

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA



**“NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN  
LOS DEPARTAMENTOS DE AHUACHAPÁN, LA LIBERTAD Y SAN VICENTE,  
EL SALVADOR”.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO POR:  
**DIANA SICILIA NOLASCO CHICAS**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**“NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN  
LOS DEPARTAMENTOS DE AHUACHAPÁN, LA LIBERTAD Y SAN VICENTE,  
EL SALVADOR”.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO POR:  
**DIANA SICILIA NOLASCO CHICAS**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

ASESORES DE LA INVESTIGACIÓN:



INTERNO: \_\_\_\_\_  
LIC. JOSÉ NAPOLEÓN CANJURA LÓPEZ



EXTERNO: \_\_\_\_\_  
ING. REINA FLOR GUZMÁN DE SERRANO

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2021

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA  
ESCUELA DE BIOLOGÍA

**“NEMATODOS ASOCIADOS AL CULTIVO DE CACAO (*Theobroma cacao*) EN  
LOS DEPARTAMENTOS DE AHUACHAPÁN, LA LIBERTAD Y SAN VICENTE,  
EL SALVADOR”.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN  
PRESENTADO POR:  
**DIANA SICILIA NOLASCO CHICAS**


PARA OPTAR AL TÍTULO DE:  
**LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

TRIBUNAL CALIFICADOR:



---

MsD. MARTHA NOEMÍ MARTÍNEZ HERNÁNDEZ



---

MSc. ANDRÉS WILFREDO RIVAS FLORES

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2021

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

**RECTOR**

MSc. ROGER ARMANDO ARIAS

**VICERRECTOR ACADÉMICO**

Ph. D. RAÚL ERNESTO AZCÚNAGA LÓPEZ

**VICERRECTOR ADMINISTRATIVO**

ING. JUAN ROSA QUINTANILLA

**SECRETARIO GENERAL**

ING. FRANCISCO ALARCÓN

**FISCAL**

LIC. RAFAEL HUMBERTO PEÑA MARÍN

**FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA**

**DECANO**

LIC. MAURICIO HERNÁN LOVO CÓRDOVA

**VICEDECANA**

MSc. ZOILA VIRGINIA GUERRERO MENDOZA

**SECRETARIO**

LIC. JAIME HUMBERTO SALINAS ESPINOZA

**DIRECTORA EN FUNCIONES DE LA ESCUELA DE BIOLOGÍA**

MSc. ZOILA VIRGINIA GUERRERO MENDOZA

CIUDAD UNIVERSITARIA, JULIO DE 2021

## **DEDICATORIA**

A Dios, mi Padre, por bendecirme económicamente, por darme salud, por darme fuerzas y sabiduría para culminar mi carrera universitaria; también, por cuidarme en cada viaje que emprendí desde mi casa hacia la universidad y viceversa; por librarme de todo mal en el camino y por nunca abandonarme.

A Sicilia Chicas Escamilla, mi Madre, por ser mi ejemplo que seguir, por guiarme y educarme con excelentes valores como la humildad y la perseverancia, por sus oraciones infinitas, por su confianza y apoyo incondicional en cada una de las etapas de mi carrera profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por cuidarme y protegerme cada día que yo me dirigía a la universidad y por brindarme todo lo necesario para seguir continuando mis estudios.

A mi madre Sicilia Chicas, a mi hermano Dany Nolasco y a mi abuela Luciana Escamilla, por apoyarme material y emocionalmente en cada momento de mi carrera universitaria.

A mis asesores, Lic. José Napoleón Canjura López e Ing. Reina Flor Guzmán de Serrano, por su orientación, por el conocimiento brindado, por la paciencia y por el apoyo en cada una de las etapas de mi tesis.

Al personal técnico del Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA, Andrea Rivera, Ing. Javier Trujillo, Lic. Walter Madrid, Ing. Carlos Borja, Dr. Mario Ernesto Parada Jaco e Ing. Olga Sandoval, por el conocimiento y apoyo brindado en cada etapa de mi tesis.

Al Programa de Frutales y Cacao del CENTA, especialmente a la Ing. Eufemia Segura, coordinadora del proyecto cacao, por poner a mi disposición las parcelas de cacao y los análisis fisicoquímicos del suelo.

Al Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA), por permitir realizar mi trabajo de graduación en sus instalaciones.

A la Escuela de Biología, por todos los conocimientos brindados que ayudaron a formarme como bióloga profesional.

A mis Jurados, por aceptar ser parte de esta investigación, por su tiempo y por el conocimiento brindado en la revisión de este documento.

A mis amigos, por su apoyo, por sus palabras de aliento y por sus ánimos para poder seguir adelante con mis estudios.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Objetivos.....	4
3.1. Objetivo General.....	4
3.2. Objetivos específicos.....	4
4. Marco teórico.....	5
4.1. Antecedentes.....	5
4.2. Generalidades del cacao.....	6
4.3. Generalidades de los nematodos.....	10
4.3.1. Características.....	10
4.3.2. Morfología.....	10
4.3.3. Ciclo de vida.....	12
4.3.4. Nutrición.....	12
4.3.5. Géneros asociados al cultivo de cacao.....	13
4.3.6. Factores físicos y químicos del suelo que afectan las poblaciones...17	
4.3.7. Importancia en el cultivo.....	19
4.4. Generalidades de la materia orgánica.....	20
4.5. Generalidades de la textura del suelo.....	20
4.6. Análisis de componentes principales.....	21
5. Metodología.....	22
5.1. Descripción del área de estudio.....	22

5.1.1. Sitio 1: Ahuachapán.....	23
5.1.2. Sitio 2: La Libertad.....	24
5.1.3. Sitio 3: San Vicente.....	26
5.2. Fase de campo.....	27
5.2.1. Diseño del muestreo.....	27
5.2.2. Colecta de muestras.....	30
5.2.3. Observación de vegetación.....	32
5.3 Fase de laboratorio.....	32
5.3.1. Ingreso de muestras.....	32
5.3.2. Extracción nematológica.....	33
5.3.3. Centrifugación nematológica.....	36
5.3.4. Muerte nematológica.....	40
5.3.5. Lectura nematológica.....	42
5.4. Análisis físico del suelo.....	45
5.5. Análisis de estadístico.....	47
6. Resultados.....	49
6.1. Identificación y comparación de poblaciones de nematodos en el primer muestreo.....	49
6.1.1. Sitio 1: Ahuachapán.....	49
6.1.2. Sitio 2: La Libertad.....	51
6.1.3. Sitio 3: San Vicente.....	53
6.1.4. Comparación de poblaciones de nematodos por género	

taxonómico y por sitio de ubicación del primer muestreo.....	55
6.2. Identificación y comparación de poblaciones de nematodos en el	
segundo muestreo.....	57
6.2.1. Sitio 1: Ahuachapán.....	57
6.2.2. Sitio 2: La Libertad.....	59
6.2.3. Sitio 3: San Vicente.....	60
6.2.4. Comparación de poblaciones de nematodos por género	
taxonómico y por sitio de ubicación del segundo muestreo.....	62
6.3. Identificación y comparación de poblaciones de nematodos en el	
tercer muestreo.....	64
6.3.1. Sitio 1: Ahuachapán.....	64
6.3.2. Sitio 2: La Libertad.....	66
6.3.3. Sitio 3: San Vicente.....	67
6.3.4. Comparación de poblaciones de nematodos por género	
taxonómico y por sitio de ubicación del tercer muestreo.....	69
6.4. Comparación de poblaciones de los géneros taxonómicos identificados	
por cada sitio muestreado.....	71
6.4.1. Sitio 1: Ahuachapán.....	71
6.4.2. Sitio 2: La Libertad.....	73
6.4.3. Sitio 3: San Vicente.....	75
6.5. Relación de las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida	
libre con la materia orgánica y la textura del suelo en los tres sitios	
muestreados.....	77

7. Discusión de resultados.....	86
8. Conclusiones.....	90
9. Recomendaciones.....	92
10. Referencias bibliográficas.....	93
Anexos	

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valor nutritivo del grano de cacao (Murillo et al. 2011).....	8
Cuadro 2. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 1 Ahuachapán.....	23
Cuadro 3. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 2 La Libertad.....	25
Cuadro 4. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 3 San Vicente.....	27
Cuadro 5. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de septiembre de 2018.....	50
Cuadro 6. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de septiembre de 2018.....	52
Cuadro 7. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de septiembre de 2018.....	54
Cuadro 8. Población de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de septiembre de 2018.....	56
Cuadro 9. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de noviembre de 2018.....	58
Cuadro 10. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de noviembre de 2018.....	59
Cuadro 11. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de noviembre de 2018.....	61
Cuadro 12. Población de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de noviembre de 2018.....	63

Cuadro 13. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de enero de 2019.....	65
Cuadro 14. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de enero de 2019.....	66
Cuadro 15. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de enero de 2019.....	68
Cuadro 16. Población de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de enero de 2019.....	70
Cuadro 17. Comparación de las poblaciones de cada género identificado para el Sitio 1 Ahuachapán.....	72
Cuadro 18. Comparación de las poblaciones de cada género identificado para el Sitio 2 La Libertad.....	74
Cuadro 19. Comparación de las poblaciones de cada género identificado para el Sitio 3 San Vicente.....	76
Cuadro 20. Poblaciones de nematodos, porcentajes de materia orgánica, arena, arcilla, limo y textura del suelo en cada muestreo realizado.....	78
Cuadro 21. Porcentajes para poblaciones de nematodos, de materia orgánica, arena, arcilla y limo en cada muestreo realizado.....	79
Cuadro 22. Porcentaje de representatividad de cada uno de los componentes principales.....	80

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura típica de un nematodo hembra (Coyne et al. 2007).....	11
Figura 2. Estructura típica de un nematodo macho ( <a href="https://brainly.lat/tarea/282301">https://brainly.lat/tarea/282301</a> ) .....	11
Figura 3. Ciclo de vida de <i>Meloidogyne sp.</i> nematodo fitoparásito (Zárate 2008).....	12
Figura 4. Ubicación de los sitios muestreados, localizados en los departamentos de Ahuachapán (Sitio 1), La Libertad (Sitio 2) y San Vicente (Sitio 3); indicados con un rombo relleno de color amarillo ( <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ).....	22
Figura 5. Ubicación geográfica del Sitio 1. Localización del municipio de Ahuachapán en El Salvador y localización del cantón Llano de La Laguna en Ahuachapán ( <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ).....	23
Figura 6. Ubicación geográfica del Sitio 2. Localización del municipio de Ciudad Arce en El Salvador y localización del cantón San Andrés en Ciudad Arce ( <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ).....	24
Figura 7. Ubicación geográfica del Sitio 3. Localización del municipio de Tecoluca en El Salvador y localización del cantón Santa Cruz Porrillo en Tecoluca ( <a href="https://www.google.com/maps">https://www.google.com/maps</a> ).....	26
Figura 8. Diseño general de colecta de muestras para cada una de las parcelas en los tres sitios que se estudiaron (Tomado y modificado de Guzmán & Flores 1989).....	28
Figura 9. Diseño específico del muestreo de cada una de las parcelas. (Tomado y modificado de Guzmán & Flores 1989).....	29
Figura 10. Obtención de submuestra de suelo con dos palines de jardín (Sitio 2).....	30

Figura 11. Colocación de la submuestra de suelo en un balde de plástico (Sitio 2).....	31
Figura 12. Homogenización de la muestra (Sitio 3).....	31
Figura 13. Colocación de la muestra en una bolsa plástica (Sitio 3).....	31
Figura 14. Rotulación de la muestra de suelo en los sitios de estudio.....	32
Figura 15. Ingreso de muestras al laboratorio y llenado de formulario.....	33
Figura 16. Homogenización de la muestra.....	33
Figura 17. Eliminación de grúmulos de suelo de la muestra en un recipiente de plástico.....	34
Figura 18. Colocación de agua del grifo a la muestra, para su posterior reposo.....	34
Figura 19. Muestra con agua del grifo en reposo, tamiz de 60 mesh sobre un balde de plástico, donde queda el sobrenadante de la muestra.....	35
Figura 20. Decantación de la muestra en dos tamices de 325 mesh.....	35
Figura 21. Colocación de la muestra en una taza evaporadora con ayuda de una pizeta.....	36
Figura 22. Colocación de la muestra en tubo para centrifuga.....	36
Figura 23. Centrifugación de muestras por cuatro minutos.....	37
Figura 24. Eliminación del sobrenadante de los tubos.....	37
Figura 25. Agregación de solución azucarada al precipitado.....	37
Figura 26. Mezcla del precipitado con la solución azucarada.....	38
Figura 27. Centrifugación de muestras por un minuto y medio.....	38
Figura 28. Colocación del sobrenadante en tazas evaporadoras con agua.....	39
Figura 29. Decantación de la muestra sobre tamiz de 500 mesh.....	39

Figura 30. Colocación de la muestra en taza evaporadora.....	39
Figura 31. Verificación de la presencia de nematodos en la muestra.....	40
Figura 32. Muerte de nematodos y medición de la temperatura de la muestra.....	40
Figura 33. Colocación de la muestra en un frasco de vidrio.....	41
Figura 34. Agregación de formalina a la muestra.....	41
Figura 35. Muestras de nematodos en reposo.....	42
Figura 36. Uso de clave taxonómica para la identificación de nematodos.....	42
Figura 37. Identificación y cuantificación de los nematodos en cámara de recuento al microscopio con ayuda de un contómetro.....	43
Figura 38. Colocación de 1 ml de muestra en una siracusa.....	43
Figura 39. Captura de nematodos.....	44
Figura 40. Nematodo en portaobjeto para identificarlo.....	44
Figura 41. Toma de fotografías de nematodos.....	44
Figura 42. Diagrama textural para la muestra de suelo (Conú & Jimenez 2014).....	46
Figura 43. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de septiembre de 2018.....	51
Figura 44. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de septiembre de 2018.....	53
Figura 45. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de septiembre de 2018.....	55
Figura 46. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de septiembre de 2018.....	57

Figura 47. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de noviembre de 2018.....	58
Figura 48. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de noviembre de 2018.....	60
Figura 49. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de noviembre de 2018.....	62
Figura 50. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de noviembre de 2018.....	64
Figura 51. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de enero de 2019.....	65
Figura 52. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de enero de 2019.....	67
Figura 53. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de enero de 2019.....	69
Figura 54. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de enero de 2019.....	71
Figura 55. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán.....	73
Figura 56. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad.....	75
Figura 57. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente.....	77
Figura 58. Porcentaje de representatividad de los seis componentes principales.....	81
Figura 59. Relación entre los muestreos y los componentes principales.....	83

Figura 60. Correlación del componente uno (PC1) con respecto a los demás componentes.....84

Figura 61. Correlación del componente dos (PC2) con respecto a los demás componentes.....85

## 1. RESUMEN

La investigación se realizó en tres sitios ubicados en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente en El Salvador, donde se cultiva *Theobroma cacao*, durante el periodo de septiembre del 2018 - febrero del 2019.

En cada sitio los muestreos se realizaron en zigzag y las muestras obtenidas se les aplicó análisis físicoquímico y nematológico con el fin de identificar y comparar poblaciones de géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre, y relacionar la población de estos con la materia orgánica y la textura del suelo en los sitios antes mencionados.

Se encontró que existe una gran diversidad de nematodos fitoparásitos asociados con el cultivo de cacao en todos los sitios muestreados. Muchos de los géneros encontrados son patógenos importantes y otros podrían tener significancia económica en el cultivo.

En Ahuachapán se identificaron 9 géneros de nematodos fitoparásitos, con 9,924 individuos y 7 géneros de vida libre, con 921 individuos. En La Libertad, se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos, con 2,992 individuos y 7 géneros de vida libre, con 420 individuos. En San Vicente, se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos, con 1,416 individuos y 7 géneros de vida libre, con 614 individuos. El género que más predominó en los tres sitios fue *Rotylenchulus sp.* Los resultados por sitio antes mencionados, son la sumatoria total de todas las muestras recolectadas.

Se encontró que las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre, en Ahuachapán, son influenciadas positivamente por la arcilla, la materia orgánica y el limo; en La Libertad son influenciadas positivamente por la materia orgánica, el limo y la arena; y en San Vicente son influenciadas positivamente por la arena y la arcilla.

## 2. INTRODUCCIÓN

El cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) es uno de los más importantes en El Salvador por su aporte económico y generación de empleo, ya que de esta planta dependen gran cantidad de industrias, como la chocolatera, la cosmética y la farmacéutica.

El cacao pertenece a la familia Malvaceae y se distribuye desde México hasta El Amazonas en el Sur de América. Es un arbusto semicaducifolio y se divide en tres grupos genéticos: Criollo, Forastero y Trinitario (Dostert et al. 2011).

Como todo ser vivo, está propenso al ataque de plagas y enfermedades, que pueden ser causadas por patógenos como: hongos, bacterias, virus, nematodos fitoparásitos e insectos que se encuentran en su ambiente. Con el fin de identificar algunos de los organismos patógenos que afectan el cultivo de cacao en El Salvador, se realizó un estudio de la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre en este cultivo.

Los nematodos son organismos microscópicos que pueden encontrarse en el suelo y en la raíz de las plantas, estos se dividen en dos grupos: fitoparásitos y de vida libre. Los fitoparásitos afectan de manera negativa a los cultivos, ya que se alimentan del citoplasma de las células de la planta, causándole debilitamiento, deformaciones, marchitez y hasta la muerte. Los de vida libre benefician los cultivos, debido a que algunos de ellos son predadores de otros microorganismos como hongos, bacterias, insectos y otros nematodos.

Los nematodos asociados al cultivo de cacao, ya sea fitoparásitos o de vida libre, son los que nos interesan en esta investigación. Para ello se realizaron tres muestreos, en cada una de las tres parcelas de cultivo de cacao, localizadas en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente. El objetivo fue identificar nematodos fitoparásitos y de vida libre, comparar las poblaciones de estos según el género taxonómico y sitio de ubicación, finalmente relacionar la población de estos con la materia orgánica y la textura del suelo.

Esta investigación es valiosa para los cultivadores de cacao en el país, ya que aporta conocimiento sobre los géneros de nematodos asociados a este cultivo y su población, debido a que, estos microorganismos pueden llegar a causar daños a sus parcelas en un futuro.

De igual manera, genera conocimiento a nivel científico – biológico, al estudiar la población de nematodos y la influencia de la descomposición de la materia orgánica y la textura del suelo.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo general**

- Determinar los nematodos asociados al cultivo de cacao (*Theobroma cacao*) en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente, El Salvador.

#### **3.2. Objetivos específicos**

- Identificar nematodos fitoparásitos y de vida libre en parcelas de cacao en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente.
- Comparar la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre identificados, por género taxonómico y por sitio de ubicación en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente.
- Relacionar la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre de las parcelas de cacao, con la materia orgánica y la textura del suelo en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1. Antecedentes

Abrego & Tarjan en 1972, reportan para El Salvador nematodos fitoparásitos asociados a diferentes cultivos. Para el cultivo de cacao se registraron siete géneros taxonómicos, los cuales son: *Criconemoides*, *Helicotylenchus*, *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Xiphinema* y *Hemicycliophora*.

Meredith en 1974, en un estudio realizado en Venezuela reporta 15 géneros de nematodos fitoparásitos para el cultivo de cacao, siendo *Helicotylenchus* el que más frecuentemente se observó. Los otros géneros encontrados fueron: *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Pratylenchus*, *Peltamigratus*, *Tylenchorhynchus*, *Trophurus*, *Criconemoides*, *Hemicriconemoides*, *Trichodorus*, *Xiphinema*, *Aphelenchoides*, *Tylenchus* y *Psilenchus*.

Padilla & Palma en 1985, en estudios realizados en manejo integrado de plagas en El Salvador, reportan siete especies de nematodos de los principales cultivos del país, estos son: *Meloidogyne spp*, *Pratylenchus spp*, *Tylenchulus sp*, *Helicotylenchus spp*, *Rotylenchus sp*, *Tylenchorhynchus spp* y *Radopholus similis*.

Rivas, Sermeño, Paniagua & Villacorta en 2002, estudiaron la composición de géneros de nematodos asociados al cultivo de cítricos, en un total de 26 fincas ubicadas en los Departamentos de Cuscatlán, La Paz, La Libertad y la zona Occidental de El Salvador.

Sandoval & Escobar en 2002, estudiaron la caracterización bioquímica de poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne*, identificando especies de este nematodo que se encuentra parasitando el cultivo de cafeto en Izalco.

López Linares en 2009, realizó un estudio sobre el control de *Meloidogyne sp.*, en viveros de café (*Coffea arabica L.*), mediante el hongo *Paecilomyces lilacinus*. Se realizó una evaluación de los efectos de la aplicación del hongo para el control de nematodos fitoparásitos como *Meloidogyne* y *Pratylenchus* en cafetos en etapa de vivero.

Fernández & Quesada en 2013, realizaron un estudio sobre los nematodos asociados a los cultivos en Costa Rica; y en el cultivo de cacao encontraron 11 géneros, los cuales son: *Criconemella*, *Gracilacus*, *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora*, *Meloidogyne*, *Paratylenchus*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Trichodorus*, *Tylenchorhynchus*, *Xiphinema*.

Arévalo, Canto, Baligar, Zúñiga & Márquez en 2016, realizaron un estudio sobre la población de *Helicotylenchus sp.* y *Aphelenchus sp.* en la rizosfera de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo los sistemas de manejo tradicional y de bosque mejorado. En este artículo se evaluó la población de nematodos en 10 genotipos de cacao y un testigo, el género con mayor representatividad fué *Helicotylenchus sp.*

Arévalo, Zúñiga, Baligar, Bailey & Canto en 2016, estudiaron la dinámica poblacional de nemátodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la Amazonia Peruana. En este artículo se determinó la relación de las condiciones edafoclimáticas con la dinámica poblacional de nematodos. Predominaron los géneros *Meloidogyne*, *Helicotylenchus* y *Pratylenchus*.

