



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

“EVALUACIÓN DEL NEMATODO *Steinernema carpocapsae* (Weiser) COMO CONTROLADOR de *Cyprissius daedalus* (Cramer) EN PALMA ACEITERA CURARY (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), CANTÓN SHUSHUFINDI”

Trabajo de grado previa a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR:

Brito Romero Mauro José

DIRECTORA:

PhD. Julia Karina Prado Beltran

Ibarra, 2023

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES
CARRERA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DEL NEMATODO *Steinernema carpocapsae* (Weiser) COMO
CONTROLADOR de *Cyprissius daedalus* (Cramer) EN PALMA ACEITERA
CURARY (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), CANTÓN SHUSHUFINDI”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

APROBADO:

Ing. Julia Prado, PhD.

DIRECTOR



FIRMA

Lcda. Ima Sánchez MSc.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA

Ing. Magali Cañarejo, PhD.

MIEMBRO TRIBUNAL



FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1500881683		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Brito Romero Mauro José		
DIRECCIÓN:	Papallacta		
EMAIL:	mjbritor@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0988242847

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL NEMATODO <i>Steinernema carpocapsae</i> (Weiser) COMO CONTROLADOR de <i>Cyprissius daedalus</i> (Cramer) EN PALMA ACEITERA CURARY (<i>Elaeis oleifera</i> x <i>Elaeis guineensis</i>), CANTÓN SHUSHUFINDI
AUTOR (ES):	Mauro José Brito Romero
FECHA: DD/MM/AAAA	19 de octubre de 2023
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Agropecuario
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Prado, PhD.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 19 días del mes de octubre de 2023

EL AUTOR:



.....
Brito Romero Mauro José

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Mauro José Brito Romero bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 19 días del mes de octubre del 2023



Ing. Julia Prado PhD.
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 18 días del mes de octubre del 2023

Nombres y Apellidos: Evaluación del nematodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) como controlador de *Cyparissius daedalus* (Cramer) en palma aceitera curary (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), cantón Shushufindi. Ingeniero Agropecuario.

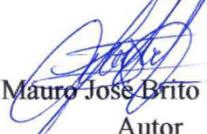
Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 13 días del mes de octubre del 2023 (55 páginas).

DIRECTOR (A):

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar el nematodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) como controlador de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en palma aceitera híbrida (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), cantón Shushufindi.

Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar la población de larvas de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en el tercio inferior de la palma aceitera híbrida, bajo los tratamientos en estudio. Analizar la capacidad patogénica de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) en *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en el cultivo de la palma.


Ing. Julia Prado, PhD.
DIRECTORA


Mauro José Brito Romero
Autor

AGRADECIMIENTO

La vida me ha provisto de mucha gente que ha sido parte de mi vida académica, mucha gente que día a día me ha dado su apoyo en diferentes aspectos, sean estos económicos, anímicos, etc. Quiero agradecer principalmente a mis padres Oswaldo y Nancy por sus consejos y animo, a mi esposa Mayra y a mi hijo Sebastián por permitir que yo pueda seguir mis sueños, sueños que me han alejado de su lado por mucho más tiempo del que imaginaba, no me alcanzara la vida para agradecerles ese empuje. A mi hermana Carla por apoyarme con todos los implementos para vivir lejos de casa; a mi hermano Rafael por estar siempre, por no dejarme caer y darme el ánimo que siempre se necesita. A mis profesores que siempre se han preocupado por compartir sus conocimientos en especial a mi directora de tesis que siempre me ha dado el apoyo que necesité, a mis compañeros de la Universidad Técnica del Norte Alejandro, Diego, Sharon y Paola por ese apoyo. A mi familia de otro mundo que han colaborado más de lo necesario para que yo lograra cumplir mis sueños. Todos han colaborado en lo que soy y estoy seguro de que en lo que seré, les agradezco por compartir conmigo esta inolvidable etapa estudiantil, en la que he aprendido a valorar lo que la vida me ha dado, ser investigador, emprendedor, amar la biodiversidad y sobre todo la tierra donde yo nací. También quiero extender un cordial agradecimiento a la empresa Palmeras del Ecuador (PDE) y a la empresa KOPPERT por darme todas las facilidades que necesité en la realización de esta investigación.

Mauro

DEDICATORIA

A mis hijos, que esto sirva de ejemplo de que cuando uno quiere y tiene apoyo puede. A mis amados Padres, hermanos y toda mi familia por su apoyo incondicional, por su comprensión, su amor, su paciencia y su lealtad. A mis compañeros de cátedra y a toda la comunidad de Palmeras del Ecuador (PDE) y KOPPERT que me brindaron todo su apoyo en este trabajo.

Mauro

TABLA DE CONTENIDOS

TABLA DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	13
ABSTARCT	14
CAPÍTULO I	15
INTRODUCCIÓN	15
2.1.1. ANTECEDENTES	15
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.3. JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS	19
1.4.1. Objetivos General	19
1.4.2. Objetivos Específicos	19
1.5. Hipótesis	20
1.5.1. Hipótesis nula	20
1.5.2. Hipótesis alternativa	20
CAPÍTULO II	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1.2. Palma aceitera	21
2.1.3. Taxonomía de la palma aceitera	22
2.1.4. Variedades	22
2.1.5. Hibridación	22
2.1.6. Morfología de la palma aceitera	23
2.1.6.1. Raíces:	23
2.1.6.2. Tronco o estípite:	23
2.1.6.3. Hojas:	24
2.1.6.4. Inflorescencias:	25
2.1.6.5. El fruto y el racimo:	25
2.1.7. Cultivo de palma de aceite	25
2.1.8. Requerimientos ambientales del cultivo de palma aceitera	26

2.1.9. Manejo del cultivo.....	26
2.1.9.1. Establecimientos de viveros	26
2.1.9.2. Manejo.....	27
2.1.10. Gusano gigante de la palma <i>Eupalamides Guyanensis</i> (Houlber)	28
2.1.11. Ciclo de desarrollo de <i>Eupalamides guyanensis</i> (Houlber).....	30
2.1.11.1. Adulto.....	30
2.1.11.2. Huevos.....	30
2.1.11.3. Larva.....	31
2.1.11.4. Pupa.....	31
2.1.12. Manejo integrado del Gusano gigante de la palma <i>Eupalamides guyanensis</i> (Houlber) ³²	
2.1.13. Nemátodos entomopatógenos (NEPS)	33
2.1.14. <i>Steinernema carpocapsae</i> (Houlber):.....	34
2.1.15. Capsanem.....	36
CAPÍTULO III	37
MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
2.2. Descripción del área de estudio.....	37
2.3. Características del área de estudio.....	37
3.2. Materiales	39
3.3. Métodos	39
3.3.1. Factores de estudio.....	39
3.3.2. Diseño muestral	40
3.3.3. Características del experimento.....	40
3.4.5. Características de la unidad experimental	40
3.4.6. Análisis de datos.....	40
3.5. Variables.....	40
3.5.1. Ubicación de larvas:.....	41
3.5.2. Número de larvas:	41
3.5.3. Patogenicidad de larvas <i>E. guyanensis</i> (Houlber).....	42
3.6. Manejo del experimento	42
3.6.1. Selección de plantas	42
3.6.2. Aplicación de controlador biológico.....	43
3.6.3. Evaluación de variables.....	43

CAPÍTULO IV	44
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
4.1. Numero de larvas bajo los tratamientos en estudio	44
4.2. Patogenicidad	45
4.2.1. Número de larvas por categoría	45
CAPÍTULO V.....	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48
5.1 Conclusiones.....	48
5.2. Recomendaciones	49
REFERENCIAS BIBLIOGRÀFICAS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Necesidades básicas del cultivo de palma aceitera</i>	26
Tabla 2 <i>Características climáticas San Roque Shushufindi</i>	37
Tabla 3 <i>Materiales, equipos y herramientas</i>	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Palma aceitera adulta</i>	23
Figura 2 <i>Descripción de la raíz palma aceitera</i>	23
Figura 3 <i>Tronco palma aceitera</i>	24
Figura 4 <i>Hojas palmas aceitera</i>	24
Figura 5 <i>Inflorescencias</i>	25
Figura 6 <i>Racimo palma aceitera</i>	25
Figura 7 <i>Previvero ubicado en San Lorenzo</i>	27
Figura 8 <i>Vivero palma aceitera</i>	27
Figura 9 <i>Adulto de Eupalamides guyanensis (Houlber)</i>	29
Figura 10 <i>Huevos de Eupalamides guyanensis (Houlber)</i>	31
Figura 11 <i>Larva de Eupalamides guyanensis (Houlber)</i>	31
Figura 12 <i>Pupa de Eupalamides guyanensis (Houlber)</i>	31
Figura 13 <i>Teinernema carpocapsae</i>	35
Figura 14 <i>Nemátodos Steinernema carpocapsae (Weiser)</i>	36
Figura 15 <i>Mapa base georreferencial de la parroquia San Roque</i>	38
Figura 16 <i>Diseño experimental completamente al azar</i>	40
Figura 17 <i>Esquema niveles foliares palma africana</i>	41
Figura 18 <i>Aplicación de trampa white en E. guyanensi (Houlber)</i>	42
Figura 19 <i>Población de larvas por concentración</i>	44
Figura 20 <i>Porcentaje de mortalidad por categoría tratamiento I</i>	45
Figura 21 <i>Porcentaje de mortalidad por categoría tratamiento II</i>	46
Figura 22 <i>Porcentaje de mortalidad por categoría tratamiento IV</i>	46

EVALUACIÓN DEL NEMATODO *Steinernema carpocapsae* (Weiser) COMO CONTROLADOR DE *Cyprissius daedalus* (Cramer) EN PALMA ACEITERA COARÍ (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), CANTÓN SHUSHUFINDI

Autor: Brito Romero Mauro José

*Universidad Técnica del Norte

Correo: mjbritor@utn.edu.ec

Año: 2023

RESUMEN

Eupalamides guyanensis (Houlber) ocasiona daños severos en el pedúnculo de los racimos y las inflorescencias de la palma aceitera, provocando pérdidas productivas y económicas. La presente investigación se realizó con el fin de evaluar el nematodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) como controlador biológico de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en palma aceitera híbrida (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). Para el estudio se implementó un diseño completamente al azar y las variables evaluadas fueron: Población de larvas y Patogenicidad por categoría. El proceso de infección se llevó a cabo mediante dosis de aplicación 1.5×10^6 , 3×10^6 , 2×10^6 , 4×10^6 nematodos, mezclados en 8 litros de agua que se aplicaron directamente sobre la corona de plantas afectadas. Para la variable población de larvas se observó que T2 (3×10^6) y T4 (4×10^6) alcanzaron el menor porcentaje de presencia de la larva con 13.8% y 9.4% como resultado de la infección por concentración de nematodos. Sin embargo, en patogenicidad por categoría a los 28 días, se denoto mayor agresividad con el tratamiento T2 en S1 que es el nivel de la hoja 33 hacia abajo hasta el último nivel foliar, con una mortalidad del 49.6%, los porcentajes de mortalidad muestran que la dosis (4×10^6) alcanzó el 47.2%. Afirmando así que los nematodos entomopatógenos *Steinernema carpocapsae* (Weiser) sí generan una disminución en la población de larvas *Eupalamides guyanensis* (Houlber).

