

**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**



**Tesis**

**“Efecto de la comparación de biocontroladores sobre  
*Meloidogyne incognita* “nematodo del nudo”, en el cultivo de  
*Capsicum baccatum* “ají escabeche” en Barranca”**

**Tesis para obtener el título de:**

*Ingeniero Agrónomo*

**Presentado por el Bachiller:**

Gonzáles Inca, Mónica Medalit

**Asesor:**

Dra. Utia Pinedo, María Del Rosario

**Huacho-Perú**

**2019**

**Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión**  
**Facultad de Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica**



**Tesis**

**“Efecto de la comparación de biocontroladores sobre  
*Meloidogyne incognita* “nematodo del nudo”, en el cultivo de  
*Capsicum baccatum* “ají escabeche” en Barranca”**

Dr. Palomares Anselmo, Edison Goethe

**PRESIDENTE**

Mg. Sc. Quispe Ojeda, Teodosio Celso

**SECRETARIO**

Mg Sc. Mendoza Nieto, Eroncio

**VOCAL**

Dra. Utia Pinedo, María del Rosario

**ASESOR**

**Huacho – Perú**

**2019**

## **DEDICATORIA**

*A Dios por darme la fortuna de regalarme unos maravillosos, Aquilino Gonzales Huamán y Beatriz Inca Caquiamarca, por su apoyo incondicional a lo largo de la vida.*

*Gonzales Inca, Mónica Medalit*

## **AGRADECIMIENTO**

*A mi asesora, Dra. María del Rosario Utia Pinedo,  
por haberme brindado su tiempo y conocimiento en  
el desarrollo de la investigación.*

*Gonzales Inca, Mónica Medalit*

## INDICE

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| <b>Carátula</b>                        | <b>i</b>      |
| <b>DEDICATORIA</b>                     | <b>iii</b>    |
| <b>AGRADECIMIENTO</b>                  | <b>iv</b>     |
| <b>INDICE</b>                          | <b>v</b>      |
| <b>RESUMEN</b>                         |               |
| <b>viii</b>                            |               |
| <b>ABSTRACT</b>                        | <b>ix</b>     |
| <b>CAPÍTULO I: Introducción</b>        | <b>1</b>      |
| 1.1 Planteamiento del problema         | 2             |
| 1.2 Descripción del problema           | 2             |
| 1.3 Formulación del problema           | 2             |
| 1.3.1. Problema General                | 2             |
| 1.3.2. Problemas Específicos           | 2             |
| 1.4. Objetivos de la investigación     | 3             |
| 1.4.1 Objetivo general                 | 3             |
| 1.4.2 Objetivos específicos            | 3             |
| 1.5. Justificación de la investigación | 4             |
| 1.6. Delimitaciones del estudio        | 4             |
| 1.6.1 Delimitación espacial y temporal | 4             |
| 1.6.2 Delimitación social              | 4             |
| 1.7. Viabilidad del estudio            | 5             |
| <b>CAPÍTULO II: Marco teórico</b>      | <b>6</b>      |
| 2.1 Antecedentes de la investigación   | 6             |
| 2.2 Bases teóricas                     | 8             |
| 2.2.1. Origen del ají escabeche        | 8             |
| 2.2.2 Taxonomía                        | 8             |
| 2.2.3 Descripción botánica             | 8             |
| 2.2.4 Fenología del cultivo            | 10            |
| 2.2.5 Requerimiento de suelo           | 10            |
| 2.2.6 Requerimiento de clima           | 10            |

|   |           |
|---|-----------|
| 2.2.7 Aspectos generales del nematodo del nudo de la raíz<br>“ <i>Meloidogyne incognita</i> ” | 11        |
| 2.2.8 Ciclo de vida del nematodo del nudo de la raíz “ <i>Meloidogyne incognita</i> ”         | 13        |
| 2.2.9 Efecto del nematodo del nudo de la raíz “ <i>Meloidogyne incognita</i> ”                | 15        |
| 2.2.10 Infección del nematodo del nudo de la raíz “ <i>Meloidogyne incognita</i> ”            | 16        |
| 2.2.11 Control del nematodo del nudo de la raíz “ <i>Meloidogyne incognita</i> ”              | 16        |
| 2.2.12 Control con uso de Biocontroladores  | 17        |
| 2.2.13 Mecanismos de acción de los Biocontroladores sobre<br><i>Meloidogyne incognita</i>     | 17        |
| 2.2.14 Hongos biocontroladores de <i>Meloidogyne incognita</i>                                | 18        |
| 2.4 Formulación de hipótesis  | 23        |
| 2.4.1. Hipótesis general  | 23        |
| 2.4.2. Hipótesis específicas  | 23        |
| <b>CAPÍTULO III: Metodología</b>  | <b>24</b> |
| 3.1 Diseño metodológico   | 24        |
| 3.1.1 Tipo de investigación   | 24        |
| 3.1.2 Nivel de investigación  | 24        |
| 3.1.3 Diseño de la investigación  | 24        |
| 3.1.4 Enfoque de la investigación   | 25        |
| 3.2 Población y muestra   | 25        |
| 3.3 Operacionalización de variables e indicadores   | 27        |
| 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos   | 27        |
| 3.4.1 Técnicas a emplear  | 27        |
| 3.4.2 Descripción de los instrumentos   | 28        |
| 3.8. Técnicas para el procesamiento de la información   | 25        |
| 3.8.1 Diseño estadístico  | 26        |
| <b>CAPÍTULO IV: Resultados</b>  | <b>31</b> |
| 4.1 Población inicial del nematodo del nudo de la raíz  | 31        |
| 4.2 Población final del nematodo del nudo de la raíz  | 32        |
| 4.3 Tasa de reproducción del nematodo del nudo de la raíz                                     | 34        |
| 4.4 Eficiencia de control del nematodo del nudo de la raíz                                    | 36        |
| 4.5 Número de huevos nematodo del nudo de la raíz   | 38        |
| 4.6 Eficiencia de control del número de huevos del nematodo<br>del nudo de la raíz            | 39        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.7 Rendimiento del ají escabeche   | 40        |
| <b>CAPÍTULO V: Discusión</b>  | <b>43</b> |
| 5.1 Discusión de resultados   | 43        |
| 5.2 Conclusiones  | 50        |
| 5.3 Recomendaciones   | 51        |
| <b>CAPITULO VI: Referencias Bibliográficas</b>  | <b>52</b> |
| ANEXO 1. Matriz de consistencia   | 55        |
| ANEXO 2. Población inicial del nematodo del nudo de la raíz                             | 60        |
| ANEXO 3. Población final del nematodo del nudo de la raíz                               | 60        |
| ANEXO 4. Tasa de reproducción del nematodo del nudo de la raíz                          | 61        |
| ANEXO 5. Eficiencia de control del nematodo del nudo de la raíz                         | 61        |
| ANEXO 6. Número de huevos nematodo del nudo de la raíz                                  | 62        |
| ANEXO 7. Eficiencia de control del número de huevos del<br>nematodo del nudo de la raíz | 62        |
| ANEXO 8. Rendimiento del ají escabeche (g/planta-1)                                     | 63        |
| ANEXO 9. Imágenes durante el desarrollo del experimento                                 | 64        |

## RESUMEN

**Objetivo:** Evaluar la influencia de los biocontroladores sobre el ataque de *M. incognita* en *Capsicum baccatum* “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca.

**Métodos:** Se usó el diseño de bloques completamente randomizados, y la prueba de Tukey al 5%. Se instaló los hongos biocontroladores, un nematicida químico y un testigo, siendo cinco tratamientos para el estudio, en cada bloque con un total de veinte parcelas experimentales y en la parcela de 4 surcos con un distanciamiento entre surcos de 1m y 0.5m de planta a planta. En cuanto a las variables estudiadas: Población inicial y final de *M. incognita*, eficiencia de control, número de huevos y porcentaje de eficiencia del número de huevos *M. incognita*.

**Resultados:** El biocontrolador *Paecilomyces lilacinus* reportó con menor densidad poblacional (17.2 juveniles J2) y menos tasa de reproducción (0.19) del *M. incognita*. El hongo controlador biológico *Paecilomyces lilacinus* obtuvo mayor porcentaje de eficiencia con 88.8% de control del *M. incognita*. *Paecilomyces lilacinus* obtuvo un bajo número de huevos del nematodo de nudo de la raíz con 98.9 huevos, asimismo, reportó la mayor eficiencia del porcentaje de parasitismo sobre los huevos del *M. incognita* 89.2%.

**Conclusión:** Los hongos *P. lilacinus*, *P. clamidospora* y *T. harzianum* presentaron influencia positiva en el control del nematodo del nudo de la raíz permitiendo reducir el crecimiento y desarrollo de *M. incognita*. *Paecilomyces lilacinus* obtuvo menos número de huevos del nematodo de nudo de la raíz con 98.9 huevos, asimismo, reportó la mayor eficiencia del porcentaje de parasitismo sobre los huevos del *M. incognita* 89.2% en *Capsicum baccatum*.

**Palabras claves:** Eficiencia, hongos biocontroladores, huevos de *M. incognita*, parasitismo, tasa de reproducción.



## ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the influence of biocontroller fungi in the control of the root knot nematode caused by *Meloidogyne incognita* in pickled chili under Barranca conditions.

**Methods:** The completely randomized block design was used, using the analysis of variance and the comparison of Tukey averages at 5% probability. Biocontroller fungi were installed, a chemical nematicide plus an uncontrolled control, making a total of 5 treatments in each block with a total of 20 experimental units and each experimental unit consisting of 4 rows and the distance between rows was 1m and between plants 0.5m. The variables evaluated were: Initial and final population of *M. incognita*, reproduction rate, control efficiency of the final population, number of nematode eggs and percentage of control efficiency of the number of *M. incognita* eggs.

**Results:** The biocontroller *Paecilomyces lilacinus* reported with lower population density (17.2 J2 juveniles) and less reproduction rate (0.19) of *M. incognita*. The biological controller fungus *Paecilomyces lilacinus* obtained a higher percentage of efficiency with 88.8% control of *M. incognita*. *Paecilomyces lilacinus* presented the lowest number of eggs of the root knot nematode with 98.9 eggs, also reported the highest efficiency of the percentage of parasitism on the eggs of *M. incognita* 89.2%.

**Conclusion:** The fungi *Paecilomyces lilacinus*, *Pochonia clamidospora* and *Trichoderma harzianum* had a positive influence on the control of the root knot nematode allowing to reduce the growth and development of *M. incognita*. *Paecilomyces lilacinus* presented the lowest number of eggs of the root knot nematode with 98.9 eggs, also reported the highest efficiency of the percentage of parasitism on the eggs of *M. incognita* 89.2% in *Capsicum baccatum* “pickled chili pepper” under Barranca conditions .

**Keywords:** Efficiency, biocontroller fungi, *M. incognita* eggs, parasitism, reproduction rate.

# INTRODUCCIÓN

El ají escabeche (*Capsicum baccatum*) conocida también como ají o pimiento picante peruano (Albrecht et al., 2012). Pertenece a la familia Solanaceae, este cultivo tiene un alto valor y se produce bien en condiciones climáticas tropicales y subtropicales del país, y ha mostrado una alta productividad, alta calidad, madurez temprana y se cultiva durante todo el año, junto con los problemas sanitarios en especial cuando es transmitida por el suelo, incluido los nematodos parásitos (Duggal et al., 2017).

Tovar (2008) menciona que el control de plagas y enfermedades es una limitante en la productividad, siendo necesario medidas fitosanitarias para reducir las pérdidas económicas que ocasionan por el efecto de los pesticidas químicos, esta utilización masiva de insumos químicos para el control, trae en consecuencia la resistencia de los fungicidas por parte de los patógeno y un impacto negativo en el ambiente donde se cultiva. Por el cual se promueven una alternativa viable que garanticen sostenibilidad en la producción agrícola, reduciendo los problemas mencionados línea atrás. Por lo que el empleo del control biológico permite reducir las aplicaciones de químicos, logrando en ello la eficiencia de patógenos, siendo importantes en el manejo integrado de patógenos.

Los nematodos de nudo de raíz es un grupo de nematodos parásitos de plantas más importantes en su aspecto económico a nivel mundial y su control presenta un gran desafío mundial (Perry et al., 2009). La elección del hongo controlador es un factor importante para lograr el control de enfermedades, asimismo, sin embargo, no todos los hongos biocontroladores controlan con la misma eficacia en el patógeno, por lo tanto, es necesario utilizar sólo aquellos hongos que controlen de forma adecuada contra el fitopatógeno es decir el nematodo que se quiere controlar y bajo las condiciones donde el cultivo se está desarrollando (Pavone, 2012). Es así que este estudio se basa en investigar y seleccionar que hongos biocontroladores reducen el problema del nematodo *M. incognita* en Vinto Bajo, Barranca.

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

El cultivo de ají escabeche es cultivada para el consumo humano, su producción se ve limitada por el problema que causa el nematodo *M. incognita*, siendo una plaga importante en el ají (Agaba et al., 2015). En el campo este cultivo origina baja producción y el agricultor debe enfrentar, por ello que se requiere minimizar estos daños, sin embargo, los productores de ají sólo cuentan con los insumos químicos, dado que esto surge otro problema, el cual es que incrementa los costos de producción del cultivo además de otros problemas que acontecen durante el ciclo del cultivo y en la salud de los productores adicionando a ello también los problemas ambientales (Croschier et al., 1984).

Mukhtar et al. (2013) y Duggal et al. (2017) mencionan que *M. incognita* es un fitopatógeno endoparasitario de plantas con un amplio rango de hospedadores, lo que provoca pérdidas económicas que ascienden a millones de dólares a nivel nacional y mundial. Además, el existe un pequeño número de nematicidas químicos disponibles y las restricciones en el uso de ellos traen consigo una toxicidad para los agricultores y los consumidores, asimismo, puede ocurrir resistencia genética de los nematodos a estos nematicidas químicos perjudicando la efectividad del control, siendo una posible el uso de biocontroladores para el manejo de este nematodo.

Por lo tanto, el uso indiscriminado de los químicos sin criterio por parte de los pequeños productores de ají, traen en consecuencia el aumento del costo de producción del manejo del nematodo, el peligro en la salud de agricultores y del ambiente donde se cultiva, ha surgido investigar el control más barato y efectivo que se puedan recomendar y difundir a todos los productores de cultivo de ají en el país. Por lo que el uso de biocontroladores pueden proporcionar la mejor alternativa para el control del nematodo y reducir el uso de estos pesticidas químicos, asegurando así, una mejor calidad de vida a los productores y aumento de ingresos económicos y un producto de mayor calidad, beneficioso tanto para los agricultores productores como también a los consumidores, que en consecuencia asegura una agricultura más sostenible (Oclarit y Cumagun, 2009).

### **1.2.1 Problema general**

¿Cuál es la influencia de los bioagentes sobre *M.incognita* en *Capsicum baccatum* “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca?

### **1.2.2 Problemas específicos**

¿Qué bioagente presenta menos densidad poblacional y tasa de reproducción del nematodo del nudo causado por *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Barranca?

¿Cuál de los bioagentes presenta mayor eficiencia en el control de *M. incognita* en *Capsicum baccatum* en Barranca?

¿Qué efecto tendrá los bioagentes en la eficiencia del control de huevos y parasitismo de huevos de *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Evaluar la influencia de los bioagentes sobre *M.incognita* en *Capsicum baccatum* “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

Seleccionar el bioagente con menor densidad poblacional y tasa de reproducción de *M.incognita* en ají escabeche en Vinto Bajo, Barranca.