Rivas Alvares en 2017, investigó la incidencia de nematodos fitoparásitos en cacao. Identificó seis géneros fitoparásitos: *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchus*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* y *Pratylenchus*, y tres géneros no fitoparásitos: *Rabditis*, *Mononchus* y *Dorylaimus*.

#### **4.2. Generalidades del cacao**

*Theobroma cacao* pertenece a la familia Malvaceae, ha sido la única especie en el género *Theobroma* explotada por siglos comercialmente para la elaboración de chocolates y sus derivados (Jaimez et al. 2008). El área de distribución natural se extiende desde la cuenca del Amazonas por el sur hasta la región meridional de México (18°N a 15°S) (Dostert et al. 2011).

*Theobroma cacao* es un árbol o arbusto semicaducifolio de 12 a 20 m de altura, y en cultivo se mantienen normalmente de 4 a 8 m. El fruto es una baya grande

(mazorca), polimorfa, esférico a fusiforme, púrpura o amarillo en la madurez (Dostert et al. 2011).

El cultivo de cacao es de gran importancia ecológica, dado que, puede combinarse con otros cultivos, como el plátano. Además, ya que el cacao necesita sombra en sus primeros años, es primordial que el terreno posea árboles de gran tamaño, como forestales y frutales. A causa de eso, existe una diversidad de especies de anfibios, reptiles, aves y mamíferos que se relacionan con este cultivo, en búsqueda de alimento y hábitat. La gran cobertura de materia orgánica en descomposición mantiene la humedad, restaura y conserva el suelo, evitando la erosión y deforestación. Debido a esto, hay gran balance ecológico en estos cultivos.

Existen tres variedades principales de cacao, entre ellas el criollo, que es el cacao genuino y fue bautizado así por los españoles al llegar a México, se cultiva en América y es reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en tanino, reservado para la fabricación de los chocolates más finos. El árbol es frágil y de escaso rendimiento, el grano es de cáscara fina, suave y poco aromática. Representa, como mucho, el 10% de la producción mundial (Murillo et al. 2011).

El cacao forastero, originario de la alta Amazonia, trata de un cacao normal, con el tanino más elevado. Es el más cultivado y proviene normalmente de África. El grano tiene una cáscara gruesa, es resistente y poco aromático, para neutralizar sus imperfecciones, requiere un intenso tueste, de donde proceden el sabor y el aroma a quemado de la mayoría de los chocolates. Los mejores productores usan granos forasteros en sus mezclas, para dar cuerpo y amplitud al chocolate, pero la acidez, el equilibrio y la complejidad de los mejores chocolates proviene de la variedad criolla (Murillo et al. 2011).

El cacao trinitario: es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad es más próxima al del segundo. Como su nombre sugiere, es originario de Trinidad donde, después de un terrible huracán que en 1727 destruyó prácticamente todas las plantaciones de la Isla, surgió como resultado de un proceso de cruce. De este modo, heredó la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo,

y se usa también normalmente mezclado con otras variedades (Murillo et al. 2011).

El cacao es una planta que se desarrolla bajo sombra en condiciones especiales de luminosidad y distribución de agua. El hábitat comprende zonas subtropicales y tropicales de muy secas a húmedas. Se cultiva normalmente a elevaciones bajo los 300 msnm y en ambientes boscosos alcanzando elevaciones de hasta 900 msnm. Requiere lluvias uniformemente repartidas a lo largo del año de un total de 1500 a 2800 mm. Las temperaturas mínimas medias son de 18 °C a 21 °C, las máximas de 30 °C a 32 °C. Puede ser cultivado en diferentes tipos de suelo, generalmente necesita suelos profundos, livianos y ricos en nutrientes. (Dostert et al. 2011).

El valor nutritivo del grano entero (sin cáscara), según el Instituto Nacional de Nutrición, se presenta a continuación (cuadro 1).

Cuadro 1. Valor nutritivo del grano de cacao (Murillo et al. 2011).

<b>Propiedades</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Propiedades</b>	<b>Cantidad</b>
Calorías	428,00	Calcio	130,00 mg
Agua	5,80 g	Fósforo	500,00 mg
Proteínas	12,40 g	Hierro	5,80 mg
Grasas	43,70 g	Tiamina	0,18 mg
Carbohidratos	30,00 g	Riboflavina	0,16 mg
Fibra	4,30 g	Niacina	1,90 mg
Ceniza	3,80 g	Vitamina C	3,00 mg
Vitamina A	4,00 mg		

La humedad relativa también tiene importancia puesto que de ella puede depender la facilidad de propagación de algunas enfermedades (Enríquez 2006). Los tipos finos de cacao son sensibles a una gran variedad de daños, en el peor caso, enfermedades individuales pueden acabar con plantaciones completas. Algunas

estimaciones sugieren que del 30 al 40% de la cosecha mundial de cacao se pierde por enfermedades (Dostert et al. 2011).

Una de las enfermedades poco común que puede inducir pérdidas de producción en el cultivo de cacao son los nematodos fitoparásitos que se desarrollan en el suelo. Los nematodos son un grupo diverso de animales con apariencia de gusano, se encuentran en todos los ambientes, como parásitos o como organismos de vida libre (Coyne et al. 2007).

Los nematodos son microscópicos y pueden parasitar plantas, estos viven en el suelo y atacan las raíces o partes aéreas de los cultivos. Debido a los daños que estos organismos pueden ocasionar, es necesario mantener un control nematológico, para evitar pérdidas económicas (Talavera 2003).

Dado que es imposible observar a simple vista los nematodos en el campo, ya que los síntomas que producen son a menudo inespecíficos, el daño que ocasionan se atribuye a otras causas más evidentes. Los agricultores y los técnicos a menudo subestiman su efecto. Una apreciación general es que los nematodos parásitos de plantas reducen la producción agrícola en aproximadamente un 11% globalmente, reduciendo la producción en millones de toneladas anualmente (Coyne et al. 2007).

El nivel de daño que causan los nematodos depende de una amplia gama de factores tales como su densidad poblacional, la virulencia de las especies y la resistencia o tolerancia de la planta huésped. Otros factores que también contribuyen en menor medida son el clima, disponibilidad de agua, condiciones edáficas, fertilidad del suelo, y la presencia de otras enfermedades y plagas (Coyne et al. 2007).

Existen también otro tipo de nematodos, estos no causan daño a los cultivos, al contrario, los benefician y estos son los nematodos de vida libre. Se alimentan de bacterias, levaduras, hifas de hongos, algas. Las especies depredadoras pueden comer rotíferos, tardígrados, pequeños anélidos y otros nematodos. Su importancia ecológica es de gran relevancia ya que intervienen en la degradación

de la materia orgánica para el cumplimiento de los ciclos biogeoquímicos (Lara et al. 2003).

### **4.3. Generalidades de los nematodos**

#### **4.3.1. Características**

Los nematodos son microorganismos no segmentados y constituyen el grupo más abundante de animales multicelulares en la tierra, ocupando la mayoría de los hábitats. Los nematodos pueden dividirse en grupos según su tipo de alimentación como: bacterívoros, fungívoros, predadores, parásitos de insectos y herbívoros. Estos últimos causan importantes daños en los cultivos (Talavera 2003).

Los nematodos fitoparásitos viven en los microtúneles del suelo y dentro de los tejidos vegetales. Estos nematodos causan mayor problema en suelos muy arenosos o demasiado arcillosos, en perfiles poco profundos, cuando el agua es limitada y cuando las prácticas agrícolas no son las adecuadas (Talavera 2003).

Los nematodos edáficos presentan características biológicas y ecológicas que les convierten en excelentes indicadores del estado de conservación del suelo en sistemas agrarios, como el mantenimiento del ciclo de nutrientes o el control de especies plaga (Sánchez & Talavera 2013).

#### **4.3.2. Morfología**

La mayoría de los nematodos poseen forma de hilo, con una longitud entre 0.1 y 3 mm y un diámetro 20 veces menor que su longitud. Están cubiertos de una cutícula protectora y lo más relevante de su estructura es el tubo digestivo, ya que es una pauta para su identificación. El sistema digestivo está compuesto por un estilete, esófago, intestino y ano. Los adultos se identifican más fácilmente por la presencia de un sistema reproductor. Las hembras presentan ovarios, útero, vagina, vulva y espermatecas donde almacenan el esperma (Figura 1). Los machos se diferencian por la presencia de un aparato copulador en la cola, compuesto por las espículas, el gubernáculo y las alas caudales (Figura 2) (Talavera 2003).

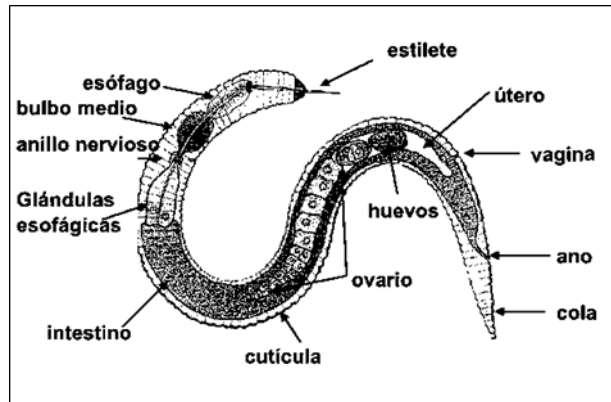


Figura 1. Estructura típica de un nematodo hembra (Coyne et al. 2007).

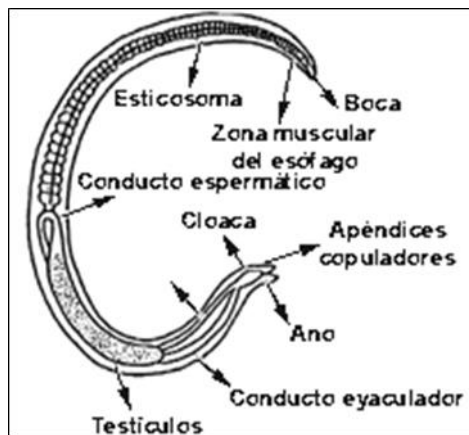


Figura 2. Estructura típica de un nematodo macho (<https://brainly.lat/tarea/282301>).

El cuerpo de los nematodos suele estrecharse hacia la cabeza y cola, en la mayoría de los casos existe una gran variedad de formas y tamaños. Las hembras de algunas especies pierden su forma de verme conforme maduran, se ensanchan y adoptan forma de pera, limón, riñón o esférica cuando alcanzan el estadio adulto (Coyne et al. 2007).

Los nematodos fitoparásitos se diferencian de otros nematodos que se alimentan de bacterias y hongos porque tienen una estructura especializada para su alimentación llamada estilete con forma de lanza (Coyne et al. 2007).

Los nematodos de vida libre miden menos de 2.5 mm de largo, y la mayoría aproximadamente 1 mm, encontrándose otros microscópicos. Carecen de estilete (Lara et al. 2003).

### 4.3.3. Ciclo de vida

Se divide típicamente en seis estadios: el huevo, cuatro estadios juveniles y el adulto (Figura 3). La duración de cada uno de estos estadios difiere para cada especie y también depende de otros factores como la temperatura, la humedad y la planta huésped. En condiciones favorables en los trópicos, muchas especies tienen un ciclo de vida corto y completan varias generaciones en una estación del año. Esto puede llevar a un incremento rápido de la población a partir de un solo individuo (si se auto fertilizan) o de dos individuos del nematodo (Coyne et al. 2007).

Los nematodos pueden sobrevivir condiciones desfavorables como una estación seca o un invierno frío. La supervivencia de las diferentes especies varía según el estadio del ciclo de vida en que se encuentren (Coyne et al. 2007).

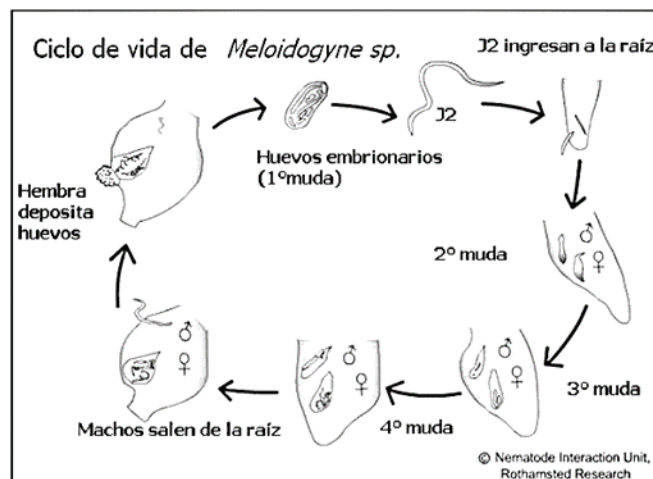


Figura 3. Ciclo de vida de *Meloidogyne sp.* nematodo fitoparásito (Zárate 2008).

### 4.3.4. Nutrición

Los nematodos fitoparásitos poseen un estilete que les permite perforar la pared de las células del hospedador, inyectan enzimas que digieren el contenido de éstas, y el nematodo lo succiona hacia su sistema digestivo (Talavera 2003). Según el método de alimentación pueden dividirse en tres grupos. Los que se alimentan desde afuera de la planta son ectoparásitos (solo introducen el estilete), los que se alimentan desde adentro de la planta son endoparásitos (introducen el

cuerpo completo) y los que se alimentan con la parte anterior dentro de la planta y la parte posterior en contacto con el suelo son semi-endoparásitos (solo introducen la cabeza) (Guzmán et al. 2012a). Los métodos de alimentación disminuyen la capacidad de las raíces para captar y transportar nutrientes al resto de la planta, lo que significa un debilitamiento y en pérdidas de producción (Talavera 2003).

Los nematodos de vida libre se alimentan de bacterias, levaduras, hifas de hongos y de algas, pudiendo ser saprozoicos o coprozoicos, las especies depredadoras pueden comer rotíferos, tardígrados, pequeños anélidos y otros nematodos. Estos animales cuando están en el suelo pueden ser presa de ácaros, larvas de insectos y de hongos (Lara et al. 2003).

#### **4.3.5. Géneros asociados al cultivo de cacao**

*Meloidogyne sp.*; es un endoparásito sedentario (Guzmán et al. 2012a) que se caracteriza por tener un hábito alimenticio polífago con un amplio rango de hospederos especialmente en países tropicales y subtropicales. Esto ha hecho que sea considerado el nematodo fitoparásito de mayor importancia económica en el mundo. Los síntomas característicos que provoca en la planta son: diferentes grados de achaparramiento, falta de vigor, deficiencias nutricionales y marchitamiento bajo condiciones de estrés. Estas afectaciones generan pérdidas a nivel mundial que se estima superan los \$US 100 billones (Salazar & Guzmán 2013).

Se caracterizan porque desarrollan agallas de distintos tamaños sobre las raíces que parasitan. Los machos tienen forma vermiforme y miden aproximadamente 1.2 a 1.5 mm de largo por 0.30 a 0.36 mm de ancho. Las hembras tienen forma de pera y un tamaño aproximado de 0.40 a 1.30 mm de largo por un ancho de 0.27 a 0.75 mm (López 2009).

*Pratylenchus sp.*; es un endoparásito migratorio (Guzmán et al. 2012a) ya que penetra en las raíces jóvenes de las plantas hospedadoras y migra a través de estas destruyendo las células. Las hembras depositan los huevos de uno en uno

en el tejido radicular o en suelo y pueden producir hasta 100 huevos en su vida. El ciclo de vida finaliza generalmente en tres o cuatro semanas dependiendo de la temperatura del suelo, por lo que pueden producir varias generaciones por estación. Uno de los efectos que pueden ocasionar, son pequeñas lesiones necróticas que sirven de entrada a otros patógenos, como hongos y bacterias. (Talavera 2003).

Este nematodo tiene aproximadamente de 0.4 a 0.7 mm de longitud por un diámetro de 20 a 25  $\mu$ m. Son organismos cilindroideos fuertes con una cabeza roma, un fuerte estilete y cola notablemente redondeada. Son nematodos migratorios y endoparásitos que afectan a las raíces de muchos tipos de plantas (Agrios 1995).

*Helicotylenchus sp.*; es conocido como nematodo espiral, ha sido registrado parasitando el sistema radical de las plantas. Es un ectoparásito y depende totalmente del hospedante. Producto del parasitismo, algunos síntomas que pueden presentar las plantas infectadas son: epidermis de raíces con lesiones pequeñas circulares de color café oscuras, las cuales pueden llegar a ser necróticas (Guzmán et al. 2012b). Las especies de este género pueden medir en un promedio de 0.43 mm a 0.86 mm (Guzmán 2011).

*Rotylenchulus sp.*; las hembras inmaduras poseen un cuerpo vermiforme delgado y espiral en forma de C; con una longitud alrededor de 0.40 mm y el cuerpo de las hembras maduras sufre una transformación para tomar la forma de un riñón, con una longitud de 5-9  $\mu$ m. Los machos son vermiformes, con la parte anterior reducida y la presencia de un estilete reducido (Ventura 2012).

Este nematodo ataca alrededor de 140 especies en más de 115 géneros de plantas en 46 familias. Parasita a gran variedad de plantas cultivadas y árboles frutales, en donde se encuentra ampliamente distribuido. Es un semi-endoparásito sedentario que se alimenta del tejido cortical del floema provocando una decoloración de las raíces, secado y pérdida de las hojas en última instancia (Ventura 2012).

*Criconemoides sp.*; se caracteriza por su cuerpo corto, robusto e intensamente anillado, la hembra mide de 0.20 - 1 mm de longitud. Es un ectoparásito y están asociados a diferentes cultivos, especialmente especies leñosas y gramíneas. Se desarrolla mejor en suelos húmedos, lo que le permite establecerse en zonas con riego y en la estación lluviosa aumentar sus poblaciones. Causan lesiones en las raíces absorbentes que degradan los tejidos, permitiendo la invasión por patógenos secundarios, reducción del sistema radical y en algunos casos proliferación de raicillas. Como el daño se localiza en la raíz los síntomas son evidentes también en la parte aérea: amarillamientos, achaparramiento, raquitismo y marchitez recurrente (OIRSA 2003).

*Hemicriconemoides sp.*; la longitud del cuerpo de este nematodo es de 0.48 a 0.53 mm. Esta especie se considera importante en frutales tropicales y subtropicales y casi cosmopolita en las áreas cálidas del mundo. No obstante, su importancia económica no está esclarecida (Gandarilla & Rivas 2012). Es un ectoparásito migratorio que se alimenta de células corticales, posee un estilete largo que introduce profundamente al tejido de la raíz, principalmente en el ápice, llegando a quedar el nematodo inmóvil por un largo período de tiempo (Guzmán et al. 2012a).

*Hemicycliophora sp.*; es un nematodo ectoparásito (Guzmán et al. 2012a) con doble cutícula, anillado y con una longitud de 1.028 mm, con importancia económica al dañar arboles de pino. Los suelos arenosos son óptimos para que estos produzcan agallas en algunas especies de plantas (Pedroza & Téliz 1989).

*Rotylenchus sp.*; es un nematodo ectoparásito y semiendoparásito migratorio que ataca especialmente hortalizas, algunos síntomas que produce son amarillamiento, pudrición de raíces, disminución de biomasa radical y enanismo. Las hembras miden 1.3 mm de longitud y los machos 1.2 mm (Voley 1997).

*Paratylenchus sp.*; es un nematodo ectoparásito de las raíces de varias plantas, y se encuentra en todo el mundo. Algunas especies de este género pueden provocar diferentes sintomatologías en la planta, como: raíces malformadas, cortas o bifurcadas, inhibición del crecimiento, hojas más pequeñas y menos

raíces laterales. La hembra posee una longitud corporal de 249 a 302  $\mu\text{m}$  (Wang et al. 2013).

*Paratrichodorus sp.*; es un ectoparásito migratorio que se alimenta principalmente sobre la epidermis, células corticales y pelos absorbentes de las raíces (Guzmán et al. 2012a). Algunos síntomas que provoca son: engrosamientos y necrosis radicular, debilitamiento general de la planta y transmisores de virus (Talavera 2003).

*Xiphinema sp.*; es un nematodo ectoparásito, que se alimenta de raíces y raicillas suculentas insertando para ello su estilete excepcionalmente largo. Son migratorios y bastante grandes en comparación con la mayoría de los nematodos fitoparásitos. También, son capaces de causar graves lesiones a las raíces de los vegetales, produciendo abultamientos e hinchazones. Lo más importante de este género es que son transmisores de enfermedades virales (González 2007).

*Tylenchus sp.*; es un nematodo cosmopolita. La hembra puede poseer una longitud corporal de 596 a 922  $\mu\text{m}$ , con una anchura de 20 a 31  $\mu\text{m}$  y el macho de 634 a 1282  $\mu\text{m}$  de longitud con una anchura de 19 a 31  $\mu\text{m}$  (Castillo et al. 1991).

*Aphelenchus sp.*; es un nematodo habitante del suelo, especialmente en aquellos ricos en materia orgánica en descomposición, y han sido reportados como micófagos y fitófagos, sin embargo, algunas especies se han registrado como parásitos débiles (Guevara & Nieto 1999).

*Aphelenchoides sp.*; nematodo saprófago que vive en el suelo y en las cavidades producidas por los insectos, se alimenta en su mayoría de hongos, aunque algunas especies pueden vivir como ecto y endoparásitos sobre hojas, bulbos y yemas. Los síntomas de daño se manifiestan por la aparición de deformaciones en las hojas de las plantas hospedadoras. Las hojas se arrugan y en las zonas donde los nematodos se alimentan, cerca de la base de las nerviaciones, aparecen zonas cloróticas que se tornan rojizas y después pardas (Escuer & Bello 2000).

*Mononchus sp.* y *Mylonchulus sp.*; son nematodos que han sido señalados como depredadores de oligoquetos, rotíferos, protozoos, tardígrados y sobre todo de

nematodos, tanto es así que son considerados esencialmente nematófagos. Entre los géneros fitoparasíticos frecuentemente depredados son: *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Hemicycliophora* y *Hemicriconemoides*. No obstante, los nematodos de vida libre también son comúnmente consumidos y el canibalismo es un fenómeno natural que ocurre en ausencia de presa. La longitud del cuerpo de *Mylonchulus sp.* varía entre 787  $\mu\text{m}$  y 1038  $\mu\text{m}$  (Perichi et al. 2008). *Mononchus sp.* posee una longitud de 788  $\mu\text{m}$  a 924  $\mu\text{m}$  y una anchura de 32.1  $\mu\text{m}$  a 33.7  $\mu\text{m}$  (Lordello 1958).