Palabras claves: nematodo, palma aceitera, dosis, larvas.

EVALUATION OF THE NEMATODE *Steinenema carpocapsae* (Weiser) AS A CONTROLLER OF *Cyprissius daedalus* (Cramer) IN COARI OIL PALM (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), SHUSHUFINDI CANTON

Author: Brito Romero Mauro José
*North Technical University
Email: mjbritor@utn.edu.ec
Year: 2023

ABSTARCT

Eupalamides guyanensis (Houlber) causes severe damage to the peduncle of the racemes and inflorescences, causing productive and economic losses. The present research was carried out in order to evaluate the nematode *Steinernema carpocapsae* (Weiser) as a biological controller of *Eupalamides guyanensis* (Houlber) in hybrid oil palm (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*). For the study, a completely randomized design was implemented and the variables evaluated were: larval population and pathogenicity by category. The infection process was carried out by application doses of 1.5×10^6 , 3×10^6 , 2×10^6 , 4×10^6 nematodes, mixed in 8 liters of water that were applied directly to the crown of affected plants. For the larval population variable, it was observed that T2 (3×10^6) and T4 (4×10^6) reached the lowest percentage of larval presence with 13.8% and 9.4% as a result of infection due to nematode concentration. However, in pathogenicity by category at 28 days, greater aggressiveness was noted with the T2 treatment in S1, which is the level of the leaf 33 downwards to the last leaf level, with a mortality of 49.6%, the mortality percentages show that the dose (4×10^6) reached 47.2%. Thus, affirming that the entomopathogenic nematodes *Steinernema carpocapsae* (Weiser) do generate a decrease in the population of *Eupalamides guyanensis* (Houlber) larvae.

Key words: nematode, oil palm, dose, larvae.

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES

La producción de aceite de palma a nivel internacional ha logrado sobrepasar a la soya siendo un cultivo 10 veces superior a la misma, tal es su desarrollo que conjuntamente los aceites de palma y palmiste representan la tercera parte del total de producción de los 17 aceites y grasas vegetales que se comercializan alrededor del mundo (Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios de la SAGARPA [SFA], 2010). Para el año 1990 la producción de aceite de palma representaba el 13% del total de 81 millones de toneladas producidas a nivel mundial, sin embargo, en el año 2014 presentó un aumento del 30% (Álvarez y Nicolalde, 2018).

A nivel nacional, según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2015), el cultivo de palma de aceite hasta el año 2015 logró posicionarse como uno de los productos industriales más importantes del Ecuador. Los subproductos provenientes de la palma aceitera han sufrido un incremento creciente que ha provocado la expansión de este cultivo (Kumar, 2016).

La producción del año 1993 fue de 152 537 toneladas, las cuales cumplieron el propósito de suplir la demanda local, sin embargo, desde el año 1991 se notaron excedentes de producción nacional, con un valor promedio de 6% (INIAP, 2021).

La cadena agroindustrial de la palma aceitera en el 2010, representó el 14.1% en el PIB agrícola del Ecuador, cuenta con una inversión aproximada de USD 522 300 000 a lo largo de la cadena, generó 48 000 empleos directos y 60 000 indirectos no solo por la producción, sino también por todos los servicios que se generan alrededor del sector (Rosero, 2010). Para el año 2021 Ecuador fue el décimo octavo exportador a nivel mundial de palma de aceite, participando con el 0.3%, es el quinto a nivel de América Latina y segundo en Sudamérica superado solo por Colombia (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2021). Ya para el año 2019 existían 55 empresas palmicultoras registradas en Ecuador que

proporcionaban empleo directo a 2418 personas (Corporación Financiera Nacional (CFN), 2020).

El rendimiento de este tipo de cultivo por hectárea, es mayor al de cualquier otra oleaginosa como la soya (*Glycine max*), el maní (*Arachis hypogaea*), etc. en efecto tienen rendimientos menores por hectárea que la palma aceitera; lo que ha provocado el desplazamiento de cultivos tradicionales como el banano (*Musa paradisiaca*) o la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) (Borja, 2013).

Por otro lado, existen varias enfermedades de importancia económica que deben ser tomadas en cuenta al momento de tener un cultivo de palma aceitera, las cuales han sido en su mayoría controladas hasta la aparición de la enfermedad pudrición de cogollo (PC) que condenó la expansión del cultivo, solo en Ecuador hasta el año 2009 causó pérdidas superiores a 150 millones de dólares (Potter, 2011). La incidencia promedio de la enfermedad fue del 66.75 %, mientras que la intensidad de ataque promedio fue de 46 %. (Rivas y Herrera, 2017), una de las principales opciones fue cambiar de variedad de cultivo que en su mayoría era *E. guineensis* a una hibridación entre *E. guineensis* de origen africano y *E. oleifera* proveniente de América del Sur (Potter, 2011).

Esta estrategia de hibridación ha logrado resistencia en agentes causales, sin embargo, la aparición de una plaga considerada secundaria en Colombia hasta el año 2004 amenaza nuevamente el cultivo (Ayala et al., 2004). El barrenador gigante de la palma, antes conocido como *Cyparissius daedalus* (Cramer), actualmente se encuentra registrado como *Eupalamides guyanensis* (Houlber). Bustillo et al. (2013) indican que este insecto fue observado en 1985, en los Llanos Orientales de Colombia, específicamente en Caquetá atacando a la palma de aceite. De modo que en 1999 los niveles poblacionales en algunas plantaciones del Meta comenzaron a llamar la atención, especialmente en el municipio de San Martín. Por consiguiente, en el año 2000 los niveles poblacionales superaron todos los pronósticos de desarrollo de esta plaga y Palmeras del Meta comenzó a registrar la muerte de palmas como consecuencia del daño del barrenador. Aldana y Calvache (2002) plantean que no se encuentra información sobre el desarrollo de este insecto en Ecuador, en este contexto y tomando en cuenta que la empresa palmicultora DANEC S.A. señala que existe la presencia de este gusano en los cultivos de la amazonia, es necesario combatir esta plaga.

Como medidas para controlar a esta plaga se han hecho varios ensayos con controladores biológicos a nivel de la Amazonía colombiana especialmente, uno de estos el nematodo entomoparásito *Steinernema carpocapsae* (Weiser), el cual ha dado muy buenos resultados.

Teniendo en cuenta los resultados reflejados, en un experimento realizado en campo con la aplicación de una suspensión de 500 000 nematodos por palma en dos litros de agua, dirigida al área de la corona tiene una mortalidad de la plaga de hasta el 60% después de 14 días de aplicados; en otros experimentos realizados en Ecuador usando nematodos del género *Steinernema* en *Galleria mellonella* (Linnaeus) se obtuvieron resultados superiores al 90% después de 72 horas de la aplicación (Argotti et al., 2010).

Por consiguiente, la mortalidad de larvas se incrementa después de 28 días de su aplicación (Aldana de la Torre et al., 2010).

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Eupalamides guyanensis (Houlber) es una plaga que causa daño directo en los racimos, sin embargo, el insecto presenta comportamientos distintos a los descritos, en efecto se dirige al estípite y concentra ahí todo su ataque formando una especie de galerías lo que provoca en algunos casos la muerte de la palma (Aldana-De la Torre et al., 2010).

Palmeras del Meta Colombia han intentado varios experimentos para eliminar esta plaga, con el uso de químicos insecticidas por absorción radical o por inyección al estípite, sin embargo, no lograron resultados satisfactorios. Así que el control de larvas pequeñas al aplicar insecticidas directamente en la corona podría causar un daño ambiental mucho mayor al daño de la plaga por ser una aplicación peligrosa (Ayala et al., 2004).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial (PDyOT) del (Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Shushufindi, 2015), además de las actividades petroleras, explotación de minas y canteras, la segunda actividad económica de este cantón es la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca, por lo tanto, las actividades agrícolas en el cultivo de palma africana supera a las actividades petroleras. La empresa Palmas del Ecuador cuenta con un cultivo de aproximadamente 12 000 hectáreas. Por otro lado, el sistema de monocultivo se vuelve vulnerable a una gran variedad de plagas y enfermedades; una de

estas es *E. guyanensis* (Houlber), una plaga de alto riesgo que causa mayor daño a la producción hasta ocasionar la muerte de la planta (Aldana et al., 2004).

1.3. JUSTIFICACIÓN

Con el pasar de los años el uso de agroquímicos ha sido exponencial, principalmente ligado a la necesidad de una mayor producción agrícola esto combinado a su vez con la necesidad de más alimentos, lo que ha generado efectos nefastos en el ambiente contaminando suelos, fuentes hídricas, daños a la salud humana, etc. como alternativa se plantea el uso de controladores biológicos, que solos o en combinación son capaces de disminuir los efectos destructivos de una población patógena de una manera ambientalmente amigable (Vinchira-Villarraga y Moreno-Sarmiento, 2019).