Seleccionar el bioagente con mayor eficiencia sobre *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

Determinar el porcentaje de parasitismo de los bioagentes sobre los huevos de *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Mokbel y Alharbi (2014) señalan que *M. incognita* es un fitopatógeno el cual tiene una preocupación creciente en los productores de ají, debido a que existe suficiente información que señalan que los nematicidas químicos no son altamente efectivos. Vilca (2008) menciona que en la agricultura actual se maneja los cultivos con un uso masivo e indiscriminado de insumos químicos; tales como fertilizantes químicos y pesticidas que controlan y previenen plagas y/o enfermedades los cuales provocan daños a todos los cultivos, provocando altos costos de producción, daños en la salud del agricultores y consumidores debido a que estos pesticidas poseen una alta residualidad tóxica, llevándose consigo una alternativa urgente, que permita reducir el daño provocado por *M. incognita* en el cultivo, además de reducir el uso de nematicidas químicos y esto se puede realizar mediante el cambio de manejo de plagas de insumos químicos por el uso de biocontroladores, teniendo en cuenta que existe suficiente información que sostienen que el uso de estos agente de control permiten reducir el crecimiento y desarrollo del nematodo del nudo de la raíz, además que estos agente activan la microbiota del suelo los cuales tienen capacidad de fijar y solubilizar nutrientes y sintetizar fitohormonas para el desarrollo del cultivo, además, lograr mejorar las propiedades de los suelos, permitiendo que las raíces tengan mayor extracción de iones nutritivos y de agua, que se traduce en el aumento del rendimiento del cultivo. Por lo tanto, es necesario de investigar y seleccionar que hongos biocontroladores reducen el problema de *M. incognita* bajo condiciones de Vinto Bajo, Barranca.

#### **1.5 Delimitaciones del estudio**

La investigación se llevó a cabo en Vinto Bajo, el cual pertenece a Barranca provincia de Lima. Está ubicada a una longitud de 77° 45' 1" O y latitud de 10° 45' 1" S, y a una altitud de 49 msnm. Este estudio se inició entre los meses de noviembre del 2017 y abril de 2018. Con los resultados obtenidos durante la investigación permite dar posibles soluciones a los productores de ají escabeche en cuanto al control de *M. incognita* para la zona de Vinto Bajo distrito de Barranca y además para los agricultores de otras zonas aledañas o de otras provincias del Perú.

## **1.6 Viabilidad del estudio**

Este estudio fue un experimento viable ya que durante toda la campaña agrícola se dispuso de recursos económicos propios y con recursos humanos, por parte de los productores de ají escabeche, que estuvieron interesados del tema de investigación. Asimismo, se dispuso de recursos teóricos, ya que se usó información científica que permitió dar síntesis y secuencia en los antecedentes y metodología para obtener resultados y cumplir con los objetivos planteados y seleccionar así los hongos biocontroladores que reducen crecimiento y desarrollo de *M. incognita* en Vinto Bajo, Barranca.

## CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes de la investigación

Fernández et al. (2016) menciona que *Meloidogyne* es uno de las enfermedades con mayor problema sanitario que influyen fuertemente en la productividad y la rentabilidad de los ajíes. Frente al control químico “contaminante” está la alternativa del control biológico. Por eso el interés de demostrar la eficacia de *Paecilomyces lilacinus* entre otros hongos biocontroladores en *M. incognita* en los ajíes. El investigador demuestra que los resultados con los tratamientos con *P. lilacinus* con concentraciones de 30 y 40 kg ha<sup>-1</sup> reportaron valores bajos en el porcentaje de severidad y logró obtener valores altos en el porcentaje de eficiencia en el control de *M. incognita* en los ajíes.

Salazar et al. (2011) sostiene que *Meloidogyne* sp., infestan y eliminan las plantas logrando llegar a perder cerca al 50% de la producción total del cultivo. Por lo que investigaron a *Beauveria bassina*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*. En 2 meses después de la germinación se aplicaron huevos de *Meloidogyne* cerca 10 000 en una concentración de 50cc. Demostraron que los tratamientos con *Paecilomyces* sp con una concentración de 30 cc por hectárea logró reportar una baja severidad en comparación con los demás biocontroladores, asimismo, el carbofuran el cual es un nematicida químico logro obtener una baja severidad también.

Mokbel y Alharbi (2014) quien en su estudio sobre la efectividad de diferentes géneros bacterianos y fúngicos contra *Meloydogine* en berenjenas evaluados en condiciones de laboratorio e invernadero, señalan, que los tratamientos con *Arthrobotrys conoides*, *A. oligospora*, *Paecilomyces lilacinus* y *Saccharomyces cerevisiae* causaron reducciones significativas (69.5-89.5%) en el número de agallas de la raíz del nematodo, masas de huevo y número deJ2 por 250 cc de suelo y mostraron un aumento de 53.7-60.9% en la raíz y el brote. El potencial de *P. lilacinus* en la colonización de las masas de huevos de *Meloydogine* y los huevos formados en las raíces de la berenjena osciló entre 45.2 y 99.2%, en comparación con el tratamiento de control. Además, esta investigación ayuda a los agricultores a desarrollar nuevos biocontroladores, para suprimir las poblaciones de nematodos de nudo de raíz en condiciones de campo.

Vargas et al. (2015) evaluando cepas de *Trichoderma* y *P. lilacinus* y del fungicida oxamil sobre los nematodos en banano, muestran que no afecto en el número de nematodo en plantas aplicadas con cepas de *lilacinus*, así también no se muestra significancia al ser inoculadas con *Trichoderma* spp., a pesar de ello, las plantas inoculadas con dichos controladores lograron obtener un peso mayor en el racimo en comparación con plantas las cuales no se realizaron la inoculación. De este modo, plantas tratadas con el fungicida aumentó un promedio de 3.2 kg de peso en el racimo, además, el investigador demostró que también aumenta el número de manos de banano, mayor calibración del fruto, largo del fruto mucho mayor que las plantas que no se aplicaron los controladores.

Kiewnick et al. (2011) quienes investigando sobre el potencial control de *Meloidogyne incognita* en tomate a diferentes tasas de aplicación y densidades de inóculo, usando el agente de control biológico fúngico *Paecilomyces lilacinus*, cepa 251 (PL251), encontraron que la aplicación de los controladores en el suelo con dosis mínima del producto comercial (2×10<sup>5</sup>) UFC/g de suelo) ya era suficiente para reducir la irritación de las raíces en un 45% y la masa de huevos de *Meloidogyne incognita* se redujo aproximadamente 69%.

Schenck (2004) Un proyecto que probó la eficacia de un producto comercial de *Paecilomyces lilacinus* cepa 251 (MeloCon WG) para el control de nematodos en tomate y pepino. Hubo tres tratamientos con cuatro repeticiones en un bloque completo al azar. Los tratamientos fueron: (1) MeloCon, (2) Vapam y (3) control sin tratar. Los promedios fueron consistentes para cada total en cuanto a que el rendimiento de la fruta con el tratamiento MeloCon fue mayor que Vapam. Sin embargo, la consistencia de los resultados indica que hubo un efecto muy real de MeloCon en la protección de las plantas de tomate contra el daño del nematodo. Los resultados generales indican que MeloCon fue tan eficaz como el fumigante de suelo Vapam y significativamente mejor que ningún tratamiento para el control de nematodos en tomate.

Ríos (2017) encontró que el color y la forma que tiene el fruto de ají escabeche presenta un color naranja y es de forma elongado, el cultivar A-21 presenta un fruto naranja con forma elongado y acampanulado junto a W-23, el color de semilla menciona que presentaron el color amarillo oscuro (paja). Asimismo, tienen un alto número de frutos por planta aproximadamente 181,25 frutos en cada planta y alta materia seca con 17,31 % (Ríos, 2017).



## **2.2 Bases teóricas**

### **2.2.1 Origen del ají escabeche**

La variación en la morfología de las plantas y las frutas de ají escabeche en toda la gama nativa de especies provienen de América del Sur, debido a que la descripción de caracteres en combinación con la geografía, el clima y la ecología únicos en diferentes sitios donde se originaron las plantas (Albrecht et al., 2012).

### **2.2.2 Taxonomía**

El cultivo de ají escabeche presenta la siguiente taxonomía según el INIA (2005); el cual pertenece al reino vegetal, su división es angiosperma, la clase es dicotiledónea, pertenece a la familia Solanáceas, del genero *Capsicum* y especie *baccatum*, por lo que el nombre científico es *Capsicum baccatum*.

### **2.2.3 Descripción Botánica**

#### **a. Tipo de planta**

El ají escabeche es una planta herbácea, presenta una raíz de anclaje y con raíces primarias y secundaria. El tallo es grueso semi lignificado, el cual presenta un crecimiento erecto y muy ramificado, los cuales sostienen los frutos, quienes tienen un color anaranjado y de forma alargada. En cuanto a sus hojas estas son enteras de forma lanceolada y no tienen glabras (Nuez, 1996).

#### **b. Raíz**

Vélez (2015) mencionan que el ají presenta una raíz de anclaje que permite sostener la planta, asimismo, el sistema radicular es expansivo el cual puede cubrir alrededor de 1m de diámetro alrededor de la planta y con una profundidad cercano a los 70cm.

### **c. Tallo**

Vélez (2015) señala que el tallo del ají tiene una forma acilindrada y erecta, con una altura que puede ir a más de un metro de largo, dependiendo del cultivar o del ecotipo que se está sembrando. Además, es muy ramificado teniendo ramas con un grosor y de forma umbelífera.

### **d. Hojas**

Las hojas tienen una forma lanceolada, son simples y alternas, tienen un color verde opaco, no cuentan con glabros, y los pecíolo se encuentran relativamente comprimidos (Vélez, 2015).

### **e. Flores**

Según Vélez (2015) el ají tiene flores con los dos sexos en una misma flor, y son perfectas, es decir cuentan con sépalos y pétalos, lo que les permite realizar la autopolinización. Todas las flores de ají escabeche es de color blanco a cremoso, se forman agrupaciones de tres flores por cada punto.

### **f. Fruto**

Según Vélez (2015) el ají tiene frutos de color verde cuando estas son inmaduras, y empiezan a cambiar de color cuando entran a su etapa de maduración tornando un color anaranjado, asimismo, el ají escabeche brota entre cuatro a cinco veces, por lo que se puede observar frutos maduros e inmaduros es decir de diferentes colores que van de naranja a verde pálido. Por lo tanto, se realizan entre cuatro a cinco cosechas por campaña agrícola, asimismo, el fruto de forma alargado, pero depende del cultivar y ecotipo ya que puede presentar formas ovaladas y achatadas (Vélez, 2015).

#### **2.2.4 Fenología del cultivo**

Según Ríos (2017) la fenología del ají escabeche cuenta con los estados de germinación y emergencia, el estado vegetativo y reproductivo y por último la maduración.

En cuando los estados de germinación y emergencia, el ají presenta un tiempo de alrededor de 30 días hasta llegar a cinco hojas verdaderas quienes ya cuentan con su actividad fotosintética independiente. El estado vegetativo, cuenta con el crecimiento de la masa foliar. El estado de floración y fructificación, empieza luego de que la planta termina de crecer y empieza a desarrollar el botón floral, autopolinización y llegar hasta la máxima floración. Con respecto a la fructificación esta empieza luego de autopolinizarse, es decir los gametos se unan y estos comiencen a hincharse dando una forma al ovario y creciendo desprendiendo los pétalos y sépalos, hasta llegar el crecimiento del fruto. Por último, el fruto comienza a cambiar de color esta etapa llamada maduración y va hasta la cosecha del fruto (Paredes, 2017).

#### **2.2.5 Requerimiento de suelo**

El ají escabeche se adapta a varias clases de suelos, pero debe preferirse suelos sueltos, profundos y de buen drenaje para evitar enfermedades en la raíz como pudriciones. Este cultivo tolera moderadamente a la salinidad (Nicho, 2001).

#### **2.2.6 Requerimiento de clima**

Nicho (2001) menciona que necesita climas cálidos o templados, por esta, razón el mejor desarrollo del cultivo ocurre en primavera-verano donde la temperatura óptima debe estar entre 16 a 25°C. Además, la humedad del ambiente debe ser baja. Si la temperatura es menor de 15°C la floración es escasa o nula, afectando el rendimiento. De acuerdo al clima, este suele comenzar con el desarrollo de almácigos entre julio y agosto, luego de ello se realice el transplante entre los meses de setiembre y octubre, por último, la primera cosecha va desde enero y la última cosecha en febrero, pero teniendo en cuenta que depende de las condiciones del medio donde se siembre el ají.

La temperatura promedio anual en el hábitat nativo de *C. baccatum* abarcan desde 5 ° C (por ejemplo, en Junín, Perú) hasta 27 ° C (por ejemplo, Pará, Brasil y Loreto, Perú), con una mediana de 20°C para las formas silvestres y domesticadas de Las especies. En muchas zonas de donde se siembran el *C. baccatum* está expuesto a una temperatura máxima de 28°C a 31°C y a más de 34°C en algunas de las regiones costeras continentales o tropicales. En contraste, las temperaturas apenas caen por debajo de 25°C en algunos de los sitios de hábitat tropical en la distribución de *C. baccatum* (Albrecht et al 2012).

El *C. baccatum* se adapta también en climas templados, además toleran sequía y alta humedad relativa y nubosidad, sin embargo, el ambiente más apropiado para el crecimiento y desarrollo del cultivo está en temperaturas que van desde 18 y 24°C, con precipitación anual entre los rangos de 600 mm a 1.250 mm, y se adecua muy bien con humedad relativa que va desde 70 y 90% HR (Méndez et al., 2004).

### **2.2.7 Aspectos generales del nematodo *Meloidogyne incognita***

Según Jones et al. (2013) los nematodos son parásitos de plantas obligados que se distribuyen en todo el mundo. El género consta de 98 especies (a partir de febrero de 2013) y parasitan casi todas las especies de plantas vasculares. Su nombre vernáculo proviene de las agallas (nudos de raíz) inducidas por *Meloidogyne* en las raíces de su planta huésped.

Los nematodos *Meloidogyne*, constituyen un grupo importante de nematodos patógenos de plantas que afectan la producción de cultivos y reducen sustancialmente la calidad de los alimentos. Entre estos, *M. incognita* se distribuyen en todo el mundo y se producen en diversos climas y agroecosistemas de clima templado cálido y tropical (Khan et al., 2003).

La *Meloidogyne incognita* reduce gravemente los rendimientos de pimienta (*Capsicum annum*) en todo el mundo. Debido a la ineficiencia de las aplicaciones químicas, así como al aumento de la conciencia sobre la seguridad alimentaria y las preocupaciones ambientales, se ha restringido la aplicación de nematicidas químicos (Changkwian et al., 2019).

Los nematodos exhiben tendencias agregativas mediadas por la distribución de alimentos, la alimentación y el comportamiento reproductivo, y las estrategias de supervivencia. Los modelos de puntos críticos de la pérdida de rendimiento esperada en relación con la densidad de población previa a la planta permiten tomar decisiones de manejo en una sola temporada. La selección de la secuencia de cultivo óptima a lo largo de varias temporadas requiere más información sobre la tasa de multiplicación esperada de la población en un cultivo y la supervivencia de la población durante el invierno (Ferris, 1985).