*Dorylaimus sp.*; es un nematodo omnívoro, pues devora alimentos tanto vegetales como animales, algunas especies de este género son predadores y otros se alimentan de las raíces. Presenta un estilete falso (odontoestilete) que en su parte apical es biselado. Longitud aproximada: machos 3 a 5 mm y hembras 3 a 4.2 mm (Reyes 2004).

*Rabditis sp.*; este género se considera un nematodo depredador, por alimentarse de una gran variedad de hongos y bacterias fitopatógenas que habitan en el suelo. Tiene importancia agrícola porque degrada la materia orgánica y es un controlador biológico. Se caracteriza por presentar cavidad bucal a manera de un tubo; la mayoría de las especies son pequeñas (Reyes 2004).

*Acrobeles sp.*; nematodo con crecimientos externos labiales los cuales facilitan la identificación, es muy notable y fotogénico, los lóbulos ciliados se observan fácilmente a baja magnificación. Se encuentran típicamente en suelos arenosos, nunca en suelos arcillosos, y se presume que utilizan sus crecimientos externos para raspar bacterias de las partículas de arena (Esquivel 2015).

#### **4.3.6. Factores físicos y químicos del suelo que afectan las poblaciones**

El suelo se encuentra en constante cambios donde se producen interacciones biológicas entre los organismos. La humedad es un factor muy importante para el desarrollo y actividad de los nematodos, siendo las condiciones óptimas para su desarrollo entre el 40 y 60% de la capacidad de campo en los suelos. Los nematodos dependen considerablemente de la humedad, por lo cual, al disminuir este factor en el suelo provoca la disminución considerable de las poblaciones y

solo sobreviven los huevos en condiciones totalmente negativas, debido a que falta oxígeno y aumentan las toxinas producidas por organismos anaeróbicos. Algunos nematodos que sufren este proceso son *Xiphinema americanum*, *Pratylenchus brachyurus* y *Rotylenchulus parvus* (González 2013).

El contenido de oxígeno del suelo está en íntima relación con su textura, lo cual determina la composición de especies en este. Los suelos arenosos con partículas relativamente grandes poseen altos niveles de oxígeno, lo cual es preferido por especies tales como: *Globodera rostochiensis*, *Meloidogyne hapla*, *Pratylenchus penetrans*, *P. crenatus*, *P. zaeae*, *P. vulnus*, así como representantes de los géneros *Tylenchorhynchus sp*, *Rotylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Criconemoides sp*, *Xiphinema sp*, *Longidorus sp* y *Trichodorus sp*. En suelos agrícolas con un contenido de 10-20% de arcilla, podemos encontrar poblaciones altas de *Hoplolaimus sp*, algunas especies de *Pratylenchus sp*, *Trophurus sp* y *Macrotrophurus sp* (Rivas et al. 2002).

El tipo de textura arenosa-franca es la más favorable para los nematodos y la arcillosa es lo contrario, ya que inhiben su movimiento. Ciertos géneros de nematodos fitoparásitos (*Hischmaniella sp*, *Paralongidorus sp* y *Pratylenchus sp*) se especializan en colonizar suelos pesados como los arcillosos. Sin embargo, la reproducción del nematodo *Meloidogyne incognita* es mucho mayor en suelos livianos que en suelo pesado (González 2013).

Se ha demostrado que la incorporación de materia orgánica al suelo reduce las poblaciones de nematodos fitoparásitos. Cuando la materia orgánica entra en proceso de descomposición libera sustancias que son tóxicas para muchas especies de nematodos. El proceso de descomposición se realiza en su mayor parte por microorganismos como bacterias y hongos. *Clostridium butyricum*, produce ácidos fórmico, acético, propiónico y butírico, los cuáles son tóxicos a nematodos. Durante el proceso de mineralización de la materia orgánica, las bacterias amonificadoras son responsables de la producción de amoníaco (NH<sub>3</sub>), el cual, por ser altamente tóxico para los nematodos, disminuye las poblaciones de estos en el suelo (Rivas et al. 2002).

El pH es uno de los factores que afecta en los nematodos a la disponibilidad de nutrientes a las plantas, la sobrevivencia y respuesta, el cual es afectado de manera directa por la incorporación de materia orgánica. Los nematodos pertenecientes al género *Meloidogyne* se ha demostrado que pueden sobrevivir y desarrollarse bajo valores de pH 4 y 8. *Helicotylenchus platyurus*, *Xiphinema chambersi* y *X. rivesi* son organismos que pueden desarrollarse en pH de 4.5-6.4 y en valores menores a esta cifra sus niveles poblacionales bajan considerablemente (González 2013).

Las raíces producen una serie de exudados, los cuales pueden atraer, repeler o matar algunas especies de nematodos, similarmente ocurre con las sales del suelo. Las sales de Zn y Cd inhiben la eclosión de los huevos de *Heterodera schachtii*; los cloruros e iones monovalentes disminuyen los procesos de eclosión, mientras que este proceso se ve favorecido por los cloruros e iones bivalentes; la ausencia de Cl, CaCl<sub>2</sub>, MgSO<sub>4</sub> y FeSO<sub>4</sub> reducen la supervivencia de las larvas de *Meloidogyne incognita*, mientras que la carencia de CaCl<sub>2</sub> y KCl detienen la emergencia de larvas de esta misma especie (Rivas et al. 2002).

#### **4.3.7. Importancia en el cultivo**

Los nematodos fitoparásitos inducen enfermedades en forma directa porque ocasionan agallas radicales, necrosis en raíces, deformaciones en tallos y bulbos, entre otros; e indirectamente, por las interacciones con otros agentes fitopatógenos como: hongos, bacterias y virus (Godoy et al. 2009).

Se aprecian los síntomas típicos de los nematodos en diversos cultivos agrícolas, donde ocasionan daños económicos importantes. Se estima que causan pérdidas anuales entre el 11 y 14%, aunque las interacciones de los nematodos con otros patógenos casi siempre resultan en daños mayores al originado por cada parásito en forma individual. La magnitud de las pérdidas depende fundamentalmente de las densidades de población en el suelo, la susceptibilidad del cultivo y de las condiciones ambientales (Godoy et al. 2009).

Se generan pérdidas que han podido evaluarse desde la utilización de nematicidas, que permitieron realizar ensayos de comparación entre plantas sanas y afectadas. Sus efectos son sobrestimados por los agricultores, agrónomos consultores que realizan manejo de plagas, al mezclarlos con otras causas como déficit de agua o de nutrientes, ataques de hongos, variedades incorrectas, fototoxicidad, etc (Armendáriz et al. 2015).

#### **4.4. Generalidades de la materia orgánica**

La materia orgánica se expresa en porcentaje y se refiere a la cantidad de restos orgánicos que se encuentran alterados y que por lo tanto pueden dar lugar a aumentar el contenido en nutrientes del suelo. La materia orgánica tiene una elevada capacidad de intercambio catiónico, esto es una gran capacidad para retener cationes en el suelo. Además, favorece la microestructura del suelo siendo un elemento muy positivo en la lucha contra la erosión de los suelos y en general favorece también el desarrollo de microfauna edáfica. Todos estos factores hacen que este parámetro sea muy útil para conocer de forma indirecta la fertilidad de un suelo determinado (Garrido 1994).

El contenido en materia orgánica es más elevado, en general, en los primeros centímetros del suelo (primeros 5 cm de profundidad en zonas naturales y unos 10 cm en zonas cultivadas), disminuyendo en profundidad primero drásticamente y después paulatinamente hasta llegar casi a desaparecer a los 30-60 cm según el caso (Garrido 1994).

#### **4.5. Generalidades de la textura del suelo**

La textura es una propiedad del suelo que indica la proporción de partículas que lo integran, son de diferente tamaño y están representadas por porcentaje de arena, limo y arcilla; dan propiedades físicas como la capacidad de retener agua y aire, la velocidad de absorber lluvias y cantidad de nutrientes disponibles (Muelas & Muñoz 2015).

El método del hidrómetro de Bouyoucos es una de las formas más rápidas para analizar el tamaño de las partículas del suelo (Conú & Jimenez 2014).

#### **4.6. Análisis de componentes principales**

El Análisis de Componentes Principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores serán una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí. Un aspecto clave en ACP es la interpretación de los factores, ya que ésta no viene dada a priori, sino que será deducida tras observar la relación de los factores con las variables iniciales (Terrádez 2001).

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1. Descripción del área de estudio

La investigación se realizó en tres sitios ubicados en los departamentos de Ahuachapán, La Libertad y San Vicente en El Salvador (Figura 4), donde se cultiva *Theobroma cacao*. Los tres sitios poseen una hectárea de terreno y una manzana el área de sembrado, con 640 plantas en total, cada una. Cuentan con el mismo material genético criollo, han tenido el mismo manejo agronómico y están bajo el control del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal “Enrique Álvarez Córdova” (CENTA).

Se realizaron tres muestreos en cada sitio, en diferentes épocas del año. En septiembre de 2018 fue el primero, en época lluviosa; en noviembre del mismo año se realizó el segundo, en la transición época lluviosa-seca y en enero de 2019 fue el tercero, en época seca.



Figura 4. Ubicación de los sitios muestreados, localizados en los departamentos de Ahuachapán (Sitio 1), La Libertad (Sitio 2) y San Vicente (Sitio 3); indicados con un rombo relleno de color amarillo (<https://www.google.com/maps>).

### 5.1.1. Sitio 1: Ahuachapán

Cantón Llano de La Laguna (Agencia de Extensión CENTA) (Figura 5); con las coordenadas geográficas 13° 56' 32" N y 89° 51' 27" W, altitud de 737 msnm. La temperatura varía entre 17 °C y 30 °C y rara vez baja menos de 15 °C o sube más de 32 °C (García & Zavaleta 2019). Departamento de Ahuachapán, municipio de Ahuachapán.



Figura 5. Ubicación geográfica del Sitio 1. Localización del municipio de Ahuachapán en El Salvador y localización del cantón Llano de La Laguna en Ahuachapán (<https://www.google.com/maps>).

En este sitio, se observó e identificó la diversidad de flora (Cuadro 2) asociada al cultivo de cacao y sus alrededores. Se encontraron doce familias de plantas, siendo las más predominantes: Anacardiaceae, Fabaceae y Poaceae. Según el tipo de estrato se observaron: diez arbóreos, cinco arbustivos y dos herbáceos. En total se identificaron diecisiete especies vegetales.

Cuadro 2. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 1 Ahuachapán.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de estrato
Agavaceae	<i>Agave sp.</i>	“Maguey”	Arbustivo
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	“Marañón”	Arbóreo
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	“Mango”	Arbóreo
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	“Higuerillo”	Arbustivo

Continuación del cuadro 2. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 1 Ahuachapán.

Familia	Nombre científico	Nombre común	Tipo de estrato
Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	“Almendro de río”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	“Madre cacao”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Inga paterna</i>	“Paterna”	Arbóreo
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	“Nance”	Arbóreo
Meliaceae	<i>Cedrela odorata</i>	“Cedro”	Arbóreo
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	“Plátano”	Arbustivo
Poaceae	<i>Eleusine indica</i>	“Pata de gallina”	Herbáceo
Poaceae	<i>Paspalum notatum</i>	“Gramma negra”	Herbáceo
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	“Mamoncillo”	Arbóreo
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i>	“Zapote”	Arbóreo
Solanaceae	<i>Solanum hirtum</i>	“Huevo de gato”	Arbustivo

### 5.1.2. Sitio 2: La Libertad

Cantón San Andrés (Estación Experimental CENTA) (Figura 6); con las coordenadas geográficas 13° 48' 22" N y 89° 23' 56" W, altitud de 461 msnm. La temperatura varía entre 23 °C y 33 °C y rara vez baja menos de 21 °C o sube más de 34 °C (García & Zavaleta 2019). Departamento de La Libertad, municipio de Ciudad Arce.

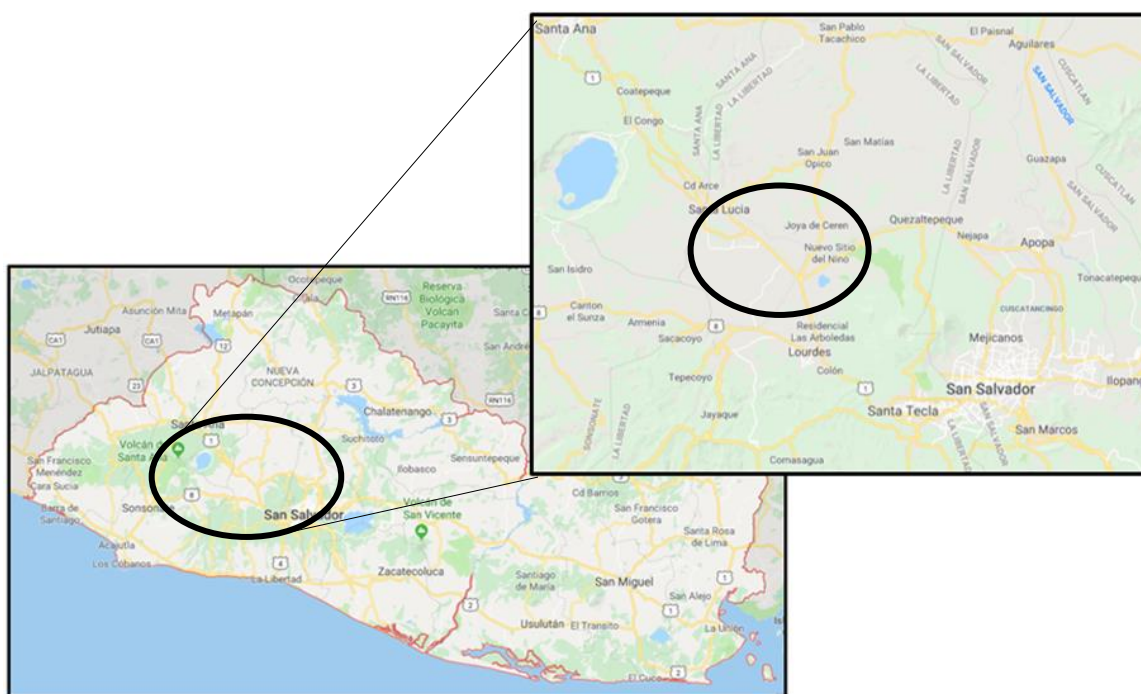


Figura 6. Ubicación geográfica del Sitio 2. Localización del municipio de Ciudad Arce en El Salvador y localización del cantón San Andrés en Ciudad Arce (<https://www.google.com/maps>).

En este sitio, se observó e identificó la diversidad de flora (Cuadro 3) asociada al cultivo de cacao y sus alrededores. Se encontraron diecisiete familias de plantas, siendo las más predominantes: Anacardiaceae, Fabaceae, Myrtaceae y Sapotaceae. Según el tipo de estrato se observaron: diecisiete arbóreos, cinco arbustivos y dos herbáceos. En total se identificaron veinticuatro especies vegetales.

Cuadro 3. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 2 La Libertad.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Tipo de estrato</b>
Anacardiaceae	<i>Anacardium occidentale</i>	“Marañón”	Arbóreo
Anacardiaceae	<i>Mangifera indica</i>	“Mango”	Arbóreo
Bignoniaceae	<i>Crescentia sp.</i>	“Morro”	Arbóreo
Boraginaceae	<i>Cordia dentata</i>	“Tihuilote”	Arbóreo
Cyperaceae	<i>Cyperus rotundus</i>	“Coyolillo”	Herbáceo
Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	“Higuerillo”	Arbustivo
Fabaceae	<i>Acacia cornigera</i>	“Izcanal”	Arbustivo
Fabaceae	<i>Andira inermis</i>	“Almendro de río”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	“Conacaste negro”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Hymenaea courbaril</i>	“Copinol”	Arbóreo
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	“Aguacate”	Arbóreo
Malpighiaceae	<i>Byrsonima crassifolia</i>	“Nance”	Arbóreo
Meliaceae	<i>Azadirachta indica</i>	“Neem”	Arbóreo
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	“Plátano”	Arbustivo
Myrtaceae	<i>Callistemon citrinus</i>	“Calistemo”	Arbóreo
Myrtaceae	<i>Psidium guajava</i>	“Guayaba”	Arbóreo
Myrtaceae	<i>Syzygium samarangense</i>	“Manzana de agua”	Arbóreo
Piperaceae	<i>Piper sp.</i>	“Piper”	Arbustivo
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	“Zacate”	Herbáceo
Sapindaceae	<i>Melicoccus bijugatus</i>	“Mamoncillo”	Arbóreo
Sapotaceae	<i>Chrysophyllum cainito</i>	“Caimito”	Arbóreo
Sapotaceae	<i>Pouteria sapota</i>	“Zapote”	Arbóreo
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	“Guarumo”	Arbóreo
Verbenaceae	<i>Lantana camara</i>	“Cinco negritos”	Arbustivo

### 5.1.3. Sitio 3: San Vicente

Cantón Santa Cruz Porrillo (Estación Experimental CENTA) (Figura 7); con las coordenadas geográficas 13° 26' 19" N y 88° 48' 08" W, altitud de 36 msnm. La temperatura varía entre 19 °C y 32 °C y rara vez baja menos de 17 °C o sube más de 34 °C (García & Zavaleta 2019). Departamento de San Vicente, municipio de Tecoluca.

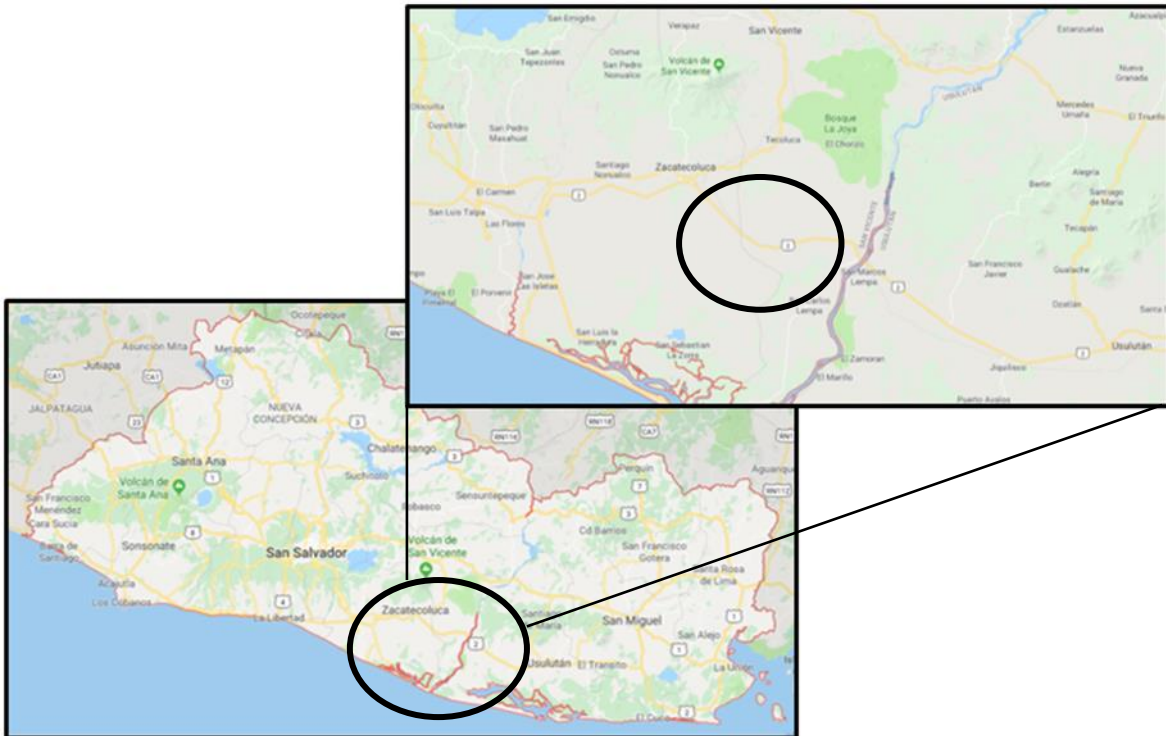


Figura 7. Ubicación geográfica del Sitio 3. Localización del municipio de Tecoluca en El Salvador y localización del cantón Santa Cruz Porrillo en Tecoluca (<https://www.google.com/maps>).

En este sitio, se observó e identificó la diversidad de flora (Cuadro 4) asociada al cultivo de cacao y sus alrededores. Se encontraron once familias de plantas, siendo la más predominante: Fabaceae. Según el tipo de estrato se observaron: diez arbóreos, tres arbustivos y un herbáceo. En total se identificaron catorce especies vegetales.

Cuadro 4. Especies vegetales asociadas al cultivo de cacao en el Sitio 3 San Vicente.

<b>Familia</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Tipo de estrato</b>
Arecaceae	<i>Cocos nucifera</i>	“Coco”	Arbóreo
Bombacaceae	<i>Ceiba pentandra</i>	“Ceiba”	Arbóreo
Boraginaceae	<i>Cordia dentata</i>	“Tihuilote”	Arbóreo
Euphorbiaceae	<i>Sapium macrocarpum</i>	“Chilamate”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Crotalaria longirostrata</i>	“Chipilín”	Arbustivo
Fabaceae	<i>Diphysa americana</i>	“Guachipilín”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Gliricidia sepium</i>	“Madre cacao”	Arbóreo
Fabaceae	<i>Inga paterna</i>	“Paterna”	Arbóreo
Lauraceae	<i>Persea americana</i>	“Aguacate”	Arbóreo
Malvaceae	<i>Guazuma ulmifolia</i>	“Caulote”	Arbóreo
Musaceae	<i>Musa paradisiaca</i>	“Plátano”	Arbustivo
Piperaceae	<i>Piper sp.</i>	“Piper”	Arbustivo
Poaceae	<i>Cynodon dactylon</i>	“Zacate”	Herbáceo
Urticaceae	<i>Cecropia peltata</i>	“Guarumo”	Arbóreo

## 5.2. Fase de campo

### 5.2.1. Diseño del muestreo

Previo al desarrollo de esta fase, se elaboró un diseño para la colecta de muestras de suelo, análisis fisicoquímico y obtención de nematodos (Guzmán & Flores 1989). Destacando que cada parcela posee la misma área de terreno, edad de las plantas y diseño estructural.

