tratamientos.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 12: Número de J2- huevos por gramo de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

En la figura 12 se observa que las aplicaciones de fluopyram redujeron el número de *M. incognita* por gramo de raíz debido a la acción sistémica que presenta fluopyram al interferir en la producción de energía del nematodo, observándose mejores resultados cuando las aplicaciones de fluopyram se realizaron cercanas al trasplante; sin embargo la presencia de *M. incognita* por gramo de raíz va incrementándose conforme la aplicación de fluopyram se aleja del día de trasplante debido a que fluopyram presenta una acción sistémica en la planta y entre más tiempo transcurra el cultivo de pimiento sin la aplicación del nematicida, se le brindará una mayor oportunidad a *M. incognita* para protegerse de la actividad nematicida del fluopyram.

#### 4.9. NÚMERO DE J2 DE *M. INCOGNITA* EN 100CC DE SUELO

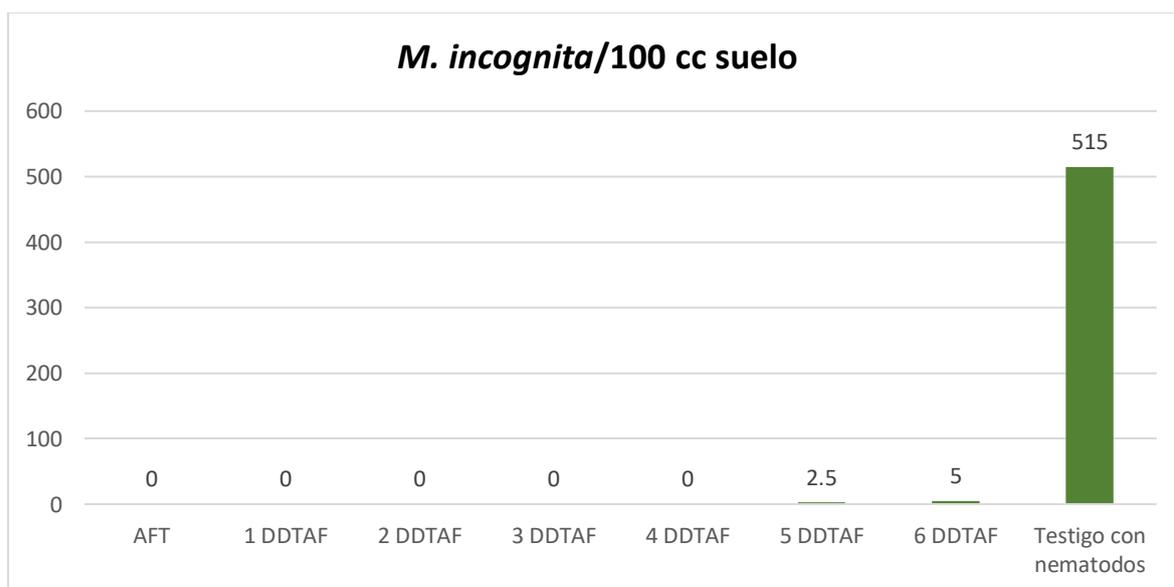
**Tabla 16: Número de J2 de *M. incognita* en 100cc de suelo según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias
AFT	0
1 DDTAF	0
2 DDTAF	0
3 DDTAF	0
4 DDTAF	0
5 DDTAF	3
6 DDTAF	5
Testigo con nematodos	515

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 16 se muestra que las aplicaciones de fluopyram realizadas al trasplante, primer, segundo, tercer y cuarto día después del trasplante presentaron un total de cero nematodos en 100cc de suelo mientras que la aplicación de fluopyram realizado al quinto y sexto día después del trasplante presentaron un total de tres y cinco nematodos en 100cc de suelo respectivamente. El testigo con nematodo fue el tratamiento que presento un total de 515 J2 *M. incognita* en 100cc de suelo.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 13: Número de J2 de *M. incognita* en 100 cc de suelo según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

La figura 13 se observa que las aplicaciones de fluopyram ejercieron un efecto de control sobre *M. incognita* respecto al testigo con nematodos ya que el número de J2 *M. incognita* en 100cc de suelo es inferior al umbral económico de daño, siendo para “el cultivo de pimiento de 30 J2 *M. incognita* en 100cc de suelo” según lo reportado por Talavera (2003).

Se debe tener en cuenta que *M. Incognita* presenta un comportamiento endoparásito sedentario por tanto el número de *M. Incognita* que se encuentra en el suelo es menor en comparación a lo encontrado en raíces, debido que el J2 infectivo busca inmediatamente raíces susceptible que pueda infestar.

#### 4.10. POBLACIÓN FINAL DE *M. INCOGNITA*

El análisis de varianza para la variable población final de *M. incognita* (Anexo 14), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Dado que se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de Tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17: Población final de suelo y raíces de *M. incognita* según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

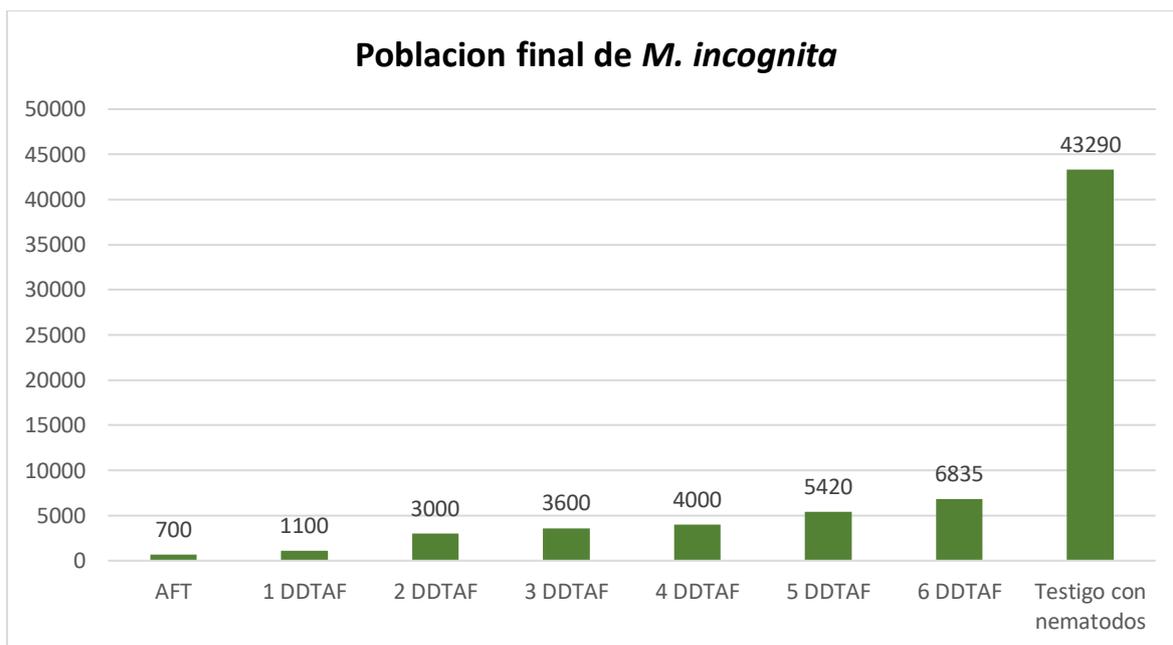
Tratamiento	Medias	
AFT	700	A
1 DDTAF	1100	A
2 DDTAF	3000	B
3 DDTAF	3600	B C
4 DDTAF	4000	B C
5 DDTAF	5420	B C
6 DDTAF	6835	C
Testigo con nematodos	43290	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 17 se muestra que la aplicación de fluopyram realizado al trasplante y al primer día después del trasplante presentó la menor población final de *M. incognita* siendo estadísticamente superiores a los demás tratamientos. La aplicación de fluopyram realizado al segundo día después del trasplante fue ligeramente superior aunque estadísticamente

iguales a las aplicaciones de fluopyram realizado al segundo, tercer, cuarto y quinto día después del trasplante. Seguidamente la aplicación de fluopyram realizado al sexto día después del trasplante fue ligeramente inferior aunque estadísticamente iguales a la aplicación de fluopyram quinto día después del trasplante. Finalmente el testigo con nematodos fue el tratamiento que presentó la mayor población final de *M. incognita* siendo estadísticamente inferior a los demás tratamientos.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 14: Población final de *M. incognita* según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Jones *et al.* (2017) menciona que el tiempo es crítico para el control de *M. incognita*, observándose en la figura 14 que, conforme la aplicación de fluopyram se aleja del día de trasplante la población final de *M. incognita* va incrementándose en el cultivo de pimiento, generando un mayor problema si el agricultor deja pasar muchos días sin aplicar el fluopyram. La población final de *M. incognita* indica la posible cantidad del nematodo que estaría presente en los suelos de la siguiente campaña.

#### 4.11. FACTOR DE REPRODUCCIÓN DE *M. INCOGNITA*

El análisis de varianza para el factor de reproducción de *M. incognita* (Anexo 15), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Dado que se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 18.