Los nematodos entomopatógenos son formulados y aplicados en estados juveniles infectivos, con una única forma de vida libre y tolerante al ambiente (Gaugler, 2018); lo que demuestra la efectividad de este nematodo entomopatógeno no solo en *Castnia*.

Para lograr el manejo de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) se han realizado varios ensayos con el nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* (Weiser); según Sornoza (1991), se aplicaron tres concentraciones las cuales fueron de 1, 2, 3 millones de nematodos y un testigo, el cual tuvo una aplicación química (endosulfan), dando como resultado que existió una mayor eliminación de la plaga con las tres aplicaciones de nematodos con relación a la química.

Ortiz (1994) encontró que aplicando 1000 nematodos de *S. carpocapsae* (Weiser) se logra un 22% de mortalidad y con 10 000 se logra un 100% de mortalidad por larva en un experimento in vitro. La Importancia de esta investigación radica en la realización de un experimento para probar la eficacia de la aplicación de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) en palmas infectas con el gusano barrenador *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en los cultivos de la empresa palmicultora en el cantón Shushufindi, y de esta forma disminuir el ataque de *E. guyanensis* (Houlber), mejorando los cultivos y la economía del productor y del consumidor.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos General

Evaluar el nematodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) como controlador de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en palma aceitera híbrida (*Elaeis oleifera* x *Elaeis guineensis*), cantón Shushufindi.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar la población de larvas de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en el tercio inferior de la palma aceitera híbrida, bajo los tratamientos en estudio.
- Analizar la capacidad patogénica de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) en *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en el cultivo de la palma.

1.5.Hipótesis

1.5.1.Hipótesis nula

La aplicación de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) influye en el control de *Eupalamides guyanensis* (Houlber).

1.5.2.Hipótesis alternativa

Al menos una de las dosis de aplicación de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) resulta eficiente en el control de *Eupalamides guyanensis* (Houlber).

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1.2. Palma aceitera

Según Potter (2010) la palma aceitera se introdujo al Ecuador como una opción viable para evitar la importación de aceite de cocina entre 1953 y 1954, ya que en aquella época este era de un valor bastante elevado. Ecuador al contar con tres regiones altamente diferenciadas en clima, crea la posibilidad de establecer variedades de cultivo de palma, las zonas específicas de producción son al oeste la llanura costera del Pacífico y algunas de las estribaciones menores de la cordillera de los Andes; y al este, se encuentra la extensa cuenca del Amazonas que al contar con áreas boscosas bajas, las cuales son bastante extensas y se vuelven también un sitio propicio para el cultivo de palma aceitera (INIAP, 2015).

Santo Domingo, La Concordia, Quinindé y Quevedo que se encuentran al oeste de Ecuador fueron los sectores donde se iniciaron las plantaciones de palma de aceite. Uno de los principales retos en el cultivo es el riego, razón por la cual los palmicultores generalmente escogen zonas en las que las precipitaciones sean acordes a las necesidades del mismo. Las precipitaciones a nivel de Ecuador disminuyen desde el norte al sur, por ejemplo; Quevedo en general tiene déficit de precipitaciones lo que significaría que la producción de palma disminuirá en ese sector, la zona del sur, entendiendo estas como el valle del Guayas y Guayaquil también tienen déficit de agua de riego lo que obliga a conseguir un sistema que logre una producción aceptable del fruto de palma (Rosero, 2010).

Una altitud de 900 metros, por ejemplo, Santo Domingo ya se considera como demasiado fresco y nublado para el cultivo de palma aceitera, que se ve afectado aún más si la temperatura disminuye demasiado y en esa zona puede llegar incluso por debajo de los 18 grados centígrados. Entre Quinindé y la Concordia se encuentra la zona de mayor producción a este sector se le conoce como el “Bloque Occidental”, que se localiza en el norte y hasta el año 2005 significó el 83% de la superficie total de la palma de aceite (Potter, 2011).

En la región Amazónica el gobierno ecuatoriano por medio del ya desaparecido Instituto Ecuatoriano de Reforma Agraria y Colonización (IERAC) en 1978, dio títulos de

propiedad a dos grandes empresas de aceite de palma de 10 000 hectáreas a cada una de ellas, en la selva en las provincias de Orellana y Sucumbíos. Para el año 2005 la superficie de siembra de palma fue de 15 187 hectáreas (Potter, 2011).

2.1.3. Taxonomía de la palma aceitera

Melado (2008) indica que la clasificación taxonómica de la palma aceitera es:

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Arecales
Familia:	Arecaceae
Subfamilia:	Coryphoideae
Tribu:	Cocoeae
Género:	<i>Elaeis</i>
Especies:	<i>Elaeis guineensis</i> Jacq. y <i>E. oleífera</i> Kunth.

2.1.4. Variedades

La especie de palma tiene tres variedades: dura, pisífera y tenera. De ellas se considera que tenera es la que se utiliza comercialmente para la extracción del aceite y es un cruce entre dura y pisífera ya que la variedad pisífera proporciona resistencia a la planta, mientras que dura proporciona beneficios en lo referente a la producción de aceite. (Technoserve, 2009).

2.1.5. Hibridación

La hibridación OxG es una mezcla de dos fuentes de germoplasma: la población materna *E. oleífera* (Kunth) y la población *E. guineensis* (Jacq) como fuente de polen, se empleó como estrategia para combatir la pudrición de cogollo, es así que hasta el año 2013 se sembraron aproximadamente 21000 hectáreas solo en Ecuador (Alvarado, 2013).

2.1.6. Morfología de la palma aceitera

La palma aceitera es una planta perenne, cultivada específicamente para la extracción de aceite (Figura 1), es una planta monoica por lo cual produce inflorescencias masculinas y femeninas por separado. Se producen los frutos en las inflorescencias femeninas las cuales tienen forma de racimo, los que al estar maduros son de color rojo amarillento (Technoserve, 2009).

Figura 1

Palma aceitera adulta

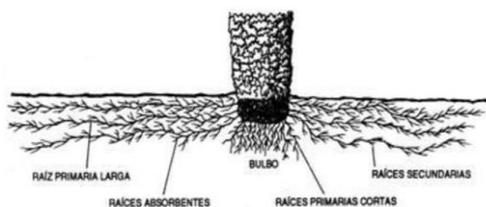


2.1.6.1. Raíces:

Como se observa en la figura 2, poseen raíces de anclaje, primarias, secundarias y terciarias. Se considera que en su mayor parte son horizontales (Technoserve, 2009).

Figura 2

Descripción de la raíz palma aceitera



2.1.6.2. Tronco o estípote:

Un solo punto de crecimiento (tronco), como se observa en la figura 3, es de forma cilíndrica y cubierto con las bases de las hojas de los años anteriores, el diámetro es

normalmente de 45-68 cm, la circunferencia es más o menos de 355 cm, pero la base comienza más gruesa (Technoserve, 2009).

Figura 3

Tronco palma aceitera



2.1.6.3. Hojas:

Bajo condiciones normales, el tronco sostiene entre 40 y 56 hojas. Produce entre 20 a 30 hojas por año. Como se observa en la figura 4, la mayoría de las palmas adultas producen un promedio entre dos y tres hojas nuevas cada mes. Las hojas son de color verde, tienen un largo de 6 a 8 m y están arregladas en espirales sobre el tronco (Technoserve, 2009).

Figura 4

Hojas palmas aceitera



2.1.6.4. Inflorescencias:

Las especies del género *Elaeis* tienen inflorescencias axilares unisexuales, las primeras aparecen aproximadamente a los tres años y a partir de esa edad hay una por cada hoja que se abre. La relación ideal entre flores femeninas y masculinas es de 3:1 (Figura 5), (Technoserve, 2009).

Figura 5

Inflorescencias



Nota: a) Femenina, b) Masculina

Como se observa en la figura 6, el fruto es una drupa sécil cuya forma varía desde casi esférica a ovoide o alargada y un poco más gruesa en el ápice, su longitud varía desde 2-5 centímetros, el pericarpio del fruto consta del exocarpio exterior o piel, el mesocarpio o pulpa y el endocarpio o cuesco (Sánchez Urbina, 2012).

Figura 6

Racimo palma aceitera



2.1.7. Cultivo de palma de aceite

Según el INIAP (2015), la cadena productiva originada por el cultivo de la palma aceitera aporta aproximadamente un 4.5% del PIB agrícola nacional y un 0.79% del PIB

general del país, de la misma manera emplea unas 50 mil personas en empleo directo y unas 100 mil en empleos relacionados indirectamente a la actividad. Para el año 2015 se encontraban sembradas aproximadamente 280 mil hectáreas de palama aceitera, lo que significaría un 4.2% de la superficie empleada para la producción agropecuaria.

2.1.8. Requerimientos ambientales del cultivo de palma aceitera

Como cualquier otro cultivo la palma aceitera también exige una serie de requerimientos para su óptimo desarrollo como son el clima, agua, área de desarrollo, cantidad de luz entre otros. A continuación, se presenta un cuadro detallando las necesidades básicas del cultivo de palma aceitera (Tabla 1) (Technoserve, 2009).

Tabla 1

Necesidades básicas del cultivo de palma aceitera

Factor	Rango
Luminosidad	Como mínimo 1,800-2,000 horas luz por año, 5 horas por día
Humedad ambiental	Promedio mensual 75-80%
Altitud	Rango de 0 a 500 msnm
Topografía	Planos o ligeramente ondulados con pendientes menores a 15%
Medios edáficos	La palma necesita medios edáficos, bien drenados, con un perfil de 60-100 cm. De profundidad, textura franco arcilloso o franco arenoso, con pH entre 4.5 a 7.0
Temperatura media	25.5 °C
Precipitación	Igual o superior de 1,800 mm, bien distribuido en todo el año.
Déficit Hídrico	Inferior a 150 mm/año

Fuente: Technoserve (2019).