En la figura 8, se observa el plano de estructura del muestreo en zigzag para cada una de las parcelas divididas en dos subparcelas en los tres sitios que se estudiaron (Guzmán & Flores 1989).

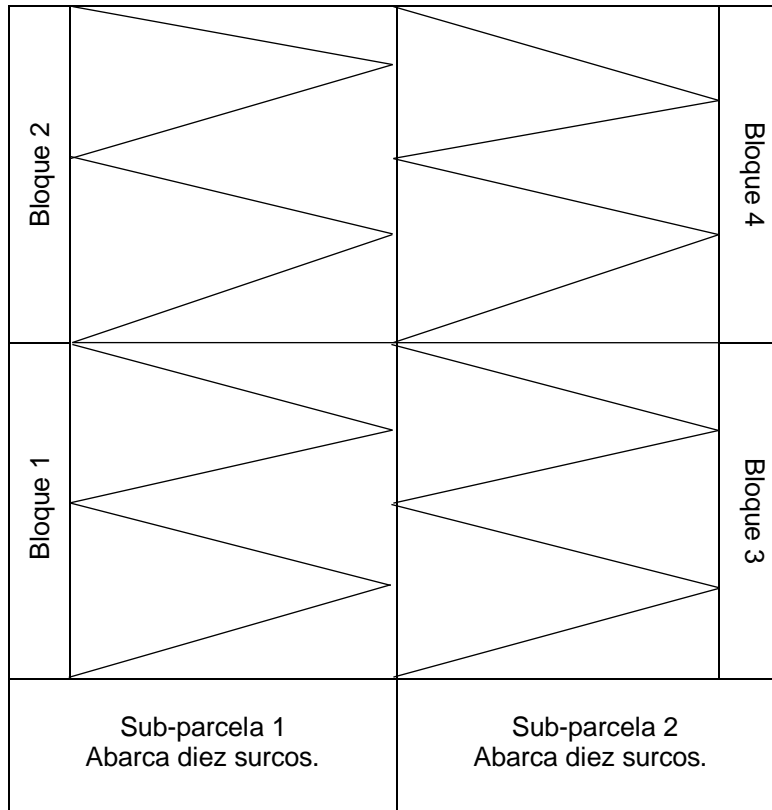


Figura 8. Diseño general de colecta de muestras para cada una de las parcelas en los tres sitios que se estudiaron (Tomado y modificado de Guzmán & Flores 1989).

En la figura 9, se representa con mayor detalle la estructuración que tienen las parcelas. Cada sub-parcela abarca 10 surcos (casillas color gris), donde están divididas por 2 bloques y cada bloque abarca 16 árboles por surco, en total son 160 árboles por bloque. Por cada bloque se colectó 1 muestra de suelo, cada muestra estuvo compuesta por 12 submuestras homogenizadas equivalentes a 12 árboles muestreados (casillas color amarillo, celeste, rosa y verde), estos árboles estaban dentro de las líneas del zig zag abarcando toda el área posible.

Las muestras contenían aproximadamente 1 kg de suelo (Guzmán & Flores 1989). Por toda la parcela se obtuvo un total de 4 muestras de suelo.

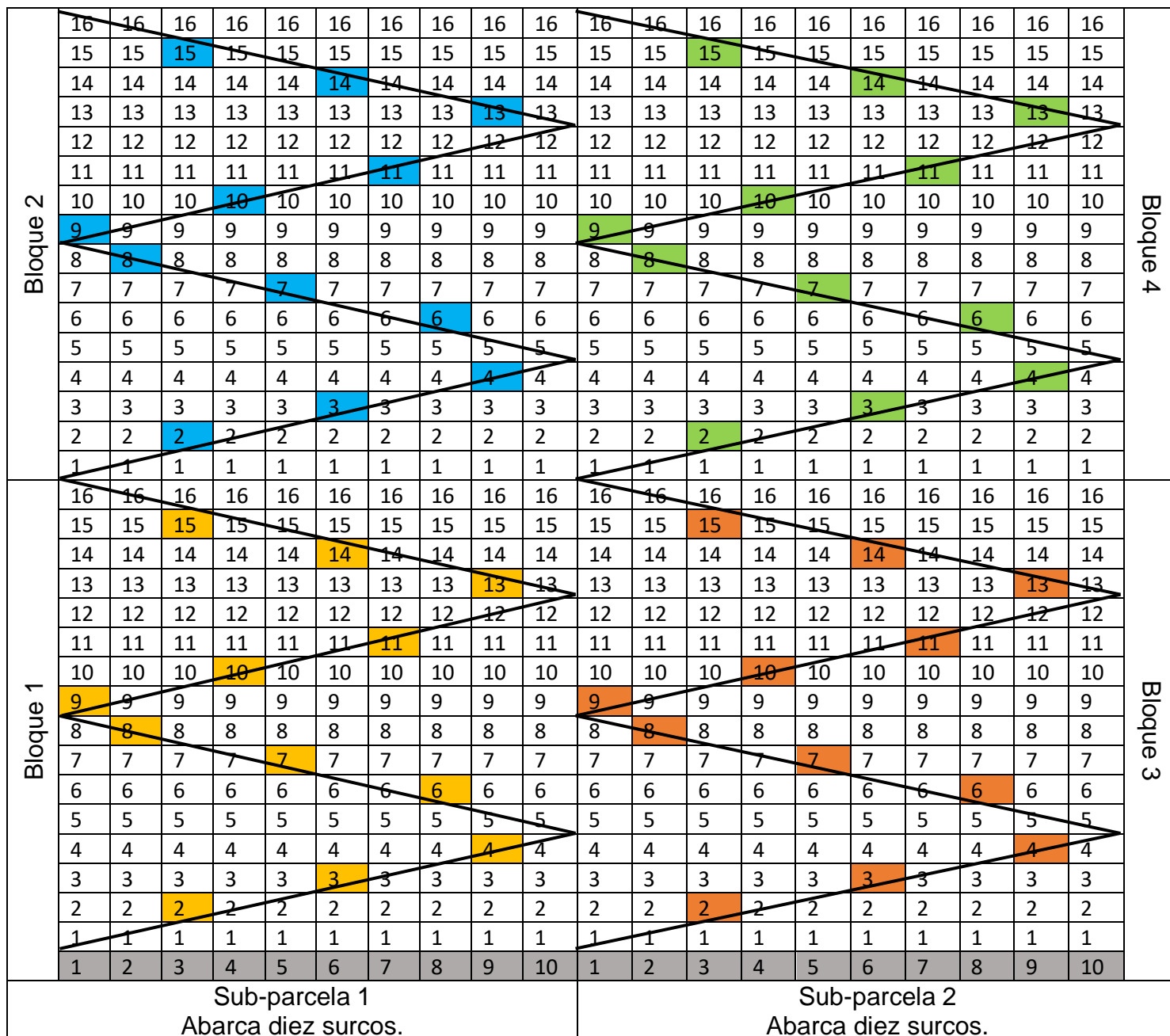


Figura 9. Diseño específico del muestreo de cada una de las parcelas. (Tomado y modificado de Guzmán & Flores 1989).

- Líneas del zigzag
- Número de surcos
- Doce submuestras (muestra 1)
- Doce submuestras (muestra 2)
- Doce submuestras (muestra 3)
- Doce submuestras (muestra 4)

### 5.2.2. Colecta de muestras

Luego de tener el diseño establecido, se procedió a coleccionar las muestras de suelo para análisis fisicoquímico y nematodos de los sitios de estudio, realizando tres muestreos por cada una de las parcelas, un muestreo cada dos meses específicamente. (Tomado y modificado de Guzmán & Flores 1989); (Piedra 2015).

Se realizó la perforación del suelo con dos palines de jardín, para la obtención de cada submuestra a unos 30 cm de distancia del tallo (Figura 10). La profundidad del orificio fue aproximadamente de 15 a 30 cm.



Figura 10. Obtención de submuestra de suelo con dos palines de jardín (Sitio 2).

La submuestra se colectó de la base del orificio con dos palines metálicos y se colocó en un balde plástico junto con el resto de las submuestras de los 12 árboles (Figura 11). En este balde se mezclaron las submuestras de los 12 árboles seleccionados (Figura 12) y se dejó alrededor de 1 kg de suelo (equivalente a una muestra), esto se colocó en una bolsa plástica (Figura 13).



Figura 11. Colocación de la submuestra de suelo en un balde de plástico (Sitio 2).



Figura 12. Homogenización de la muestra (Sitio 3).



Figura 13. Colocación de la muestra en una bolsa plástica (Sitio 3).

Después se rotuló cada bolsa con la fecha, sitio de ubicación, número de muestra y coordenadas geográficas, posteriormente se trasladaron al Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA (Figura 14).



Figura 14. Rotulación de la muestra de suelo en los sitios de estudio.

### **5.2.3. Observación de vegetación**

Al finalizar la colecta de muestras en cada uno de los sitios, se procedió a observar la flora asociada al cultivo de cacao y sus alrededores, se identificaron las especies vegetales encontradas y se anotaron en una libreta de campo.

## **5.3. Fase de laboratorio**

### **5.3.1. Ingreso de muestras**

Se ingresaron las muestras al Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA, se llenó un formulario (Anexo 1) con los datos generales de las parcelas y se le colocó a cada muestra el número de entrada, tipo de cultivo y fecha de ingreso para su posterior análisis (Figura 15).



Figura 15. Ingreso de muestras al laboratorio y llenado de formulario.

### 5.3.2. Extracción nematológica

Para la extracción de los nematodos, se homogenizó la muestra de suelo (Figura 16) y se colocó en un beaker 100 cc de ella. Posteriormente, se le agregó 100 cc de agua. Luego la solución de suelo y agua se pasó a un recipiente de plástico (huacal) con el fin de deshacer los grúmulos de suelo (Figura 17) (Cepeda 1995).



Figura 16. Homogenización de la muestra.



Figura 17. Eliminación de grúmulos de suelo de la muestra en un recipiente de plástico.

Después del paso anterior se procedió a llenar el recipiente de plástico con 1.5 litros de agua del grifo (Figura 18) y se dejó reposar la solución de suelo y agua por 30 segundos a un minuto. Al pasar este tiempo, se decantó el sobrenadante en un tamiz de 60 mesh tipo colador para eliminar restos grandes en la muestra como hojarasca y pequeñas raíces, apoyando el tamiz en un balde de plástico donde quedó el sobrenadante (Figura 19). Este paso se repitió 3 veces (Cepeda 1995).



Figura 18. Colocación de agua del grifo a la muestra, para su posterior reposo.



Figura 19. Muestra con agua del grifo en reposo, tamiz de 60 mesh sobre un balde de plástico, donde queda el sobrenadante de la muestra.

Luego se vertió el sobrenadante que quedó en el balde, en dos tamices de 325 mesh (Figura 20); posteriormente, en una taza evaporadora de vidrio rotulada con los datos de la muestra, se colocó la parte de suelo que quedó en los dos tamices haciendo uso de una pizeta (Figura 21). Luego, utilizando la misma pizeta con agua destilada, la muestra se vertió en un tubo plástico de centrifuga (Figura 22) (Cepeda 1995).



Figura 20. Decantación de la muestra en dos tamices de 325 mesh.



Figura 21. Colocación de la muestra en una taza evaporadora con ayuda de una pizeta.

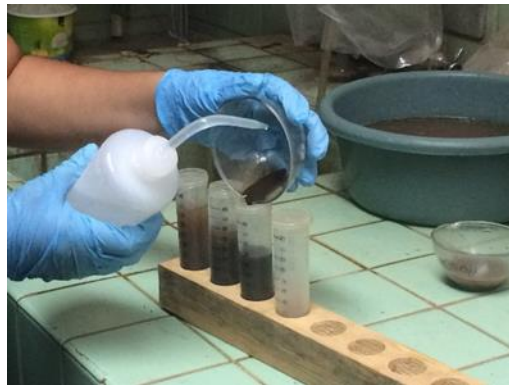


Figura 22. Colocación de la muestra en tubo de centrifuga.

### 5.3.3. Centrifugación nematológica

Los tubos con la solución de suelo y agua se llevaron a la centrífuga por 4 minutos a 3500 rpm (Figura 23). Luego se sacaron los tubos y se eliminó el sobrenadante (Figura 24) y a los precipitados que quedaron en el fondo de los tubos se les agregó 30 ml de solución azucarada (esta solución se preparó con 1 lt de agua, más 484 g de azúcar y 10 ml de formalina para evitar crecimiento de hongos) (Figura 25), se mezcló con la ayuda de un agitador de vidrio (Figura 26) y se llevaron a la centrífuga por minuto y medio a 3500 rpm (Figura 27) (Cepeda 1995).



Figura 23. Centrifugación de muestras por cuatro minutos.



Figura 24. Eliminación del sobrenadante de los tubos.



Figura 25. Agregación de solución azucarada al precipitado.



Figura 26. Mezcla del precipitado con la solución azucarada.



Figura 27. Centrifugación de muestras por minuto y medio.

Al pasar el minuto y medio de centrifugación, previamente se les agrego agua a las tazas evaporadoras de vidrio, ya que ahí se decantó el sobrenadante de los tubos con la solución azucarada (Figura 28), esto es con el fin de evitar que mientras se elimina el exceso de azúcar lavando cada muestra, los nematodos se estallen o se destruyan al absorber dicha solución. Luego, cada muestra se pasó por un tamiz de 500 mesh, enjuagándola con abundante agua para eliminar toda la solución azucarada (Figura 29) y al final lo que quedó en el tamiz se vertió a la taza evaporadora haciendo uso de una pizeta con agua destilada (Figura 30) y posteriormente se procedió a la observación de la muestra en el microscopio

estereoscopio, para verificar la presencia de nematodos (Figura 31) (Cepeda 1995).



Figura 28. Colocación del sobrenadante en tazas evaporadoras con agua.



Figura 29. Decantación de la muestra sobre tamiz de 500 mesh.



Figura 30. Colocación de la muestra en taza evaporadora.



Figura 31. Verificación de la presencia de nematodos en la muestra.

#### **5.3.4. Muerte nematológica**

Se procedió a realizar la muerte de los nematodos para su identificación y preservación; para ello, se colocó la taza evaporadora de vidrio en un hot plate midiendo la temperatura con un termómetro metálico (Figura 32) en un rango de 43 °C a 45 °C (rango en que mueren los nematodos), para evitar que los nematodos exploten por alta temperatura. Luego la muestra se vertió en un frasco de vidrio de 40 ml de capacidad viñetado con los datos de la muestra (Figura 33) y se le agregó 10 gotas de formalina pura para la preservación de los nematodos (Figura 34), según la metodología del Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA.



Figura 32. Muerte de nematodos y medición de la temperatura de la muestra.



Figura 33. Colocación de la muestra en un frasco de vidrio.



Figura 34. Agregación de formalina a la muestra.

La muestra se dejó en reposo por un tiempo mínimo de 2 horas, con la finalidad que los nematodos sedimentaran en el fondo del frasco (Figura 35). Posteriormente, se eliminó el exceso de agua, dejando 8 ml de muestra en el frasco (parámetro establecido por CENTA).



Figura 35. Muestras de nematodos en reposo.

### 5.3.5. Lectura nematológica

En esta etapa, se procedió a identificar y cuantificar los nematodos utilizando clave taxonómica (Mai & Mullin 1996) (Figura 36), anotándose los resultados en una libreta de registro específica con los posibles géneros taxonómicos encontrados (Anexo 2). Para realizar la cuantificación, se agitó el frasco tomando 1 ml de muestra y se colocó en una cámara de recuento que fué observada en un microscopio de campo claro, con los objetivos 4X y 10X, también se hizo uso de un contómetro de cinco teclas (Figura 37); cada muestra se leyó tres veces y se sacó un promedio para mejores resultados, según la metodología utilizada por el Laboratorio de Parasitología Vegetal del CENTA.



Figura 36. Uso de clave taxonómica para la identificación de nematodos.



Figura 37. Identificación y cuantificación de los nematodos en cámara de recuento al microscopio con ayuda de un contómetro.

Al terminar la lectura de las muestras, se procedió a la captura de nematodos para observar mejor las características que caracterizan a cada uno de los géneros taxonómicos encontrados, también para los géneros que se tenga duda en su identificación. Para ello, se colocó 1 ml de muestra en una siracusa (Figura 38), se observó al estereoscopio y se capturaron los nematodos con una pieza delgada de bambú seco (Figura 39). Luego se colocaron en un portaobjeto cubriéndolos con un cubreobjeto y se observaron al microscopio de campo claro al 10X y al 40X (Figura 40). Se tomaron fotografías de nematodos fitoparasitos (Anexo 3) y de vida libre (Anexo 4) con el programa Motic Plus 2.0 (Figura 41).



Figura 38. Colocación de 1 ml de muestra en una siracusa.



Figura 39. Captura de nematodos.



Figura 40. Nematodo en portaobjeto para identificarlo.

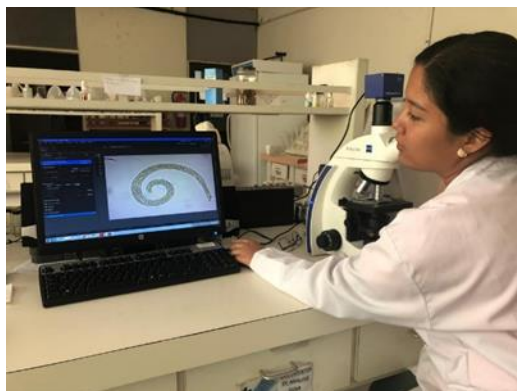


Figura 41. Toma de fotografías de nematodos.

#### **5.4. Análisis físico del suelo**

Para este análisis, en cada uno de los muestreos realizados en los tres sitios, se colectó un estimado de una libra de suelo, obtenida de las submuestras que se colectaron para nematodos y estas se llevaron al Laboratorio de Suelos del CENTA, donde se llenó una hoja de ingreso de la muestra con los datos de la parcela y se especificó el tipo de análisis deseado (Anexo 5). Se determinó porcentaje de materia orgánica por medio del método de Walkley & Black y textura del suelo por medio del método de hidrómetro de Bouyoucos.

La determinación de carbono orgánico por el método Walkley-Black, se realiza oxidando el suelo con una solución de dicromato de potasio estandarizada, utilizando el calor producido por la dilución de ácido sulfúrico concentrado, en la solución crómica. La determinación se realiza valorando por retroceso la cantidad de dicromato que no ha sido reducido por la materia orgánica, con una solución de sulfato ferroso, utilizando como indicador difenilamina, y también se determina por colorimetría, cuantificando el color verde del ácido crómico reducido a  $\lambda_{max} = 585$  nm, el cual es proporcional a la materia orgánica que reacciona. Además, se realiza la respectiva curva de calibración con patrones de sacarosa R.A. (García & Ballesteros 2005).

En la determinación de la textura del suelo por medio del método de hidrómetro de Bouyoucos, fue colocada en un cilindro alto de vidrio la muestra de suelo disperso y mezclada con agua; y una vez sedimenta, la densidad de la suspensión se puede medir con el densímetro. El tiempo que cada tamaño de partícula toma al caer, por debajo de un plano de conjunto imaginario en el cilindro puede ser medido, con las lecturas que son tomadas después de 40 segundos para medir la sedimentación de arena y después de dos horas para medir las partículas de limo (Conú & Jimenez 2014).

Análisis que se utilizan para la obtención de la textura del suelo:

Lectura corregida:

$$LC = L_{\text{real}} - L_{\text{H}_2\text{O}} \mp \text{Corrección por temperatura}$$

$$\% \text{ Arena Total} = 100 - \left( \frac{\text{Lectura corregida a los } 40'' \times 100}{\text{g masa suelo seco (MMS)}} \right)$$

$$\% \text{ Arcilla Total} = \left( \frac{\text{Lectura corregida a 2 horas} \times 100}{\text{g masa suelo seco (MMS)}} \right)$$

$$\% \text{ Limos} = 100 - (\% \text{ Arenas} + \% \text{ Arcillas})$$

Una vez calculados los porcentajes de las partículas de arcilla, limo y arena, se procede a determinar la textura que presenta la muestra de suelo para esto ubicamos cada uno de los porcentajes obtenidos en el diagrama de texturas como se muestra en la figura 42, el punto donde se cruzan las tres líneas es la textura correspondiente a la muestra analizada (Conú & Jimenez 2014).

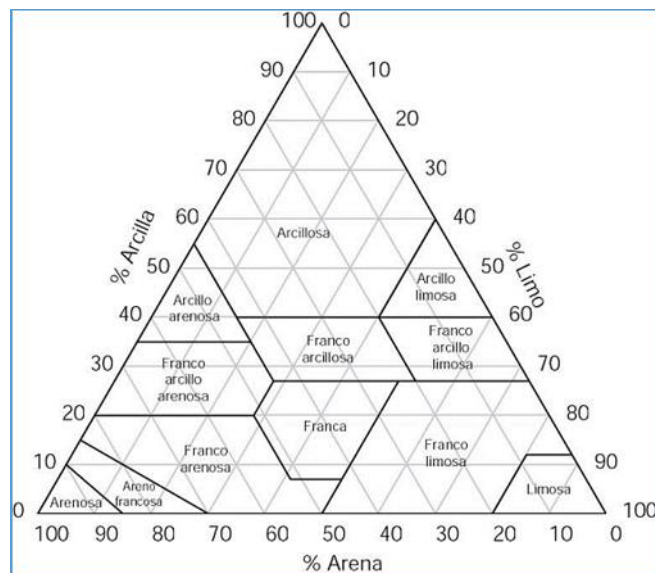


Figura 42. Diagrama textural para la muestra de suelo (Conú & Jimenez 2014).