**Tabla 18: Factor de reproducción según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Medias	
AFT	0.1	A
1 DDTAF	0.2	A
2 DDTAF	0.6	B
3 DDTAF	0.7	B C
4 DDTAF	0.8	B C
5 DDTAF	1.1	B C
6 DDTAF	1.4	C
Testigo con nematodos	8.7	D

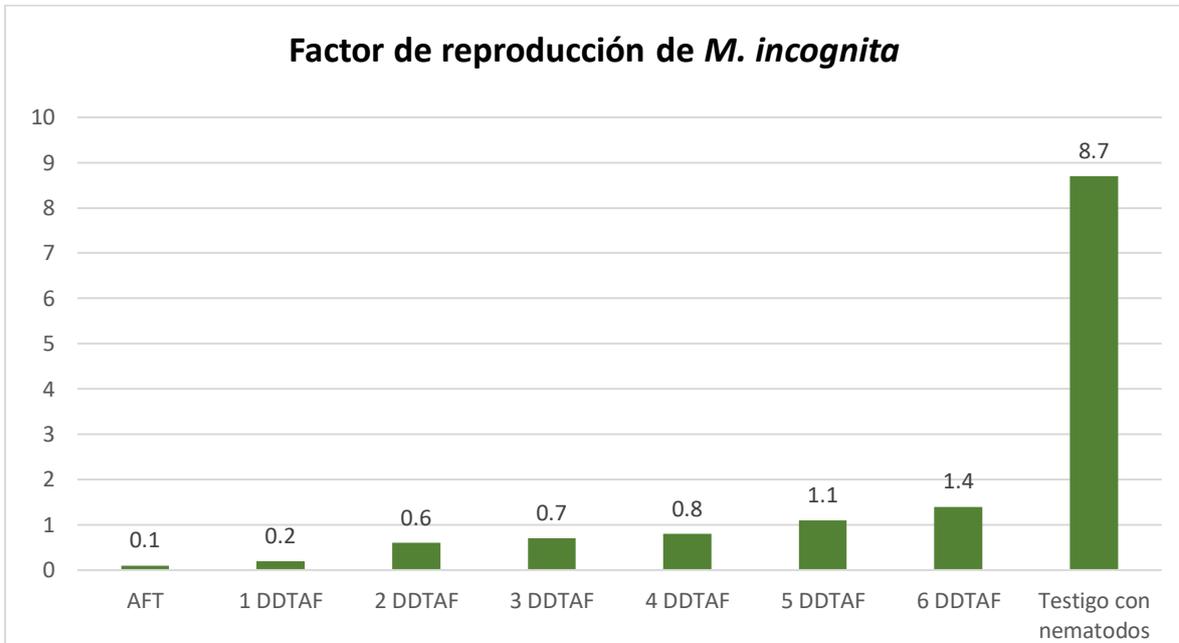
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 18 se muestra que la aplicación de fluopyram realizado al trasplante y un día después del trasplante presentaron el menor factor de reproducción de *M. incognita*. Las aplicaciones de fluopyram realizado al segundo, tercer, cuarto y quinto día después del trasplante fueron ligeramente superiores estadísticamente a la aplicación de fluopyram realizado al sexto día después del trasplante. Finalmente el testigo con nematodos fue el tratamiento que presentó el mayor factor de reproducción de *M. incognita* siendo estadísticamente inferior a los demás tratamientos.

Oostenbrink (1966) menciona que, el Factor de Reproducción es un índice que se utiliza para relacionar la población final y la población inicial del nematodo ( $FR = P_f/P_i$ ), si el FR es menor a uno indica que la planta se encuentra protegida del nematodo y si el FR es mayor a uno, indica que la planta no se encuentra protegida del nematodo

Se debe de tener en cuenta que el factor de reproducción del nematodo es una de las características importante en el desarrollo de nuevos nematicidas (Araya ,2003), ya que uno de los efectos importantes en la aplicación de un nematicida aparte de reducir la población total de nematodo, es disminuir el factor de reproducción del nematodo.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 15: Factor de reproducción de *M. incognita* según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

En la figura 15 se observa que el testigo con nematodos presentó un factor de reproducción de 8.7 cumpliendo aproximadamente de tres a cuatro ciclos de vida durante los 90 días que duró la investigación, mientras que la aplicación de fluopyram realizado al trasplante segundo, tercer, cuarto día después del trasplante presentó un factor de reproducción menor a uno, otorgándole fluopyram protección al cultivo de *M. incognita*; sin embargo, la aplicación de fluopyram realizado al quinto y sexto día después del trasplante presentaron un factor de reproducción ligeramente mayor a uno, otorgándole fluopyram cierta protección al cultivo de *M. incognita*, ya que al redondear al entero más cercano es uno, lo que significa que se encuentra en el rango de aceptación según Oostenbrink (1966).

Estos resultados evidencian que conforme la aplicación de fluopyram se aleja del día del trasplante en el cultivo de pimiento, otorga cierta ventaja al nematodo de poder infestar y desarrollarse dentro de la raíz, aumentando su capacidad de sobrevivencia al fluopyram.

#### 4.12. PORCENTAJE DE EFICIENCIA DEL FLUOPYRAM

El análisis de varianza del porcentaje de eficiencia del fluopyram (Anexo 16), indica que por lo menos uno de los tratamientos tuvo un efecto significativo diferente al resto de tratamientos. Dado que se encontraron diferencias significativas, se realizó la prueba de tukey ( $\alpha=0.05$ ), tal como se muestra en la tabla 19.

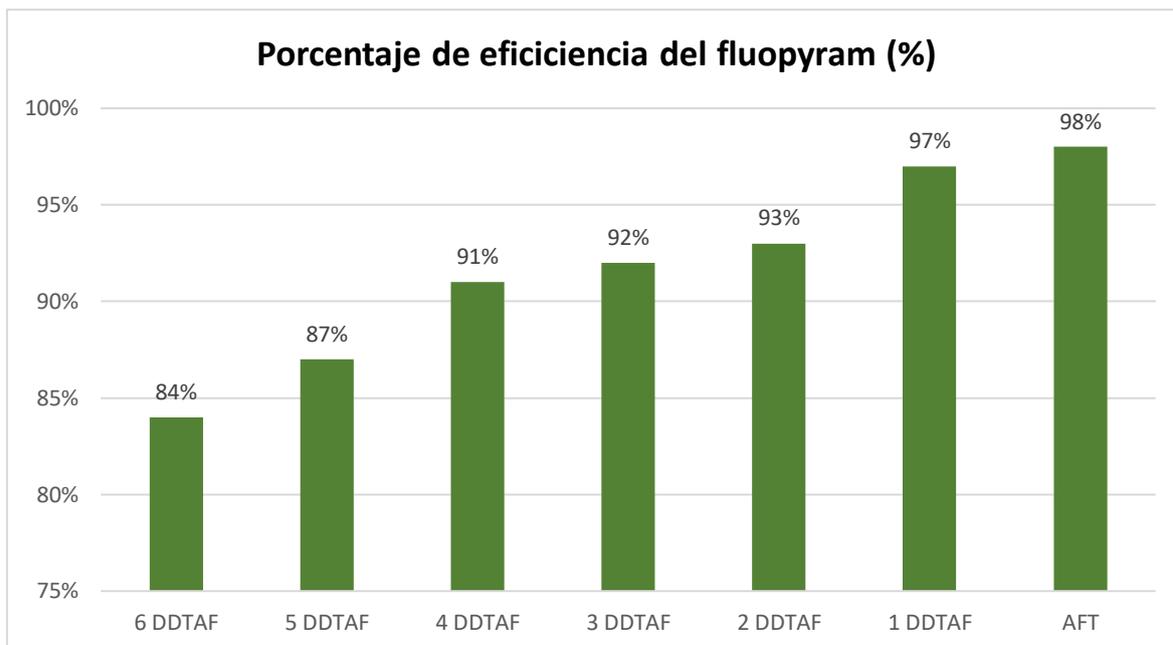
**Tabla 19: Porcentaje de eficiencia del fluopyram según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento mediante la fórmula de Henderson- Tilton**

<b>Tratamiento</b>	<b>Medias</b>	
<b>6 DDTAF</b>	84%	A
<b>5 DDTAF</b>	87%	A B
<b>4 DDTAF</b>	91%	B C
<b>3 DDTAF</b>	92%	B C
<b>2 DDTAF</b>	93%	C
<b>1 DDTAF</b>	97%	D
<b>AFT</b>	98%	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 19 se muestra que la aplicación de fluopyram realizado al trasplante y al primer día después del trasplante presentaron el mayor porcentaje de eficiencia de fluopyram, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. La aplicación de fluopyram realizado al segundo día después del trasplante fue ligeramente superior aunque estadísticamente igual a la aplicación de fluopyram realizado al tercer y cuarto día después del trasplante. Finalmente la aplicación de fluopyram realizado al quinto después del trasplante fue ligeramente superior aunque no significativa a la aplicación de fluopyram realizado al sexto día después del trasplante.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 16: Porcentaje de eficiencia del fluopyram según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

En la figura 16 se observa que conforme las aplicaciones de fluopyram se alejan del día del trasplante, el porcentaje de eficiencia de control del nematocida disminuye del 98% hasta el 84% bajo condiciones de invernadero. Se observa además que las aplicaciones de fluopyram realizada al trasplante y al primer día después del trasplante presentaron un alto porcentaje de eficiencia de 98-97%, y teniendo conocimiento que los productos de contacto para que sean efectivos deben de estar continuamente en contacto con el nematodo y habiendo trabajado con *M. incognita* que es un endoparásito sedentario obligatorio, es innegable que este producto presenta una acción de contacto en los primeros días, disminuyendo su efecto conforme la aplicación de fluopyram se aleja del día de trasplante.