2.1.9. Manejo del cultivo

2.1.9.1. Establecimientos de viveros

a) Previvero

Según entrevista con palmicultores para el establecimiento de la semilla, se debe colocar en fundas después de que esta haya sido desinfectada, esta fase tarda aproximadamente de dos a tres meses (Figura 7) (Technoserve,2009).

Figura 7

Previvero ubicado en San Lorenzo



b) Vivero

Según Technoserve (2009), se considera apropiado la disposición de bolsas en forma triangular, a 90 cm entre las bolas y 78 cm entre las filas, de esta manera el vivero podrá contener 12 500 plántulas por hectárea dejando espacio para los caminos, drenajes y líneas de irrigación (Figura 8) .

Figura 8

Vivero palma aceitera



2.1.9.2. Manejo

Una vez ya establecido el cultivo es necesario tomar en cuenta varias de las labores que se deben llevar a cabo, los cuales son:

- a) Labores culturales
 - a. Control de malezas
 - b. Resiembra: se trata de reponer las palmas perdidas
 - c. Poda de sanidad

- d. Coyoleo: se trata de recoger los frutos caídos para evitar el nacimiento de plántulas alrededor de la palma.
- b) Fertilización
- c) Control de plagas y enfermedades
- d) Cosecha

2.1.10. Gusano gigante de la palma *Eupalamides Guyanensis* (Houlber)

Según Aldana-De la Torre et al., (2010), esta especie conocida también como *Eupalamides cyparissias*, *Castnia daedalus*, *Eupalamides daedalus* y *Lapaeumides daedalus*, es un lepidóptero nativo de Suramérica, está ampliamente distribuida en toda la Amazonía incluyendo Perú, Colombia, Ecuador, Venezuela, Brasil, La Guyana y el norte de Panamá, en Suramérica se conoce como la plaga de mayor importancia económica en *Cocos nucifera* L., *Elaeis guineensis* Jacq. y *Mauritia flexuosa* Linnaeus.

Según Corporación centro de investigaciones en palma de aceite (CENIPALMA, 2000) *Eupalamides guyanensis* (Houlber) esta plaga se clasifica de la siguiente manera:

Reino:	Animalia
Filo:	Arthropoda
Clase:	Insecta
Orden:	Lepidoptera
Familia:	Castnidae
Género:	<i>Eupalamides</i>
Especie:	<i>Eupalamides guyanensis</i>

Para el año 2002 se registró evidencia de cuatro palmas nativas de la Amazonia como hospederas, *Mauritia carana* Wallace, *Mauritiella peruviana*, *Astrocaryum murumuru* Mart. y *A. havarense* Trail ex Drude (Aldana De La Torre y Calvache, 2002).

Eupalamides g. (Houlber) (Figura 9) fue considerada una plaga secundaria en las plantaciones de palma del oriente Colombiano; pero a partir de 1998 cobró importancia debido al incremento acelerado de su población y al daño que causa tanto en la calidad y

extracción del aceite, como en la producción de los racimos y de las palmas en general (SFA, 2010).

Figura 9

Adulto de Eupalamides guyanensis (Houlber)



Hasta el año de 1993 se tenía conocimiento de la presencia de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en palma aceitera en la zona oriental de Colombia, Brasil, Surinam y Perú, al igual que en Venezuela, Guayana francesa y también en los cultivos de la amazonia ecuatoriana. Pero a partir de los años 1998 para el municipio colombiano de San Martín ya se categorizó a esta plaga como de importancia económica (Higuera, 2002).

Eupalamides guyanensis (Houlber) se ha registrado en el cultivo de la palma de aceite, atacando tanto siembras adultas como jóvenes que han iniciado producción. Las larvas recién nacidas roen el exocarpio en la base de los frutos, pasan luego a barrenar las espigas, para después continuar barrenando el estípite por el interior del pedúnculo (Aldana y Calvache, 2002).

El insecto barrenar las espigas y genera pudriciones, comprometiendo total o parcialmente el racimo de acuerdo con el estado de desarrollo; luego dirige su ataque hacia el interior del estípite, dando como resultado palmas improductivas e incluso destruidas totalmente. Por lo anterior, se está utilizando como alternativa de manejo el nematodo entomoparásito *Steinernema carpocapsae*, dado que muestra un buen porcentaje de control en larvas, pupas y prepupas de *E. guyanensis* (Houlber), tanto en condiciones de laboratorio (70- 90%) como en campo (50-60%) (Higuera, 2002).

En casos de alta población del insecto, las larvas dirigen su ataque hacia el interior del estípite, formando túneles grandes o galerías. Estas galerías pueden variar entre 60 y 80

cm de longitud. Aunque la literatura referenciada menciona que rara vez puede ocasionar la muerte de una palma como resultado de la destrucción de los tejidos tiernos de la corona, en las plantaciones de los Llanos Orientales esto ha sido más frecuente de lo que se esperaba, por tanto, éste es un punto a tener en cuenta en la calificación de la importancia económica de la plaga (Higuera, 2002).

Cuando se presentan ataques fuertes y continuos por larvas de *E. guyanensis* (Houlber) en el estípote, las palmas afectadas presentan clorosis ascendente del follaje, la cual se inicia en el ápice de las hojas y folíolos (Aldana y Calvache, 2002). Las hojas toman una coloración anaranjada y finalmente se produce secamiento de los tejidos, en la medida en que las hojas se secan, se doblan por la base y caen sobre el estípote, dando la apariencia de marchitamiento. El cogollo permanece en posición normal, con acumulación de seis, siete u ocho flechas sin abrir, para finalmente morir. En casos de daño severo y muy avanzado es posible observar pudrición del tejido hasta unos 50 cm por debajo del meristemo. La pudrición puede ser seca o húmeda, esta última con olor fétido.

2.1.11. Ciclo de desarrollo de *Eupalamides guyanensis* (Houlber)

2.1.11.1. Adulto.

La mariposa tiene una expansión alar de 17 a 21 cm en las hembras y de 17 a 18 cm en los machos. Son de color marrón oscuro con reflejos verdes oliváceos; en las alas presentan franjas y máculas de color amarillo pálido. No se presenta dimorfismo sexual marcado, a excepción del frénulo, lo que permite una separación de sexos relativamente fácil.

2.1.11.2. Huevos.

Son de aspecto fusiforme, con extremos ahusados y provistos de cinco estrías o aristas longitudinales; son de color gris, con las aristas ligeramente matizadas de rosado (Figura 10). Miden de 5 a 6 mm de longitud por 2 mm de ancho. Tienen un período de incubación, en promedio, de 16 días (Pérez y Jacquín, 2006).

Figura 10

Huevos de Eupalamides guyanensis (Houlber)



Fuente: Aldana-De la Torre, R (2010).

2.1.11.3. Larva.

Recién nacida mide 7 mm, y hacia el final del estado larval alcanza una longitud de 110 a 130 mm y su color es blanco cremoso. En sus primeros instares son algo transparentes, por lo que presentan un tinte grisáceo, debido al contenido del tracto digestivo. Por lo cual este es el estado que causa mayor daño a la palma aceitera (Figura 11).

Figura 11

Larva de Eupalamides guyanensis (Houlber)



2.1.11.4. Pupa.

Es de color marrón rojizo. Su tamaño varía entre 64 a 95 mm, aunque por lo general las pupas de los machos son de menor tamaño. Están cubiertas con un cocón formado por fibras de palma compactada y de color gris oscuro, dejando descubierta parte de la pupa a través de un orificio oval alargado (Figura 12).

Figura 12

Pupa de Eupalamides guyanensis (Houlber)



2.1.12. Manejo integrado del Gusano gigante de la palma *Eupalamides guyanensis* (Houlber)

La idea de un manejo es que a pesar de la presencia de este parásito, la plantación no tenga mayores repercusiones, para esto existen una serie de procedimientos que si bien es cierto no eliminan por completo la plaga, logran que esta no sobrepase el umbral económico (Ayala et al., 2004).

Es necesario un sistema de control apropiado debido a la baja frecuencia de monitoreos, es por ello que se recomienda tener plantas nectaríferas, esta práctica se la realiza con el fin de atraer insectos parasitoides, principalmente *Ooencyrtus sp.* se siembran plantas como *Urena trilobata*, *U. lobata*, *Triumfetta lappula*, *Solanum sp.* y *Cassia reticulata*, *Cassia tora*, *Hyptis capitata*, *Crotalaria sp.*, *Croton trinitatis* y *Stachytarpheta cayennensis*, entre otras (Ayala et al., 2004).

- Ciclos de cosecha

Esta es una práctica realizada enfocándose en la calidad del producto cosechado y se la debe realizar de manera oportuna, si se logra tener un buen manejo de los ciclos de cosecha, evita pérdidas en campo, la proliferación de palmas espontáneas en el interior de los lotes y, sobre todo, disminuye la incidencia de insectos plaga del fruto como *Eupalamides guyanensis* (Houlber).

- Poda

Esta actividad tiene una incidencia fundamental en evitar el desarrollo de plagas, se recomienda hacer una poda sanitaria semestral, al cortar las hojas de la planta generalmente muchos de los huevos y larvas caen al suelo antes de ingresar a la planta, donde mueren.

- Captura de adultos:

Al capturar adultos, se evita la proliferación de la plaga, es muy importante realizar esta actividad porque incluso muestra las áreas de lotes más afectadas por *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en la plantación.

- Control químico:

El control químico debe ser la última opción a la hora de combatir alguna plaga o enfermedad, es poco recomendable en cultivos extensivos ya que puede acabar con los enemigos naturales. La aplicación de insecticidas sean estos de contacto o por ingestión dan muy buenos resultados a corto plazo, se debe focalizar muy bien el uso de este tipo de tratamientos y este debe tener muy poca residualidad (Technoserve, 2009).