#### **2.2.7.1 Origen de *Meloidogyne incognita***

Hace cien años, en agosto de 1877, por Jobert (1878), al observar cafetos enfermos en Río de Janeiro observó en las plantas unas raíces con un grosor y fisionomía diferente a las demás raíces, se puede ver raramente en las laterales, estas se formaban agallas de forma piriformes y recurvadas. Las más grandes eran aproximadamente del tamaño de un guisante muy pequeño, contenía quistes, huevos hialinos y gusanos pequeños llamándolos nematoides. Goldi (1887) encontró el mismo problema y reportó indicando el nombre de namoto de nudo de la raíz.

#### **2.2.7.2 Taxonomía de *Meloidogyne incognita***

Según Siddiqi (2000) y Karssen (2002) tiene la siguiente posición sistemática; como el reino el cual pertenece al de animalia, la clase a secernentea, al orden de tylenchida y a la familia heteroderidae, pertenece al género *Meloidogyne* y a la especie *incognita*, siendo su nombre científico “*Meloidogyne incognita*”.

#### **2.2.7.3 Morfología de *Meloidogyne incognita***

Hembra. En forma de pera, sin cartel ni protuberancia terminal. Estilete de 15–16 mm de largo, pomos basales redondeados, desplazados y oval, posee estrías alrededor de su cuerpo (Hunt y Handoo, 2009).

Masculino. Región labial no desplazada, disco labial elevado, labios laterales generalmente ausentes. Estilete de 23–26 mm de largo, botones basales desplazados, redondeados a transversalmente alargados. DGO = 2–4 mm. J2. L = 350–450 mm, hemizónido anterior o adyacente al poro excretor, cola = 43–65 mm con una región hialina de 6–14 mm de largo, punta de la cola redondeada. Huéspedes: Extremadamente polífagos, atacando tanto a las monocotiledóneas como a las dicotiledóneas (Hunt y Handoo, 2009).

### **2.2.8 Ciclo de vida de *Meloidogyne incognita***

Según Sánchez (2015) el ciclo de vida de *M. incognita* se esquematiza de la siguiente manera como el huevo siendo el primer estadio denominado juvenil uno o J1, luego el nacimiento del nematodo a través de huevo, siendo el segundo estadio llamado juvenil dos o J2 quien tiene la capacidad de migrar e ingresar a tejidos vegetales infectándolo, este juvenil 2 puede permanecer buen tiempo en la planta se producen divisiones celulares en el hospedante los cuales después se van formando nódulos. El nematodo se alimenta del jugo citoplasmático de las células del hospedante a través del estilete. Después de ello pasa dos estadios el juvenil tres y cuatro J3 y J4 hasta llegar hacer adulto. Sin embargo, su ciclo de vida se divide en dos; el ciclo de vida preparasítica y de vida parasítica.

#### **2.2.8.1 Ciclo Preparasítica de la vida del nematodo**

*Meloidogyne* nace de un huevo depositada por la hembra adulta en la raíz de una planta huésped. Los huevos se depositan en una masa gelatinosa (Taylor y Sasser, 1978). Existen investigaciones que han encontrado alrededor de mil huevos en una masa. Pocas horas después de la deposición, se obtienen 2 células, 4, 8, y así sucesivamente, hasta que el nematodo, la cutícula separada de la primera etapa que sobresale más allá de la cabeza de la larva de la segunda etapa. La larva de la segunda etapa puede o no dejar la masa del huevo de inmediato. Por lo general, hay algunas larvas incubadas en la masa del huevo junto con los huevos en varias etapas. La larva migra del suelo a la raíz infectándolo e ingresando para luego alimentarse de los azúcares que llegan de las hojas a las raíces (Taylor y Sasser, 1978).

### **2.2.8.2 Ciclo parasítico del nematodo**

#### **A. Penetración de las raíces.**

Las larvas infecciosas de la segunda etapa generalmente penetran en las raíces justo por encima de la tapa de la raíz. Las paredes celulares están perforadas con estiletes y se inyectan sustancias los cuales aumentan el tamaño de las células del huésped aumentando la división celular provocando una hipertrofia y una alta multiplicación celular (hiperplasia) alrededor de la cabeza larvaria. Estos cambios son generalmente, pero no siempre, acompañados por la ampliación de la raíz para formar agallas distintas. En las raíces pequeñas, agallas c), que solo contienen una hembra son redondas a fusiformes y pueden tener de uno a tres milímetros de diámetro (Taylor y Sasser, 1978).

#### **2.2.8.1 Desarrollo de las etapas parasitarias**

Mientras se forman los gigantesceos ceils y las agallas, el ancho de las larvas aumenta como se muestra y hay masa femenina y de huevos (a), masculina después de E: Macho libre en el suelo. De Guiran y es considerable agrandamiento. El primordio genital aumenta de tamaño convirtiéndose claramente en dos puntas en la hembra o empieza alargarse el cuerpo siendo el macho. A medida que las larvas de la segunda etapa continúan alimentándose, el tamaño del cuerpo aumenta. Antes de la segunda muda, la gónada masculina está cerca del extremo posterior del cuerpo y el recto es visible (Taylor y Sasser, 1978).

#### **2.2.8.2 Duración de la vida**

Las observaciones de campo indican que las hembras pueden continuar produciendo huevos durante 2 a 3 meses y vivir hasta que se detenga la formación de los huevos. Las hembras viejas que todavía están vivas pero que no producen huevos, como muestran los cuerpos transparentes, son comunes al final de la temporada. Los machos probablemente viven solo durante semanas en lugar de meses. La duración de la vida de las larvas eclosionadas varía de unos pocos días a unos pocos meses. Muchas larvas incubadas en condiciones favorables encuentran una raíz y comienzan a desarrollarse en unos pocos días. Otros, nacidos a finales del otoño cuando las temperaturas son bajas, pueden vivir durante

el invierno y completar su ciclo de vida en el siguiente periodo. La mayoría de la evidencia indica que las larvas eclosionadas viven algunas semanas en el suelo húmedo (Taylor y Sasser, 1978).

## **2.2.9 Efecto de *Meloidogyne incognita* en las plantas**

### **2.2.9.1 Efecto en la raíz de las plantas**

La reducción y deformación de la raíz, el sistema de raíces no utiliza entre el 50% de la capacidad de campo y el 100%, se redujo el agua y los nutrientes de un volumen tan grande de suelo como en 78.67, lo que indica que cuando la humedad del suelo es diferente del sistema de raíces no infectadas. Vascular, especialmente bajo y alto, la eficiencia de un sistema radicular roto se rompe y se deforma en nudos radicales por la especie *Meloidogyne* es muy reducida. La reducción y la translocación normal del agua y los nutrientes es una consecuencia de la eficacia de la raíz que explica el debilitamiento de los infectados con impedimentos mecánicos (Taylor y Sasser, 1978).

La deformidad de las raíces y su ineficiencia causan un retraso en el crecimiento. Se reduce el crecimiento de las plantas. Estos no solo son síntomas de *Meloidogyne* ya que es difícil o quizás imposible, según un estudio de crecimiento superior y síntomas, distinguir entre el nudo de la raíz y el daño causado por otros tipos de nematodos, insectos del suelo, bacterias y hongos. Si también se examinan los sistemas radiculares, es fácil demostrar una correlación entre el desgaste de las especies de *Meloidogyne* y la reducción de la fila superior (Taylor y Sasser, 1978).

### **2.2.9.2 Efecto en la fisiología de las plantas**

La pérdida de la eficiencia de la raíz y parte de la consiguiente reducción del crecimiento y el rendimiento puede explicarse por la reducción y la deformación del sistema radicular. Además, los cambios en el fisiólogo. De las plantas de gallina se forman células gigantes y agallas que contribuyen a reducir el crecimiento (Taylor y Sasser, 1978).



### **2.2.9.3 Sobrevivencia de huevos y larvas en suelo**

*Meloidogyne* es un habitante del suelo. En la humedad del suelo es suficiente para la actividad de los nematodos si hay humedad suficiente para el cultivo. La textura del suelo tiene una influencia en los nematodos (Taylor y Sasser, 1978).

### **2.2.10 Infección del nematodo del nudo de la raíz “*Meloidogyne incognita*”**

Perry et al. (2009) sostienen que la etapa infectiva es la segunda etapa juvenil (J2) que infecta los haces vasculares de las plantas y las convierte en 'células gigantes' metabólicamente activas que se explotan para obtener nutrientes, en este proceso la extracción de nutrientes y agua se ve impedida por el nematodo.

Al respecto, Jones et al. (2013) mencionan que los juveniles J2 infectan las raíces facilitando su penetración, los J2. Sin embargo, en contraste con los nematodos del quiste, los J2 migran intercelularmente dentro de la raíz. El J2 inicia su alimentación a costas de las células hospedantes. Estas células funcionan como sumideros especializados, suministrando nutrientes a la ahora sedentaria J2. La cabeza del J2 está incrustada en la periferia del tejido vascular. Después de la alimentación. Los nematodos tienen relaciones sexuales desequilibradas. Muestran una variedad excepcional de estrategias reproductivas, que van desde la anfimixis hasta la partenogénesis mitótica obligatoria (Chitwood y Perry, 2009 citado por Jones et al., 2013). La mayoría de las especies son partenogenéticas y los machos solo se forman en condiciones adversas (Jones et al., 2013).

### **2.2.11 Control del nematodo del nudo de la raíz “*Meloidogyne incognita*”**

El control de los patógenos del habitante del suelo en un cultivo es difícil. No es una excepción. Con el biocontrol es una estrategia clara para el futuro y se puede explotar con éxito en la agricultura moderna reduciendo la actividad del nematodo (Khan et al., 2009).

### **2.2.12 Control con uso de Biocontroladores**

El progreso realizado en el control de nematodos parásitos de plantas con agentes biológicos en condiciones de laboratorio y invernadero ha sido bastante impresionante. En el control biológico, los caracteres más deseables de los enemigos naturales son: (i) movilidad y la capacidad de buscar su presa (ii) adaptabilidad al medio ambiente, (iii) especificidad del anfitrión (iv) sincronización con el anfitrión y (v) capacidad para sobrevivir periodos libres de acogida. Debido a la escasez de información sobre estos aspectos, los agentes de biocontrol no se han utilizado correctamente a gran escala. Además, este tipo de medida de control requiere un conocimiento profundo de la biología y la ecología de los agentes de biocontrol (Arif, 1995).

### **2.2.13 Mecanismos de acción de los Biocontroladores sobre *Meloidogyne incognita***

La complejidad biológica del suelo y el entorno de la rizosfera aseguran que cualquier organismo introducido, incluido un antagonista de los nematodos, se enfrente a la competencia de los componentes endémicos de la microflora. Las posibilidades de seleccionar antagonistas efectivos para el uso en el campo pueden mejorarse aislándolos de este entorno (Arif, 1995). Todos los organismos compiten por recursos como el espacio y el oxígeno; los patógenos compiten con los nematodos parásitos de las plantas por las mismas fuentes de alimentos, algunas bacterias y hongos producen subproductos metabólicos que interfieren con el comportamiento de los nematodos y muchos organismos del suelo parasitan o atacan a los nematodos. La acción de tales organismos para mantener las densidades de población de nematodos en un nivel promedio más bajo que el que se produciría en su ausencia generalmente se denomina "control biológico". Los hongos que parasitan los huevos, prefieren los huevos de nematodos heteroderidos y los que los depositan en la matriz gelatinosa. La naturaleza de la oviposición de estos nematodos los hace más vulnerables al ataque de estos hongos. Existe una alteración enzimática de los elementos estructurales del nematodo, como las cáscaras de huevo y la cutícula larvaria, o los trastornos fisiológicos debidos a la biosíntesis de tóxicos difusibles (Arif, 1995).

## 2.2.14 Hongos biocontroladores de *Meloidogyne incognita*

### 2.2.14.1 *Paecilomyces lilacinus*

El hongo parásito *Paecilomyces lilacinus* (Thom.) Samson es un biocontrolador muy prometedor y factible para controlar los nematodos parásitos de plantas (Reddy y Khan, 1998).

Kiewnick y Sikora (2003) mencionan que el hongo *Paecilomyces lilacinus* (cepa 251), es una cepa única con un amplio rango de actividad contra los nematodos parásitos de plantas más importantes. Debido a la mayor capacidad de producción por fermentación, este nematicida biológico se puede usar en un enfoque integrado para controlar el nematode.

Se realizaron experimentos de respuesta a la dosis con *Meloidogyne incognita* en tomates utilizando. Los resultados revelaron una clara correlación entre la tasa aplicada y el grado de control con respecto a la reducción del daño a la raíz y la multiplicación del nematodo. El mejor control se logró al aplicar el nematicida biológico a tasas de 2 a 4 veces 10<sup>9</sup> conidios por planta como tratamiento. El monitoreo de la población de *P. lilacinus* en la rizosfera mostró una disminución después de 2 a 3 meses, lo que puede llevar a un control insuficiente sobre una estación de crecimiento completa. La aplicación repetida para mantener la población antagonista a un nivel suficiente podría usarse para asegurar el control a largo plazo de los nematodos (Kiewnick y Sikora, 2003).

Asimismo, Kiewnick y Sikora (2004) el hongo *Paecilomyces lilacinus* forma parte de los hongos de control biológico con un potencial de actividad para controlar los nematodos parásitos de plantas más importantes del mundo. Este nematicida biológico puede ser una herramienta útil en un enfoque integrado para controlar principalmente nematodos sedentarios. Los experimentos en invernadero se realizaron con el *Meloidogyne incognita* en tomate, *P. lilacinus*, demuestra que la aplicación antes de la siembra de la plántula y una empapada posterior a la planta proporciona el mejor control y da como resultado un aumento significativo del rendimiento de frutos en la competencia disminuyendo las agallas de la raíz de las plantas.

Estudio de *paecilomyces* en *Meloidogyne*, se encontraron hembras completamente maduras asociadas con células gigantes. Todas las hembras maduras en las raíces de las plantas no tratadas, infectadas por *Meloidogyne incognita* pusieron masas de huevos. La xilema y el floema mostraron anomalías en la estructura cerca de las células gigantes. Los elementos de vasos anormales ocupaban un área más grande cerca de las células gigantes. El hongo *P. lilacinus*, poco después de la aplicación, entró en las raíces y se extendió a través de la luz de los elementos del vaso. El tamaño de las agallas se mantuvo sin cambios después de la finalización de un ciclo de vida por parte del nematodo. En las plantas tratadas con hongos, las células gigantes tenían un tamaño pequeño y la anomalía de las plantas vasculares era menor. *Paecilomyces lilacinus* entró en las células gigantes y también en el cuerpo de las hembras maduras. Destruyó huevos dentro y fuera de las hembras. El hongo al destruir los huevos la posibilidad de infección secundaria que finalmente detuvo el aumento del tamaño de la vesícula (Bhat et al. 2009).

Los juveniles de *M. incognita* cuando fueron expuestos a hongos resultaron en una formación reducida de agallas y en la producción de masa de huevos (Bhat et al. 2009). La asociación de *P. lilacinus* con los huevos de *M. incognita* está bien documentada, pero se desconoce el modo exacto de su parasitismo. No mencionaron si el hongo dañó a las hembras o no, aunque dañó los huevos dentro de las masas de huevos. Las células gigantes de pequeño tamaño y la pequeña cantidad de xilema y floema anormales indicaron que la actividad y el desarrollo de los nematodos estaban influenciados por la presencia de *P. lilacinus*. Las células gigantes grandes y más cantidad de tejidos anormales mostraron que los nematodos que ingresaron antes no fueron afectados por el hongo. Sobre la base de se indica que el hongo no puede controlar la infección primaria del nematodo cuando las plantas son atacadas por los juveniles. Sin embargo, puede controlar la infección secundaria porque destruye los huevos a medida que estos se depositan. En lo que respecta al tiempo de aplicación de *P. lilacinus*, de nuestros estudios se puede sugerir que la incorporación del hongo *P. lilacinus* una semana antes y en el momento de la inoculación del nematodo es más eficaz para controlar la enfermedad del enraizamiento, en comparación con la posterior. Intervalos de aplicaciones de hongos (Bhat et al. 2009).