La aplicación de fluopyram realizado al sexto día después del trasplante ofrece protección al cultivo con un 84% de eficiencia de control, debido a la acción sistémica que presenta fluopyram inhibiendo el complejo succinato deshidrogenasa (SDHI) en la cadena transportadora de electrones en la mitocondria de *M. incognita*, disminuyendo la producción de ATP como fuente de energía del nematodo dificultando el proceso de desdoblamiento de las partículas alimenticias y del proceso de muda (Guang *et al.*, 2015), ya que este requiere cada vez más energía para poder completar la segunda, tercera y cuarta muda, afectando

negativamente su tasa de sobrevivencia en la raíz; sin embargo su porcentaje de eficiencia se ve reducida cuando las aplicaciones de fluopyram se aleja del día de trasplante.

#### **4.13. Permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo después de la cosecha (90días) según el índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978)**

Hecho el levantamiento del experimento a los 90 días de iniciada la investigación, y para estimar la permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo después de la cosecha se implementó el sistema bioensayo bajo invernadero con una duración de 45 días manteniendo sin alteración los suelos utilizados en los diferentes tratamientos y trasplantando plántulas de tomate var. rio grande, finalmente se expresó la permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo mediante el índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978)

**Tabla 20: Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) como indicativo de la permanencia efectiva del fluopyram a nivel de suelo después de la cosecha (90días) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

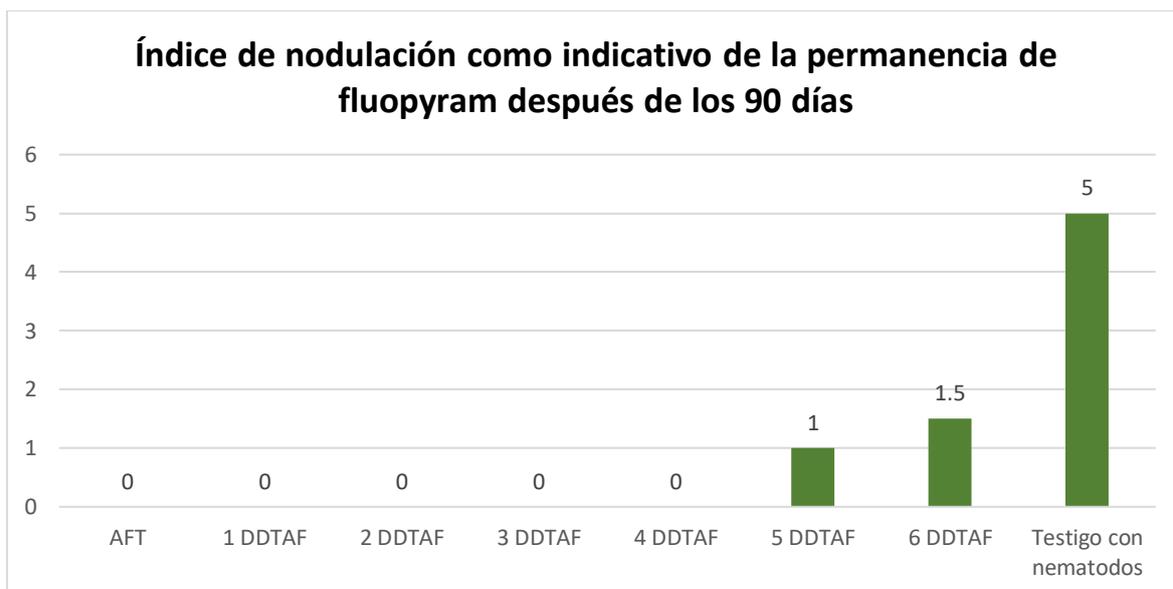
<b>Tratamiento</b>	<b>Media</b>
<b>AFT</b>	0
<b>1 DDTAF</b>	0
<b>2 DDTAF</b>	0
<b>3 DDTAF</b>	0
<b>4 DDTAF</b>	0
<b>5 DDTAF</b>	1
<b>6 DDTAF</b>	1.5
<b>Testigo con nematodos</b>	5

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

En la tabla 20 se muestra que la aplicación de fluopyram realizada al trasplante, primer, segundo, tercer y cuarto día después del trasplante no se observó presencia de nódulos en las raíces del cultivo de tomate, mientras que la aplicación de fluopyram realizado al quinto y sexto día después del trasplante se observó presencia de pocos nódulos en comparación con el testigo con nematodos, que fue el tratamiento que superó los 100 nódulos en las raíces.

Los resultados que se obtuvieron del índice de nodulación propuesta por Taylor y Sasser (1978) en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero, indican la permanencia efectiva de control del fluopyram en los suelos tratados con el nematicida, ofreciendo protección por 45 días al cultivo de tomate; sin embargo se debe tener en cuenta los 90 días que duró la investigación más los siete días antes de iniciar el bioensayo, permaneciendo un total de 142 días bajo la protección que ofrece fluopyram al cultivo.



AFT: Aplicación de fluopyram al trasplante; DDTAF= Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Figura 17: Índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) como indicativo de la permanencia del fluopyram a nivel de suelo después de la cosecha (90días) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

En la figura 17, se observa la presencia de nódulos en las raíces del cultivo de tomate cuando las aplicaciones de fluopyram que se realizaron al quinto y sexto día después del trasplante tienen un índice de nodulación de uno y dos respectivamente, permitiéndole en todo momento al cultivo de tomate poder desarrollarse y crecer sin problemas, ya que no presencia síntomas de fitotoxicidad por fluopyram y visualmente la planta presentó un mejor desarrollo de la parte aérea y del sistema radicular que el testigo sin nematodos y del testigo con nematodos (Anexo 22).

Los resultados que se obtuvieron de la permanencia efectiva del fluopyram a nivel del suelo, permiten conocer que las aplicaciones de fluopyram realizadas al quinto después del

trasplante en adelante hay presencia de nódulos, incrementándose ligeramente cuando la aplicación del fluopyram se aleja del día de trasplante; sin embargo, los tratamientos con fluopyram hasta el sexto día después del trasplante, ofrecen la seguridad al agricultor de poder sembrar la siguiente campaña cualquier cultivo de periodo corto, ya que el impacto de *M. incognita* será mínimo, obteniendo mejores resultados en la producción.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Los tratamientos evaluados con fluopyram conocido comercialmente como VERANGO® Prime, presentaron síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento reduciendo los parámetros de crecimiento como altura de planta, peso fresco de raíz, peso fresco parte aérea, peso seco de raíz, peso seco parte aérea, y los parámetros de producción como peso fresco fruto, peso seco de fruto, número de frutos y longitud de frutos bajo condiciones de invernadero
2. Los tratamientos evaluados con fluopyram presentaron una eficiencia de control de 84 – 98% , disminuyendo el factor de reproducción y el nivel poblacional de *M. incognita* en el cultivo de pimiento bajo condiciones de invernadero.
3. Fluopyram tiene una permanencia efectiva de control a nivel de suelo de 142 días bajo condiciones de invernadero, ofreciendo protección al cultivo de pimiento durante ese periodo.

## **V. RECOMENDACIONES**

1. Validar los resultados obtenidos de la presente investigación a nivel de campo para observar el efecto del fluopyram, conocido comercialmente como VERANGO® Prime, en el comportamiento del cultivo.
2. Repetir la presente investigación fraccionando la dosis recomendada de 1L/ha de fluopyram en dos partes, para conocer si hay presencia de síntomas de fitotoxicidad en el cultivo de pimiento.
3. Considerar un tercer testigo que muestre los resultados de la interacción, planta sin nematodos y aplicación de fluopyram en próximas investigaciones.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

Araya, M. (2003). Situación actual del manejo de nematodos en banano (*Musa* AAA) y plátano (*Musa* AAB) en el trópico americano. En Rivas, G. y Rosales, F.E. (Eds.). *Actas del taller Manejo convencional y alternativo de la sigatoka negra, nematodos y otras plagas asociadas al cultivo de Musáceas en los trópicos Guayaquil, Agosto de 2003* (p. 79-102).

Agrios, G.N. (1995). *Fitopatología* (2°. ed.). Limusa.

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.

Barker, K.R. (1985). Nematode extraction and bioassays. En Barker, K.R.; Carter C.C. & Sasser, J.N. (Eds.). *Advanced Treatise on Meloidogyne* (p. 19-35). North Carolina State University Graphics.

Bayer Cropscience (s.f.). *Verango Prime*. Consultado el 13 de marzo del 2018. [http://www.cropscience.bayer.cl/msds/32\\_HDS\\_Verango\\_Prime.pdf](http://www.cropscience.bayer.cl/msds/32_HDS_Verango_Prime.pdf)

Bunt, J.A. 1987. Mode of action of nematicides. En Veeh, JA & Dickson, DW (Eds.). *Vistas on nematology* (p. 461-468). Society of Nematologists.

Cáceres, C.; Palomo, A. (2016). Reacción de 14 cultivares de pimiento paprika (*Capsicum annum* L.) a diferentes densidades del nematodo del nódulo *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Anales Científicos*, 77 (2), 204-211. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v77i2.489>

Camborda, F. (1998). *Efecto de fraccionamiento de nematicidas sobre el control de Meloidogyne incognita bajo condiciones en invernadero y campo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Carmona, M.; Gassen, D.; Scandini, M. (2009). *Síntomas de fitotoxicidad en soja*. <https://docplayer.es/44050484-Sintomas-de-fitotoxicidad-en-soja.html>

Casierra Posada, F.; Constanza Cardozo, M. (2014). Análisis básico del crecimiento en fruto de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill, cv. 'Quindío') cultivados a campo abierto. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín*, 62(1), 4815-4822.