- Control biológico:

Actualmente existe una serie de experimentos por ejemplo la multiplicación de *Ooencyrtus* sp., que de acuerdo con la metodología propuesta por Aldana et al. (2009) según Ayala et al (2004) dio muy buenos resultados, actualmente también se ha implementado el uso de nematodos para el control de este insecto plaga.

2.1.13. Nemátodos entomopatógenos (NEPS)

Los nematodos son los animales más abundantes de la Tierra (Lara et al., 2016), su morfología es, por lo general, filiforme, y su tamaño, salvo excepciones, oscila entre 0,1 y 1,5 mm. Los nematodos se han adaptado a vivir en ambientes terrestres, es decir en el suelo como parásitos dentro de otros organismos. La gran diversidad propia de estos animales se refleja en los distintos niveles tróficos que diferentes especies de nematodos pueden ocupar, es así que existen nematodos bacterívoros, fungívoros, omnívoros, depredadores, y parásitos de organismos de naturaleza muy distinta, como son vertebrados, artrópodos o plantas (Campos et al., 2020). Los nematodos artrópodos causan daño a las plantas, por lo cual la agricultura sufre innumerables pérdidas económicas.

Según Campos et al. (2020) y Lara et al. (2016), se encuentran distribuidos en el suelo en un estado juvenil conocido como “juvenil efectivo” (JI), estos nematodos tienen la capacidad de detectar a su hospedador mediante el reconocimiento de diferentes tipos de señales, entre ellas se pueden enumerar vibraciones, incremento de concentración de CO₂, etc. Los NEPs ingresan internamente por orificios naturales como la boca, el ano o espiráculos, se mueven por el sistema circulatorio conocido como hemocele, estando ya dentro del hospedador liberan la bacteria simbiote que portan estos nematodos en su interior. Al encontrarse el nematodo y la bacteria de forma conjunta dentro del hospedador hace que el sistema inmune de este se anule y permite matarlo en un plazo de 24 a 48 horas después de la infección. Tanto el nematodo como la bacteria se reproducen dentro de lo que

fue el hospedador, permanecen en el cadáver de 7 a 15 días, este tiempo depende de si las condiciones ambientales son óptimas o no y obviamente también depende de la especie. Después de este tiempo las nuevas generaciones JIs emergen del interior del cadáver completando de esta manera el ciclo.

Los NEPs están presentes de forma natural en todos los continentes a excepción de la Antártida, se encuentran en los suelos de zonas naturales y agrícolas. Su capacidad infectiva y de supervivencia está mediada por factores abióticos (tipo de suelo, humedad, temperatura, etc.), y bióticos (competencia inter e intraespecífica, enemigos naturales, depredadores, etc.) (Campos et al., 2020).

Muchas de las prácticas agrícolas, como, por ejemplo, el laboreo tradicional, exponen a los NEPs a condiciones extremas (de temperatura, luz ultravioleta, etc.) que reducen significativamente su capacidad de movimiento y eficacia infectiva, hasta el punto de poder llevar a poblaciones enteras a la extinción en los cultivos. Con el fin de establecer las condiciones necesarias para integrar de forma eficaz el uso de estos nematodos junto a otras estrategias de control de artrópodos, resulta imprescindible conocer previamente sus poblaciones de partida y su ecología; es decir, su relación con aquellos organismos asociados a su red trófica, y cómo el conjunto de estas interacciones está modulado por las propiedades del suelo y el manejo agrícola (Campos et al., 2020).

2.1.14. *Steinernema carpocapsae* (Houlber):

Según Campos et al., (2020) *Steinernema carpocapsae* (Weiser) (Figura 13), se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Animalia

Filo: Nematoda

Clase: Cromadorea

Subclase: Rhabditida

Familia: Steinernematidae

Género: *Steinernema*

Especies: *S. carpocapsae*.

Figura 13

Teinernema carpocapsae



Según Campos et al. (2020) es la especie más estudiada, su comportamiento se considera de “emboscada” por la forma en que captura a su hospedador. Se desarrolla en un rango de temperatura entre 15-35°C, con lo que está adaptado a zonas cálidas. Este nematodo se suele usar contra las siguientes plagas:

- Orugas y pupas de algunos Lepidopteros.
- Orugas y pupas algunos Noctuidos (p.ej. *Spodoptera* spp, etc.)
- Larvas de varias especies de Curculionidos.
- Larvas de Dípteros (p.ej. *Tipulidae* spp, etc.)
- Orugas del arándano.
- Larvas y pupas del gusano cabezudo (*Capnodis tenebrionis* Linnaeus).
- Etc.

Bacterias de géneros *Xenorhabdus*, se asocian de forma natural con nematodos, es decir, viven en el interior de estos organismos, por lo que no se encuentran libres en la naturaleza. Esta especie actúa como vector de estas, siendo transportadas en la base anterior del intestino eludiendo el sistema defensivo del insecto. Una vez dentro del insecto, la bacteria es altamente patógena. Libera una gran cantidad de toxinas provocando la muerte del hospedador por septicemia en 24-48 horas. Por lo cual se alimentan de la disgregación de los tejidos que provoca la bacteria (KOPPERT, 2019).

2.1.15. Capsanem

Es el nombre comercial de los nematodos (*Steinernema carpocapsae* Weiser) de la empresa KOPPERT, la cual reproduce, encapsula y vende. Los nematodos penetran en la plaga y liberan una bacteria simbiótica en la cavidad corporal. Estas bacterias convierten el tejido larvario en una fuente de alimentación, gracias a la cual estos organismos se nutren, desarrollan y reproducen (Figura 14). La plaga muere en unas pocas horas o días tras la infección. El huésped infectado adquiere un color amarillo a marrón, pero aun así puede ser difícil de observar, debido a su rápida degradación en el sustrato de cultivo o como sucede con aplicaciones foliares, debido a que se cae al suelo (KOPPERT, 2016).

Figura 14

Nemátodos Steinernema carpocapsae (Weiser)



CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS

2.2.Descripción del área de estudio

La presente investigación se realizó en la empresa Palmeras del Ecuador (PDE) fundada en 1972, la cual se encuentra ubicada en la parroquia rural San Roque del cantón Shushufindi en la provincia de Sucumbíos (Tabla 2). Palmeras del Ecuador (PDE) es parte del grupo DANEC, el cual apoya al desarrollo del sector palmicultor en el país. En la figura 15 se puede observar el mapa base del área de estudio.

Tabla 2

Características climáticas San Roque Shushufindi

Características	Valor
Clima	Húmedo-lluvioso
Precipitación anual	676 mm
Temperatura media anual	26°C
Humedad relativa	90%

2.3.Características del área de estudio

Palmeras del Ecuador tiene una extensión de 12 000 hectáreas, de las cuales 9 000 son cultivo de palma aceitera híbrida, se encuentra al nororiente del Ecuador específicamente en la provincia de Sucumbíos en el cantón Shushufindi.

El Cantón Shushufindi posee una extensión de aproximadamente 250.614,08 hectáreas; teniendo como límites:

Norte: cantones Lago Agrio y Cuyabeno

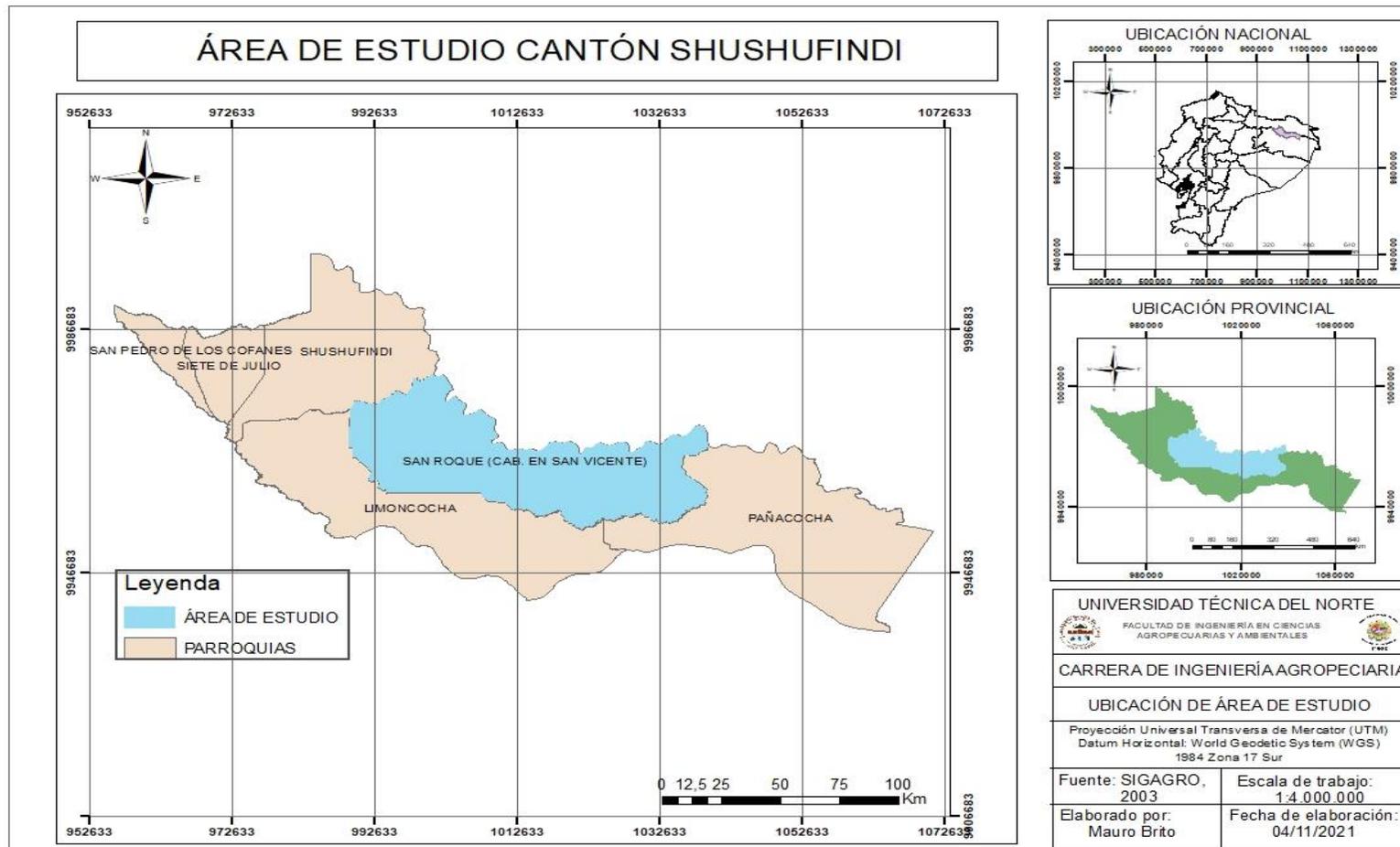
Sur: Provincia de Orellana (Cantón Orellana)