El género *Paecilomyces*/un pariente cercano de *Penicillium* ha sido uno de los principales géneros de interés en estudios de control biológico en los últimos años. *Paecilomyces lilacinus* ha sido objeto de muchas investigaciones recientes debido a sus muchas cualidades deseables (Arif, 1995).

#### **2.2.14.2 *Trichoderma harzianum***

Pérez et al. (2006) indican que *Trichoderma harzianum* es un biocontrolador de muchos hongos patógenos de plantas y también de nematodos de Meloidogyne. Además señala que libera toxinas que reducen el ataque del nematodo, además de ser un mejorador de suelos.

#### **2.2.14.3 Combinación de *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum***

El uso combinado de *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* con actividad antagonica o como hongos nematófagos aplicado al suelo infestado con nematodos, permite lograr reducir el ataque del nematodo dando un buen control y reduciendo la aplicación de nematicidas químicos (Khan et al., 2009). Combinación de hongos (*P. lilacinus*, *T. harzianum*) aumentó significativamente el 110.60% de la longitud de la raíz sobre las plantas inoculadas y el 76.58% de aumento de la longitud de la raíz sobre las plantas no inoculadas. La evaluación de los efectos de *P. lilacinus* y *T. harzianum* en el número de masas de huevos de las raíces de tomate mostró que en las plantas no inoculadas donde se usó suelo esterilizado, no se observó formación de agallas ni masas de huevos. La comparación de los medios de tratamiento indicó que las plantas inoculadas tenían una masa máxima de huevos y que se encontró un número mínimo de masas de huevos (76.00) en combinación de hongos (*P. lilacinus* + *T. Harzianum*), que dio una reducción de 74.9% sobre las plantas inoculadas (Khan et al., 2009).

#### 2.2.14.4 *Pochonia chlamydosporia*

El hongo nematófago *Pochonia chlamydosporia* es un parásito de los huevos de nematodos (Dallemele et al., 2012).

Vilchis (2011) señala que diferentes métodos alternativos de control no químico para este nematodo, una de las opciones es el control biológico, que como ya se mencionó consiste en la incorporación en el hábitat/nicho de un organismo antagónico al patógeno como es el caso de los hongos nematófagos, como *Pochonia chlamydosporia*, que es un hongo con el que se ha trabajado relativamente poco en nuestro país pero con buenas respuestas en el control de dos nematodos agalladores: *Nacobbus aberrans* y *Meloidogyne* sp. El conocimiento generado mediante las actuales investigaciones, con respecto a las propiedades de los vegetales, se nos amplía el panorama en la explotación de vegetales para el control de diferentes patógenos incluyendo los nematodos. Es sabido que no hay un método de control que de forma aislada logre un 100% de eficacia, es por eso que es necesario implementar un manejo integrado para disminuir los daños ocasionados por el patógeno. Con el fin de lograr integrar dos métodos (*Pochonia chlamydosporia* y extractos vegetales), es necesario conocer los efectos de la interacción entre ambos, iniciando con estudios en in vitro para luego evaluarlas bajo condiciones más cercanas a las de campo que finalmente nos brinden una opción de manejo agroecológico de *Meloidogyne* incognita.

### 2.3 Definiciones conceptuales

- **Abonamiento:** Término usado cuando se aplican abono al suelo en las etapas que la planta lo requiera y lograr así un buen rendimiento.
- **Biocontrol:** Son agentes biológicos que controlan las plagas y enfermedades, depende mucho del microorganismo biológico, ya que puede prevenir de hongos, bacteria u otro microorganismo, estos logran reducir el ataque o también pueden parasitar o liberar toxinas que reducen el ataque de los insectos o de fitopatógenos y la planta ya no gasta en energía para poder controlar las plagas insectiles o los hongos fitopatógenos y esa energía ahorrada permite el aumento de la producción de la planta.

- **Biodiversidad:** Se le llama así al conjunto de plantas de origen silvestre en la cual la mano del hombre no ha interferido, y donde existe una mayor diversidad de especies y es muy importante para el futuro ya que estas especies han logrado persistir en el tiempo por factores bióticos y abióticos logrando así su uso para un programa de manejo integrado de plantas.
- **Clorosis:** Son problemas tanto fitopatógenos que logran reducir la fotosíntesis logrando reducir la pigmentación verde normal por un amarillamiento de las hojas. Entre los factores que pueden atribuirse son por el ataque de virus o por ataque de hongos.
- **Huevos:** Se refiere al huevo producido por la hembra adulta del nematodo, cuando esta llega a su estadio máximo. Cuando eclosiona el huevo nace la larva y esta larva es la que se alimenta de las células del huésped.
- **Nematicidas:** Producto químico sistémico que provoca la muerte del nematodo.
- **Nódulo:** Es una agrupación de células de pequeño tamaño en las raíces que es provocado por cierto patógeno como los nematodos, en la cual utilizan como fuente de alimento, obteniendo nutrientes, en este proceso, la extracción de nutrimentos y de agua de la planta huésped se ve impedida, dando un bajo crecimiento, desarrollo y de rendimiento de los cultivos.
- **Quiste:** Mal formación de un conjunto de células, provocando un aumento de células y aumento de su volumen celular. Estas pueden ser benignas y malignas depende mucho en que tejido se origina.
- **Patógenos:** Son agentes que provocan ataques a las plantas y estas pueden ser insectos, bacteria, hongos y nemátodos los cuales se alimentan de los jugos celulares que tienen las plantas.
- **Producción:** Es el rendimiento obtenido por un cultivo resultado de un buen manejo y prácticas para llevar a cabo un rendimiento alto.

## 2.4 Formulación de la Hipótesis

### 2.4.1 Hipótesis general

Ho: No existe influencia de los bioagentes sobre el ataque de *M.incognita* en *Capsicum baccatum* “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca.

Ha: Existe al menos uno de los bioagentes sobre el nematode *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

### 2.4.2 Hipótesis específica

Ho: No existe bioagente que reporte menos densidad poblacional y tasa de reproducción de *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

Ha: Existe al menos un bioagente con menos densidad poblacional y tasa de reproducción del nematode en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

Ho: No existe bioagente con mayor eficiencia sobre *M. incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

Ha: Existe al menos un bioagente con mayor eficiencia sobre *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

Ho: No existe efecto en el porcentaje de parasitismo de bioagentes sobre los huevos del *M. incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.

Ha: Existe al menos un de bioagente con alta eficiencia en el porcentaje de parasitismo de hongos biocontroladores sobre los huevos del *M. incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo, Barranca.



## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 Diseño metodológico

#### 3.1.1 Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada y experimental, por lo cual se usa el método estadístico para comparar los diferentes tratamientos en el biocontrol del nematodo en el ají escabeche.

#### 3.1.2 Nivel de investigación

La investigación tiene un nivel correlacional debido a que se basa en cuantificar la relación entre los hongos biocontroladores y el desarrollo del nematodo en ají escabeche.

#### 3.1.3 Diseño

El diseño que se utilizó para cumplir con las hipótesis planteadas, fue el diseño de bloques completamente al azar, se instaló 16 unidades experimentales en 4 bloques y con 4 tratamientos. Los cuales se analizaron mediante el análisis de varianza y se usó la prueba de Tukey al 5% para la comparación de medias.

**Tabla 1.**

*Esquema del ANVA*

| <b>Fuente de variación</b> | <b>Grados Libertad</b> | <b>Suma de Cuadrados</b> | <b>Cuadrados Medios</b> | <b>Valor de F.</b> | <b>Coefficiente de Variación</b> |
|----------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------------------|
| <b>Bloqu</b>               | 3                      | SCbloque                 | SC bloque/3             | CMblo / CME        |                                  |
| <b>Tratam</b>              | 3                      | SCtratam                 | SCtratam/4              | CMtrata / CME      |                                  |
| <b>Error</b>               | 9                      | SC error                 | SC error/12             | CMerror / CME      |                                  |
| <b>Total</b>               | 15                     | SC total                 | SC total/19             | CMtotal / CME      |                                  |

### 3.1.4 Enfoque

El enfoque de la tesis en cuanto al análisis de las variables en estudio, esta se basa en un enfoque cuantitativo, el cual se usa la estadística inferencial.

### 3.2 Población y Muestra

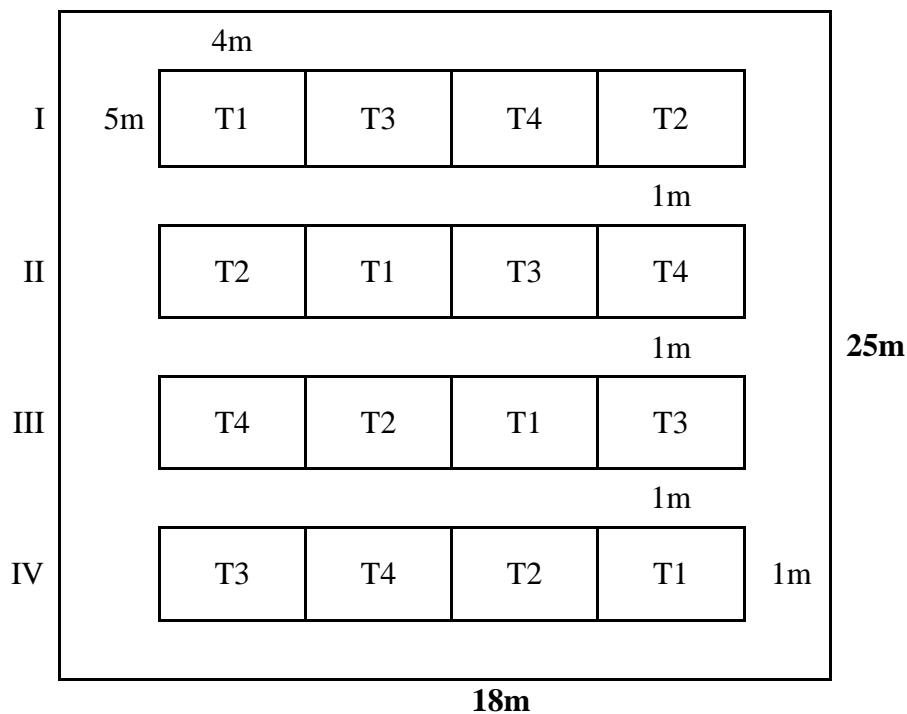
#### 3.2.1 Población

El experimento en campo se realizó en un campo experimental de 450 m<sup>2</sup> en el distrito de Vinto Bajo, Barranca, Lima.

#### 3.2.2 Muestra

Estuvo compuesta por 10 plantas de ají escabeche.

#### 3.2.3 Dimensiones del campo experimental



*Figura 1.*

*Croquis experimental*

## **Área del experimento:**

### **Características del campo experimental**

- Área experimental: 374 m<sup>2</sup>
- Ancho campo experimental: 18 m
- Longitud campo experimental: 25 m
- N<sup>a</sup> de bloques: 4

### **Características de la unidad experimental**

- Ancho de la unidad experimental: 4 m
- Longitud de la unidad experimental: 5 m
- Área de la unidad experimental: 20 m<sup>2</sup>
- Distancia entre surcos: 1 m
- Distancia entre planta: 0.5 m

### 3.3 Operacionalización de variables e indicadores

La operacionalización de variables se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Operacionalización de variables e indicadores*

| <b>Variables</b>                              | <b>Definición conceptual</b>   | <b>Dimensiones</b>   | <b>Indicadores</b>   |
|---|--|--|--|
| -Uso de hongos biocontrolados y un nematocida | El control con hongos antagonistas permiten reducir el crecimiento y desarrollo de <i>Meloidogyne incognita</i> en ají escabeche | X <sub>1</sub> : Hongos Biocontroladores.                                  | T <sub>1</sub> : <i>Paecilomyces lilacinus</i><br>T <sub>2</sub> : <i>Pochonia clamidospora</i><br>T <sub>3</sub> : <i>Trichoderma harzianum</i><br>T <sub>4</sub> : Vydate<br>T <sub>5</sub> : Testigo sin control  |
|   |  | Y <sub>1</sub> : Evaluación del desarrollo de <i>Meloidogyne incognita</i> | - Población inicial del nematodo<br>- Población final del nematodo<br>- Tasa de reproducción de <i>Meloidogyne incognita</i><br>- Eficiencia de control de <i>Meloidogyne incognita</i> .<br>- Número de huevos del nematodo.<br>- Eficiencia de control del parasitismo de huevos del nematodo. |
| -Rendimiento                                  | Es el peso del total de frutos cosechados por planta en el ají escabeche   | Y <sub>2</sub> :Rendimiento.   | - Rendimiento del tomate (g/planta <sup>-1</sup> )   |

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.4.1 Técnicas a emplear

El procedimiento se realizó tanto en campo como en laboratorio siguiendo los siguientes procedimientos.

## **Fase de laboratorio**

### **Procesamiento de la muestra**

En cuanto al método de extracción del nematodo se empleó el tamizado con flotación - centrifugación descrito por Jenkins (1964).

### **Método de flotación y centrifugación en azúcar**

Las muestras obtenidas del suelo se homogenizan y se colocan recipientes y luego se agrega 1 litro de agua agitándolo para separar los nematodos J2 de *Meloidogyne* de las partículas del suelo tal como menciona Jenkins (1964).

La suspensión se realizó a través de un tamiz con capacidad de 20 Mesh recogiéndose en un balde. Esta suspensión se vertió a través de un tamiz con capacidad de 500 Mesh. Luego se trasladó a un tubo de 100 ml, recogiendo un aproximado de 40 ml. A los 40 ml se agregó una cuchara de caolín, se homogenizó y se centrifugó por 4 min a 1,750 rpm. En cada tubo se descartó cuidadosamente el sobrenadante y se aplicó 500 g de sacarosa disuelta en 1 L de agua. Se realizó la centrifugación por segunda vez a 1,750 rpm por 2 min, vertiéndose cuidadosamente el sobrenadante en un tamiz de 500 Mesh, después de ello se colectó los nematodos en placas de vidrio para realizar su análisis bajo el microscopio y cuantificar los nematodos presentes (Jenkins, 1964).

### **Evaluación del desarrollo del nematodo**

#### **Tasa de reproducción de población final entre población inicial de *M. incognita***

Se mide la relación de la población final, entre la población inicial de *Meloidogyne incognita*, la fórmula de la tasa de reproducción es:

$$TRN = \frac{Pf}{Pi}$$

Dónde: TRN: Tasa Reproducción Nematodo, Pf: población final, Pi: población inicial.

### **Eficiencia de control de población final número individuos de *Meloidogyne incognita***

Se evaluó la eficiencia de control de *Meloidogyne incognita* por parte de los biocontroladores, para ello se toma la fórmula siguiente:

$$EC = \frac{Ta - To}{Ta} 100$$

Dónde, EC: eficiencia control, Ta: testigo sin aplicación y To: tratamiento aplicado

### **Número de huevos *M.incognita***

Los huevos de *M.incognita* son extraídos de 5 g de raíces de cada muestra, usando el hipoclorito de sodio al 1 %. Una vez realizado se procede con el contaje de huevos para ello se toma 1 ml y se coloca en una placa de contaje para el conteo de huevos usando el microscopio estereoscopio.