Chan, S.; López, R. (1992). Efecto de diferentes densidades iniciales de *Meloidogyne incognita* sobre el crecimiento del tomate. *Agronomía Costarricense*, 16, 165-169.

Chapilliquen, R. (2010). *Perfil del mercado de ají paprika en el Perú 2000-2010* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Piura.

Demeure, Y; Freckman, DW. (1983). Recent advances in the study of anhydrobiotic nematode. En Zuckerman, B.M. & Rohde, R.A. (Eds.). *Plant parasitic nematodes* (p. 255-278). Academic Press.

Díaz, A.; Alvarado, M.; Ortiz, F.; Grageda, O. (2013). Nutrición de la planta y calidad de fruto de pimiento asociado con micorrizas arbuscular en invernadero. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 4(2), 315-321.

Domínguez, J. (2002). *Requerimiento hídrico y transporte de soluto en la zona radicular del cultivo de pimiento pampas de Villacurí* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Garrido, L.R. (1990). *Estudio sobre la problemática nematológica de los cultivos hortícolas y alternativas de control en la zona de Azua, suroeste de la republica Dominicana* [Tesis de maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza]. Repositorio institucional del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. <http://hdl.handle.net/11554/1889>

Guíñez, A. (1983). Nematodos que atacan a los principales cultivos hortícolas. *IPA La platina*, (18), 30-31.

Gonzales, L.C. (1981). *Introducción a la fitopatología: nematodos fitoparásitos*. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura.

Guardiola, J.L.; García, L.A. (1997). Thinning effects on citrus yield and fruit size. *Acta hortic*, 463, 463-473.

Guang, Y.A.; Liu, C.; Sun, X.F. (2015). Discovery of pyridine-based agrochemicals by using Intermediate Derivatization Methods. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 24(3), 342-353.

Hussey, R.S. y Baker, K.R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including new technique. *Plant Dis. Rep.*, 57: 1025-1028.

Jones, M.G.K. (1981). The Development and Function of Plant Cells Modified by Endoparasitic Nematodes. En Zuckerman, B.M. & Rohde, R.A. (Eds.). *Plant parasitic nematodes* (p. 255-278). Academic Press.

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(2017), 151-157.

Jones, J.; Gheysen, G.; Fenoll, C. (Eds.). (2011). *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions*. Springer.

Jones, M.G.; Goto, D.B. (2011). Root-knot Nematodes and Giant Cells. En Jones, J.; Gheysen, G. & Fenoll, C. (Eds.). *Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions* (p. 83-102). Springer.

Kandel, Y.R.; Mueller, D.S.; Legleiter, T.; Johnson, W.G., Young, B.Y.; Wise, K.A. (2018). Impact of fluopyram fungicide and preemergence herbicides on soybean injury, population, sudden death syndrome, and yield. *Crop Protection*, 106(2018), 103-109.

Kandel, Y.R.; Bradley, K.A.; Chilvers, M.I.; Tenuta A.U.; Mueller, D.S. (2016). Fungicide and cultivar effects on sudden death syndrome and yield of soybean. *Plant Disease*, 100(7), 1339-1350.

Kearn, J.; Ludlow, E.; Dillon, J.; O'Connor, V.; Holden- Dye, L. (2014). Fluensulfone is a nematicide with a mode of action distinct from anticholinesterases and macrocyclic lactones. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 109(2014), 44-57.

Koolman, J. y Rohm, K.H. (2004). Bioquímica: Texto y atlas (3°. ed). Médica Panamericana.

Lahm, G.P.; Sesaeger, J.; Smith, B.K.; Pahutski, T.F.; Rivera, M.A.; Meloro, T.; ... Wiles, J.A. (2017). The discovery of fluazaindolizine: A new product for the control of plant parasitic nematodes. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 27(7), 1572-1575.

López, J.L. (2002). *Eficiencia de productos orgánicos en la reducción de la población de Meloidogyne sp. en Rosas (Rosae sp.)*.  
[https://www.soiltechcorp.com/images/uploads/product\\_PDFs/Control\\_de\\_Nematodos%28Espanol%29.pdf](https://www.soiltechcorp.com/images/uploads/product_PDFs/Control_de_Nematodos%28Espanol%29.pdf)

Lugo, Z.; Crozzoli, R.; Perichi, G.; Medina, R.; Castellano, G. (2007). Nematodos fitoparásitos asociados a plantas cultivadas y silvestres en el municipio Miranda del estado Falcón, Venezuela. *Fitopatología Venezuela*, 20(1), 15-20.

Maroto, J. (2002). *Horticultura herbácea especial*. (5°. ed.). Mundi prensa.

Mendoza, R. (2006). Sistemática e historia del ají. *Universalia*, 11(2), 80-88.

Metzler, M.; Ahumada, M. (2016). *Evaluación de herbicidas residuales preemergentes para el control de Echinochloa crus-galli en entre ríos*.  
<https://inta.gob.ar/documentos/evaluacion-de-herbicidas-residuales-preemergentes-para-el-control-de-echinochloa-crus-galli-en-entre-rios>

Milthorpe, F.; Moorby, J. (1982). *Introducción a la fisiología de los cultivos* (2°. ed.). Hemisferio sur.

Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. (1992). *Denominación de origen: pimiento del piquillo de lodosa*. [http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/registro\\_INDO\\_tcm7-206219.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/alimentacion/temas/calidad-agroalimentaria/registro_INDO_tcm7-206219.pdf)

Navarro, L.; Gómez, L.; Enrique, R., González, F.M. y Rodríguez M.G. (2009). Comportamiento de genotipos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) frente a *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood. *Rev. Protección Vegetal*, 24(1), 54-56.

Oostenbrink, M. (1966). *Major characteristics of the relation between nematodes and plants*. Wageningen University Research 66, 1-46.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2017). *Normas internacionales para medidas fitosanitarias 5: glosario de términos fitosanitarios*. [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/faoterm/PDF/ISPM\\_05\\_2016\\_Es\\_2017-04-24\\_PostCPM12\\_InkAm\\_LRG.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/faoterm/PDF/ISPM_05_2016_Es_2017-04-24_PostCPM12_InkAm_LRG.pdf)

Parada, R.Y. y Guzmán, R.F. (1997). Evaluación de extractos botánicos contra el nemátodo *Meloidogyne incognita* en frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Mesoamericana*, 8(1), 108-114.

Parra, R.A.; Robinson, T.L.; Osborne, J.; Parra, L.B. (2008). Efecto de carga de fruto y déficit hídrico en la calidad y producción de manzana. *Revista Chapingo (serie Horticultura)*, 14(1), 49-54.

Perry, R.N.(1997). Plant signals in nematode hatching and attraction. En Fenoll, C.; Grundler, F.M.W. & Ohl, S.A. (Eds). *Cellular and molecular aspects of plant-nematode interactions* (p. 38-50). Kluwer Academic Publishers.

Perry, R.N. (2005). An Evaluation of Types of Attractants Enabling Plant-Parasitic Nematodes to Locate Plant Roots. *Russian Journal of Nematology*, (13), 83-88.

Perry, R.N.; Moens, M. (2010). Survival of parasitic nematodes outside the host. En Perry, R.N. & Wharthon, D.A. (Eds.). *Molecular and physiological basis of nematode survival* (p. 1-27). CABI.

Perry, R.N.; Moens, M. (2011). Introduction to Plant-Parasitic Nematodes; Modes of Parasitism. En Jones, J.; Gheysen, G. & Fenoll, C. (Eds.). *Genomics and molecular genetics of plant- nematode interactions* (p.3-20). Springer.

Ministerio de agricultura y riego (s.f.). *Páprika: Perú un campo fértil para sus inversiones y el desarrollo de sus inversiones*. Consultado el 12 de febrero de 2019. <https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/organizaciones/dgca/paprika.pdf>

Programa de Hortalizas UNALM (2012). *EL punto de Ají, Investigaciones en Capsicum nativos* Números 1 y 2. Multivicta.

Redacción gestión (8 de julio de 2016). Exportaciones de *Capsicum* frescos de Perú se elevarán exponencialmente en 10 años ¿Por qué?. *Gestión*. <https://gestion.pe/economia/mercados/exportaciones-capsicum-frescos-peru-elevaran-exponencialmente-10-anos-123167>

Redacción EC. (4 de noviembre de 2017). Perú es el octavo exportador mundial de pimientos y ajíes. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/economia/peru/peru-octavo-exportador-mundial-pimientos-ajies-noticia-455664>

Requena, A.M. (2013). *Control biológico de Meloidogyne en pimiento (Capsicum annuum)* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Cartagena <http://hdl.handle.net/10317/4019>

Salazar, W.; Guzmán, T.J. (2013). Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 27- 36.

Salazar, W.; Guzmán, T. (2013). Efecto de poblaciones de *Meloidogyne* sp. en el desarrollo y rendimiento del tomate. *Agronomía mesoamericana*, 24(2), 419-426.

Saire, L.A. (2017). *Productos químicos alternativos e ingredientes activos comercialmente nuevos para el control de Meloidogyne incognita en tomate en invernadero* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina.

Schmitt, D.P. (1985). Preliminary and advanced evaluation of nematicide. En Sasser, J.N.; Carter, C.C. (Eds.). *An Advanced Treatise on Meloidogyne* (p. 241-248). North Carolina State University Graphics.