## **5.5. Análisis estadístico**

En esta investigación se aplicó estadística descriptiva (cuadros y gráficas) para la comparación de las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre, de acuerdo a su género taxonómico y sitio de ubicación. El software que se utilizó fue Excel.

Para relacionar las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre en los tres sitios, con la materia orgánica y la textura del suelo, se utilizó el estadístico de análisis de componentes principales, usando el software Past, este software es utilizado para realizar problemas estadísticos a manera que se obtengan conclusiones apropiadas.

### **Fases de un análisis de componentes principales, según (Terrádez 2001):**

**Análisis de la matriz de correlaciones.** Un análisis de componentes principales tiene sentido si existen altas correlaciones entre las variables, ya que esto es indicativo de que existe información redundante y, por tanto, pocos factores explicarán gran parte de la variabilidad total.

**Selección de los factores.** La elección de los factores se realiza de tal forma que el primero recoja la mayor proporción posible de la variabilidad original; el segundo factor debe recoger la máxima variabilidad posible no recogida por el primero, y así sucesivamente. Del total de factores se elegirán aquéllos que recojan el porcentaje de variabilidad que se considere suficiente. A éstos se les denominará componentes principales.

**Análisis de la matriz factorial.** Una vez seleccionados los componentes principales, se representan en forma de matriz. Cada elemento de ésta representa los coeficientes factoriales de las variables (las correlaciones entre las variables y los componentes principales). La matriz tendrá tantas columnas como componentes principales y tantas filas como variables.

**Interpretación de los factores.** Para que un factor sea fácilmente interpretable debe tener las siguientes características, que son difíciles de conseguir: Los

coeficientes factoriales deben ser próximos a 1, una variable debe tener coeficientes elevados sólo con un factor y no deben existir factores con coeficientes similares.

**Cálculo de las puntuaciones factoriales.** Son las puntuaciones que tienen los componentes principales para cada caso, que nos permitirán su representación gráfica. Se calculan mediante la expresión:

$$X_{ij} = a_{i1} \cdot Z_{1j} + \dots + a_{ik} \cdot Z_{kj} = \sum_{s=1}^k a_{is} \cdot Z_{sk}$$

Los a son los coeficientes y los Z son los valores estandarizados que tienen las variables en cada uno de los sujetos de la muestra.

Al aplicar este estadístico, las poblaciones de nematodos fitoparásitos o de vida libre de cada uno de los muestreos en cada sitio estudiado, deben convertirse en porcentajes, para evitar la anormalidad de los datos. La fórmula ejemplo que se utilizó fue la siguiente:

Nº de nematodos fitoparásitos encontrados  
en el primer muestreo en Ahuachapán

\_\_\_\_\_ X 100 = % de nematodos fitoparásitos encontrados  
en el primer muestreo en Ahuachapán

Total de nematodos fitoparásitos encontrados  
en los tres muestreos en Ahuachapán

## 6. RESULTADOS

Existe una gran diversidad de nematodos fitoparásitos y de vida libre asociados al cultivo de cacao en los sitios muestreados. La mayoría patógenos importantes y con posible significancia económica en el cultivo. Asimismo, vemos como la materia orgánica y la textura del suelo de cada sitio influyen de manera diferente en las poblaciones de nematodos.

### 6.1. Identificación y comparación de poblaciones de nematodos en el primer muestreo

#### 6.1.1. Sitio 1: Ahuachapán

En Ahuachapán se identificaron géneros de nematodos, divididos en dos grandes grupos, fitoparásitos y de vida libre. Dentro de los nematodos fitoparásitos se encontraron 8 géneros, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 5,126 individuos y *Rotylenchus sp* el de menor población con 11 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 6 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Mylonchulus sp* con 139 individuos y el de menor representatividad fue *Aphelenchoides sp* con 8 individuos. La población de nematodos fitoparásitos fue de 6,592 individuos y la de vida libre de 990.

En el cuadro 5, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el primer muestreo que se realizó en Ahuachapán. En la figura 43, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 5. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de septiembre de 2018.

<b>Ahuachapán – Septiembre</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
	<b>Géneros</b>	<b>M1*</b>	<b>M2*</b>	<b>M3*</b>	<b>M4*</b>	<b>Población Total</b>
<b>Fitoparásitos</b>	<i>Criconemoides sp</i>	8	3	16	8	<b>35</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	31	0	72	147	<b>250</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	224	144	80	315	<b>763</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	0	0	8	8	<b>16</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	19	3	75	139	<b>236</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	0	0	8	3	<b>11</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	1731	1819	731	845	<b>5126</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	43	21	24	67	<b>155</b>
	<b>Total</b>	<b>2056</b>	<b>1990</b>	<b>1014</b>	<b>1532</b>	<b>6592</b>
<b>Vida Libre</b>	<i>Aphelenchus sp</i>	5	5	0	8	<b>18</b>
	<i>Aphelenchoides sp</i>	0	0	0	8	<b>8</b>
	<i>Dorylaimus sp</i>	3	8	0	16	<b>27</b>
	<i>Mononchus sp</i>	0	0	27	0	<b>27</b>
	<i>Mylonchulus sp</i>	51	5	64	19	<b>139</b>
	<i>Rabditis sp</i>	16	16	3	21	<b>56</b>
	Vida libre (Sin Identificar)	160	171	77	307	<b>715</b>
	<b>Total</b>	<b>235</b>	<b>205</b>	<b>171</b>	<b>379</b>	<b>990</b>

\*M1: Muestra 1, \*M2: Muestra 2, \*M3: Muestra 3, \*M4: Muestra 4.

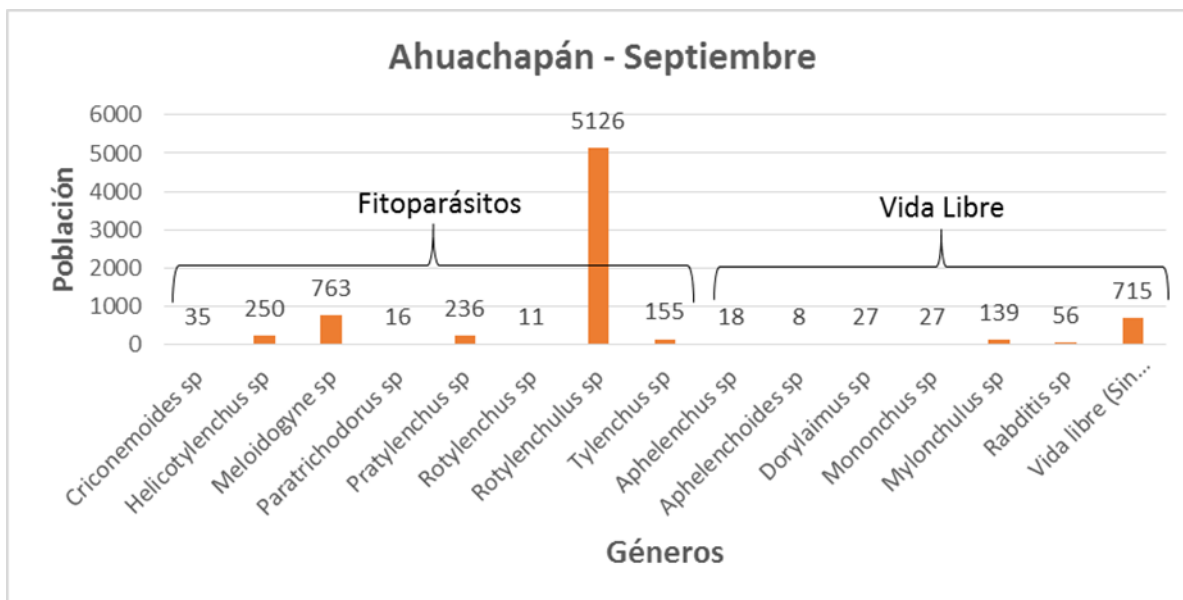


Figura 43. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de septiembre de 2018.

### 6.1.2. Sitio 2: La Libertad

En La Libertad se identificaron 10 géneros de nematodos fitoparásitos, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 3,677 individuos y *Paratylenchus sp* el de menor población con 16 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 7 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Rabditis sp* con 210 individuos y los de menor representatividad fueron *Mononchus sp* y *Mylonchulus sp* con 14 individuos cada uno. La población de nematodos fitoparásitos fue de 5,000 individuos y la de vida libre de 1,882.

En el cuadro 6, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el primer muestreo que se realizó en La Libertad. En la figura 44, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 6. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de septiembre de 2018.

<b>La Libertad – Septiembre</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
<b>Fitoparásitos</b>	<i>Criconemoides sp</i>	133	0	3	0	<b>136</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	0	0	0	155	<b>155</b>
	<i>Hemicriconemoides sp</i>	0	0	45	0	<b>45</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	35	48	64	104	<b>251</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	3	5	13	5	<b>26</b>
	<i>Paratylenchus sp</i>	8	5	0	3	<b>16</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	123	45	19	11	<b>198</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	85	48	27	61	<b>221</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	1325	739	1005	608	<b>3677</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	48	88	48	91	<b>275</b>
	<b>Total</b>	<b>1760</b>	<b>978</b>	<b>1224</b>	<b>1038</b>	<b>5000</b>
	<b>Vida Libre</b>	<i>Acrobeles sp</i>	0	3	21	0
<i>Aphelenchus sp</i>		37	3	3	5	<b>48</b>
<i>Aphelenchoides sp</i>		5	5	5	0	<b>15</b>
<i>Dorylaimus sp</i>		5	11	37	75	<b>128</b>
<i>Mononchus sp</i>		3	0	8	3	<b>14</b>
<i>Mylonchulus sp</i>		0	0	3	11	<b>14</b>
<i>Rabditis sp</i>		139	37	13	21	<b>210</b>
Vida libre (Sin Identificar)		421	528	205	275	<b>1429</b>
<b>Total</b>		<b>610</b>	<b>587</b>	<b>295</b>	<b>390</b>	<b>1882</b>

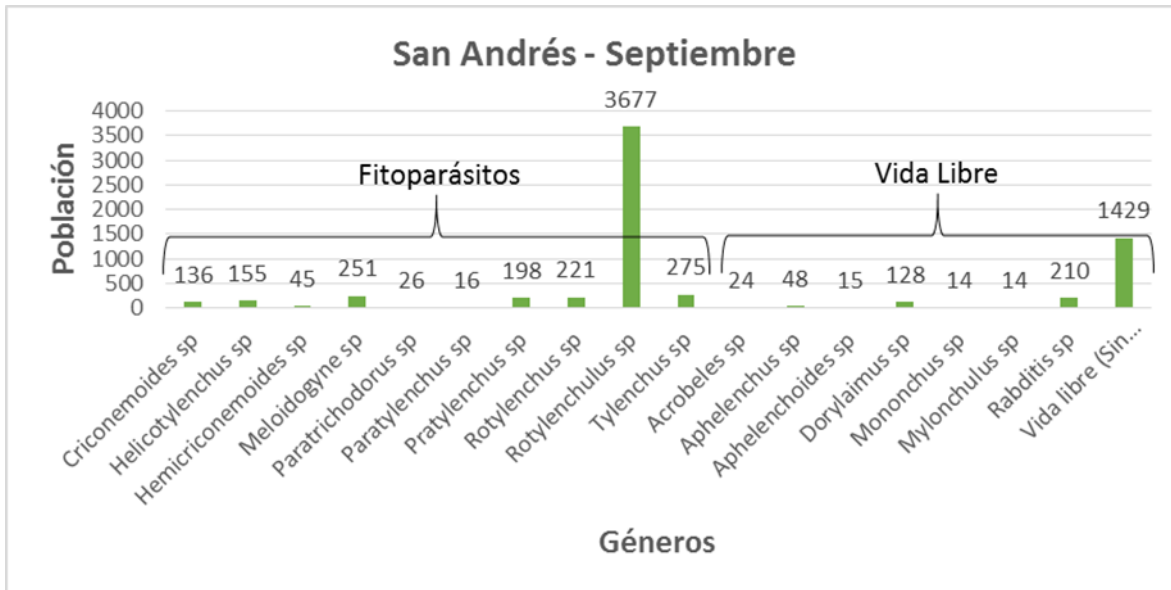


Figura 44. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de septiembre de 2018.

### 6.1.3. Sitio 3: San Vicente

En San Vicente se identificaron 12 géneros de nematodos fitoparásitos, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 346 individuos y *Trichodorus sp* el de menor población con 6 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 6 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Mylonchulus sp* con 74 individuos y el de menor representatividad fue *Mononchus sp* con 6 individuos. La población de nematodos fitoparásitos fue de 1388 individuos y la de vida libre de 491.

En el cuadro 7, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el primer muestreo que se realizó en San Vicente. En la figura 45, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 7. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de septiembre de 2018.

<b>San Vicente – Septiembre</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
<b>Fitoparásitos</b>	<i>Criconemoides sp</i>	269	5	8	27	<b>309</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	11	3	13	0	<b>27</b>
	<i>Hemicycliophora sp</i>	0	8	0	0	<b>8</b>
	<i>Hemicriconemoides sp</i>	72	19	64	8	<b>163</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	11	43	19	45	<b>118</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	8	13	11	11	<b>43</b>
	<i>Paratylenchus sp</i>	0	0	16	3	<b>19</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	3	43	29	88	<b>163</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	0	24	5	0	<b>29</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	29	123	93	101	<b>346</b>
	<i>Trichodorus sp</i>	3	0	0	3	<b>6</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	16	32	72	37	<b>157</b>
	<b>Total</b>	<b>422</b>	<b>313</b>	<b>330</b>	<b>323</b>	<b>1388</b>
<b>Vida Libre</b>	<i>Aphelenchus sp</i>	11	8	8	24	<b>51</b>
	<i>Aphelenchoides sp</i>	0	3	0	5	<b>8</b>
	<i>Dorylaimus sp</i>	5	3	3	0	<b>11</b>
	<i>Mononchus sp</i>	3	3	0	0	<b>6</b>
	<i>Mylonchulus sp</i>	13	24	13	24	<b>74</b>
	<i>Rabditis sp</i>	0	13	0	19	<b>32</b>
	Vida libre (Sin Identificar)	96	80	93	40	<b>309</b>
	<b>Total</b>	<b>128</b>	<b>134</b>	<b>117</b>	<b>112</b>	<b>491</b>

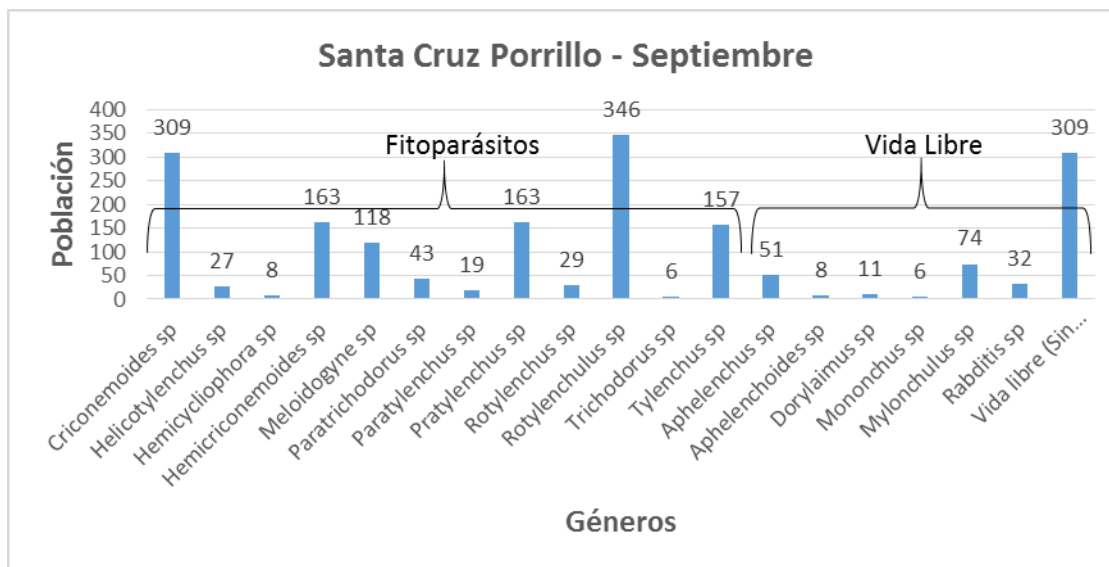


Figura 45. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de septiembre de 2018.

#### 6.1.4. Comparación de poblaciones de nematodos por género taxonómico y por sitio de ubicación del primer muestreo

En los tres sitios, en el mes de septiembre, se identificaron un total de 12 géneros de nematodos fitoparásitos y 7 de vida libre.

Se observó coincidencia de algunos géneros en los tres sitios, ocho géneros de nematodos fitoparásitos y seis de vida libre, los más representativos fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp*, *Dorylaimus sp*, *Mylonchulus sp* y *Rabbittis sp*.

El cuadro 8, es un cuadro comparativo, entre los tres sitios, en el mes de septiembre, para observar la diferencia de poblaciones entre los géneros encontrados. En la figura 46, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género en los tres sitios muestreados.

Cuadro 8. Población de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de septiembre de 2018.

<b>Géneros (Fitoparásitos)</b>	<b>Ahuachapán</b>	<b>La Libertad</b>	<b>San Vicente</b>
<i>Criconemoides sp*</i>	35	136	309
<i>Helicotylechus sp*</i>	250	155	27
<i>Hemicycliophora sp</i>	0	0	8
<i>Hemicriconemoides sp</i>	0	45	163
<i>Meloidogyne sp*</i>	763	251	118
<i>Paratrichodorus sp*</i>	16	26	43
<i>Paratylenchus sp</i>	0	16	19
<i>Pratylenchus sp*</i>	236	198	163
<i>Rotylenchus sp*</i>	11	221	29
<i>Rotylenchulus sp*</i>	5126	3677	346
<i>Trichodorus sp</i>	0	0	6
<i>Tylenchus sp*</i>	155	275	157
<b>Total</b>	<b>6592</b>	<b>5000</b>	<b>1388</b>
<b>Géneros (Vida Libre)</b>	<b>Ahuachapán</b>	<b>La Libertad</b>	<b>San Vicente</b>
<i>Acrobeles sp</i>	0	24	0
<i>Aphelenchus sp*</i>	18	48	51
<i>Aphelenchoides sp*</i>	8	15	8
<i>Dorylaimus sp*</i>	27	128	11
<i>Mononchus sp*</i>	27	14	6
<i>Mylonchulus sp*</i>	139	14	74
<i>Rabditis sp*</i>	56	210	32
Vida libre (Sin Identificar)	715	1429	309
<b>Total</b>	<b>990</b>	<b>1882</b>	<b>491</b>

- Géneros con asterisco (\*) presentes en los tres sitios.
- Géneros de mayor representatividad sombreados de color amarillo.

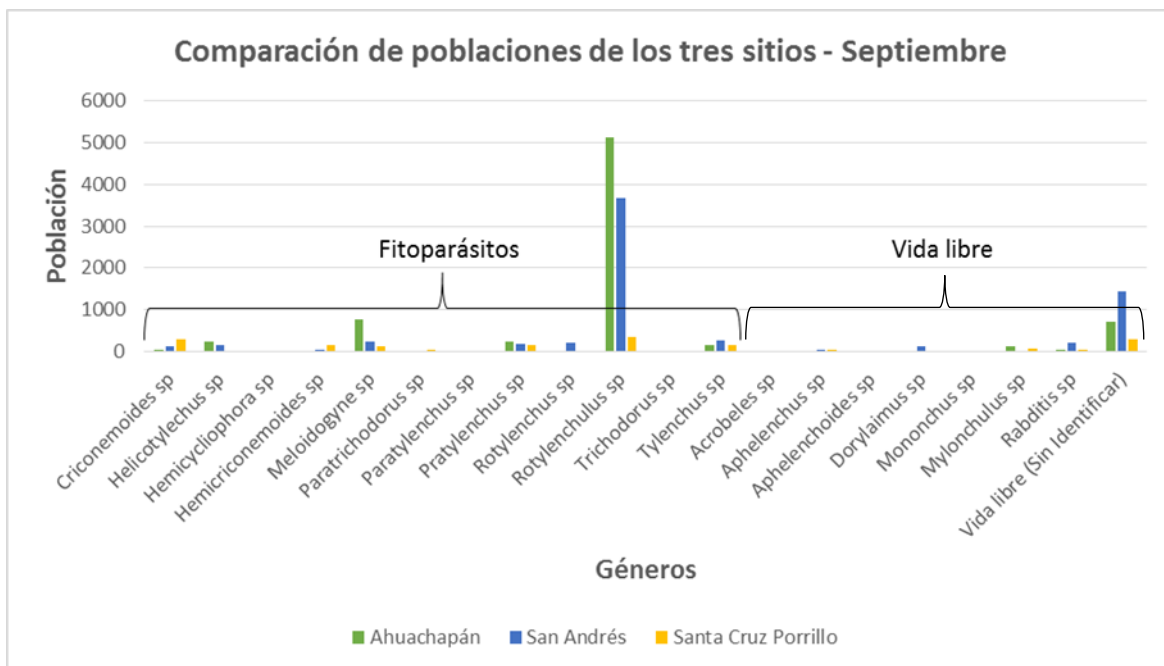


Figura 46. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de septiembre de 2018.

## 6.2. Identificación y comparación de poblaciones de nematodos en el segundo muestreo

### 6.2.1. Sitio 1: Ahuachapán

En Ahuachapán se identificaron géneros de nematodos, divididos en dos grandes grupos, fitoparásitos y de vida libre. Dentro de los nematodos fitoparásitos se encontraron 8 géneros, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 11,372 individuos y *Paratrichodorus sp* el de menor población con 9 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 6 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Rabditis sp* con 326 individuos y el de menor representatividad fue *Acrobeles sp* con 3 individuos. La población de nematodos fitoparásitos fue de 15,711 individuos y la de vida libre de 4,241.

En el cuadro 9, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el segundo muestreo que se realizó en Ahuachapán. En la figura 47, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 9. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de noviembre de 2018.