Este: Cantón Cuyabeno y la Provincia de Orellana (Cantón Aguarico)

Oeste: Provincia de Orellana (Cantón La Joya de los Sachas)

Figura 15

Mapa base georreferencial de la parroquia San Roque



3.2. Materiales

El control biológico es una alternativa eficaz, que evaluó la patogenicidad de *Steinernema carpocapsae* (Weiser) en *Eupalamides guyanensis* (Houlber), el ensayo se desarrolló en campo y se utilizó los materiales, equipos y herramientas que se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3

Materiales, equipos y herramientas

Materiales	Equipos	Herramientas
- Libro de campo	- Navegador GPS	- Motosierra
- Etiquetas de identificación	- Estereoscopio	- Machetes
- Pinturas para señalización	- Cámara	- Palillas
- Recipientes plásticos	fotográfica	
- Fichas técnicas	- Impresora	
- Tarrinas	- Computadora	
- Cajas Petri		

3.3. Métodos

El diseño que se implementó en el estudio fue un diseño completamente al azar y se tomó en cuenta un factor por niveles.

3.3.1. Factores de estudio

El factor aplicado fue dosis, es decir el número de nematodos.

$$N1 = 1.5 \times 10^6$$

$$N2 = 3 \times 10^6$$

$$N3 = 2 \times 10^6$$

$$N4 = 4 \times 10^6$$

$$N5 = \text{Agua (Testigo)}$$

3.3.2. Diseño muestral

El diseño implementado fue un diseño completamente al azar, con 8 repeticiones por cada nivel en estudio (Figura 16).

Figura 16

Diseño experimental completamente al azar

N1	N2	N3	N4	N5
1	13	4	6	2
3	14	5	17	7
21	15	8	18	9
22	19	16	33	10
23	20	29	36	11
26	25	32	37	12
27	28	35	39	24
30	31	38	40	34

Se implementó un diseño completamente al azar con 5 tratamientos, donde cada tratamiento constó de una dosis de aplicación, lo cual dio un total de 40 unidades experimentales (Figura 16).

3.3.3. Características del experimento

Repeticiones: 8

Niveles: 5

Total, de unidades experimentales: 40

Total, del área experimental: 1000 hectáreas

3.4.5. Características de la unidad experimental

Unidad experimental: un árbol de palma aceitera en producción, mayor a diez años, que se encuentre parasitada con *E. guyanensis* (Houlber).

3.4.6. Análisis de datos

Se realizó un análisis de varianza, con pruebas de medias LSD FISHER (Alfa = 0,05) a través del programa InfoStat versión 2021.

3.5. Variables

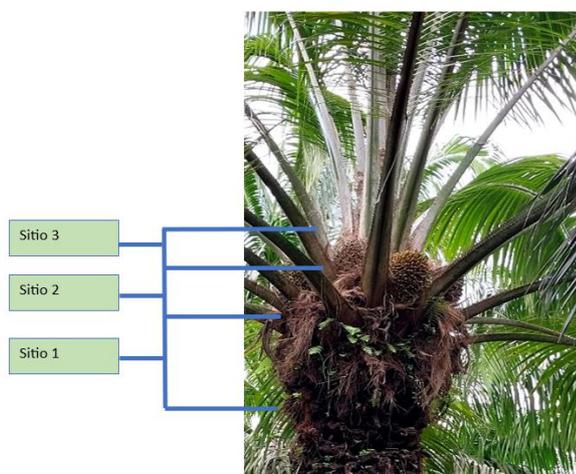
Las variables que se evaluó son número de larvas y patogenicidad:

3.5.1. Ubicación de larvas:

Se realizó la destrucción completa de la palma con el fin de observar internamente la cantidad de larvas en los diferentes niveles foliares (Figura 17), estos niveles iniciaron a partir de la hoja 1, que es la primera que se encuentra completamente abierta. Se inició con el conteo en dirección de la espiral, en la corona, que es un grupo de ocho hojas que se sitúa en el mismo nivel. Cada corona se identificó con el número de ramificación en el que inicia, por lo que en una palma de 49 hojas se encontraron 7 coronas: la corona de 1, 9, 17, 25, 33, 41 y 49 (Corzo et al., 2017). La identificación del número de larvas se dio de la siguiente manera:

Figura 17

Esquema niveles foliares palma africana



- Sitio 1: nivel de la hoja 33 hacia abajo hasta el último nivel foliar (nivel 49) en promedio
- Sitio 2: Nivel hoja 33 hasta nivel hoja 25
- Sitio 3: Nivel superior hoja 25, 17

3.5.2. Número de larvas:

Se procedió a contar (vivas, enfermas y muertas) y medir las larvas de cada uno de los sitios de la palma, para esto se cortaron las bases de las hojas y las inflorescencias presentes de manera meticulosa:

- Pequeñas: menores de 4cm (I a IV instar)
- Medianas: entre 4 y 8cm (V a VIII instar)

- Grandes: mayores a 8cm (IX al XIV instar)

3.5.3. Patogenicidad de larvas *E. guyanensis* (Houlber)

Se recolectó las larvas en recipientes plásticos. A continuación, en laboratorio se determinó su infección por *S. carpocapsae* (Weiser), para lo cual se evaluó dosis de 1.5×10^6 , 3×10^6 , 2×10^6 , 4×10^6 nematodos por larva. Además, se utilizó una trampa White que identificó su presencia (Figura 18). Para lo cual se aforo *S. carpocapsae* (Weiser) proveniente de la larva, en una suspensión y se contabilizó en un estereoscopio, finalmente se clasificó según los resultados en:

Enfermas: Presencia de síntomas de ataque del nematodo.

Sanas: Sin presencia alguna del nematodo.

Muertas por enfermedad: Mortalidad con sintomatología de ataque del nematodo.

Muertas por manipulación (daño mecánico): Larvas que por el manejo del experimento mostraron una completa destrucción.

Figura 18

Aplicación de trampa white en E. guyanensi (Houlber)



3.6. Manejo del experimento

Este estudio evaluó el efecto del nematodo entomopatógeno *S. Carpocapsae* (Weiser) sobre larvas de *Eupalamides guyanensis* (Houlber), bajo condiciones de campo y laboratorio, con diferentes dosis de aplicación.

3.6.1. Selección de plantas

Se seleccionó 40 palmas enfermas con sintomatología de una planta infectada, para lo cual se asignó un número del 1 al 40 y se distribuyó completamente al azar en 5 niveles.

3.6.2. Aplicación de controlador biológico

La aplicación se realizó por medio de una bomba de mochila (20 litros), para lo cual se colocó la cantidad de nematodos especificada por tratamiento, en 8 litros de agua. Se suministró el producto en la corona de la palma, es decir la solución estuvo dirigida a la corona y bases peciolares. Se desarrolló en horas de la tarde a partir de las 16h00 como recomienda Higuera (2002) ya que las condiciones ambientales favorecen la adaptación de los nematodos en la palma.

3.6.3. Evaluación de variables

En el experimento después del tiempo específico de acción de los nematodos, se procedió a cortar la palma para observar la cantidad de larvas vivas, muertas y enfermas en la planta, para lo cual se utilizó el método insecto-trampa y finalmente las larvas en laboratorio se contabilizaron y evaluaron.

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

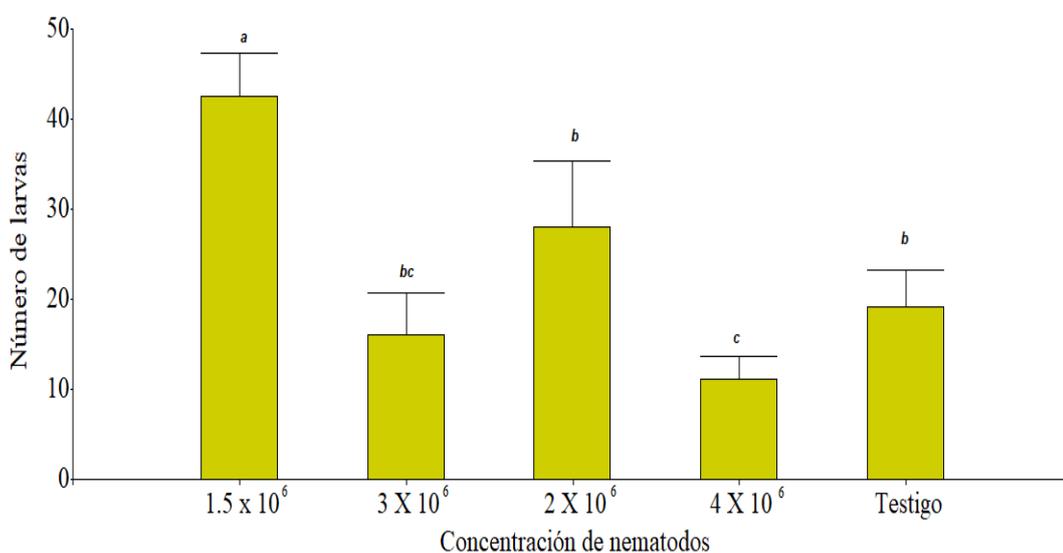
4.1. Numero de larvas bajo los tratamientos en estudio

La baja frecuencia de monitoreos y, en algunos casos, el desconocimiento, permiten que esta plaga aumente silenciosamente sus poblaciones y cobertura (CENIPALMA, 2019). Para determinar la población, se colectaron 934 en total de todas plantas evaluadas. En el tratamiento I se colectó el 36.4% de las larvas. En el tratamiento II se apreció un total de 13.8% de larvas, mientras que en el tratamiento III el 24% de las larvas, en el tratamiento IV mostró un total de 9.4% de larvas y en el V tratamiento alcanzo un total del 16.4% de larvas.