### **Eficiencia de control parasitismo de huevos *M incognita***

Para determinar este parámetro se usa la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{Ta - To}{Ta} 100$$

Dónde, EC: eficiencia control, Ta: testigo sin aplicación y To: tratamiento aplicado

### **Preparación del material vegetal**

Los plantines obtenidas por el vivero se trasplantaron en el campo experimental y se realizó el riego y se procedió con el manejo agronómico del cultivo, teniendo en cuenta que este campo esta infestado de nematodos.

## **Rendimiento**

Se cosecho por los siguientes ciclos de cosecha, pesando los frutos en 10 plantas de ají escabeche por tratamiento, con el uso de una balanza y se expresó en  $\text{g/planta}^{-1}$  de ají escabeche.

### **3.4.2.1 Descripción de los materiales usados en la investigación**

#### **Materiales de campo e insumos usados en la investigación:**

- Hongos biocontroladores
- Nematicida vydate
- Cuaderno de campo
- Fungicidas químicos
- Insecticidas químicos
- Bandejas almacigueras
- Tijera
- Compost
- Calculadora.
- USB.
- Lampa
- Urea
- Fosfato diamónico
- Cloruro de potasio
- Semillas de ají escabeche

### **3.5 Técnicas para el procesamiento de la información**

Las variables en estudio se analizaron con el software estadístico SAS versión 9.3, y los gráficos se usó mediante el software Microsoft Excel.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS

### 4.1 Población inicial de *Meloidogyne incognita* en *C. baccatum*

Los resultados del análisis de varianza de la población inicial de juveniles J2 (Tabla 3), se observa que los tratamientos no muestran significancia estadística entre ellos, asimismo, no se observan diferencias entre bloques. El coeficiente de variación muestra 1.8% siendo un valor confiable.

**Tabla 3.**

*ANVA para la población inicial de Meloidogyne incognita*

| Fuente de Variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F-Cal | P-Valor | C.V. (%) |
|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------|---------|----------|
| Bloq.               | 3               | 19.2              | 6.4              | 2.3   | 0.13 NS | 1.8      |
| Trat.               | 5               | 33.7              | 8.4              | 3     | 0.06 NS |          |
| Error               | 15              | 33.8              | 2.8              |       |         |          |
| Total               | 23              | 86.7              |                  |       |         |          |

NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

Según la comparación de Tukey al 5% mostrado en la Tabla 4 indica que el mayor número de *M. incognita* se registra en el tratamiento Vydate, sin embargo, comparte homogeneidad estadística con los demás tratamientos. Asimismo, en la lista mostrada se observa a *P. clamidospora* con la respuesta más baja en el estudio.

**Tabla 4.**

*Comparación de tratamientos de la población inicial de juveniles J2*

| Tratamientos                  | Medias |
|-------------------------------|--------|
| Vydate                        | 92.7 A |
| Testigo (sin control)         | 91.9 A |
| <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 91.9 A |
| <i>Trichoderma harzianum</i>  | 90.3 A |
| <i>Pochonia clamidospora</i>  | 89.1 A |



## 4.2 Población final de *Meloidogyne incognita* en *C. baccatum*

En la Tabla 5 los resultados del ANVA registran diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos estudiados ( $P < 0.01$ ), en cuanto a los bloques no se reportó diferencias estadísticas. El CV. fue de 7.5% valor confiable durante la recolección de datos.

**Tabla 5.**

*ANVA para la población final de Meloidogyne incognita en ají escabeche*

| Fuente de Variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F-Cal  | P-Valor   | C.V. (%) |
|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------|-----------|----------|
| Bloq                | 3               | 38.20             | 12.70            | 0.73   | 0.56 NS   | 7.5      |
| Tratam.             | 4               | 48720.90          | 12180.20         | 695.28 | <.0001 ** |          |
| Error               | 12              | 210.20            | 17.50            |        |           |          |
| Total               | 19              | 48969.40          |                  |        |           |          |

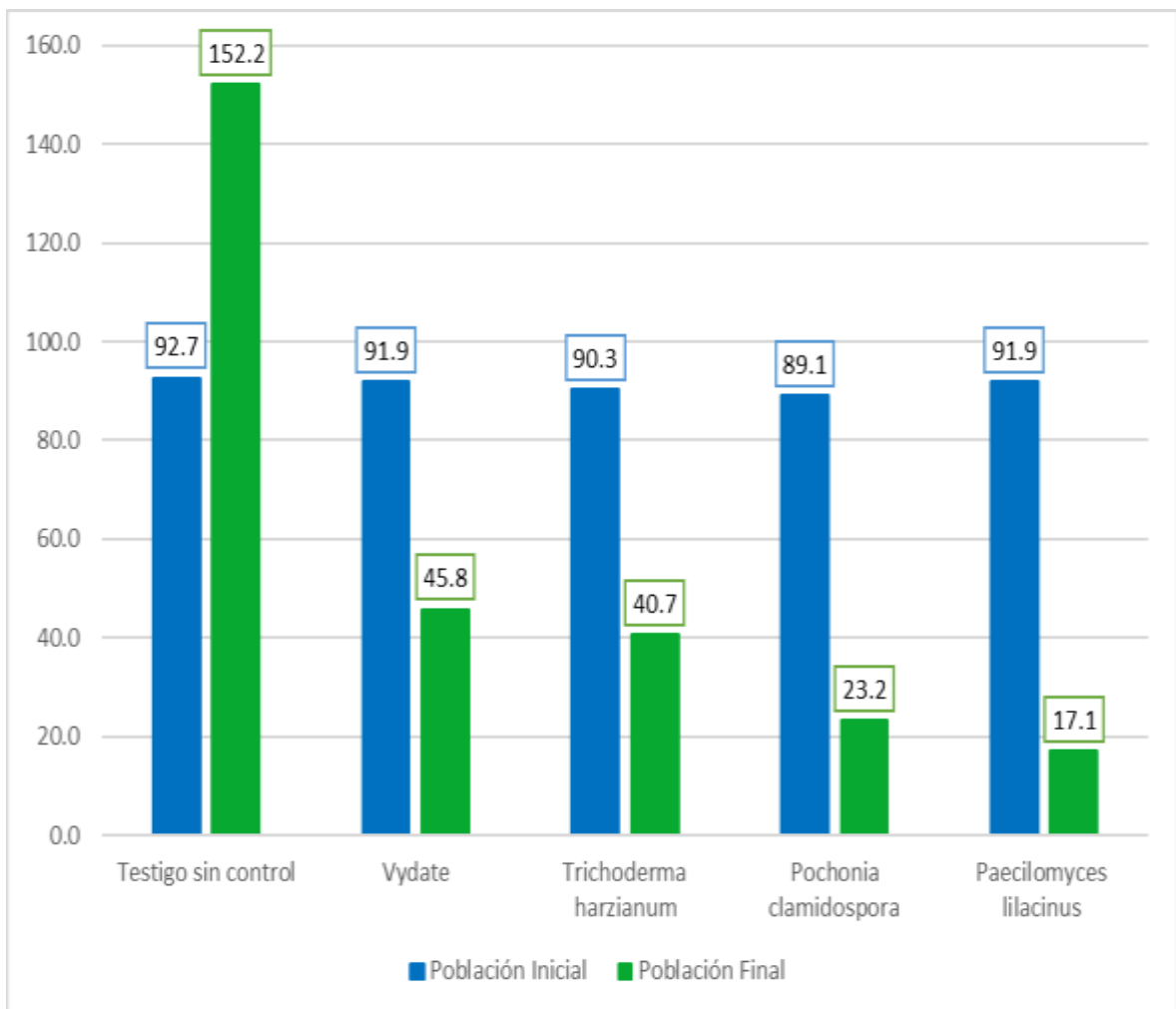
NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

Según la comparación de Tukey al 5% de probabilidades de la Tabla 6 y Figura 2 se observa que el mayor número de *Meloidogyne incognita* en la población final fue para el tratamiento testigo quien reportó el más alto valor con media de 152.2 juveniles J2, seguido por Vydate y el hongo biocontrolador *T. harzianum* con medias similares con 45.8 y 40.7 juveniles J2. Los resultados demuestran que los hongos biocontroladores *Pochonia clamidospora* y *Paecilomyces lilacinus* mostraron las medias más bajas del estudio con resultados similares entre sí con 23.2 y 17.1 juveniles J2 respectivamente.

**Tabla 6.**

*Comparación de tratamientos en la población final de juveniles en c. baccatum*

| Tratamientos           | Medias  |
|------------------------|---------|
| Testigo                | 152.2 A |
| Vydate                 | 45.8 B  |
| <i>T. harzianum</i>    | 40.7 B  |
| <i>P. clamidospora</i> | 23.2 C  |
| <i>P. lilacinus</i>    | 17.1 C  |



**Fig. 2.**

*Población inicial y final de juveniles J2 de Meloidogyne incognita en ají escabeche*

### 4.3 Tasa de reproducción entre la población final sobre la inicial de juveniles J2 en *C. baccatum*

En la Tabla 7, muestra diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos ( $P < 0.01$ ) y no para los bloques. El CV. fue de 7.1% valor por el cual demuestra confiabilidad en el estudio.

**Tabla 7.**

*ANVA de la tasa de reproducción entre la población final sobre inicial de juveniles J2 en C. baccatum*

| Fuente de Var. | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F-Cal | P-Valor | C.V. (%) |
|----------------|-----------------|-------------------|------------------|-------|---------|----------|
| Bloq.          | 3               | 0.003             | 0                | 0.54  | 0.67    | 7.1      |
| Trat.          | 5               | 5.6               | 1.4              | 768.1 | <.0001  |          |
| Error          | 15              | 0.02              | 0.002            |       |         |          |
| Total          | 23              | 5.6               |                  |       |         |          |

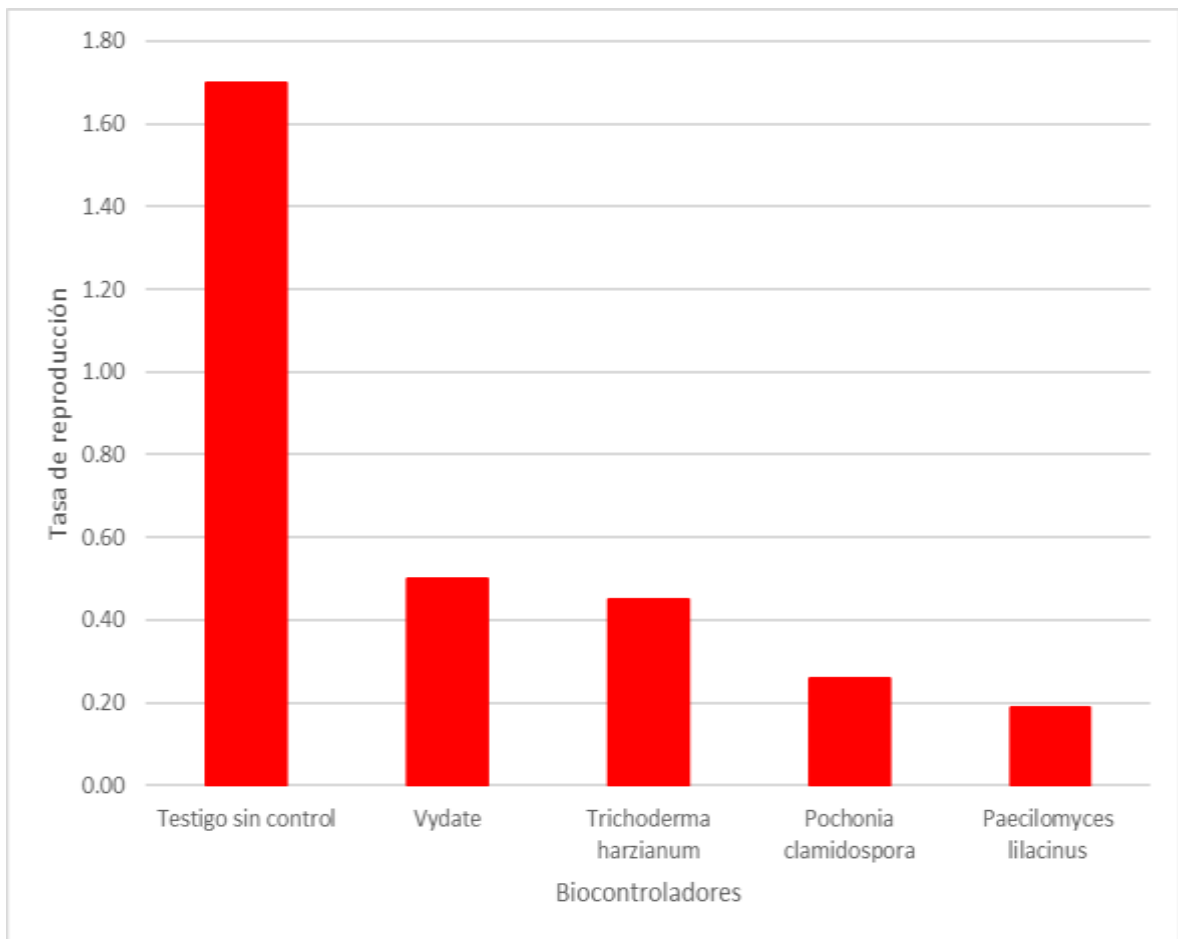
NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

Los resultados muestran que la comparación de Tukey de la Tabla 8 y Figura 3 muestra que la tasa de reproducción más alta se observa en el tratamiento testigo sin control con 1.7, seguido por Vydate (nematicida) y el hongo biocontrolador *T. harzianum* con medias similares con 0.5 y 0.45, y con los resultados más bajos de tasa de reproducción fueron para los hongos biocontroladores *P. clamidospora* y *P. lilacinus* con tasas medias de 0.26 y 0.19 respectivamente.

**Tabla 8.**

*Comparación de tratamientos en la tasa de reproducción entre la población final sobre inicial de juveniles J2 en C. baccatum*

| Tratamientos                  | Medias |   |
|-------------------------------|--------|---|
| Testigo                       | 1.70   | A |
| Vydate                        | 0.50   | B |
| <i>T. harzianum</i>           | 0.45   | B |
| <i>P. clamidospora</i>        | 0.26   | C |
| <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 0.19   | C |



**Figura 3.**

*Tasa de reproducción de poblaciones finales e iniciales de juveniles J2 en ají escabeche*

#### 4.4 Eficiencia de control de juveniles J2 en *C. baccatum*

Los resultados del ANVA de la Tabla 9, muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio ( $P < 0.01$ ), en cambio para los bloques no hubo diferencias. El CV. fue de 13.8% el cual indica confiabilidad durante el estudio.