Seinhorst, H.W. (1968). A model for the relation between nematode density and yield of attacked plants including growth stimulation at low densities. En Society of European Nematologists. *Reports of the Eighth International Symposium of Nematology Antibes*. E.J. Brill.

Stange, C., Fuentes P., Handford M.; Pizarro, L. (2008). *Daucus carota* as a novel model to evaluate the effect of light on carotenogenic gene expression. *Biological Research*, 41(3), 289-301.

Talavera, M. (2003). *Manual de nematología agrícola*. <http://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=CNTSP722ZI4569&id=4569>

Taylor, A.L y Sasser, J.N. (1978). *Experimental and Agronomic use of nematicides (International Meloidogyne Project)*. Artes Gráficas de la Universidad del Estado de Carolina del Norte.

Taylor, A.L y Sasser, J.N. (1983). *Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (Especies de Meloidogyne)*. Artes Gráficas de la Universidad del Estado de Carolina del Norte.

Vargas, G. (2015). *Cultivo: El paprika (Capsicum annuum L.)*. <http://es.calameo.com/read/0045039246259fe1d7a81>

Wright, D.J. (1981). Nematicides: Mode of Action and New Approaches to Chemical Control. En Zuckerman, B.M. & Rohde, R.A. (Eds.). *Plant parasitic nematodes* (p. 421-445). Academic Press.

Zapata, M. (1992). *El pimiento para pimentón*. Mundi prensa.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1: Datos de los parámetros indirectos según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Altura	Peso Fresco		Peso Fresco Fruto	Número frutos	Longitud fruto	Peso seco		Peso seco Raíz
		Raíz	P. Fresco P. aérea				P. Aérea	Fruto	
<b>T. sin nematodo</b>	49.0	23.0	36.5	52.0	5.0	7.0	6.1	6.5	1.9
<b>T. sin nematodo</b>	48.6	23.7	37.4	53.8	5.3	7.0	6.0	6.8	1.7
<b>T. sin nematodo</b>	47.7	20.0	39.3	54.2	4.5	7.0	6.3	7.0	1.6
<b>T. sin nematodo</b>	50.9	23.5	40.3	54.8	5.0	7.7	6.9	7.1	1.9
<b>T. sin nematodo</b>	48.8	23.6	38.4	47.9	5.5	7.1	6.7	8.3	1.9
<b>T. con nematodo</b>	46.9	21.5	25.3	35.0	4.3	6.8	4.2	3.9	2.5
<b>T. con nematodo</b>	45.0	18.4	22.9	34.3	3.3	6.5	3.5	3.3	1.7
<b>T. con nematodo</b>	44.8	17.6	19.6	30.4	2.8	6.3	3.9	3.2	2.2
<b>T. con nematodo</b>	44.9	17.7	22.9	36.3	3.3	7.2	3.7	3.5	1.9
<b>T. con nematodo</b>	45.6	16.8	22.2	33.0	3.5	6.6	3.2	3.7	1.9
<b>AFT</b>	41.9	13.6	21.6	34.7	4.3	6.8	3.4	3.2	1.4
<b>AFT</b>	40.6	15.5	19.8	36.3	3.3	7.2	3.1	4.8	1.6
<b>AFT</b>	40.5	18.4	20.3	27.1	3.3	6.8	3.2	3.6	1.8
<b>AFT</b>	40.3	15.6	20.4	36.8	4.8	6.0	3.6	4.2	1.5
<b>AFT</b>	36.8	17.2	18.0	31.2	3.3	6.6	3.3	3.8	1.7
<b>1DDTAF</b>	37.2	14.4	17.0	26.2	2.8	7.0	2.4	4.2	1.4
<b>1DDTAF</b>	37.5	13.8	17.3	27.1	2.8	7.8	2.8	4.1	1.7
<b>1DDTAF</b>	37.6	14.1	18.3	30.6	3.5	7.5	2.8	4.7	1.3
<b>1DDTAF</b>	37.3	13.4	16.8	28.7	2.8	7.3	2.8	4.8	1.7
<b>1DDTAF</b>	36.6	13.9	17.9	41.1	2.8	7.6	3.1	5.4	1.6

Continuación...

<b>2DDTAF</b>	37.3	16.1	17.9	37.2	3.8	8.4	3.1	5.2	1.6
<b>2DDTAF</b>	40.1	15.5	17.8	28.5	2.8	7.7	3.0	4.2	1.5
<b>2DDTAF</b>	40.2	17.6	18.5	32.2	3.8	7.7	3.4	4.5	1.6
<b>2DDTAF</b>	39.3	17.1	15.7	28.4	2.3	7.5	2.4	4.0	1.4
<b>2DDTAF</b>	39.7	15.3	18.3	29.3	3.8	7.3	3.0	4.3	1.5
<b>3DDTAF</b>	38.6	17.3	16.7	28.7	2.3	6.8	2.9	3.9	1.5
<b>3DDTAF</b>	40.3	15.9	19.7	30.9	2.8	7.5	3.3	4.5	1.5
<b>3DDTAF</b>	44.5	15.1	20.5	23.4	3.5	6.8	3.5	3.3	2.1
<b>3DDTAF</b>	39.1	17.1	19.8	29.1	4.3	6.9	3.4	3.6	1.4
<b>3DDTAF</b>	40.7	15.5	16.6	29.6	3.3	7.1	2.9	4.4	1.4
<b>4DDTAF</b>	38.4	14.8	22.7	27.6	3.5	6.4	3.5	4.5	1.4
<b>4DDTAF</b>	41.2	15.4	20.9	25.4	4.5	6.3	4.0	3.4	1.5
<b>4DDTAF</b>	39.6	17.5	19.8	29.3	3.5	6.9	3.2	4.1	1.4
<b>4DDTAF</b>	37.0	16.9	17.6	29.9	2.7	7.3	3.5	4.0	1.7
<b>4DDTAF</b>	37.5	15.7	20.6	25.2	2.8	7.2	3.2	4.5	1.4
<b>5DDTAF</b>	35.3	15.6	16.8	25.2	2.8	7.0	2.6	3.4	1.4
<b>5DDTAF</b>	39.2	14.5	17.5	22.4	3.3	6.9	2.9	3.9	1.5
<b>5DDTAF</b>	40.9	14.8	17.8	28.1	3.8	7.1	3.4	4.4	1.6
<b>5DDTAF</b>	41.6	14.8	18.3	29.2	2.8	6.2	2.9	4.1	1.2
<b>5DDTAF</b>	39.6	15.0	17.3	28.3	3.0	6.8	2.9	4.0	1.3
<b>6DDTAF</b>	39.7	16.4	15.9	22.7	3.0	7.9	2.7	5.1	1.3
<b>6DDTAF</b>	37.1	16.0	20.2	27.5	3.0	7.3	2.4	4.4	1.5
<b>6DDTAF</b>	39.1	14.4	19.1	24.6	2.8	8.0	3.0	4.7	1.6
<b>6DDTAF</b>	38.1	14.8	18.3	29.1	2.8	8.1	3.1	5.2	1.3
<b>6DDTAF</b>	39.7	15.8	19.3	30.7	3.8	7.0	2.9	4.7	1.9

**Anexo 2. Datos de los parámetros directos y de respuesta del hospedante según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Tratamiento	Fitotoxicidad	I. Nodulación	<i>M. Incognita</i> /raíz	<i>M. Incognita</i> /suelo	P. Final <i>M. Incognita</i>	Factor reproducción	Porcentaje eficiencia	Permanencia Fluopyram
T. sin nematodo	-	-	-	-	-	-	-	-
T. sin nematodo	-	-	-	-	-	-	-	-
T. sin nematodo	-	-	-	-	-	-	-	-
T. sin nematodo	-	-	-	-	-	-	-	-
T. sin nematodo	-	-	-	-	-	-	-	-
T. con nematodo	-	5.0	1581.4	562.5	39625.0	7.9	-	5.0
T. con nematodo	-	5.0	2500.0	347.5	49475.0	9.9	-	5.0
T. con nematodo	-	5.0	1736.2	437.5	34875.0	7.0	-	5.0
T. con nematodo	-	5.0	2917.8	415.0	55650.0	11.1	-	5.0
T. con nematodo	-	5.0	1875.0	532.5	36825.0	7.4	-	5.0
AFT	3.0	1.0	36.8	0.0	500.00	0.1	98.8%	0.00
AFT	2.0	0.5	32.2	0.0	500.00	0.1	98.8%	0.00
AFT	2.0	1.0	27.2	0.0	500.00	0.1	98.8%	0.00
AFT	3.0	1.0	64.2	0.0	1000.00	0.2	97.7%	0.00
AFT	2.0	1.0	58.1	0.0	1000.00	0.2	97.7%	0.00
1DDTAF	3.0	2.0	34.8	0.0	500.00	0.1	98.8%	0.00
1DDTAF	3.0	1.5	72.3	0.0	1000.00	0.2	97.7%	0.00
1DDTAF	2.0	1.3	106.4	0.0	1500.00	0.3	96.5%	0.00
1DDTAF	2.0	1.5	74.6	0.0	1000.00	0.2	97.7%	0.00
1DDTAF	2.0	1.3	107.7	0.0	1500.00	0.3	96.5%	0.00

Continuación...