En tal sentido las larvas bajo tratamientos en estudio por *S. Carpocapsae* (Weiser) tienen una mortalidad después de 48 horas de haberlas infectado, sin embargo, su acción continua después de un mes de su aplicación. La variable población de larvas presentó una alta heterogeneidad, en el cual se puede observar que existe diferencia significativa ($p < 0.001$). El tratamiento que evidenció un mayor número de larvas es el T1: 1.5×10^6 con una media del 42.50%, sin embargo, en el T2, T3, T4 y T5, se diferencian estadísticamente del 50%, con estos resultados se indica que, a mayor dosis de nematodos mejor efectividad en el control de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) (Figura 19).

Figura 19

Población de larvas por concentración



Por otro lado, los resultados de la población de larvas en el estudio concuerdan con la investigación de Gaugler y Kaya (2018) donde se indica que cuando se trabaja con agentes biocontroladores, se espera que una parte de la población de la plaga sobreviva para mantener el controlador y que de esta forma permanezcan en equilibrio las poblaciones de dañino y benéfico, para prolongar el control de la plaga.

Finalmente, con los resultados anteriores se puede decir que se consigue mantener al nematodo bajo condiciones de campo, y este se activa en el momento en que detecte la presencia de una larva, por medio de la emisión de CO₂.

4.2. Patogenicidad

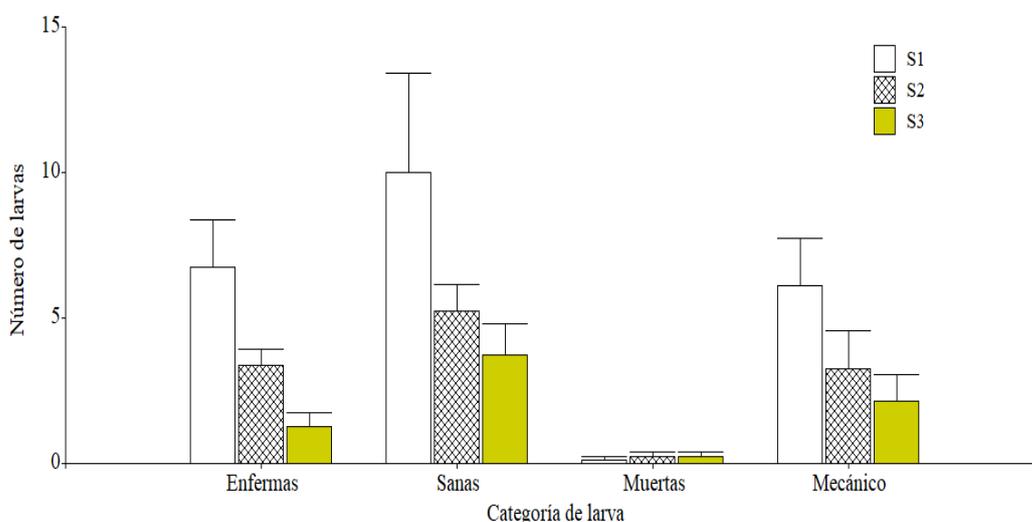
4.2.1. Número de larvas por categoría

Para el porcentaje de patogenicidad se realizó la prueba de Kruskal Wallis en el cual se pudo observar que existe diferencia significativa en cuanto a categoría de larva ($p < 0.0001$).

Los resultados obtenidos permitieron determinar que T1 presentó una mortalidad del 28.2% (Figura 20) respecto a S1, S2 y S3, sin embargo, el número de larvas sanas obtuvo una media del 10% en S1. Por tal motivo los resultados demuestran que, a los 28 días de aplicación del nematodo, la presencia mayor de larvas se encuentra en el estípote de la palma aceitera entre el nivel de la hoja 33 hacia abajo hasta el último nivel foliar (S1).

Figura 20

Porcentaje de mortalidad por categoría tratamiento I

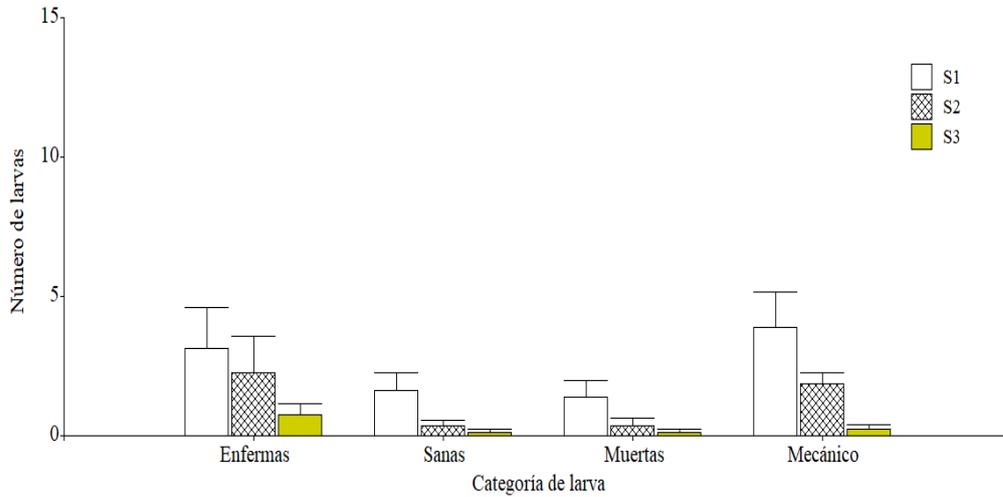


En la figura 21, se puede observar el número de larvas muertas como resultado de la infección de *S. Carpocapsae* (Weiser), el cual alcanza el 49.6% de mortalidad, sin embargo,

no indica diferencias significativas por categoría, debido que a su vez obtuvo una disminución después de 28 días y entre las que se encontraron había mayor proporción de larvas afectadas con respecto a daño mecánico en S1.

Figura 21

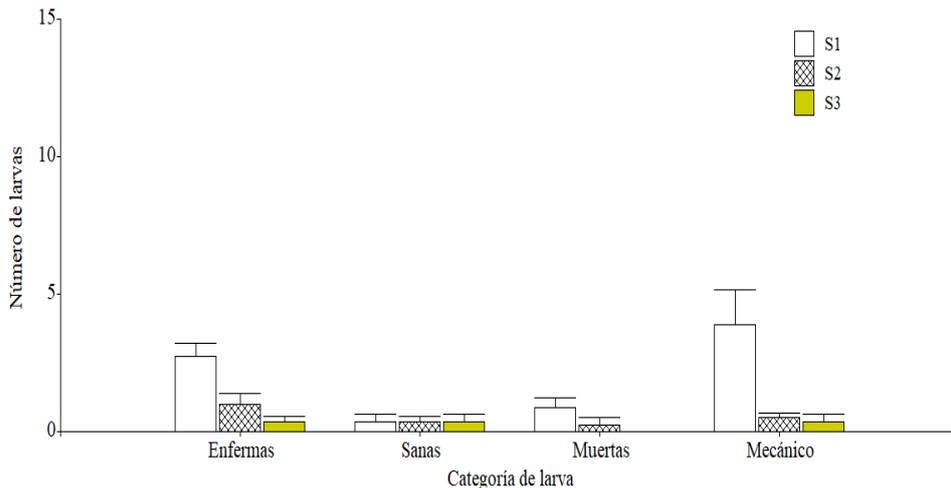
Porcentaje de mortalidad por categoría tratamiento II



La mortalidad en el control biológico (Figura 22) indica que la aplicación de *S. Carpocapsae* (Weiser) en el tratamiento 4 del experimento con la dosis máxima (4×10^6), logra eliminar las larvas consideradas en la población inicial, con un porcentaje de mortalidad del 47.2% en días posteriores, señalándose como la dosificación más agresiva para las larvas en la categoría S1. Sin embargo, en el tratamiento T5: Testigo, no se observó ninguna larva en los tres sitios, por lo cual el testigo no presenta porcentaje de mortalidad.

Figura 22

Porcentaje de mortalidad por categoría tratamiento IV



En la Figura 22, se puede observar el número de insectos muertos como resultado de la infección de *Steinernema carpocapsa* (Weiser), por tal motivo se evidenció que el mejor efecto está representado con la dosis del tratamiento 2 (3×10^6), el cual alcanza el 49.6% de mortalidad, en tanto que el segundo mejor desempeño se atribuye a la dosis 4×10^6 del tratamiento 4, presentando un porcentaje de mortalidad del 47.2%. Para Parada (2002) la efectividad del nematodo en la base peciolar (S1), se debe a la humedad relativa que supera el 70%.

Aldana et al. (2004) mencionan que la utilización de *Steinernema carpocapsa* (Weiser), en la aplicación en campo presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos que contenían nematodos. Según los resultados del experimento de las larvas encontradas después de realizar la disección de la palma, se concluye que los tratamientos T2 (3×10^6) y T4 (4×10^6) tienen un número de larvas menor con relación al testigo absoluto. Esto se debe a la acción del nematodo en campo después de haber sido inoculado en la planta, ya que las larvas pudieron haber sido exterminadas al momento de la septicemia, ya sea por el nematodo como degradador de la larva o por cualquier otro agente natural que depreda a este tipo de insectos después de la muerte del mismo (Higuera,2002).