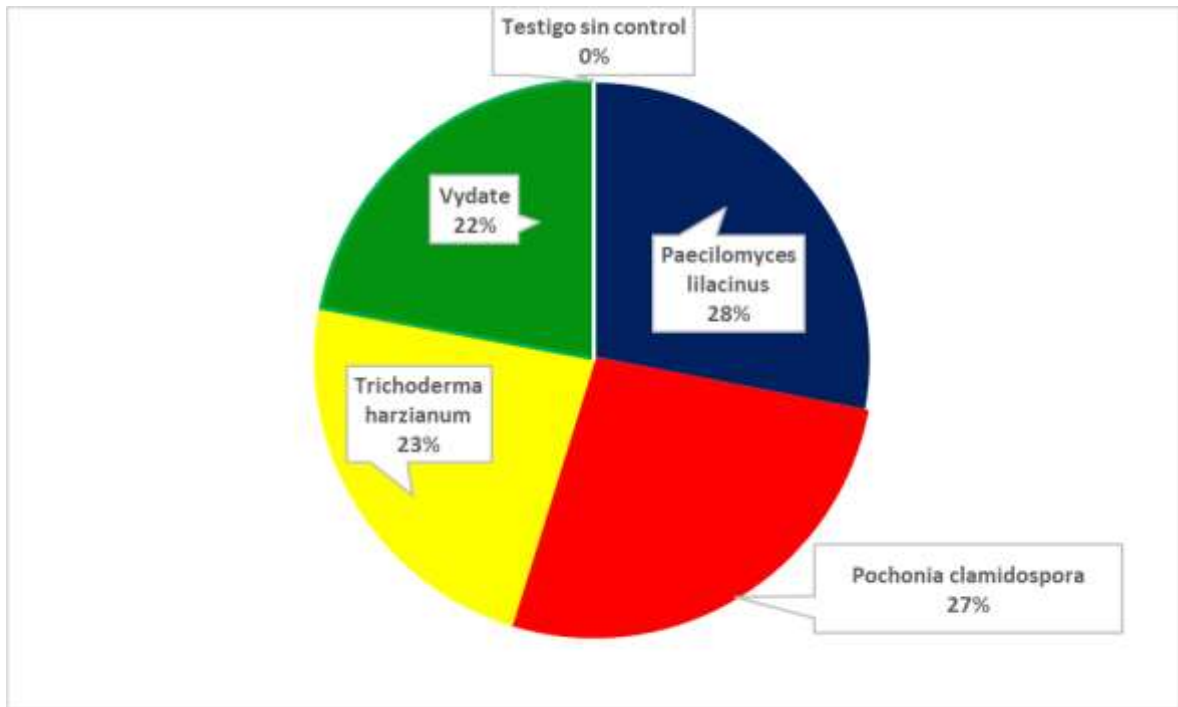
**Tabla 9.**

*ANVA de eficiencia de control de M. incognita en C. baccatum*

| Fuente de Var. | G. L. | Suma de Cuadra | Cuadra Medios | F-Cal  | P-Valor   | C.V. (%) |
|----------------|-------|----------------|---------------|--------|-----------|----------|
| Bloq.          | 3     | 19.80          | 6.60          | 1.14   | 0.37 NS   | 13.8     |
| Trat.          | 4     | 21033.3        | 5258.3        | 906.76 | <.0001 ** |          |
| Error          | 12    | 69.6           | 5.8           |        |           |          |
| Total          | 19    | 21122.70       |               |        |           |          |

NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

La comparación de Tukey al 5% de la Tabla 10 y Figura 4 indica que el porcentaje más alto de eficiencia de control por parte de los tratamientos sobre J2 de *Meloidogyne incognita* fue para el hongo biocontrolador *Paecilomyces lilacinus* con 88.8% siendo superior a todos. Los resultados muestran a *Pochonia clamidospora*, posteriormente *Trichoderma harzianum* con medias de 73.2% y con el resultado más bajo de eficiencia el nematicida químico Vydate con 69.9%.



**Figura 4.**

*Eficiencia en el control de Meloidogyne incognita por medio de los tratamientos en C. baccatum*

**Tabla 10.**

*Comparación de los tratamientos en la eficiencia de control de juveniles J2 en C. baccatum*

| Tratamientos                 | Medias |   |
|------------------------------|--------|---|
| <i>P. lilacinus</i>          | 88.8   | A |
| <i>P. clamidospora</i>       | 84.7   | B |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | 73.2   | B |
| Vydate                       | 69.9   | C |
| Testigo sin control          | 0.0    | D |

#### 4.5 Número de huevos de nematodo de *M. incognita* en *C. baccatum*

Los resultados de la Tabla 11, muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ) y sin diferencias entre los bloques. El CV. fue de 13.1% el cual indica confiabilidad en el estudio.

**Tabla 11.**

*ANVA para el número de huevos de nematodo de Meloidogyne incognita en ají escabeche*

| Fuente de Variación | GL | Suma de Cuad. | Cuadrados Medios | F-Cal  | P-Valor | C.V. (%) |
|---------------------|----|---------------|------------------|--------|---------|----------|
| Bloques             | 3  | 816.6         | 272.2            | 0.99   | 0.4284  | 13.1     |
| Tratamientos        | 4  | 2091155.5     | 522788.9         | 1910.5 | <.0001  |          |
| Error               | 12 | 3283.7        | 273.6            |        |         |          |
| Total               | 19 | 2095255.8     |                  |        |         |          |

NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

Los resultados de la comparación de medias de Tukey al 5% mostrada en la Tabla 12 y Figura 5 indica que el mayor contenido de huevos de *M. incognita* se observa en el tratamiento testigo con media de 912.5 huevos siendo superior a todos, luego les sigue Vydate con 750.5 huevos, posteriormente *Trichoderma harzianum* con 287.3 huevos, superior estadísticamente al nematocida químico *Pochonia clamidospora* con 187.5 huevos y por último, el *Paecilomyces lilacinus* con 98.88 huevos, siendo el tratamiento con menos huevos de *M. incognita* en *C. baccatum*.

**Tabla 12.****Comparación de tratamientos en el número de huevos de nematodo de *M. incognita***

| Tratamientos                  | Medias  |
|-------------------------------|---------|
| Testigo sin control           | 912.5 A |
| Vydate                        | 750.3 B |
| <i>Trichoderma harzianum</i>  | 287.3 C |
| <i>Pochonia clamidospora</i>  | 187.5 D |
| <i>Paecilomyces lilacinus</i> | 98.8 E  |

#### 4.6 Eficiencia de control en el parasitismo del nematodo *M. incognita* en *C. baccatum*

La Tabla 13, muestra diferencias estadísticas entre los tratamientos ( $P < 0.01$ ) y no para los bloques, para la variable en estudio. El cv. fue de 12.3% el cual indica confiabilidad de los datos durante el estudio.

**Tabla 13.**

**ANVA en la eficiencia de control en el parasitismo del nematodo de *M. incognita* en *C. baccatum***

| Fuente de Variación | GL | SC      | CM.    | F-Cal  | P-Valor   | C.V. (%) |
|---------------------|----|---------|--------|--------|-----------|----------|
| Bloq                | 3  | 10.2    | 3.4    | 2.6    | 0.1017 NS | 12.3     |
| Trat                | 4  | 25098.2 | 6274.5 | 4763.4 | <.0001 ** |          |
| Error               | 12 | 15.8    | 1.3    |        |           |          |
| Total               | 19 | 25124.1 |        |        |           |          |

NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

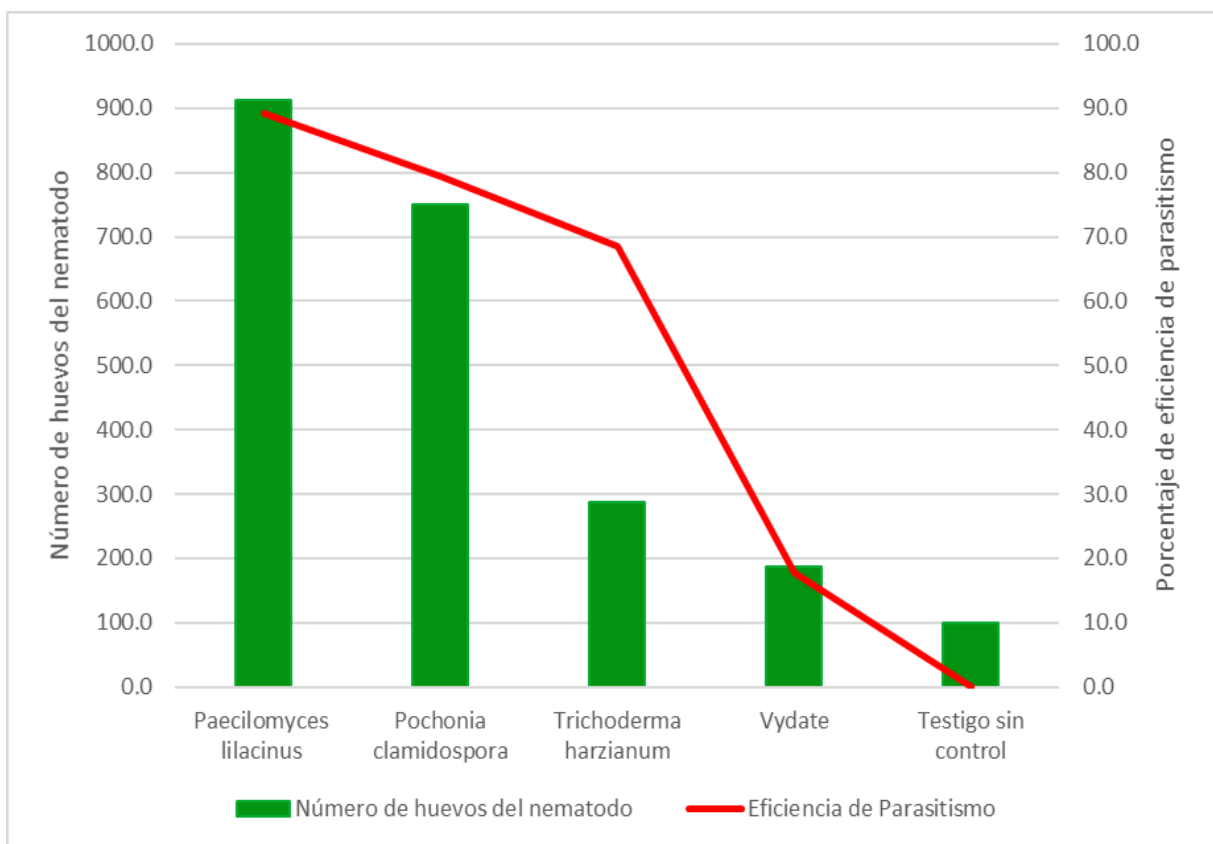
Según la comparación de Tukey observada en la Tabla 14 y Figura 5 indica que el mayor porcentaje de eficiencia en el control del parasitismo de huevos se observa en el tratamiento *Paecilomyces lilacinus* con 89.2% siendo superior a todos. Luego le sigue el tratamiento *Pochonia clamidospora*, con 79.4%, posteriormente *Trichoderma harzianum* con 68.5%, superior estadísticamente al nematicida químico Vydate con 17.8%.



**Tabla 14.**

*Comparación entre los tratamientos en la eficiencia de control en el parasitismo de M. incognita*

| Tratamientos           | Medias |
|------------------------|--------|
| <i>P. lilacinus</i>    | 89.2 A |
| <i>P. clamidospora</i> | 79.4 B |
| <i>T. harzianum</i>    | 68.5 C |
| Vydate                 | 17.8 D |
| Testigo                | 0.0 E  |



**Figura 5. Número de huevos y eficiencia del parasitismo sobre los huevos del nematodo**

#### 4.7 Rendimiento de planta de ají escabeche

Los resultados del ANVA (Tabla 15), muestra diferencias estadísticas altamente significativas para los tratamientos ( $P < 0.01$ ) y no para los bloques. El CV. es de 10.5% valor que muestra confiabilidad en la recolección de datos.

**Tabla 15.*****Análisis de varianza para el rendimiento de planta de ají escabeche***

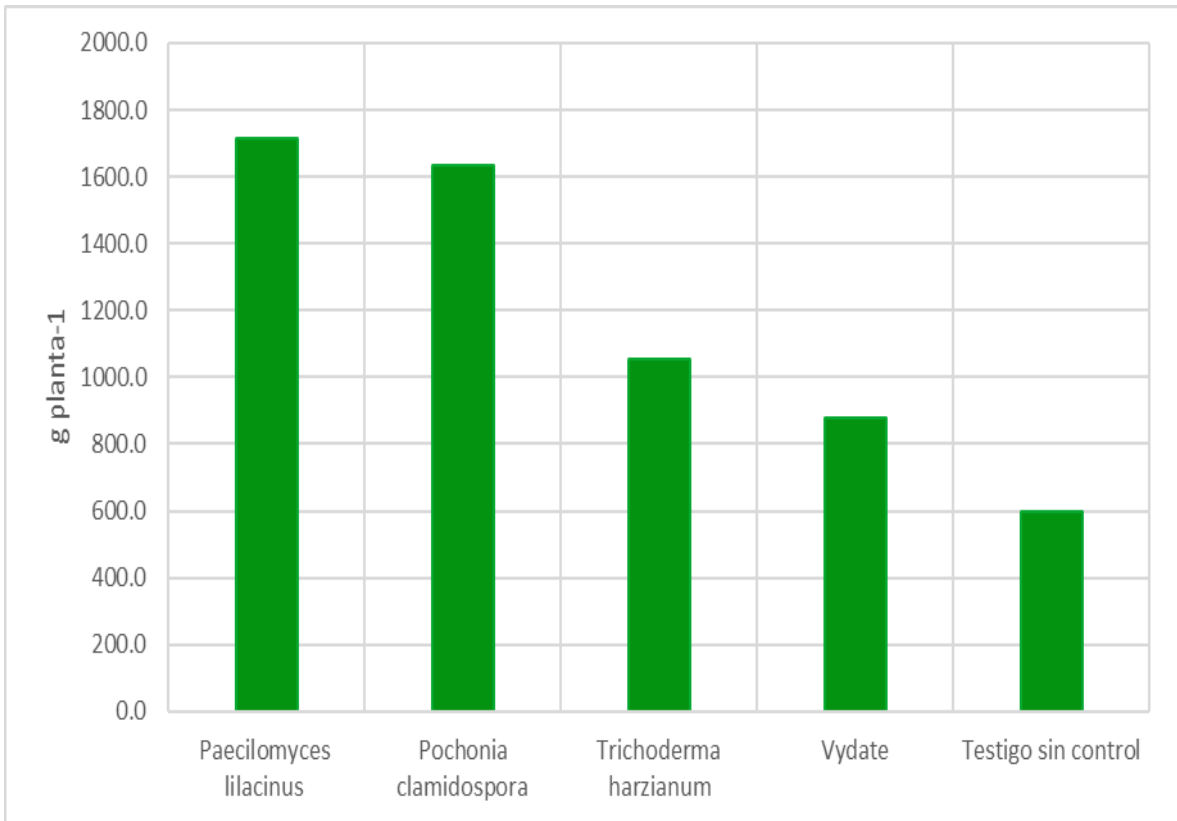
| Fuente de Variación | Grados Libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medios | F-Cal | P-Valor   | C.V. (%) |
|---------------------|-----------------|-------------------|------------------|-------|-----------|----------|
| Bloques             | 3               | 74696.40          | 24898.80         | 1.63  | 0.23 NS   | 10.5     |
| Tratamientos        | 4               | 3740833.20        | 935208.30        | 61.37 | <.0001 ** |          |
| Error               | 12              | 182861.60         | 15238.50         |       |           |          |
| Total               | 19              | 3998391.20        |                  |       |           |          |

NS = No significativo, \* = Significativo, \*\* = Altamente significativo

Tabla 16 y Figura 6 indica que el tratamiento con mayor rendimiento por planta fue para el tratamiento *Paecilomyces lilacinus* con 1716.8 g planta<sup>-1</sup>, junto al hongo biocontrolador *Pochonia clamidospora* con 1632.5 g planta<sup>-1</sup>, siendo superiores a todos, seguido por *Trichoderma harzianum* con 1055.3 g planta<sup>-1</sup> junto al tratamiento Vydate con 879.8 superior estadísticamente al testigo quien reportó el rendimiento más bajo con 599.8 g planta<sup>-1</sup>.