<b>2DDTAF</b>	2.0	1.8	248.4	0.0	4000.00	0.8	90.8%	0.00
<b>2DDTAF</b>	2.0	1.5	97.0	0.0	1500.00	0.3	96.5%	0.00
<b>2DDTAF</b>	2.0	2.3	227.3	0.0	4000.00	0.8	90.8%	0.00
<b>2DDTAF</b>	3.0	1.5	117.0	0.0	2000.00	0.4	95.4%	0.00
<b>2DDTAF</b>	2.0	2.3	228.8	0.0	3500.00	0.7	91.9%	0.00
<b>3DDTAF</b>	2.0	2.3	173.9	0.0	3000.00	0.6	93.1%	0.00
<b>3DDTAF</b>	2.0	2.0	283.0	0.0	4500.00	0.9	89.6%	0.00
<b>3DDTAF</b>	3.0	2.0	198.7	0.0	3000.00	0.6	93.1%	0.00
<b>3DDTAF</b>	3.0	2.5	233.9	0.0	4000.00	0.8	90.8%	0.00
<b>3DDTAF</b>	2.0	3.0	225.8	0.0	3500.00	0.7	91.9%	0.00
<b>4DDTAF</b>	3.0	2.3	202.7	0.0	3000.00	0.6	93.1%	0.00
<b>4DDTAF</b>	2.0	2.3	260.2	0.0	4000.00	0.8	90.8%	0.00
<b>4DDTAF</b>	2.0	2.5	314.3	0.0	5500.00	1.1	87.3%	0.00
<b>4DDTAF</b>	3.0	2.3	266.3	0.0	4500.00	0.9	89.6%	0.00
<b>4DDTAF</b>	2.0	2.5	191.7	0.0	3000.00	0.6	93.1%	0.00
<b>5DDTAF</b>	3.0	3.0	352.6	0.0	5500.00	1.1	87.3%	0.75
<b>5DDTAF</b>	2.0	3.0	378.4	0.0	5500.00	1.1	87.3%	0.50
<b>5DDTAF</b>	2.0	2.8	439.2	2.5	6525.00	1.3	84.9%	0.80
<b>5DDTAF</b>	2.0	2.8	270.7	5.0	4050.00	0.8	90.6%	1.30
<b>5DDTAF</b>	2.0	3.5	367.5	2.5	5525.00	1.1	87.2%	1.00
<b>6DDTAF</b>	2.0	3.3	305.8	2.5	5025.0	1.0	88.4%	1.0
<b>6DDTAF</b>	3.0	4.0	437.5	2.5	7025.0	1.4	83.8%	1.3
<b>6DDTAF</b>	3.0	3.3	625.0	2.50	9025.0	1.8	79.2%	1.0
<b>6DDTAF</b>	2.0	3.0	440.2	2.50	6525.0	1.3	84.9%	1.3
<b>6DDTAF</b>	1.0	3.0	410.5	7.50	6575.0	1.3	84.8%	1.8

**Anexo 3: Análisis de varianza para el parámetro altura de planta según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Altura	45	0.86	0.83	3.89

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	573.84	8	71.73	28.26	<0.0001
Tratamiento	573.84	8	71.73	28.26	<0.0001
Error	91.36	36	2.54		
Total	665.21	44			

**Anexo 4: Análisis de varianza para el parámetro peso fresco parte aérea según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P.F P. aérea	45	0.96	0.95	6.96

Fuente de Variabilidad	Grado de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	1763.44	8	220.43	100.92	<0.0001
Tratamiento	1763.44	8	220.43	100.92	<0.0001
Error	78.63	36	2.18		
Total	1842.07	44			

**Anexo 5: Análisis de varianza para el parámetro peso fresco de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P.F Raíz	45	0.83	0.8	7.29

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	265.79	8	33.22	22.45	<0.0001
Tratamiento	265.79	8	33.22	22.45	<0.0001
Error	53.28	36	1.48		
Total	319.07	44			

**Anexo 6: Análisis de varianza para el parámetro peso seco parte aérea según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P.S parte aérea	45	0.94	0.92	8.86

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	50.68	8	6.34	65.31	<0.0001
Tratamiento	50.68	8	6.34	65.31	<0.0001
Error	3.49	36	0.1		
Total	54.17	44			

**Anexo 7: Análisis de varianza para el parámetro peso seco raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Peso seco raíz	45	0.5	0.39	12.67

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	1.52	8	0.19	4.57	0.0007
Tratamiento	1.52	8	0.19	4.57	0.0007
Error	1.5	36	0.04		
Total	3.02	44			

**Anexo 8: Análisis de varianza para el parámetro peso seco fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
P.S fruto	45	0.84	0.8	11.09

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	46.04	8	5.75	23.23	<0.0001
Tratamiento	46.04	8	5.75	23.23	<0.0001
Error	8.92	36	0.25		
Total	54.95	44			

**Anexo 9: Análisis de varianza para el parámetro peso fresco fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Peso fresco fruto</b>	45	0.85	0.82	10.88

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
<b>Modelo.</b>	2582.36	8	322.8	26.14	<0.0001
<b>Tratamiento</b>	2582.36	8	322.8	26.14	<0.0001
<b>Error</b>	444.54	36	12.35		
<b>Total</b>	3026.9	44			

**Anexo 10: Análisis de varianza para el parámetro número de fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Número frutos</b>	45	0.58	0.48	16.48

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
<b>Modelo.</b>	16.32	8	2.04	6.17	0.0001
<b>Tratamiento</b>	16.32	8	2.04	6.17	0.0001
<b>Error</b>	11.91	36	0.33		
<b>Total</b>	28.22	44			

**Anexo 11: Análisis de varianza para el parámetro longitud de fruto según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<b>Longitud Fruto</b>	45	0.56	0.46	5.56

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
<b>Modelo.</b>	7.0	8	0.88	5.6	0.0001
<b>Tratamiento</b>	7.0	8	0.88	5.6	0.0001
<b>Error</b>	5.6	36.0	0.16		
<b>Total</b>	12.6	44			

**Anexo 12: Análisis de varianza para el parámetro índice de nodulación propuesto por Taylor y Sasser (1978) según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a  $\sqrt{x}$ )**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Índice de nodulación	40	0.93	0.92	7.25

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Medio	F calculado	p-valor
Modelo	5.3	7	0.76	61.13	<0.0001
Tratamiento	5.3	7	0.76	61.13	<0.0001
Error	0.4	32	0.01		
Total	5.69	39			

**Anexo 13: Análisis de varianza para el parámetro número de J2- huevos *M. incognita* por gramo de raíz según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a log 10)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
<i>M. incognita</i> /raíz	40	0.94	0.93	5.75

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Medio	F calculado	p-valor
Modelo.	9.21	7	1.32	70.77	<0.0001
Tratamiento	9.21	7	1.32	70.77	<0.0001
Error	0.59	32	0.02		
Total	9.8	39			

**Anexo 14: Análisis de varianza para el parámetro población final de *M. incognita* según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a log 10)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Población final de <i>M. incognita</i>	40	0.95	0.94	3.76

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Medio	F calculado	p-valor
Modelo.	10.32	7	1.47	81.93	<0.0001
Tratamiento	10.32	7	1.47	81.93	<0.0001
Error	0.58	32	0.02		
Total	10.9	39			

**Anexo 15: Análisis de varianza para el parámetro factor de reproducción según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a log10)**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Factor de reproducción	40	0.95	0.94	107.86

Fuente de Variabilidad	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.	10.53	7	1.5	83.59	<0.0001
Tratamiento	10.53	7	1.5	83.59	<0.0001
Error	0.58	32	0.02		
Total	11.1	39			

**Anexo 16: Análisis de varianza para el parámetro porcentaje de eficiencia de control según los días de aplicación del fluopyram después del trasplante en el cultivo de pimiento (Datos transformados a arcoseno  $\sqrt{x}$ )**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Porcentaje de eficiencia	35	0.892	0.869	2.938

Fuente de Variabilidad	de	Suma de Cuadrados	Grado de libertad	Cuadro Media	F calculado	p-valor
Modelo.		0.339	6	0.057	38.674	<0.0001
Tratamiento		0.339	6	0.057	38.674	<0.0001
Error		0.041	28	1.50E-03		
Total		0.38	34			

## Anexo 17: Instalación del proyecto de investigación



A



B



C



D



E



F

A) Bandeja de almácigo previo al trasplante, B) Preparación de las macetas previo al trasplante, C) Trasplante del pimiento, D) Preparación de *M. incognita* previo a la inoculación, E) Formación de un aro alrededor de las raíces previo a la inoculación, F) Preparación de los tratamientos con fluopyram.

## Anexo 18: Medición de los parámetros de crecimiento y producción en el cultivo de pimiento



A) Medición de altura de planta por la Dra. Elsa Carbonell, B) Obtención de la raíz del pimiento lavada por la Dra. Elsa Carbonell, C) Obtención del fruto de pimiento, D) Obtención de muestras de suelos para el método de centrifugación, E) Secado de muestras a estufa a una temperatura de 80°C.

**Anexo 19: Síntomas de fitotoxicidad por fluopyram en el cultivo de pimiento según la escala EWRS**



A y B) Inicio de los síntomas de fitotoxicidad en el tercio superior del pimiento

C y D) Sin síntomas de fitotoxicidad según la escala EWRS en el cultivo de pimiento.