Por lo que se acepta la hipótesis alternativa de que al menos una de las dosis de aplicación de *Steinernema carpocapsa* (Weiser) resulta eficiente en el biocontrol de barrenador. Estos resultados infieren en que la infestación varía entre día y dosis de aplicación y se concluye que se disminuye el ataque de *Eupalamides guyanensis* (Houlber), en palma aceitera híbrida, mejorando el cultivo y la economía del productor.

Aldana et al. (2004) indican que después de observar estos datos es conveniente destacar el número de larvas vivas contabilizadas, que para el caso del testigo fue exactamente el mismo. Sin embargo, en los tratamientos 1.5×10^6 y 2×10^6 varió de acuerdo con el número de larvas que estaban afectadas por el nematodo, ya sea por estar muertas o vivas. En este sentido, esta investigación tiene relación con las dosis de nematodos que fueron menos efectivas como 1.5×10^6 , 2×10^6 y Agua (Testigo), de modo que no influyeron en la infestación de *Eupalamides guyanensis* (Houlber).

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- La población de *Eupalamides guyanensis* (Houlber), presentó el 36.4% para el tratamiento T1 (1.5×10^6), sin embargo, en T2(3×10^6) y T4(4×10^6) se redujo la presencia del mismo, donde se obtuvo un número menor de larvas vivas con relación al testigo absoluto.
- El nematodo comercial, fue patogénico para larvas en el tratamiento 2 con respecto a S1, alcanzando una mortalidad de 49.6% con la concentración 3×10^6 , a los 28 días de su aplicación en campo. Por otro lado, el tratamiento 4 mostró una mortalidad del 47.2% de esta forma *Eupalamides guyanensis* (Houlber) es susceptible a ser controlado por *Steinernema carpocapsae* (Weiser).
- *Steinernema carpocapsae* (Weiser) obtuvo mejores resultados en larvas medianas, pero está comprobado que el nematodo tiene una acción prolongada, lo que asegura una disminución drástica de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en el tiempo.

5.2. Recomendaciones

- Difundir la importancia de diagnosticar la severidad de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en el cultivo de la palma aceitera híbrida, bajo los tratamientos en estudio en el cantón Shushufindi.
- Si bien es cierto que *Steinernema carpocapcae* (Weiser) es efectivo en la disminución de la población de *Eupalamides guyanensis* (Houlber), es importante la adición de labores culturales, como por ejemplo el barvillado, la chapia, la cosecha a tiempo de los frutos de palma y la poda.
- Proponer una investigación usando los resultados de este estudio, como una alternativa de solución al problema determinado, para disminuir el ataque de *Eupalamides guyanensis* (Houlber) en palma aceitera híbrida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aldana, R., y Calvache, H. (Ed). (2002). *Biología, hábitos y manejo de Cyparissius (Castnia) daedalus Cramer, barrenador gigante de la palma*. Editorial Ápice. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1912/64486_55969.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Aldana, R., Calvache, H., e Higuera, O. (2004). Manejo integrado de *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales. *Palmas (Colombia)*, 25, 249–258.

Aldana-De la Torre, R., Aldana-De la Torre, J. A., Calvache-Guerrero, H. H., y Franco-Bautista, P. N. (2010). *Manual de plagas de la palma de aceite en Colombia*. Centro de investigación en palma de aceite. <https://www.cabi.org/wp-content/uploads/Aldana-2010-Oil-palm-pest-manual.pdf>

Argotti, E., Gallegos, P., Alcázar, J., y Kaya, H. (2010). Patogenicidad de nematodos entomopatógenos del género *Steinernema* y *Heterorhabditis* sobre larvas de *Tecia solanivora* en Ecuador. *Boletín Técnico*, 6, 162–172.

Alvarado, A. (2013). El híbrido OxG Amazon: una alternativa para regiones afectadas por Pudrición del cogollo en palma de aceite. *PALMAS*, 34, 305-314.

Álvarez, J. y Nicolalde, D. (2018). *Impacto y potencialidades en la exportación de productos derivados de la palma con valor agregado del Ecuador en el período 2010-2017* [Tesis de pregrado, Universidad Central del Ecuador]. Archivo digital <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/19111/1/T-UCE-0005-CEC-216.pdf>

Ayala, L., Calvache, H., y Leiva, F. (2004). Evaluación de técnicas de aplicación *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida : Steinernematidae) para el control del barrenador gigante de la palma *Cyparissius daedalus* Cramer en los Llanos Orientales de Colombia. *Agronomía colombiana*, 22(2), 119–127.

Borja, J. (2013). *Factibilidad financiera para el establecimiento de un vivero y la siembra de 1000 plantas de palma africana en la hacienda terranova en el cantón Muisne, parroquia San Gregorio* [Tesis de pregrado, Universidad Católica del Ecuador]. Archivo digital. <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9366>

Bustillo, A., Aldana de la T., R., y Serna, F. (2013). Corrección en la identificación de la especie del barrenador gigante de la palma de aceite (Lepidoptera: Castniidae)*. *Palmas*, 34 (4), 21-22.

Campos, R., Blanco, R., y Díez, I. (2020). *Nemátodos entomopatógenos en el control biológico de ácaros e insectos*. Instituto de Ciencias de la Vid y del Vino. https://www.researchgate.net/publication/338792813_Nematodos_entomopatogenos_en_el_control_biologico_de_acaros_e_insectos

Código orgánico de organización territorial [COOTAD]. (2015). <https://www.defensa.gob.ec/>:

Corporación centro de investigación en palma de aceite. (2019). Eupalamides guyanensis, enemigo silencioso. https://www.cenipalma.org/wp-content/uploads/2019/10/7.-Eupalamides-guyanensis-enemigo-silencioso_compressed.pdf

Corporación Financiera Nacional (CFN). (2020). *Ficha sectorial: Sector Palmicultor*. https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2020/ficha-sectorial-3-trimestre-2020/FS_Palmicultor_3T2020.pdf

Gaugler, R., y Kaya, H. K. (2018). *Entomopathogenic nematodes in biological control*. Taylor and Francis Group. file:///C:/Users/Home/Downloads/9781351071741_previewpdf.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado del cantón Shushufindi. (2015). Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Shushufindi 2015-2035.

Higuera, O. A. (2002). *Evaluación de Steinernema carpocapsae como controlador microbiano de Cyparissius daedalus (Cramer) en el cultivo de la palma de aceite (Elaeis guineensis) en el municipio de San Martín*. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/21694>.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2015). Manual del cultivo de la palma aceitera. *INIAP-Estación Experimental Santo Domingo*, 1–109.

Instituto Nacional de Censos y Estadísticas. (2010). *Fascículo provincial Imbabura*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manu-lateral/Resultados-provinciales/imbabura.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2020). <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

Instituto Nacional de Estadística y Censo [INEC]. (2018). Boletín Técnico IPC. *Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC*, 10-11.

Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2021). Producción palma aceitera. www.iniap.gob.ec.

Kumar, K. S. (2016). El aceite de palma en el mercado global y sus oportunidades en Estados Unidos. *Palmas*, 37(2), 319-321. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/11953>

Lara Posadas, S.V., Núñez Sánchez, Á.E., López-Lima, D., y Carrión, G.. (2016). Nemátodos fitoparásitos asociados a raíces de plátano (*Musa acuminata* AA) en el centro de Veracruz, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 34(1), 116-130. <https://doi.org/10.18781/R.MEX.FIT.1507-7>

Melado, A. (2008). *Modelo de cultivo de la Palma Aceitera (Elaeis guineensis Jacq.)* [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica de Madrid] Archivo digital.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2021). Boletín situacional cultivo de palma aceitera. <https://fliphtml5.com/ijia/cbxj/basic>.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2022). Boletín Situacional Cultivo de Palma Aceitera.

Parada, J. (2002). *Steinernema feltiae* (Filipjev, 1934) (Rhabditida: Steinernematidae) en Cundinamarca - Colombia. *Agronomía Colombiana*, 20(3), 47-54. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/24499>

Ortiz S., L. E., Calvache G., H. H., y Luque Z., J. E. (1994). Control microbiano de *Sagalassa valida* Walker (Lepidóptera: Glyphipterigidae) con el nematodo *Steinernema carpocapsae* (Weiser) en Tumaco (Nar.). *Palmas*, 15(1), 29–37. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/420>

Sornoza, S.D. (1991). *Cría masiva de neoplectana sp. (Rhabditida: Neoplectanidae) en laboratorio y su efecto contra Sagalassa valida Walker en palma africana*. [Trabajo de pregrado. Universidad Técnica de Manabí]. Archivo digital. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3672>

Subsecretaría de Fomento a los Agronegocios de la Secretaría de agricultura, Ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación (2010). *Monografía de cultivos; Palma de aceite*.

Potter, L. P. (2011). La industria del Aceite de palma en Ecuador: ¿Un buen negocio para los pequeños agricultores? *Eutopía - Revista de Desarrollo Económico Territorial*, (2), 39-54. <https://doi.org/10.17141/eutopia.2.2010.1028>

Rivas, F., y Herrera, L. (2017). Incidencia, progresión e intensidad de la Pudrición del Cogollo de *Elaeis guineensis* Jacq. en San Lorenzo, Ecuador. *Revista Centro Agrícola*, 30(3), 193–203.

Rosero, J. P. (2010). *Caracterización del sector de la palma aceitera en Ecuador*. [Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana]. Wilson Popenoe.

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/34097878-0c7d-427f-aa7d-c48a200035ca/content>

Secretaria Nacional de Riesgos [SNGR]. (2013). "Proyecto Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Municipal". *Perfil Territorial Cantón San Miguel de Ibarra*, 8.

Technoserve. (2009). *Manual Técnico De Palma Africana*. Soluciones empresariales para la pobreza rural. <https://palma.webcindario.com/manualpalma.pdf>

Vinchira-Villarraga, D. M., y Moreno-Sarmiento, N. (2019). Control biológico: Camino a la agricultura moderna. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 21(1), 2–5. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v21n1.80860>