**Tabla 16.*****Comparación entre los tratamientos en función del rendimiento por planta de C. baccatum***

| Tratamientos                 | Medias (g planta <sup>-1</sup> ) |
|------------------------------|----------------------------------|
| <i>P. lilacinus</i>          | 1716.8 A                         |
| <i>P. clamidospora</i>       | 1632.5 A                         |
| <i>Trichoderma harzianum</i> | 1055.3 B                         |
| Vydate                       | 879.8 B                          |
| Testigo                      | 599.8 C                          |



**Figura 6.**  
***Rendimiento por planta de C. baccatum***

## CAPÍTULO V: DISCUSIONES, CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

### 5.1 Discusiones

Con respecto a lo juveniles de *M. incognita* en la población inicial se observa en los resultados que todos los tratamientos presentaron medias homogéneas, esto debido a que al iniciar la instalación se había realizado el primer muestreo, por lo que los resultados fueron similares estadísticamente. Sin embargo, en la segunda evaluación, es decir la población final de *M. incognita*, se observó diferencias estadísticas entre los tratamientos, siendo el hongo biocontrolador *P. lilacinus* quien reportó el más bajo número de juveniles J2 del nematodo, y esto debido a que este hongo influyó inhibiendo el crecimiento y reduciendo el desarrollo de este fitonemátodo. Estos resultados fueron confirmados por Fernández et al. (2016) quienes observaron un buen control del hongo *P. lilacinus* manifestando una baja severidad (25.3 %) y una alta eficacia (60.3) sobre el fitonemátodo ello se debe a que las conidias al chocar con el nematodo se anclan en su cuerpo y después de ello germinan desarrollando una estructura donde logran ingresar al interior del nematodo en el cual toma sus nutrientes, y se reproduce masivamente invadiendo todo el cuerpo del nemátodo, causándole una enfermedad que finalmente causa su muerte. Entonces podemos inferir que las raíces del *C. baccatum* llega ser normal si utilizamos este hongo. Aquello implica que el uso de biocontroladores se utilicen de forma masiva, usando como medio el *P. lilacinus* como parte importante de un programa de manejo integrado de enfermedades.

Khan et al. (2001) mencionan que al adicionar *P. lilacinus* como hongo nematófago, retrasa la actividad patógena de *M. incognita*. Dando un control efectivo del nematodo, lo que reduce la enfermedad de la raíz del nudo y aumentó el vigor de la planta. Por lo tanto, el biocontrol llegar hacer una posibilidad clara para el futuro y se puede explotar con éxito en la agricultura moderna.

Al respecto, Jones et al. (2013) mencionan que los juveniles J2 ingresan a la raíz del hospedante en forma directa. Asimismo, para facilitar su penetración, los J2 utilizan una combinación de daño físico a través de su estilete que permite dañar al tejido y sumando a ello la liberación de enzimas degradadoras de celulosas y las pectinas, permitiendo su infección. El J2 inicia la formación en las células con mayor tamaño, llegando a hacer abultamientos o agallas. Estas células funcionan como sumideros especializados, suministrando nutrientes a la ahora sedentaria J2. La cabeza del J2 está incrustada en la periferia del tejido vascular. Después de la alimentación, el juvenil J2 continúa su desarrollo por estadios hasta llegar a ser adulto ovopositará sus huevos para dejar descendencia. Asimismo, los estadios J3 y el estadio J4 no cuentan con estilete y en consecuencia en estas etapas no se pueden alimentar (Jones et al., 2013).

Con respecto a la tasa de reproducción entre la población final sobre la población que empezó se observa que los hongos biocontroladores *Pochonia clamidospora* y *P. lilacinus* reportaron valores muy bajos, debido que a comparación con la población inicial, la población final se redujo por lo que ambos biocontroladores tienden a reducir la propagación de estos nematodos resultando un buen control para ello se evaluó la eficiencia del control de estos hongos, siendo *Paecilomyces lilacinus* quien reportó la mayor eficiencia del control del nematodo. Estos resultados se asemejan a lo reporta por Mukhtar et al. (2013) quienes en su investigación sobre el potencial de biocontrol de *P. chlamydospora*, *P. lilacinus* y *T. harzianum* contra *M. incognita* en el cultivo de okra, demostraron que los antagonistas y sus concentraciones causaron una disminución significativa en los factores reproductores de nematodos. La reducción máxima promedio fue el resultado de *P. lilacinus*, seguido de *Pochonia chlamydospora*. Del mismo modo, la concentración de  $1 \times 10^4$  causó la máxima disminución en el factor reproductivo. Todos los agentes de control biológico probados demostraron ser efectivos para controlar *M. incognita*. Estos antagonistas aumentaron significativamente el peso y causaron reducciones en el número de agallas y masas de huevos *Pasteuria* y *P. lilacinus* fueron igualmente efectivos a una concentración de  $8 \times 10^3$  endosporas/ufc por gramo de suelo en la reducción de las infestaciones por nematodos. Indicó que había una penetración reducida de los juveniles en las raíces de las plantas de okra, lo que redujo estos parámetros (Mukhtar et al., 2013).

Muchos investigadores han informado que el movimiento y la movilidad de los nematodos juveniles se redujeron y que su capacidad para localizar las raíces del hospedador se vio afectada cuando los juveniles se vieron afectados por las endosporas. Dado que los sistemas reproductivos no se desarrollan en las hembras infectadas de nematodos de nudo de raíz, tales nematodos no ponen huevos, lo que resulta en un número reducido de masas de huevos y factores reproductivos (Davies et al., 1991 citado por Mukhtar et al. (2013). Esto conduce a una marcada disminución en la infección secundaria por la segunda generación o generaciones posteriores de juveniles. Las reducciones máximas en el número de masas de huevos y factores reproductivos por la aplicación de biocontroladores (Mukhtar et al., 2013).

Kiewnick y Sikora (2006) sostiene que el hongo *Paecilomyces lilacinus*, es una cepa única con un amplio rango de actividad contra los nematodos parásitos de plantas más importantes. Los resultados revelaron una clara correlación entre la tasa aplicada y el grado de control con respecto a la reducción del daño a la raíz y la multiplicación del nematodo. El mejor control se logró al aplicar el nematicida biológico como tratamiento del suelo una semana antes de la siembra. La aplicación repetida para mantener la población antagonista a un nivel suficiente podría usarse para asegurar el control a largo plazo del nematodo.

Mukhtar et al. (2013) indica que, en sus estudios, *P. chlamydosporia* demostró ser el menos eficaz de los organismos probados para reducir las infestaciones de nematodos, aunque el hongo produjo mejoras significativas que fueron estadísticamente similares a las obtenidas con *P. penetrans*. Los resultados del presente estudio comparativo demuestran que *P. penetrans* y *P. lilacinus* son probablemente los agentes de control biológico más eficaces para reducir las infecciones por nematodos y mejorar varios parámetros de crecimiento de las plantas, y es probable que ejerzan una acción suficiente en el suelo para suprimir la actividad de los nematodos. Estos antagonistas pueden usarse para el manejo de nematodos de nudo de raíz en los cultivos.

En cuanto al número de huevos del nematodo *P. lilacinus* y *P. clamidospora* reportaron menor número de huevos del nematode. Este resultado confirma la actividad parasítica que posee estos hongos biocontroladores. Por lo que al observar el porcentaje de eficiencia de parasitismo de los huevos del nematode los antagonistas *P. lilacinus* y *P. clamidospora* se encontraron valores más altos de eficiencia del control en el parasitismo de huevos del nematodo. Los resultados fueron similares a los reportado por Croshier et al. (1984) indicaron que los huevos del nematode, el porcentaje de huevos parasitados con *P. lilacinus* es más alto en TI, que presenta 76,25%, en comparación con Ts (testigo). El hongo *P. lilacinus* penetra los huevos de los nemátodos, destruyendo el embrión y también provoca la muerte de las hembras en desarrollo al multiplicarse dentro de ellas. El tratamiento T1 (1 ,1 gr) presenta menor número de huevos sanos que el tratamiento de 0,075 gr/mac (T4). Esto estaría indicando que sería factible el uso de la dosis 1,1 gr de arroz con *P. lilacinus* Además, los porcentajes de huevos no parasitados y huevos parasitados por *P. lilacinus*, en donde es posible apreciar que el porcentaje más bajo de huevos no parasitados se encuentra en el tratamiento TI en comparación con testigo. Inversamente, el parasitismo del nematode por parte de *P. lilacinus* es más alto, que presenta 76,25%, en comparación con el testigo.

Esto es confirmado por Oclarit y Cumagun (2009) quienes mencionan que el conteo de masa de huevos por gramo de muestra de raíz se redujo con *P. lilacinus*, sin embargo, las plantas con concentración más baja del agente de control biológico y aquellas con *M. incognita* sola. El bajo recuento de masa de huevos con nematodo solo revela que algunos de los huevos ya se han incubado en presencia de los juveniles. En el caso de plantas tratadas, un recuento bajo podría ser debido al efecto del parásito. Estos huevos deformados nunca maduraron ni eclosionaron. Una vez que una red hifal está en la proximidad de los huevos de nematodos, sus metabolitos tóxicos difusibles causarán algunas alteraciones en la composición de la cáscara del huevo o, por su infiltración interna en el huevo, y trastornos fisiológicos que conducirán al desarrollo embrionario abortado. La capacidad de *P. lilacinus* para matar o inactivar eficazmente las larvas de nematodos y reducir la infectividad y fecundidad de los nematodos implica que el hongo es un agente de control biológico potencial.

Al respecto Mukhtar et al. (2013) señalan que el hongo primero coloniza la matriz gelatinosa de *Meloidogyne* y finalmente, una red micelial desarrolla y envuelve los huevos de nematodos. *Trichoderma harzianum* también causó reducciones en las infestaciones de nematodos y no fue tan eficaz como *P. penetrans* y *P. lilacinus*.

En cuanto al hongo *P. chlamydosporia* quien reporto un bajo número de huevos y alto porcentaje de eficiencia, resultado similar lo presentado por Dallemole et al. (2012) Número de huevos de nemátodo. Doce de los 15 aislamientos de *P. chlamydosporia* estudiados en el experimento 1 redujeron el número de huevos de *M. javanica* en comparación con el control 114,814 en el aislamiento de pocchonia a 634,869 control. El número de huevos del nematodo se redujo del 39 al 67,3% en las parcelas tratadas con los aislamientos 1, 2, 3, 4, 9 y 10, en comparación con el control. Además, menciona que *P. chlamydosporia* debe colonizar los huevos del patógeno en el suelo antes de incubar para evitar la penetración del nematodo y luego reducir el número de agallas debido a una reducción de J2 que invade las raíces. En consecuencia, la eficiencia del agente de control biológico puede ser inversamente proporcional a la densidad del nematodo en el suelo, como lo demuestran nuestros hallazgos en el presente estudio. Se necesitan más estudios para evaluar el potencial de estos aislamientos o a base de bionematicidas en condiciones de campo, así como preparar diferentes tipos de formulaciones para mejorar el rendimiento de control del hongo. *Pochonia chlamydosporia* debe colonizar los huevos del patógeno en el suelo antes de la eclosión para evitar la penetración de nematodos y luego reducir el número de agallas debido a una reducción de J2 que invade las raíces. En consecuencia, la eficiencia del agente de control biológico puede ser inversamente proporcional a la densidad del nematodo en el suelo, como lo demuestran nuestros hallazgos en el presente estudio.

Asimismo, Dallemole et al. (2012) menciona que *P. chlamydosporia* debe colonizar los huevos del patógeno en el suelo antes de incubar para evitar la penetración del nematodo y luego reducir el número de agallas debido a una reducción de J2 que invade las raíces. En consecuencia, la eficiencia del agente de control biológico puede ser inversamente proporcional a la densidad del nematodo en el suelo, como lo demuestran nuestros hallazgos en el presente estudio.



Jones et al. (2013) menciona que las hembras maduras ponen los huevos en una matriz gelatinosa protectora que forma una masa de huevo. Los huevos se encuentran en la superficie de las raíces o pueden estar incrustadas en agallas o tejido vegetal (por ejemplo, tubérculos de papa) y pueden contener hasta 1000 huevos. Muchas especies de *Meloidogyne* tienen un amplio rango de hospedadores y, en general, la eclosión depende únicamente de las condiciones adecuadas de temperatura y humedad, sin que se requieran estímulos de las plantas hospedadoras.

En cuanto al tamaño de las plantas *Paecilomyces lilacinus* *Pochonia clamidospora*, *Trichoderma harzianum* obtuvieron resultados estadísticamente similares entre sí confirmando que estos hongos biocontroladores permiten estimular el crecimiento de las plantas, este resultado se asemeja a lo mostrado por Khan et al. (2001) quienes mencionan que *P. lilacinus* solo y en combinación con *T. harzianum* resultó en un aumento de 26.08 y 33.76% en altura de planta respectivamente sobre las plantas inoculadas, mientras que un aumento de 11.77 y 18.58% respectivamente sobre las plantas no inoculadas.

En cuanto a la evaluación de los efectos de *P. lilacinus* y *T. harzianum* en huevos del nematode en el sistema radicular en tomate mostró que en las plantas no inoculadas donde se usó suelo esterilizado, no se observó formación de agallas ni masas de huevos. La comparación de los medios de tratamiento indicó que las plantas inoculadas tenían una masa máxima de huevos y que se encontró un número mínimo de masas de huevos (76.00) en combinación de hongos (*P. lilacinus* + *T. Harzianum*), que dio una reducción de 74.92% sobre las plantas inoculadas. Entre los tratamientos, el sustrato orgánico demostró ser el menos efectivo ya que proporcionó una reducción del 38.88% de huevos sobre las plantas inoculadas, se puede indicar que los hongos nematófagos son capaces de producir sustancias tóxicas en presencia de un sustrato adecuado en la rizosfera de las plantas y puede ayudar a reducir los efectos nocivos de los nematodos en las plantas al suprimir su población (Khan et al., 2001).

Con respecto al rendimiento por planta de ají escabeche, se observó que existe altos rendimientos por planta con uso de los hongos biocontroladores en comparación con el nematicida químico, confirmando que los hongos biocontroladores no solo reducen e inhiben el crecimiento y desarrollo del nematode sino también provoca un crecimiento en la planta y un incremento en la producción de número de frutos y su peso que se traduce en mayor rendimientos, siendo así seleccionados como nematicidas biológicos en especial

el hongo *Paecilomyces lilacinus* quien presento el mayor rendimientos. Estos resultados son confirmados por Dube y Smart (1987) los rendimientos de los cultivos fueron mayores y las densidades de población de nematodos fueron menores cuando ambos organismos de control biológico se usaron juntos que cuando se usó solo. Esto fue esperado ya que cada uno ataca diferentes etapas de la vida del nematodo. *Paecilomyces lilacinus* ataca a los juveniles de la segunda etapa, matando a algunos de ellos; las que sobreviven y se convierten en hembras adultas producen pocos o ningún huevo, pero en cambio sus cuerpos se llenan de esporas de *Paecilomyces lilacinus* ataca los huevos y algunas veces las hembras adultas y, por lo tanto, debería reducir las densidades de población de nematodos y el daño a las plantas en mayor medida que cualquier organismo solo. Nuestro informe parece ser el primero en el uso combinado de dos organismos de control biológico para controlar un nematodo. El nematode se controló de manera más efectiva y los rendimientos de las plantas huésped fueron mayores cuando *Paecilomyces lilacinus*.