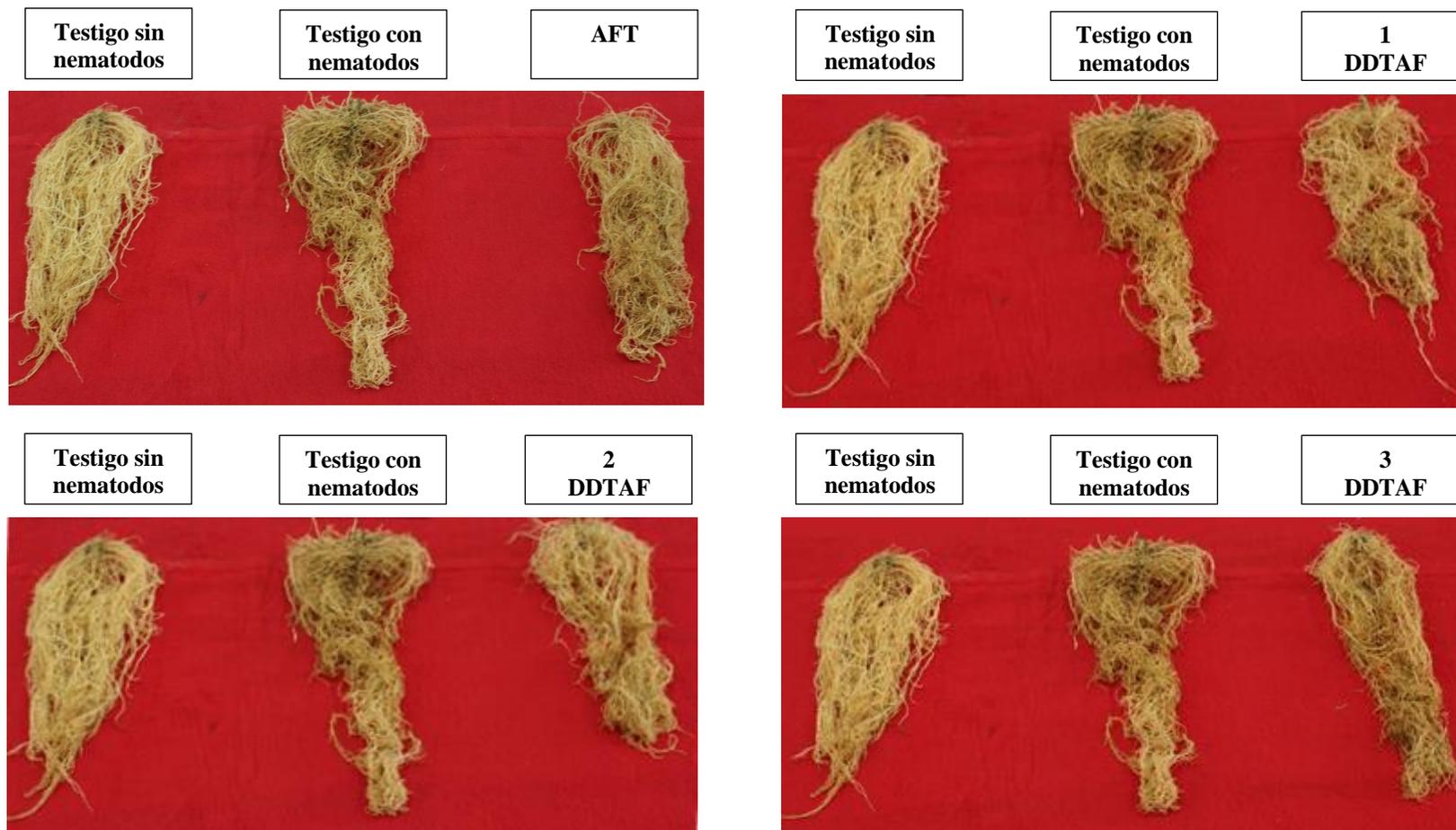
**Continuación...**



E y F) síntomas muy ligeros de fitotoxicidad según la escala EWRS en el cultivo de pimiento

C y D) síntomas ligeros de fitotoxicidad según la escala EWRS en el cultivo de pimiento

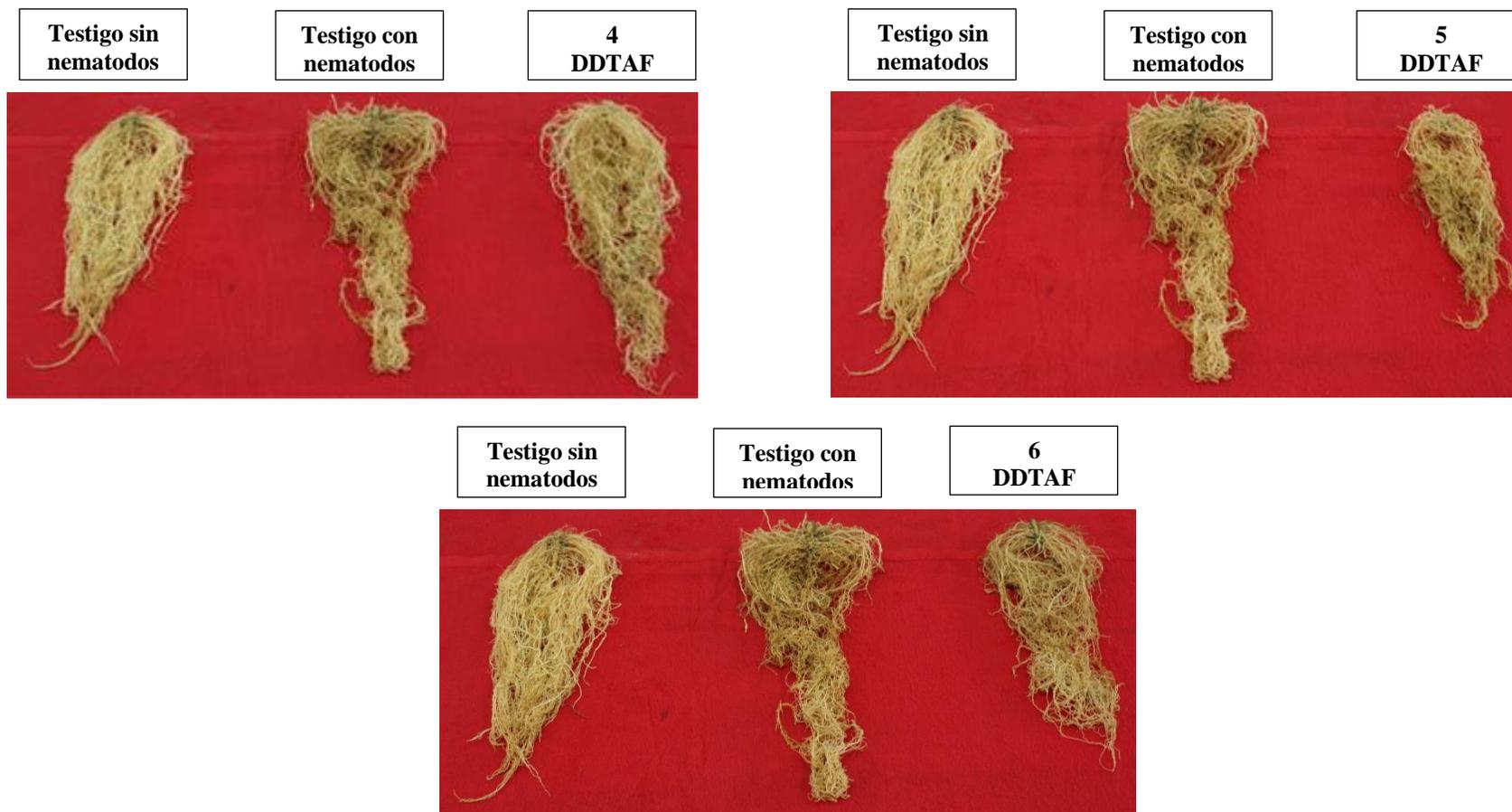
**Anexo 20: Comparación de raíces en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram y los testigos**