<b>Ahuachapán – Noviembre</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
<b>Fitoparásitos</b>	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
	<i>Criconemoides sp</i>	21	0	67	13	<b>101</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	3	16	115	144	<b>278</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	307	525	912	1853	<b>3597</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	3	3	3	0	<b>9</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	0	5	32	5	<b>42</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	0	11	53	85	<b>149</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	1357	1509	3101	5405	<b>11372</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	48	59	27	29	<b>163</b>
	<b>Total</b>	<b>1739</b>	<b>2128</b>	<b>4310</b>	<b>7534</b>	<b>15711</b>
<b>Vida Libre</b>	<i>Acrobeles sp</i>	0	3	0	0	<b>3</b>
	<i>Aphelenchus sp</i>	11	64	8	8	<b>91</b>
	<i>Aphelenchoides sp</i>	8	24	24	13	<b>69</b>
	<i>Dorylaimus sp</i>	16	48	37	77	<b>178</b>
	<i>Mylonchulus sp</i>	48	16	19	19	<b>102</b>
	<i>Rabditis sp</i>	67	51	128	80	<b>326</b>
	Vida libre (Sin Identificar)	267	272	1827	1106	<b>3472</b>
	<b>Total</b>	<b>417</b>	<b>478</b>	<b>2043</b>	<b>1303</b>	<b>4241</b>

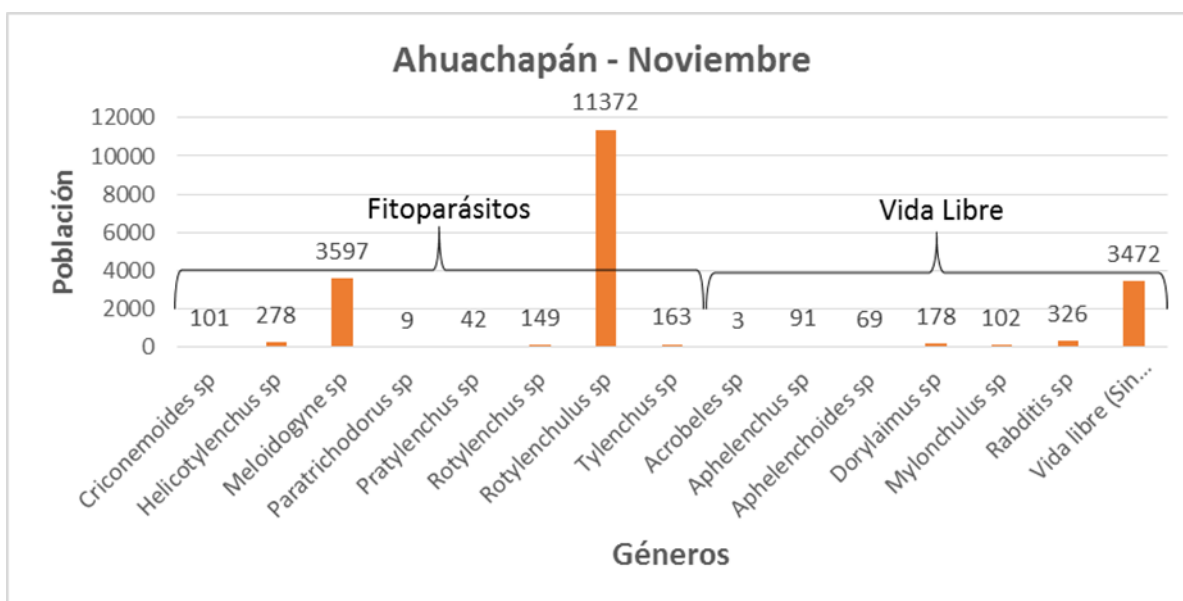


Figura 47. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de noviembre de 2018.

### 6.2.2. Sitio 2: La Libertad

En La Libertad se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 3,144 individuos y *Hemicycliophora sp*, *Trophurus sp* y *Xiphinema sp* los de menor población con 3 individuos cada uno. En los nematodos de vida libre se encontraron 6 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Dorylaimus sp* con 173 individuos y el de menor representatividad fue *Aphelenchoides sp* con 5 individuos. La población de nematodos fitoparásitos fue de 4,527 individuos y la de vida libre de 888.

En el cuadro 10, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el segundo muestreo que se realizó en La Libertad. En la figura 48, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 10. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de noviembre de 2018.

<b>La Libertad – Noviembre</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
<b>Fitoparásitos</b>	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
	<i>Criconemoides sp</i>	104	0	45	0	<b>149</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	72	53	0	149	<b>274</b>
	<i>Hemicriconemoides sp</i>	0	0	336	0	<b>336</b>
	<i>Hemicycliophora sp</i>	0	3	0	0	<b>3</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	29	32	35	248	<b>344</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	3	0	5	5	<b>13</b>
	<i>Paratylenchus sp</i>	3	48	0	61	<b>112</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	5	3	0	0	<b>8</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	21	0	0	8	<b>29</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	443	576	1397	728	<b>3144</b>
	<i>Trophurus sp</i>	3	0	0	0	<b>3</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	29	8	37	35	<b>109</b>
	<i>Xiphinema sp</i>	0	0	3	0	<b>3</b>
<b>Total</b>	<b>712</b>	<b>723</b>	<b>1858</b>	<b>1234</b>	<b>4527</b>	

Continuación del cuadro 10. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de noviembre de 2018.

La Libertad – Noviembre						
(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)						
Vida Libre	Géneros	M1	M2	M3	M4	Población Total
	<i>Acrobeles sp</i>	0	11	5	5	21
	<i>Aphelenchus sp</i>	8	0	16	0	24
	<i>Aphelenchoides sp</i>	5	0	0	0	5
	<i>Dorylaimus sp</i>	21	3	29	120	173
	<i>Mylonchulus sp</i>	0	0	8	3	11
	<i>Rabditis sp</i>	43	16	16	24	99
	Vida libre (Sin Identificar)	53	99	288	115	555
<b>Total</b>	<b>130</b>	<b>129</b>	<b>362</b>	<b>267</b>	<b>888</b>	

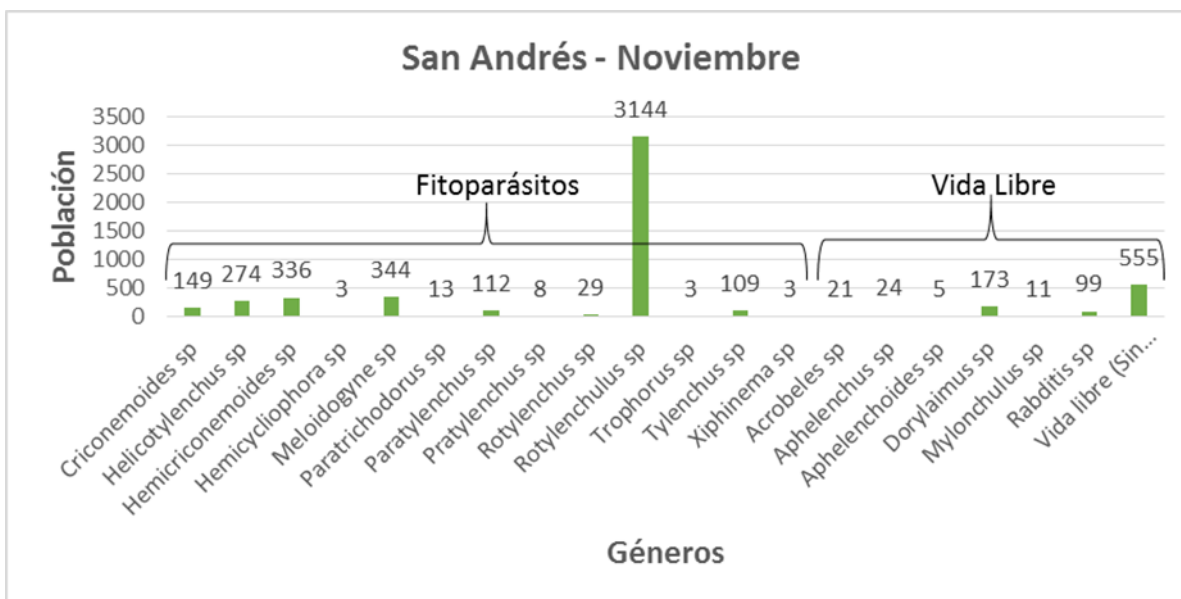


Figura 48. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de noviembre de 2018.

### 6.2.3. Sitio 3: San Vicente

En San Vicente se identificaron 10 géneros de nematodos fitoparásitos, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 590 individuos y *Paratrichodorus sp* el de menor población con 24 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 7 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Rabditis sp* con 39 individuos y el de menor representatividad fue *Acrobeles sp* con 3 individuos. La

población de nematodos fitoparásitos fue de 2,046 individuos y la de vida libre de 465.

En el cuadro 11, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el segundo muestreo que se realizó en San Vicente. En la figura 49, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 11. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de noviembre de 2018.

<b>San Vicente – Noviembre</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
<b>Fitoparásitos</b>	<i>Criconemoides sp</i>	93	8	16	43	<b>160</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	16	35	0	3	<b>54</b>
	<i>Hemicriconemoides sp</i>	288	16	115	21	<b>440</b>
	<i>Hemicycliophora sp</i>	32	13	3	19	<b>67</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	32	19	11	35	<b>97</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	5	11	8	0	<b>24</b>
	<i>Paratylenchus sp</i>	0	0	24	139	<b>163</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	19	91	93	152	<b>355</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	107	147	179	157	<b>590</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	29	27	21	19	<b>96</b>
	<b>Total</b>	<b>621</b>	<b>367</b>	<b>470</b>	<b>588</b>	<b>2046</b>
	<b>Vida Libre</b>	<i>Acrobeles sp</i>	0	0	0	3
<i>Aphelenchus sp</i>		5	13	3	5	<b>26</b>
<i>Aphelenchoides sp</i>		0	11	3	0	<b>14</b>
<i>Dorylaimus sp</i>		0	5	0	0	<b>5</b>
<i>Mononchus sp</i>		0	0	0	5	<b>5</b>
<i>Mylonchulus sp</i>		5	5	0	8	<b>18</b>
<i>Rabditis sp</i>		5	13	0	21	<b>39</b>
Vida libre (Sin Identificar)		37	112	59	147	<b>355</b>
<b>Total</b>		<b>52</b>	<b>159</b>	<b>65</b>	<b>189</b>	<b>465</b>

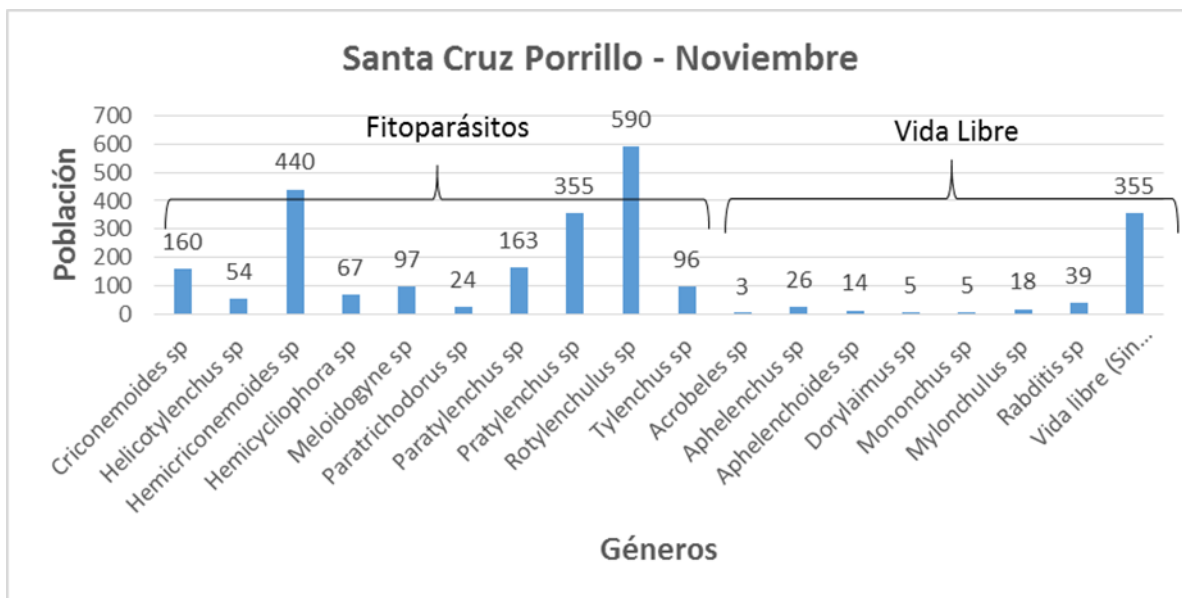


Figura 49. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de noviembre de 2018.

#### 6.2.4. Comparación de poblaciones de nematodos por género taxonómico y por sitio de ubicación del segundo muestreo

En los tres sitios, en el mes de noviembre, se identificaron un total de 13 géneros de nematodos fitoparásitos y 7 de vida libre.

Se observó coincidencia de algunos géneros en los tres sitios, siete nematodos fitoparásitos y seis de vida libre, los más representativos fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp*, *Dorylaimus sp*, *Mylonchulus sp* y *Rabditis sp*.

El cuadro 12, es un cuadro comparativo, entre los tres sitios, en el mes de noviembre, para observar la diferencia de poblaciones entre los géneros encontrados. En la figura 50, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género en los tres sitios muestreados.

Cuadro 12. Población de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de noviembre de 2018.

<b>Géneros (Fitoparásitos)</b>	<b>Ahuachapán</b>	<b>La Libertad</b>	<b>San Vicente</b>
<i>Criconemoides sp*</i>	101	149	160
<i>Helicotylechus sp*</i>	278	274	54
<i>Hemicriconemoides sp</i>	0	336	440
<i>Hemicycliophora sp</i>	0	3	67
<i>Meloidogyne sp*</i>	3597	344	97
<i>Paratrichodorus sp*</i>	9	13	24
<i>Paratylenchus sp</i>	0	112	163
<i>Pratylenchus sp*</i>	42	8	355
<i>Rotylenchus sp</i>	149	29	0
<i>Rotylenchulus sp*</i>	11372	3144	590
<i>Trophurus sp</i>	0	3	0
<i>Tylenchus sp*</i>	163	109	96
<i>Xiphinema sp</i>	0	3	0
<b>Total</b>	<b>15711</b>	<b>4527</b>	<b>2046</b>
<b>Géneros (Vida Libre)</b>	<b>Ahuachapán</b>	<b>La Libertad</b>	<b>San Vicente</b>
<i>Acrobeles sp*</i>	3	21	3
<i>Aphelenchus sp*</i>	91	24	26
<i>Aphelenchoides sp*</i>	69	5	14
<i>Dorylaimus sp*</i>	178	173	5
<i>Mononchus sp</i>	0	0	5
<i>Mylonchulus sp*</i>	102	11	18
<i>Rabditis sp*</i>	326	99	39
Vida libre (Sin Identificar)	3472	555	355
<b>Total</b>	<b>4241</b>	<b>888</b>	<b>465</b>

- Géneros con asterisco (\*) presentes en los tres sitios.
- Géneros de mayor representatividad sombreados de color amarillo.

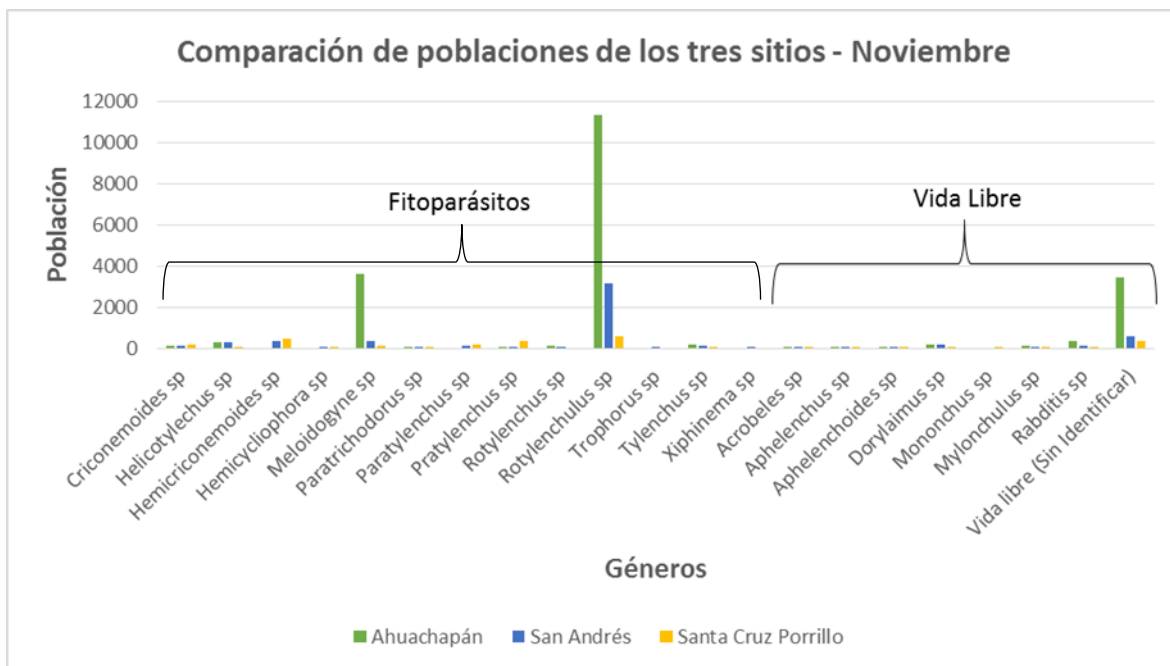


Figura 50. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de noviembre de 2018.

### 6.3. Identificación y comparación de poblaciones de nematodos en el tercer muestreo

#### 6.3.1. Sitio 1: Ahuachapán

En Ahuachapán se identificaron géneros de nematodos, divididos en dos grandes grupos, fitoparásitos y de vida libre. Dentro de los nematodos fitoparásitos se encontraron 9 géneros, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 7,861 individuos y *Paratrichodorus sp* el de menor población con 5 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 5 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Dorylaimus sp* con 122 individuos y el de menor representatividad fue *Aphelenchus sp* con 11 individuos. La población de nematodos fitoparásitos fue de 9,924 individuos y la de vida libre de 921.

En el cuadro 13, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el tercer muestreo que se realizó en Ahuachapán. En la figura 51, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 13. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de enero de 2019.

<b>Ahuachapán – Enero</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
<b>Fitoparásitos</b>	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
	<i>Criconemoides sp</i>	59	16	16	11	<b>102</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	83	77	59	93	<b>312</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	331	672	253	197	<b>1453</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	0	5	0	0	<b>5</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	0	0	11	5	<b>16</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	0	45	27	37	<b>109</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	2365	1437	1107	2952	<b>7861</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	3	43	11	3	<b>60</b>
	<i>Xiphinema sp</i>	0	3	0	3	<b>6</b>
	<b>Total</b>	<b>2841</b>	<b>2298</b>	<b>1484</b>	<b>3301</b>	<b>9924</b>
<b>Vida Libre</b>	<i>Aphelenchus sp</i>	3	5	3	0	<b>11</b>
	<i>Aphelenchoides sp</i>	3	11	0	5	<b>19</b>
	<i>Dorylaimus sp</i>	5	45	37	35	<b>122</b>
	<i>Mylonchulus sp</i>	5	19	3	13	<b>40</b>
	<i>Rabditis sp</i>	3	11	24	53	<b>91</b>
	Vida libre (Sin Identificar)	152	155	240	91	<b>638</b>
	<b>Total</b>	<b>171</b>	<b>246</b>	<b>307</b>	<b>197</b>	<b>921</b>

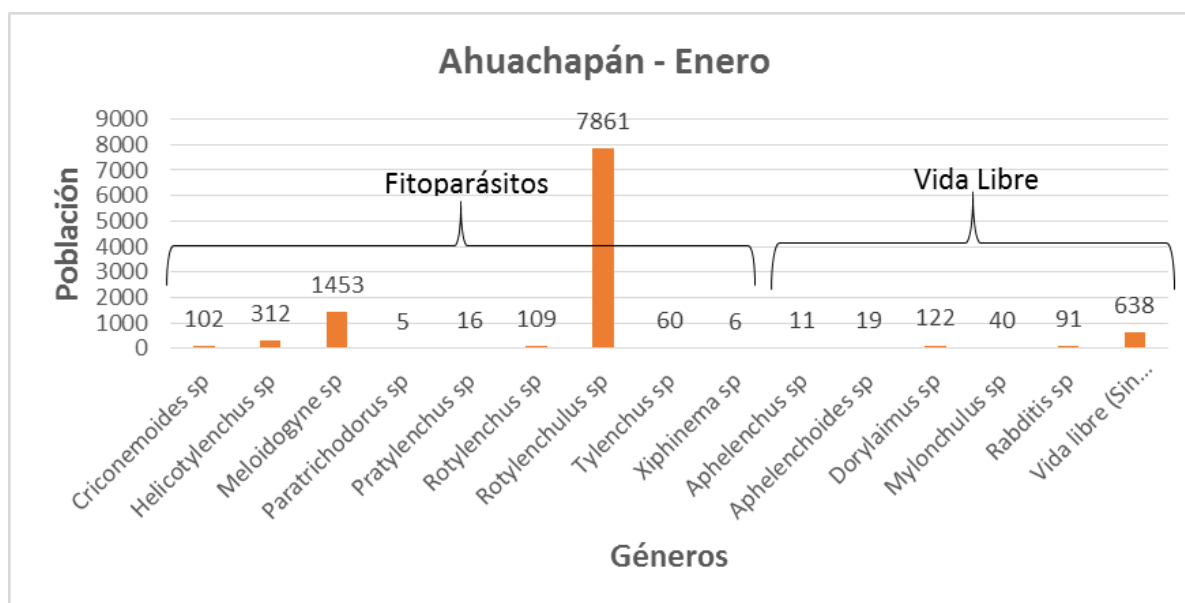


Figura 51. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán en el mes de enero de 2019.