## 5.2 Conclusiones

Los hongos *Paecilomyces lilacinus*, *Pachania clomdospora* y *T.harzianum* presentaron influencia positiva en el control del nematode permitiendo reducir el crecimiento y desarrollo de *M.incognita* en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo-Barranca.

El biocontrolador *P.lilacinus* reportó con menor densidad poblacional (17.2 juveniles J2) y menos tasa de reproducción (0.19) del nematode en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo-Barranca.

El hongo controlador biológico *Paecilomyces lilacinus* obtuvo mayor porcentaje de eficiencia con 88.8% de control del nematodo del nudo en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo-Barranca.

*P. lilacinus* obtuvo menos huevos del nematode con 98.9 huevos, asimismo, reportó la mayor eficiencia del porcentaje de parasitismo sobre los huevos del *Meloidogyne incognita* 89.2% en *Capsicum baccatum* en Vinto Bajo-Barranca.

### **5.3 Recomendaciones**

Se recomienda realizar la investigación en el mismo lugar y época, usando las mismas variables y metodología de esta tesis, para confirmar los resultados obtenidos.

Se recomienda la realización de ensayos usando los mismos tratamientos y la metodología en diferentes zonas dentro y fuera de Barranca.

Se recomienda difundir el hongo biocontrolador *Paecilomyces lilacinus* como nematocida biológico.

## CAPÍTULO VI: LISTA DE REFERENCIAS

- Agaba, T., Fawole, B. and Claudius, B. (2015). Pathogenicity of *Meloidogyne Incognita* (CHITWOOD) on Some Pepper(*Capsicum spp.*) Cultivars. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 5(19): 91-96.
- Albrecht E., Zhang D., Deslattes A., Saftner R., Stommel J. (2012). Genetic diversity in *Capsicum baccatum* is significantly influenced by its ecogeographical distribution. *BMC Genetics*, 13:68.
- Arif, M. (1995). *Biological control of plant-parasitic nematodes*. Thesis Master. Aligarh Muslim University. Aligarh-India. 95p.
- Bhat, M., Muddin, H. and Bhat, N. (2009). Histological interactions of *Paecilomyces lilacinus* and *Meloidogyne incognita* on bitter melon. *Journal of American Science* 2009: 5(1), 8-12.
- Croshier, R., Montecinos, G., Jimenez, M. y Gallo, P. (1984). Efectividad de *Paecilomyces lilacinus* Thom. Samson, en el control del nemátodo cecidógeno *Meloidogyne javanica* (Chitwood1949) 8: 27-31.
- Dallemole, R., Freitas, L., Lopes, E., Pereira, O., Zooca, R. and Ferraz, S. (2012). Screening of *Pochonia chlamydosporia* *Crop Protection* 42 (2012) 102-107.
- Dube, B. and Smart, G. (1987). Biological Control of *Meloidogyne incognita* by *Paecilomyces lilacinus* and *Pasteuria penetrans*. *Journal of Nematology* 19(2):222-227.
- Ferris, H. (1985). Population assessment and management strategies for plant-parasitic nematodes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 12 (4):285-29.
- Hunt, D.J. and Handoo, Z.A. (2009). *Taxonomy, Identification and Principal Species. Root-knot nematodes*. CABI Europe-UK, Egham, Surrey, UK. pp.55-97.
- Jones, J. T. Haegeman A, Danchin EG. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Mol. Plant Pathol.* 14, 946–961.
- Jenkins, W. (1964). A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48, 692.

- Khan, B., Khan, A. and Khan, R.K. (2003). Pathogenic Variability Among Isolates of *Meloidogyne javanica* on *Capsicum annum*. *Journal of Nematology* 35(4):430–432.
- Khan, H.U., Ahmad, R., Ahmed, W., Khan, S.M. and Khan, M. (2001). Evaluation of the Combined Effects of *Paecilomyces lilacinus* and *Trichoderma harzianum* Against Root-knot Disease of Tomato. *Journal of Biological Sciences*, 1: 139-142.
- Kiewnick, S. and Sikora, R. (2006). Evaluation of *Paecilomyces lilacinus* strain 251 for the biological control of the northern root-knot nematode *Meloidogyne hapla* Chitwood”, *Nematology*, 8(1): 69-78.
- Nicho, P. (2001). Cultivo de ají escabeche en el Valle de Chancay-Huaral. Lima – Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria – INIA, Folleto R.I. N° 4. 19p.
- Paredes, J. (2017). Evaluación de cuatro densidades de siembra en el rendimiento del cultivo de ají charapita (*Capsicum frutescens* L.) en el sector Almendras, provincia de Tocache. Tesis pregrado. Universidad Nacional De San Martín – Tarapoto. Tarapoto – Perú. 71p.
- Pavone, D. (2012). Biocontrol de *Rhizoctonia solani* Kühn por *Trichoderma* spp. Tesis Doctoral. Universidad Central de Venezuela. Venezuela. 199p.
- Pérez, J. (2006). Control biológico de nematodos con microorganismos antagonistas. *fitosanidad* 10(2):165-175.
- Sánchez, F. (2015). Influencia del fondo genético en la expresión de la resistencia a *Meloidogyne incognita* en pimiento (*Capsicum annum* L.). Universidad Politécnica De Cartagena. Cartagena. 222p.
- Vélez, L. (2015). Respuesta del ají escabeche (*Capsicum baccatum* L.) a cuatro dosis diferentes de fertilizantes en la granja experimental Santa Inés. Tesis Pregrado. Universidad Técnica De Machala. Machala-ecuador. 44p.
- Vilchis, K. (2011). Compatibilidad del hongo *Pochonia chlamydosporia* y extractos vegetales para el manejo integrado de *Meloidogyne incognita* en frijol. Tesis Pregrado. Instituto Politécnico Nacional. Yautepec, Morelos. 102p.

# ANEXOS

## ANEXO 1. Matriz de consistencia

| PROBLEMA  | OBJETIVO  | HIPÓTESIS  | VARIABLES E INDICADORES  | MÉTODO  |
|---|---|--|--|---|
| <p>¿Cuál es la influencia de los bioagentes sobre <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca?</p> <p>¿Qué bioagente presenta menos densidad poblacional y tasa de reproducción del nematodo del nudo causado por <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Barranca?</p> <p>¿Cuál de los bioagentes presenta mayor eficiencia en el control de <i>M. incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Barranca?</p> <p>¿Qué efecto tendrá los bioagentes en la eficiencia del control de huevos y parasitismo de huevos de <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca?</p> | <p>Evaluar la influencia de los bioagentes sobre <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Seleccionar el bioagente con menor densidad poblacional y tasa de reproducción de <i>M.incognita</i> en ají escabeche en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Seleccionar el bioagente con mayor eficiencia sobre <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Determinar el porcentaje de parasitismo de los bioagentes sobre los huevos de <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> | <p>Ho: No existe influencia de los bioagentes sobre el ataque de <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> “ají escabeche” bajo las condiciones de Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ha: Existe al menos uno de los bioagentes sobre el nematode <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ho: No existe bioagente que reporte menos densidad poblacional y tasa de reproducción de <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ha: Existe al menos un bioagente con menos densidad poblacional y tasa de reproducción del nematode en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ho: No existe bioagente con mayor eficiencia sobre <i>M. incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ha: Existe al menos un bioagente con mayor eficiencia sobre <i>M.incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ho: No existe efecto en el porcentaje de parasitismo de bioagentes sobre los huevos del <i>M. incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> <p>Ha: Existe al menos un de bioagente con alta eficiencia en el porcentaje de parasitismo de hongos biocontroladores sobre los huevos del <i>M. incognita</i> en <i>Capsicum baccatum</i> en Vinto Bajo, Barranca.</p> | <p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE (X):</b></p> <p><b>BIOCONTROLADORES (T):</b></p> <p>T<sub>1</sub>: <i>Paecilomyceslilacinus</i><br/> T<sub>2</sub>: <i>Pochoniaclamidospora</i><br/> T<sub>3</sub>: <i>Trichodermaharzianum</i><br/> T<sub>4</sub>: Vydate<br/> T<sub>5</sub>: Testigo</p> <p><b>VARIABLE DEPENDIENTE (Y):</b></p> <p><b>EVALUACIÓN DEL DESARROLLO DE LA ENFERMEDAD.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Población inicial</li> <li>- Población final</li> <li>- Tasa de reproducción de población final sobre la inicial de <i>Meloidogyneincognita</i></li> <li>- Eficiencia de control de <i>Meloidogyneincognita</i>.</li> <li>- Número de huevos del nematodo.</li> </ul> <p>Eficiencia de control del parasitismo de huevos del nematodo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Rendimiento del tomate (g/planta<sup>-1</sup>)</li> </ul> | <p>La presente tesis es una investigación de tipo aplicada y experimental, por lo cual se usa el método estadístico para comparar los diferentes tratamientos sobre el control del nematodo de la raíz en ají escabeche, y así cumplir con los objetivos de la investigación. La presente tesis tiene un nivel correlacional debido a que se basa en cuantificar la relación entre los hongos biocontroladores y el desarrollo del nematodo del nudo de la raíz en ají escabeche.</p> |



## ANEXO 2. Población inicial del nematode

| Tratamientos               | Bloques      |            |              |              | Total         | promedio    |
|----------------------------|--------------|------------|--------------|--------------|---------------|-------------|
|                            | I            | II         | III          | IV           |               |             |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 93.4         | 94.3       | 90.5         | 89.2         | 367.4         | 91.9        |
| T2: Pochonia clamidospora  | 90.3         | 88.4       | 90.4         | 87.3         | 356.4         | 89.1        |
| T3: Trichoderma harzianum  | 91.3         | 89.4       | 91.5         | 89.0         | 361.2         | 90.3        |
| T4: Vydate                 | 93.2         | 88.4       | 93.5         | 92.4         | 367.5         | 91.9        |
| T5: Testigo sin control    | 94.1         | 90.5       | 93.0         | 93.3         | 370.9         | 92.7        |
| <b>Total</b>               | <b>462.3</b> | <b>451</b> | <b>458.9</b> | <b>451.2</b> | <b>1823.4</b> | <b>91.2</b> |

## ANEXO 3. Población final del nematode

| Tratamientos               | Bloques      |              |              |              | Total         | promedio    |
|----------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|-------------|
|                            | I            | II           | III          | IV           |               |             |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 17.5         | 10.9         | 19.9         | 20.1         | 68.4          | 17.1        |
| T2: Pochonia clamidospora  | 22.9         | 21.3         | 23.4         | 25.1         | 92.7          | 23.2        |
| T3: Trichoderma harzianum  | 37.9         | 46.8         | 38.2         | 39.7         | 162.6         | 40.7        |
| T4: Vydate                 | 42.2         | 43.2         | 47.4         | 50.3         | 183.1         | 45.8        |
| T5: Testigo sin control    | 157.3        | 145.8        | 156.2        | 149.4        | 608.7         | 152.2       |
| <b>Total</b>               | <b>277.8</b> | <b>268.0</b> | <b>285.1</b> | <b>284.6</b> | <b>1115.5</b> | <b>55.8</b> |

#### ANEXO 4. Tasa de reproducción del nematode

| Tratamientos               | Bloques |      |      |      | Total | promedio |
|----------------------------|---------|------|------|------|-------|----------|
|                            | I       | II   | III  | IV   |       |          |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 0.19    | 0.12 | 0.22 | 0.23 | 0.75  | 0.19     |
| T2: Pochonia clamidospora  | 0.25    | 0.24 | 0.26 | 0.29 | 1.04  | 0.26     |
| T3: Trichoderma harzianum  | 0.42    | 0.52 | 0.42 | 0.45 | 1.80  | 0.45     |
| T4: Vydate                 | 0.45    | 0.49 | 0.51 | 0.54 | 1.99  | 0.50     |
| T5: Testigo sin control    | 1.67    | 1.61 | 1.68 | 1.60 | 6.56  | 1.64     |
| <b>Total</b>               | 2.98    | 2.98 | 3.08 | 3.10 | 12.15 | 0.61     |

#### ANEXO 5. Eficiencia de control del nematode

| Tratamientos               | Bloques |       |       |       | Total  | promedio |
|----------------------------|---------|-------|-------|-------|--------|----------|
|                            | I       | II    | III   | IV    |        |          |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 88.9    | 92.5  | 87.3  | 86.5  | 355.2  | 88.8     |
| T2: Pochonia clamidospora  | 85.4    | 85.4  | 85.0  | 83.2  | 339.1  | 84.8     |
| T3: Trichoderma harzianum  | 75.9    | 67.9  | 75.5  | 73.4  | 292.8  | 73.2     |
| T4: Vydate                 | 73.2    | 70.4  | 69.7  | 66.3  | 279.5  | 69.9     |
| T5: Testigo sin control    | 0.0     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0      |
| <b>Total</b>               | 323.4   | 316.2 | 317.5 | 309.5 | 1266.6 | 63.3     |

## ANEXO 6. Número de huevos nematode

| Tratamientos               | Bloques |      |      |      | Total | promedio |
|----------------------------|---------|------|------|------|-------|----------|
|                            | I       | II   | III  | IV   |       |          |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 94      | 110  | 102  | 89   | 395   | 99       |
| T2: Pochonia clamidospora  | 172     | 190  | 206  | 182  | 750   | 188      |
| T3: Trichoderma harzianum  | 301     | 267  | 290  | 291  | 1149  | 287      |
| T4: Vydate                 | 756     | 734  | 749  | 762  | 3001  | 750      |
| T5: Testigo sin control    | 945     | 882  | 902  | 921  | 3650  | 913      |
| <b>Total</b>               | 2268    | 2183 | 2249 | 2245 | 8945  | 447      |

## ANEXO 7. Eficiencia de control

| Tratamientos               | Bloques |       |       |       | Total  | promedio |
|----------------------------|---------|-------|-------|-------|--------|----------|
|                            | I       | II    | III   | IV    |        |          |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 90.1    | 87.5  | 88.7  | 90.3  | 356.6  | 89.2     |
| T2: Pochonia clamidospora  | 81.8    | 78.5  | 77.2  | 80.2  | 317.7  | 79.4     |
| T3: Trichoderma harzianum  | 68.1    | 69.7  | 67.8  | 68.4  | 274.1  | 68.5     |
| T4: Vydate                 | 20.0    | 16.8  | 17.0  | 17.3  | 71.0   | 17.8     |
| T5: Testigo                | 0.0     | 0.0   | 0.0   | 0.0   | 0.0    | 0.0      |
| <b>Total</b>               | 260.0   | 252.5 | 250.7 | 256.2 | 1019.4 | 51.0     |

**ANEXO 8. Rendimiento del ají escabeche (g/planta-1)**

| Tratamientos               | Bloq |      |      |      | Total | Prom. |
|----------------------------|------|------|------|------|-------|-------|
|                            | I    | II   | III  | IV   |       |       |
| T1: Paecilomyces lilacinus | 1921 | 1567 | 1873 | 1506 | 6867  | 1717  |
| T2: Pochonia clamidospora  | 1052 | 973  | 1118 | 1078 | 4221  | 1055  |
| T3: Trichoderma harzianum  | 1432 | 1657 | 1873 | 1568 | 6529  | 1632  |
| T4: Vydate                 | 916  | 818  | 862  | 923  | 3518  | 880   |
| T5: Testigo sin control    | 622  | 562  | 632  | 583  | 2398  | 600   |
| <b>Total</b>               | 5942 | 5575 | 6358 | 5657 | 23532 | 1177  |

## ANEXO 9. Imágenes durante el desarrollo del experimento