**AFT:** Aplicación de fluopyram en el trasplante

**DDTAF:** Días después del trasplante aplicación de fluopyram

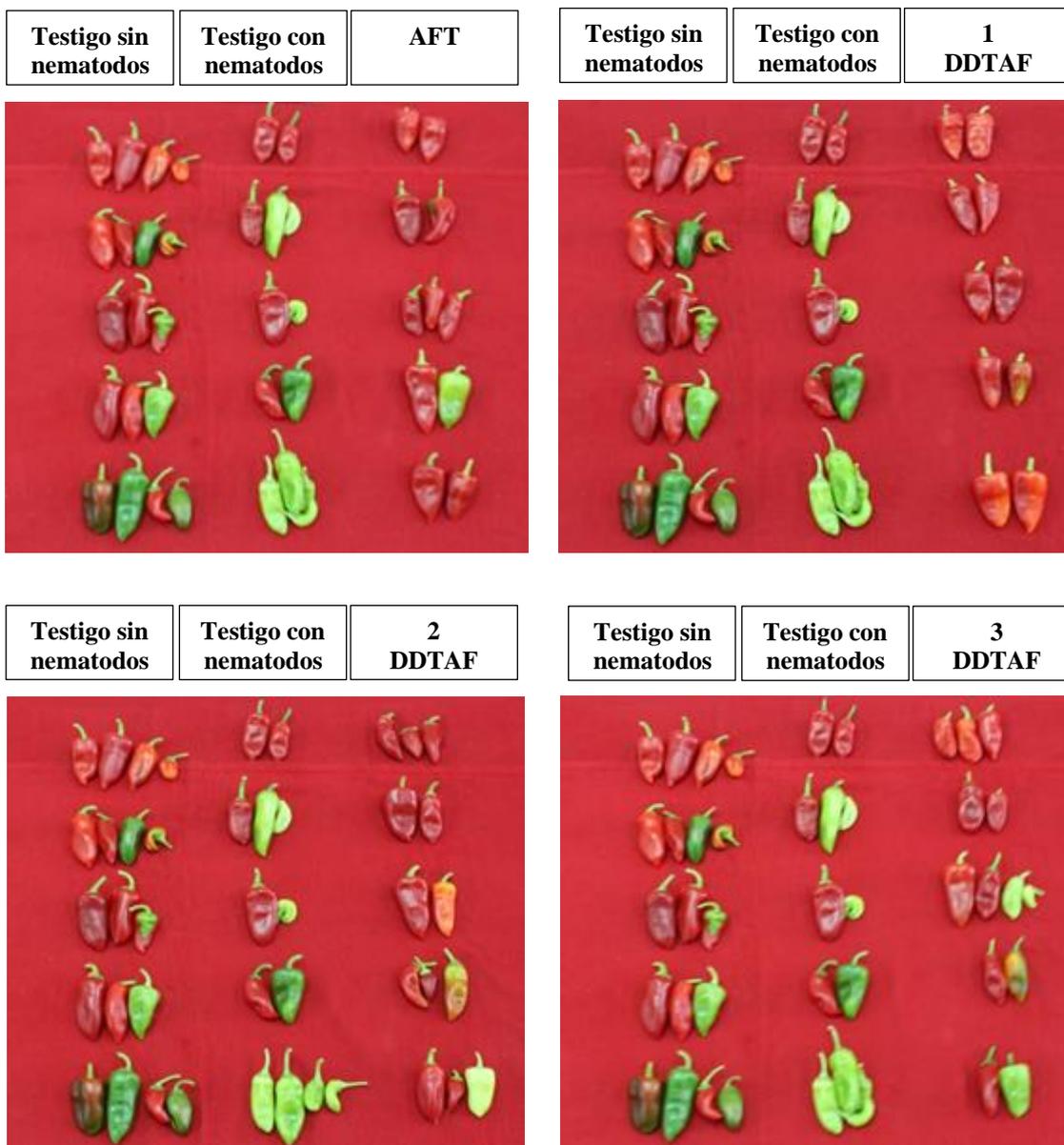
Continuación...



**AFT:** Aplicación de fluopyram en el trasplante.

**DDTAF:** Días después del trasplante aplicación de fluopyram

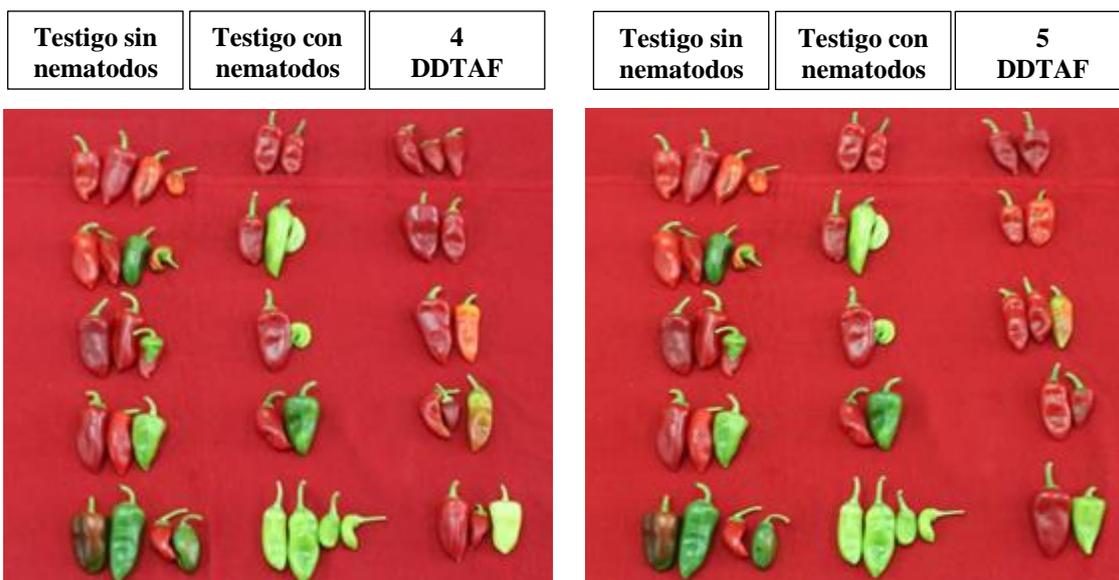
**Anexo 21: Comparación de frutos en el cultivo de pimiento según los días de aplicación del fluopyram y los testigos**



**AFT:** Aplicación de fluopyram en el trasplante.

**DDTAF:** Días después del trasplante aplicación de fluopyram.

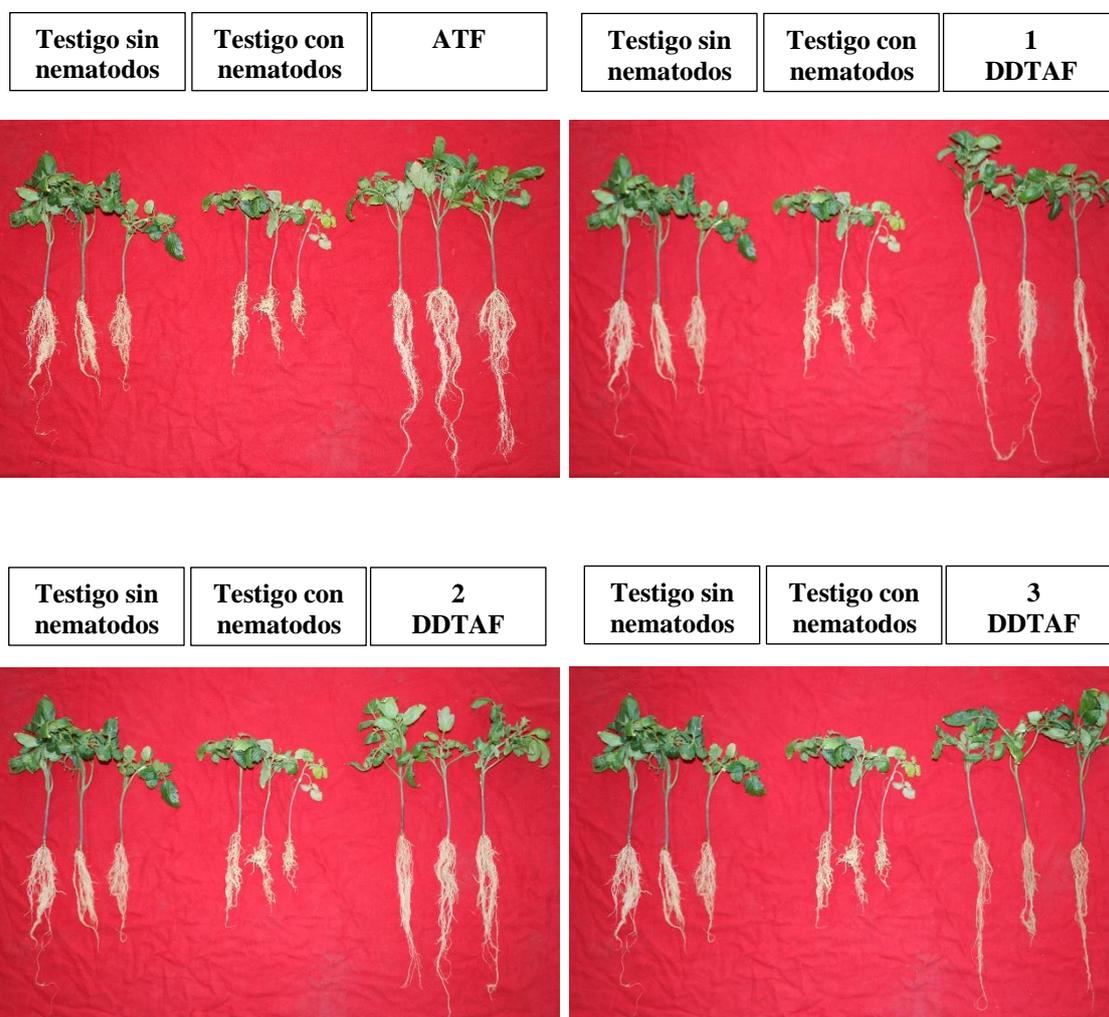
**Continuación...**



**AFT:** Aplicación de fluopyram en el trasplante

**DDTAF:** Días después del trasplante aplicación de fluopyram

**Anexo 22: Comparación de raíces del bioensayo en el cultivo de tomate según los días de aplicación del fluopyram y los testigos**



**AFT:** Aplicación de fluopyram en el trasplante.

**DDTAF:** Días después del trasplante aplicación de fluopyram.

Continuación...

Testigo sin nematodos	Testigo con nematodos	4 DDTAF	Testigo sin nematodos	Testigo con nematodos	5 DDTAF
-----------------------	-----------------------	------------	-----------------------	-----------------------	------------



Testigo sin nematodos	Testigo con nematodos	6 DDTAF
-----------------------	-----------------------	------------



**AFT:** Aplicación de fluopyram en el trasplante.

**DDTAF:** Días después del trasplante aplicación de fluopyram.