### 6.3.2. Sitio 2: La Libertad

En La Libertad se identificaron 11 géneros de nematodos fitoparásitos, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 2,253 individuos y *Paratrichodorus sp* el de menor población con 8 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 6 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Rabditis sp* con 65 individuos y los de menor representatividad fueron *Aphelenchoides sp* y *Mononchus sp* con 8 individuos cada uno. La población de nematodos fitoparásitos fue de 2,992 individuos y la de vida libre de 420.

En el cuadro 14, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el tercer muestreo que se realizó en La Libertad. En la figura 52, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 14. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de enero de 2019.

<b>La Libertad – Enero</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
<b>Fitoparásitos</b>	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
	<i>Criconemoides sp</i>	53	45	13	0	<b>111</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	19	85	0	37	<b>141</b>
	<i>Hemicriconemoides sp</i>	0	0	53	0	<b>53</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	51	91	27	64	<b>233</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	0	5	0	3	<b>8</b>
	<i>Paratylenchus sp</i>	3	56	0	0	<b>59</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	3	8	0	0	<b>11</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	0	5	0	19	<b>24</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	653	789	608	203	<b>2253</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	8	37	13	27	<b>85</b>
	<i>Xiphinema sp</i>	3	3	8	0	<b>14</b>
	<b>Total</b>	<b>793</b>	<b>1124</b>	<b>722</b>	<b>353</b>	<b>2992</b>

Continuación del cuadro 14. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de enero de 2019.

<b>La Libertad – Enero</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
<b>Vida Libre</b>	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
	<i>Acrobeles sp</i>	0	8	0	13	<b>21</b>
	<i>Aphelenchus sp</i>	5	5	0	19	<b>29</b>
	<i>Aphelenchoides sp</i>	0	5	3	0	<b>8</b>
	<i>Dorylaimus sp</i>	11	27	0	0	<b>38</b>
	<i>Mononchus sp</i>	5	3	0	0	<b>8</b>
	<i>Rabditis sp</i>	43	11	11	0	<b>65</b>
	Vida libre (Sin Identificar)	80	112	32	27	<b>251</b>
	<b>Total</b>	<b>144</b>	<b>171</b>	<b>46</b>	<b>59</b>	<b>420</b>

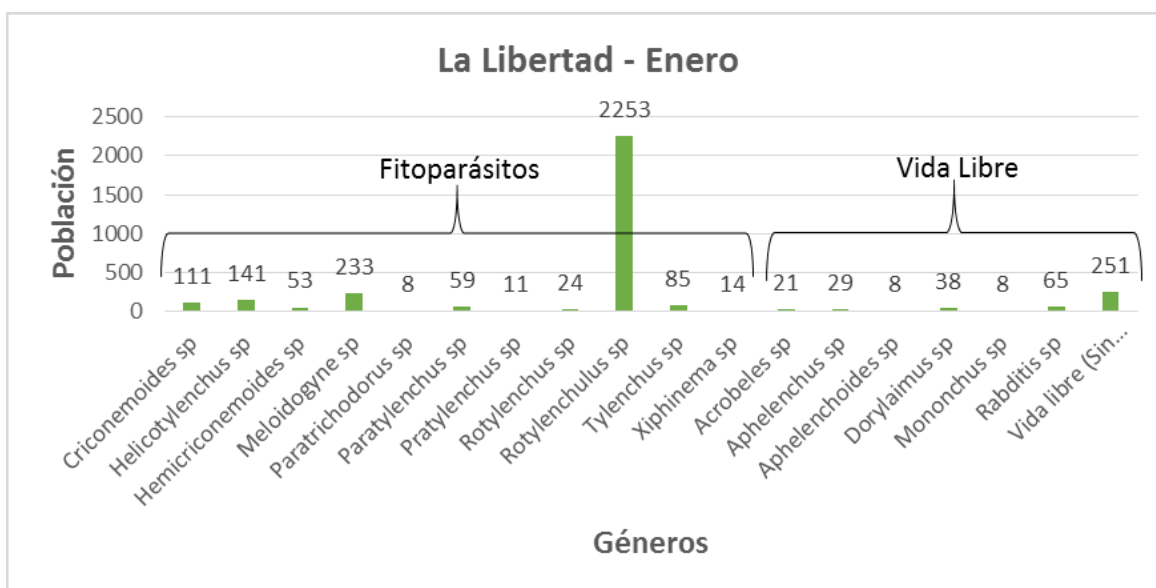


Figura 52. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad en el mes de enero de 2019.

### 6.3.3. Sitio 3: San Vicente

En San Vicente se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos, siendo *Rotylenchulus sp* el de mayor población con 315 individuos y *Trichodorus sp* el de menor población con 3 individuos. En los nematodos de vida libre se encontraron 6 géneros, el que tuvo mayor representatividad fue *Rabditis sp* con 85 individuos y

el de menor representatividad fue *Mylonchulus sp* con 12 individuos. La población de nematodos fitoparásitos fue de 1,416 individuos y la de vida libre de 614.

En el cuadro 15, se muestran los géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el tercer muestreo que se realizó en San Vicente. En la figura 53, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género encontrado.

Cuadro 15. Géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de enero de 2019.

<b>San Vicente – Enero</b>						
<b>(Número de nematodos por 100 cc de suelo de cada muestra)</b>						
	<b>Géneros</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>Población Total</b>
<b>Fitoparásitos</b>	<i>Criconemoides sp</i>	147	0	3	0	<b>150</b>
	<i>Helicotylenchus sp</i>	27	3	0	3	<b>33</b>
	<i>Hemicriconemoides sp</i>	125	19	125	8	<b>277</b>
	<i>Hemicycliophora sp</i>	16	19	24	0	<b>59</b>
	<i>Meloidogyne sp</i>	61	16	0	0	<b>77</b>
	<i>Paratrichodorus sp</i>	0	0	0	11	<b>11</b>
	<i>Paratylenchus sp</i>	5	19	13	19	<b>56</b>
	<i>Pratylenchus sp</i>	56	56	112	83	<b>307</b>
	<i>Rotylenchus sp</i>	8	0	0	0	<b>8</b>
	<i>Rotylenchulus sp</i>	72	80	104	59	<b>315</b>
	<i>Trichodorus sp</i>	3	0	0	0	<b>3</b>
	<i>Tylenchus sp</i>	19	37	37	21	<b>114</b>
	<i>Xiphinema sp</i>	3	3	0	0	<b>6</b>
	<b>Total</b>	<b>542</b>	<b>252</b>	<b>418</b>	<b>204</b>	<b>1416</b>
<b>Vida Libre</b>	<i>Acrobeles sp</i>	21	0	0	0	<b>21</b>
	<i>Aphelenchus sp</i>	0	24	5	11	<b>40</b>
	<i>Aphelenchoides sp</i>	3	11	8	3	<b>25</b>
	<i>Dorylaimus sp</i>	32	5	0	0	<b>37</b>
	<i>Mylonchulus sp</i>	3	3	3	3	<b>12</b>
	<i>Rabditis sp</i>	8	48	24	5	<b>85</b>
	Vida libre (Sin Identificar)	77	133	120	64	<b>394</b>
	<b>Total</b>	<b>144</b>	<b>224</b>	<b>160</b>	<b>86</b>	<b>614</b>

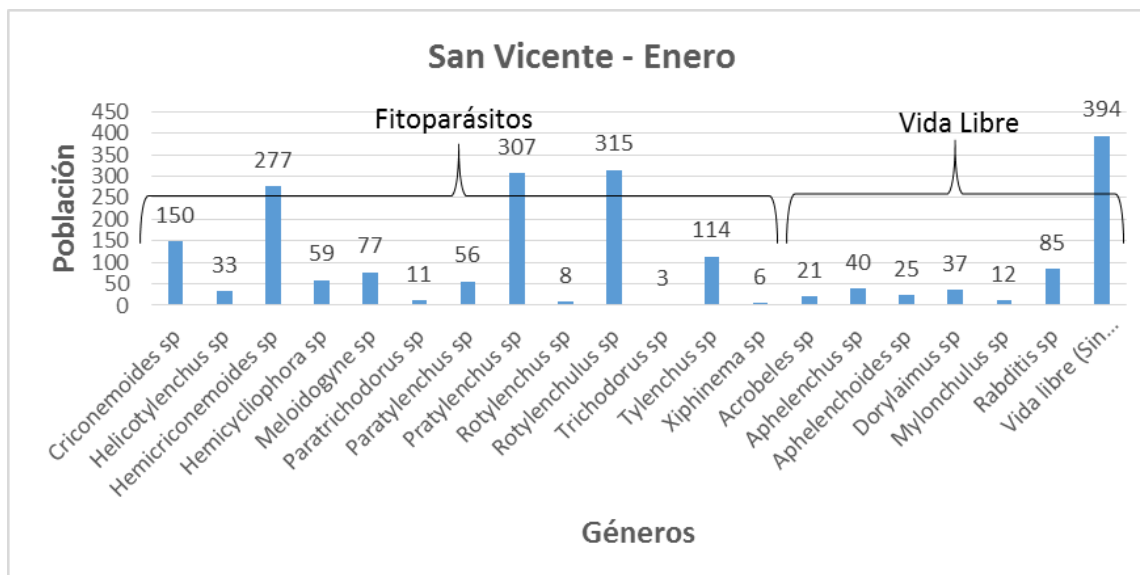


Figura 53. Poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente en el mes de enero de 2019.

#### 6.3.4. Comparación de poblaciones de nematodos por género taxonómico y por sitio de ubicación del tercer muestreo

En los tres sitios, en el mes de enero, se identificaron un total de 13 géneros de nematodos fitoparásitos y 7 de vida libre.

Se observó coincidencia de algunos géneros en los tres sitios, nueve nematodos fitoparásitos y cuatro de vida libre, los más representativos fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp*, *Dorylaimus sp*, y *Rabditis sp*.

El cuadro 16, es un cuadro comparativo, entre los tres sitios, en el mes de enero, para observar la diferencia de poblaciones entre los géneros encontrados. En la figura 54, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género en los tres sitios muestreados.

Cuadro 16. Población de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de enero de 2019.

<b>Géneros (Fitoparásitos)</b>	<b>Ahuachapán</b>	<b>La Libertad</b>	<b>San Vicente</b>
<i>Criconemoides sp*</i>	102	111	150
<i>Helicotylechus sp*</i>	312	141	33
<i>Hemicriconemoides sp</i>	0	53	277
<i>Hemicycliophora sp</i>	0	0	59
<i>Meloidogyne sp*</i>	1453	233	77
<i>Paratrichodorus sp*</i>	5	8	11
<i>Paratylenchus sp</i>	0	59	56
<i>Pratylenchus sp*</i>	16	11	307
<i>Rotylenchus sp*</i>	109	24	8
<i>Rotylenchulus sp*</i>	7861	2253	315
<i>Trichodorus sp</i>	0	0	3
<i>Tylenchus sp*</i>	60	85	114
<i>Xiphinema sp*</i>	6	14	6
<b>Total</b>	<b>9924</b>	<b>2992</b>	<b>1416</b>
<b>Géneros (Vida Libre)</b>	<b>Ahuachapán</b>	<b>La Libertad</b>	<b>San Vicente</b>
<i>Acrobeles sp</i>	0	21	21
<i>Aphelenchus sp*</i>	11	29	40
<i>Aphelenchoides sp*</i>	19	8	25
<i>Dorylaimus sp*</i>	122	38	37
<i>Mononchus sp</i>	0	8	0
<i>Mylonchulus sp</i>	40	0	12
<i>Rabditis sp*</i>	91	65	85
Vida libre (Sin Identificar)	638	251	394
<b>Total</b>	<b>921</b>	<b>420</b>	<b>614</b>

- Géneros con asterisco (\*) presentes en los tres sitios.
- Géneros de mayor representatividad sombreados de color amarillo.

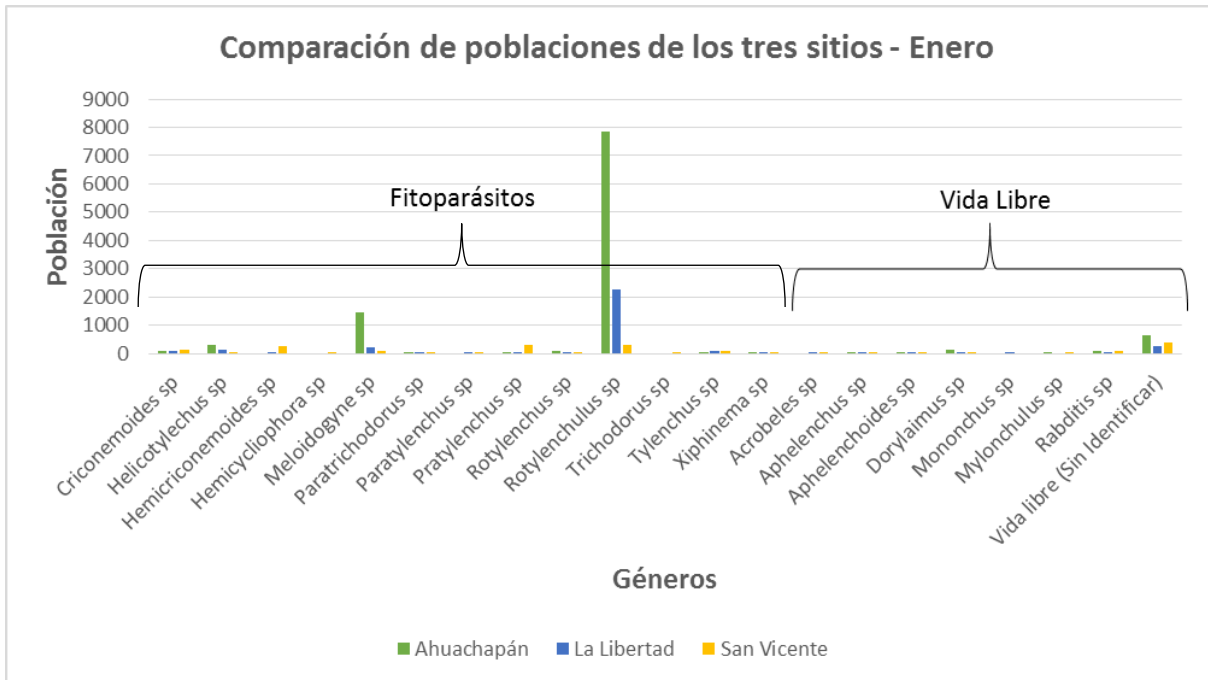


Figura 54. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en los tres sitios en el mes de enero de 2019.

#### 6.4. Comparación de poblaciones de los géneros taxonómicos identificados por cada sitio muestreado

##### 6.4.1. Sitio 1: Ahuachapán

En Ahuachapán se identificaron 9 géneros de nematodos fitoparásitos y 7 de vida libre. Ocho nematodos fitoparásitos y cinco de vida libre estuvieron presentes en los tres muestreos realizados en el Sitio 1. Los de mayor representatividad fueron: *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Rotylenchulus sp*, *Dorylaimus sp*, *Mylonchulus sp* y *Rabditis sp*.

El cuadro 17, es un cuadro comparativo de los tres muestreos que se realizaron en el Sitio 1, para observar la diferencia de poblaciones entre los géneros encontrados. En la figura 55, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género, por cada muestreo que se realizó en Ahuachapán.

Cuadro 17. Comparación de las poblaciones de cada género identificado para el Sitio 1 Ahuachapán.

<b>Géneros (Fitoparásitos)</b>	<b>Ahuachapán/ Septiembre 2018</b>	<b>Ahuachapán/ Noviembre 2018</b>	<b>Ahuachapán/ Enero 2019</b>
<i>Criconemoides sp*</i>	35	101	102
<i>Helicotylenchus sp*</i>	250	278	312
<i>Meloidogyne sp*</i>	763	3597	1453
<i>Paratrichodorus sp*</i>	16	9	5
<i>Pratylenchus sp*</i>	236	42	16
<i>Rotylenchus sp*</i>	11	149	109
<i>Rotylenchulus sp*</i>	5126	11372	7861
<i>Tylenchus sp*</i>	155	163	60
<i>Xiphinema sp</i>	0	0	6
<b>Total</b>	<b>6592</b>	<b>15711</b>	<b>9924</b>
<b>Géneros (Vida Libre)</b>	<b>Ahuachapán/ Septiembre 2018</b>	<b>Ahuachapán/ Noviembre 2018</b>	<b>Ahuachapán/ Enero 2019</b>
<i>Acrobeles sp</i>	0	3	0
<i>Aphelenchus sp*</i>	18	91	11
<i>Aphelenchoides sp*</i>	8	69	19
<i>Dorylaimus sp*</i>	27	178	122
<i>Mononchus sp</i>	27	0	0
<i>Mylonchulus sp*</i>	139	102	40
<i>Rabditis sp*</i>	56	326	91
Vida libre (Sin Identificar)	715	3472	638
<b>Total</b>	<b>990</b>	<b>4241</b>	<b>921</b>

- Géneros con asterisco (\*) presentes en los tres muestreos realizados.
- Géneros de mayor representatividad sombreados de color amarillo.

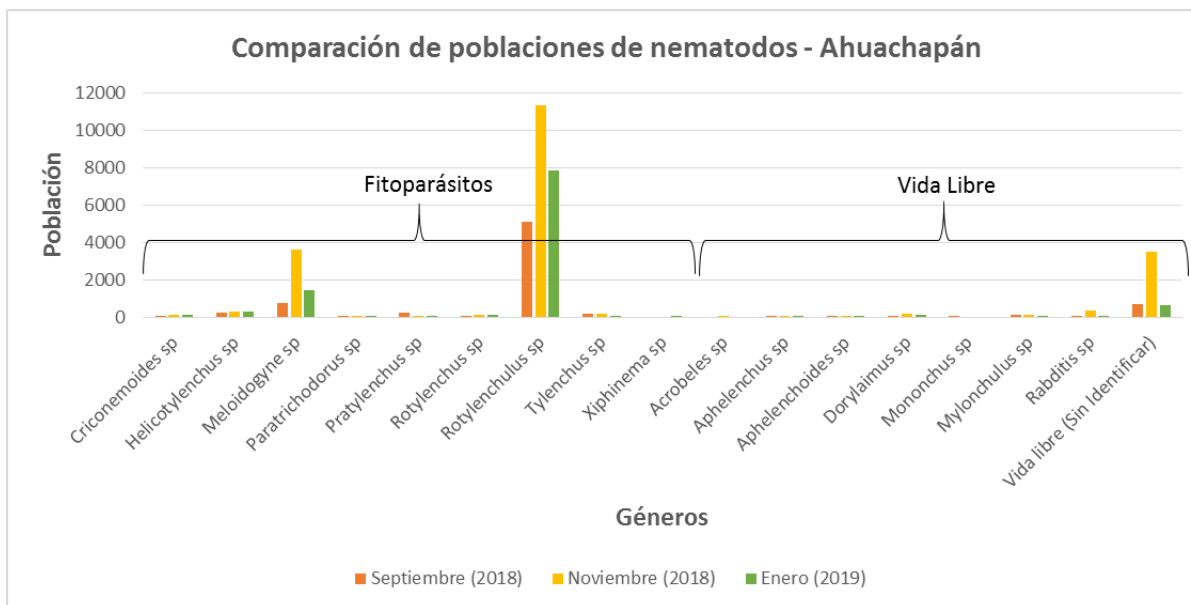


Figura 55. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 1 Ahuachapán.

#### 6.4.2. Sitio 2: La Libertad

En La Libertad se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos y 7 de vida libre. Diez nematodos fitoparásitos y cinco de vida libre estuvieron presentes en los tres muestreos realizados en el Sitio 2. Los de mayor representatividad fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp*, *Dorylaimus sp*, y *Rabbitis sp*.

El cuadro 18, es un cuadro comparativo de los tres muestreos que se realizaron en el Sitio 2, para observar la diferencia de poblaciones entre los géneros encontrados. En la figura 56, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género, por cada muestreo que se realizó en La Libertad.

Cuadro 18. Comparación de las poblaciones de cada género identificado para el Sitio 2 La Libertad.

<b>Géneros (Fitoparásitos)</b>	<b>La Libertad/ Septiembre 2018</b>	<b>La Libertad/ Noviembre 2018</b>	<b>La Libertad/ Enero 2019</b>
<i>Criconemoides sp*</i>	136	149	111
<i>Helicotylenchus sp*</i>	155	274	141
<i>Hemicriconemoides sp*</i>	45	336	53
<i>Hemicycliophora sp</i>	0	3	0
<i>Meloidogyne sp*</i>	251	344	233
<i>Paratrichodorus sp*</i>	26	13	8
<i>Paratylenchus sp*</i>	16	112	59
<i>Pratylenchus sp*</i>	198	8	11
<i>Rotylenchus sp*</i>	221	29	24
<i>Rotylenchulus sp*</i>	3677	3144	2253
<i>Trophurus sp</i>	0	3	0
<i>Tylenchus sp*</i>	275	109	85
<i>Xiphinema sp</i>	0	3	14
<b>Total</b>	<b>5000</b>	<b>4527</b>	<b>2992</b>
<b>Géneros (Vida Libre)</b>	<b>La Libertad/ Septiembre 2018</b>	<b>La Libertad/ Noviembre 2018</b>	<b>La Libertad/ Enero 2019</b>
<i>Acrobeles sp*</i>	24	21	21
<i>Aphelenchus sp*</i>	48	24	29
<i>Aphelenchoides sp*</i>	15	5	8
<i>Dorylaimus sp*</i>	128	173	38
<i>Mononchus sp</i>	14	0	8
<i>Mylonchulus sp</i>	14	11	0
<i>Rabditis sp*</i>	210	99	65
Vida libre (Sin Identificar)	1429	555	251
<b>Total</b>	<b>1882</b>	<b>888</b>	<b>420</b>

- Géneros con asterisco (\*) presentes en los tres muestreos realizados.
- Géneros de mayor representatividad sombreados de color amarillo.

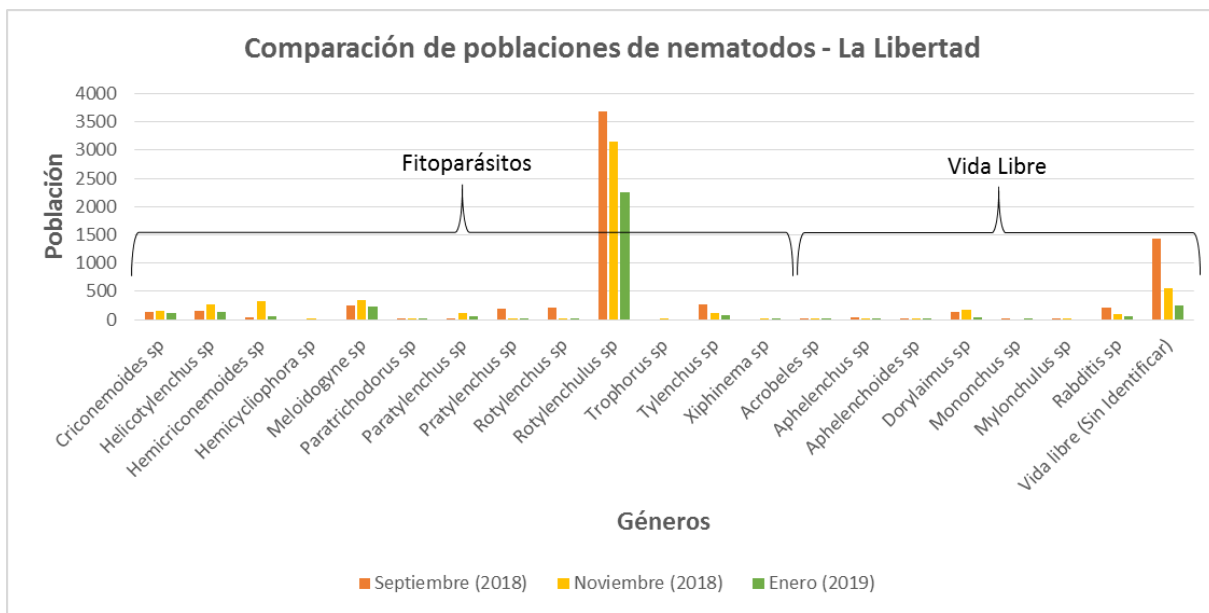


Figura 56. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 2 La Libertad.

#### 6.4.3. Sitio 3: San Vicente

En San Vicente se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos y 7 de vida libre. Diez nematodos fitoparásitos y cinco de vida libre estuvieron presentes en los tres muestreos realizados en el Sitio 3. Los de mayor representatividad fueron: *Criconemoides sp*, *Hemicriconemoides sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp* y *Rabditis sp*.

El cuadro 19, es un cuadro comparativo de los tres muestreos que se realizaron en el Sitio 3, para observar la diferencia de poblaciones entre los géneros encontrados. En la figura 57, se presenta mediante un gráfico la diferencia de las poblaciones de cada género, por cada muestreo que se realizó en San Vicente.

Cuadro 19. Comparación de las poblaciones de cada género identificado para el Sitio 3 San Vicente.

<b>Géneros (Fitoparásitos)</b>	<b>San Vicente/ Septiembre 2018</b>	<b>San Vicente/ Noviembre 2018</b>	<b>San Vicente/ Enero 2019</b>
<i>Criconemoides sp*</i>	309	160	150
<i>Helicotylenchus sp*</i>	27	54	33
<i>Hemicriconemoides sp*</i>	163	440	277
<i>Hemicycliophora sp*</i>	8	67	59
<i>Meloidogyne sp*</i>	118	97	77
<i>Paratrichodorus sp*</i>	43	24	11
<i>Paratylenchus sp*</i>	19	163	56
<i>Pratylenchus sp*</i>	163	355	307
<i>Rotylenchus sp</i>	29	0	8
<i>Rotylenchulus sp*</i>	346	590	315
<i>Trichodorus sp</i>	6	0	3
<i>Tylenchus sp*</i>	157	96	114
<i>Xiphinema sp</i>	0	0	6
<b>Total</b>	<b>1388</b>	<b>2046</b>	<b>1416</b>
<b>Géneros (Vida Libre)</b>	<b>San Vicente/ Septiembre 2018</b>	<b>San Vicente/ Noviembre 2018</b>	<b>San Vicente/ Enero 2019</b>
<i>Acrobeles sp</i>	0	3	21
<i>Aphelenchus sp*</i>	51	26	40
<i>Aphelenchoides sp*</i>	8	14	25
<i>Dorylaimus sp*</i>	11	5	37
<i>Mononchus sp</i>	6	5	0
<i>Mylonchulus sp*</i>	74	18	12
<i>Rabditis sp*</i>	32	39	85
Vida libre (Sin Identificar)	309	355	394
<b>Total</b>	<b>491</b>	<b>465</b>	<b>614</b>

- Géneros con asterisco (\*) presentes en los tres muestreos realizados.
- Géneros de mayor representatividad sombreados de color amarillo.

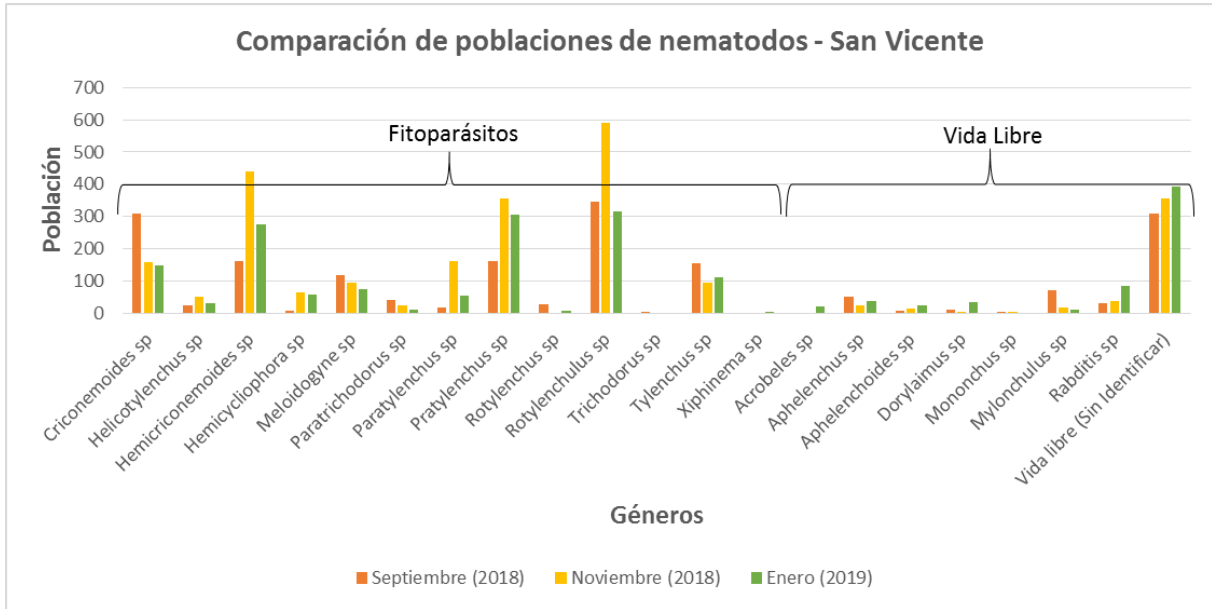


Figura 57. Comparación de poblaciones de los géneros encontrados en el Sitio 3 San Vicente.

### 6.5. Relación de las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre con la materia orgánica y la textura del suelo en los tres sitios muestreados

En este apartado se relacionan los resultados de las poblaciones de los nematodos fitoparásitos y de vida libre de los 9 muestreos realizados, con los resultados de la materia orgánica y la textura del suelo.

En el cuadro 20, se representan las poblaciones de los dos tipos de nematodos en cada muestreo, se indican los resultados en porcentajes para materia orgánica, arena, arcilla y limo; también se da a conocer la textura del suelo para cada uno de ellos.

Cuadro 20. Poblaciones de nematodos, porcentajes de materia orgánica, arena, arcilla, limo y textura del suelo en cada muestreo realizado.

Código	Nº de individuos fitoparásitos	Nº de individuos de vida libre	% Materia orgánica	% Arena	% Arcilla	% Limo	Textura del suelo
AH1S8*	6592	990	3.67 (M)	57.12	18.52	24.36	Franco Arenoso
AH2N8*	15711	4241	4.93 (A)	53.68	29.24	17.08	Franco Arcillo Arenoso
AH3E9*	9924	921	3.94 (M)	56.96	26.32	16.72	Franco Arcillo Arenoso
LL1S8*	5000	1882	4.06 (A)	74.04	9.6	16.36	Franco Arenoso
LL2N8*	4527	888	5.84 (A)	67.32	13.96	18.72	Franco Arenoso
LL3E9*	2992	420	4.37 (A)	64.96	14.32	20.72	Franco Arenoso
SV1S8*	1388	491	2.76 (M)	69.68	13.96	16.36	Franco Arenoso
SV2N8*	2046	465	3.05 (M)	69.68	15.6	14.72	Franco Arenoso
SV3E9*	1416	614	2.46 (M)	70.96	12.32	16.72	Franco Arenoso

\***AH1S8**: 1<sup>er</sup> muestreo realizado en Ahuachapán el mes de septiembre del 2018.

\***AH2N8**: 2<sup>do</sup> muestreo realizado en Ahuachapán el mes de noviembre del 2018.

\***AH3E9**: 3<sup>er</sup> muestreo realizado en Ahuachapán el mes de enero del 2019.

\***LL1S8**: 1<sup>er</sup> muestreo realizado en La Libertad el mes de septiembre del 2018.

\***LL2N8**: 2<sup>do</sup> muestreo realizado en La Libertad el mes de noviembre del 2018.

\***LL3E9**: 3<sup>er</sup> muestreo realizado en La Libertad el mes de enero del 2019.

\***SV1S8**: 1<sup>er</sup> muestreo realizado en San Vicente el mes de septiembre del 2018.

\***SV2N8**: 2<sup>do</sup> muestreo realizado en San Vicente el mes de noviembre del 2018.

\***SV3E9**: 3<sup>er</sup> muestreo realizado en San Vicente el mes de enero del 2019.

En el apartado de (Código) del cuadro 20 se representan cada uno de los muestreos realizados, estos abarcan, iniciales del nombre del sitio, número correlativo en que se realizó el muestreo, inicial del nombre del mes en que se llevó a cabo el muestreo y número final del año en que se realizó; y en el apartado del porcentaje de materia orgánica, la (M) indica que el porcentaje es moderado y la (A) indica que el porcentaje es alto.

En el cuadro 21, se representan en porcentajes las poblaciones de los dos tipos de nematodos en cada muestreo, ya que la materia orgánica y la textura del suelo se expresan de esta manera; y para que los datos sean similares entre sí y no haya anomalía en la correlación.

En este cuadro se puede apreciar que en La Libertad el porcentaje de materia orgánica es más alto en comparación con los otros dos sitios; en Ahuachapán el porcentaje de arena es el más bajo en comparación con los otros dos sitios; también, el porcentaje de arcilla es más alto en Ahuachapán en comparación con La Libertad y San Vicente y el porcentaje de limo es más bajo en San Vicente en comparación con Ahuachapán y La Libertad.

Cuadro 21. Porcentajes para poblaciones de nematodos, de materia orgánica, arena, arcilla y limo en cada muestreo realizado.

<b>Código</b>	<b>% Individuos fitoparásitos</b>	<b>% Individuos de vida libre</b>	<b>% Materia orgánica</b>	<b>% Arena</b>	<b>% Arcilla</b>	<b>%Limo</b>
AH1S8	13.29	9.07	3.67	57.12	18.52	24.36
AH2N8	31.68	38.87	4.93	53.68	29.24	17.08
AH3E9	20.01	8.44	3.94	56.96	26.32	16.72
LL1S8	10.08	17.25	4.06	74.04	9.6	16.36
LL2N8	9.13	8.14	5.84	67.32	13.96	18.72
LL3E9	6.03	3.85	4.37	64.96	14.32	20.72
SV1S8	2.80	4.50	2.76	69.68	13.96	16.36
SV2N8	4.13	4.26	3.05	69.68	15.6	14.72
SV3E9	2.86	5.63	2.46	70.96	12.32	16.72

Los datos expuestos en el cuadro 22, son el resultado de la aplicación del análisis de componentes principales. En el cuadro, (PC) nos indica el número de componentes principales y (% variance) nos indica el porcentaje de representatividad. Se observa que los componentes 1 y 2 son los que poseen

mayor porcentaje de representatividad a comparación de los demás componentes, es decir, en este caso, los nematodos fitoparásitos (PC 1) y los nematodos de vida libre (PC 2). Los demás componentes principales, materia orgánica (PC 3), arena (PC 4), arcilla (PC 5) y limo (PC 6) son menos representativos.

Cuadro 22. Porcentaje de representatividad de cada uno de los componentes principales.

PC	Eigenvalue	% variance
1	3.58124	59.687
2	1.2068	20.113
3	0.843132	14.052
4	0.346525	5.7754
5	0.0223018	0.3717
6	2.28147E-31	3.8025E-30

En la figura 58, mediante un gráfico se representa el cuadro anterior, donde nos indica el porcentaje de representatividad de cada componente principal, es decir, En el (eje x) se observan los componentes principales y en el (eje y) el porcentaje de representatividad.

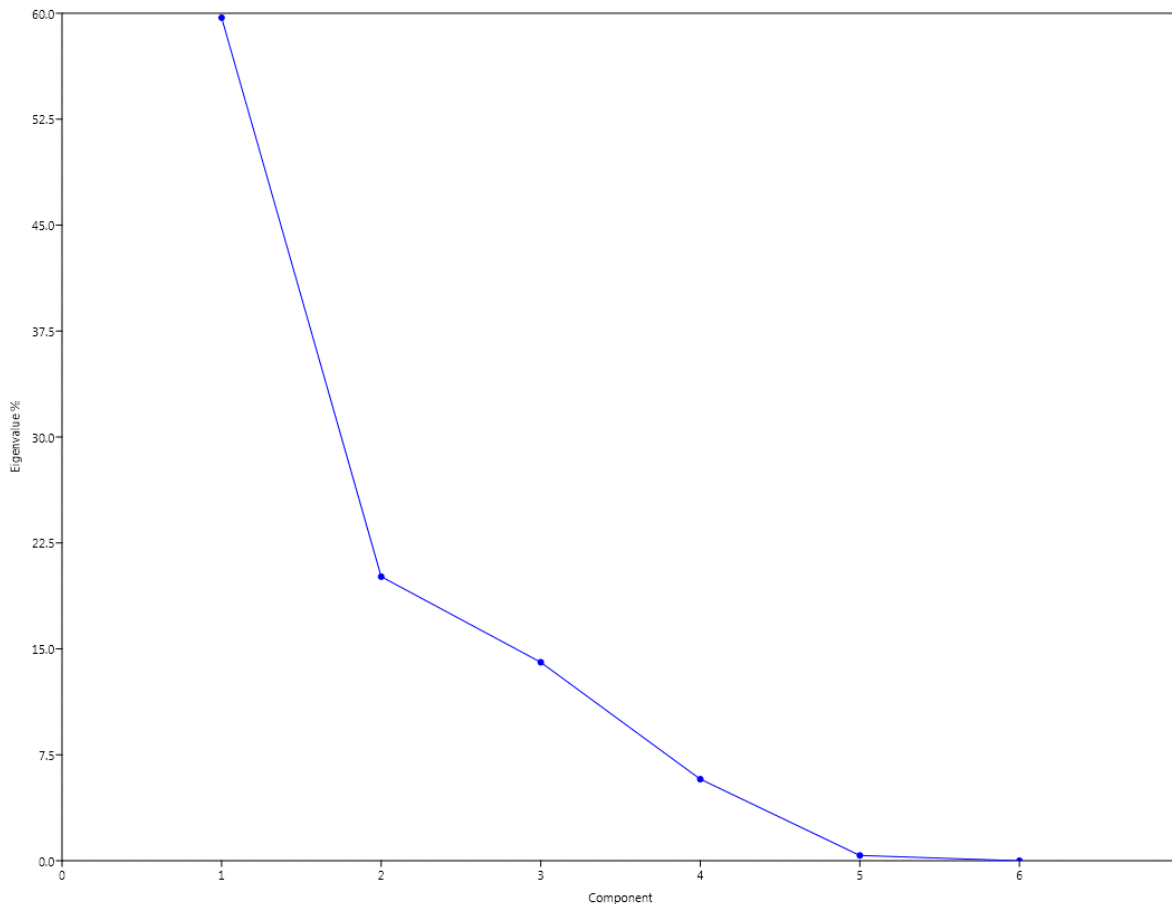


Figura 58. Porcentaje de representatividad de los seis componentes principales.

En la figura 59, mediante un gráfico se muestra la relación que existe entre los muestreos y los componentes principales, es así, de esta manera que nos indica lo siguiente:

En el primer muestreo realizado en Ahuachapán (AH1S8) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de limo, seguido de la materia orgánica y arcilla.

En el segundo muestreo realizado en Ahuachapán (AH2N8) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de arcilla, seguido de la materia orgánica y limo.

En el tercer muestreo realizado en Ahuachapán (AH3E9) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de arcilla, seguido de la materia orgánica y limo.

En el primer muestreo realizado en La Libertad (LL1S8) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de arena, seguido de la arcilla.

En el segundo muestreo realizado en La Libertad (LL2N8) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de materia orgánica, seguido del limo y arena.

En el tercer muestreo realizado en La Libertad (LL3E9) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de limo, seguido de la materia orgánica y arena.

En el primer muestreo realizado en San Vicente (SV1S8) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de arena, seguido de la arcilla.

En el segundo muestreo realizado en San Vicente (SV2N8) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de arena, seguido de la arcilla.

En el tercer muestreo realizado en San Vicente (SV3E9) se observa que la población de nematodos fitoparásitos y de vida libre aumenta, por la predominancia del porcentaje de arena, seguido de la arcilla.

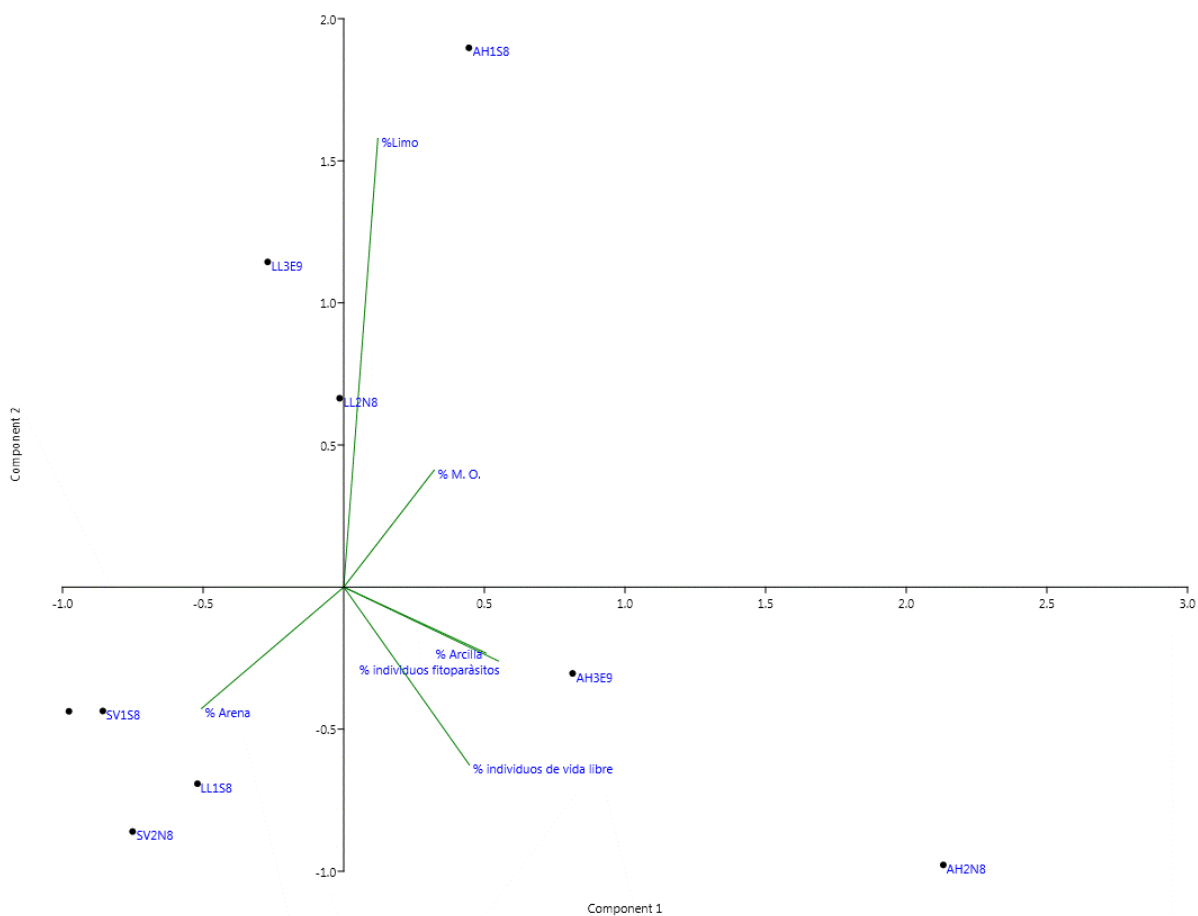


Figura 59. Relación entre los muestreos y los componentes principales.

La figura 60, representada con un gráfico corresponde al componente uno (PC1), donde nos indica cómo se correlaciona con los demás componentes. En este caso, la materia orgánica, la arcilla y el limo están correlacionados positivamente con respecto al componente uno, es decir, son de alta predominancia en la población de nematodos fitoparásitos, la arcilla en mayor porcentaje y el limo en menor porcentaje. La arena se correlaciona negativamente con respecto al componente uno, es decir, su nivel de predominancia es bajo con respecto a la población de nematodos fitoparásitos.

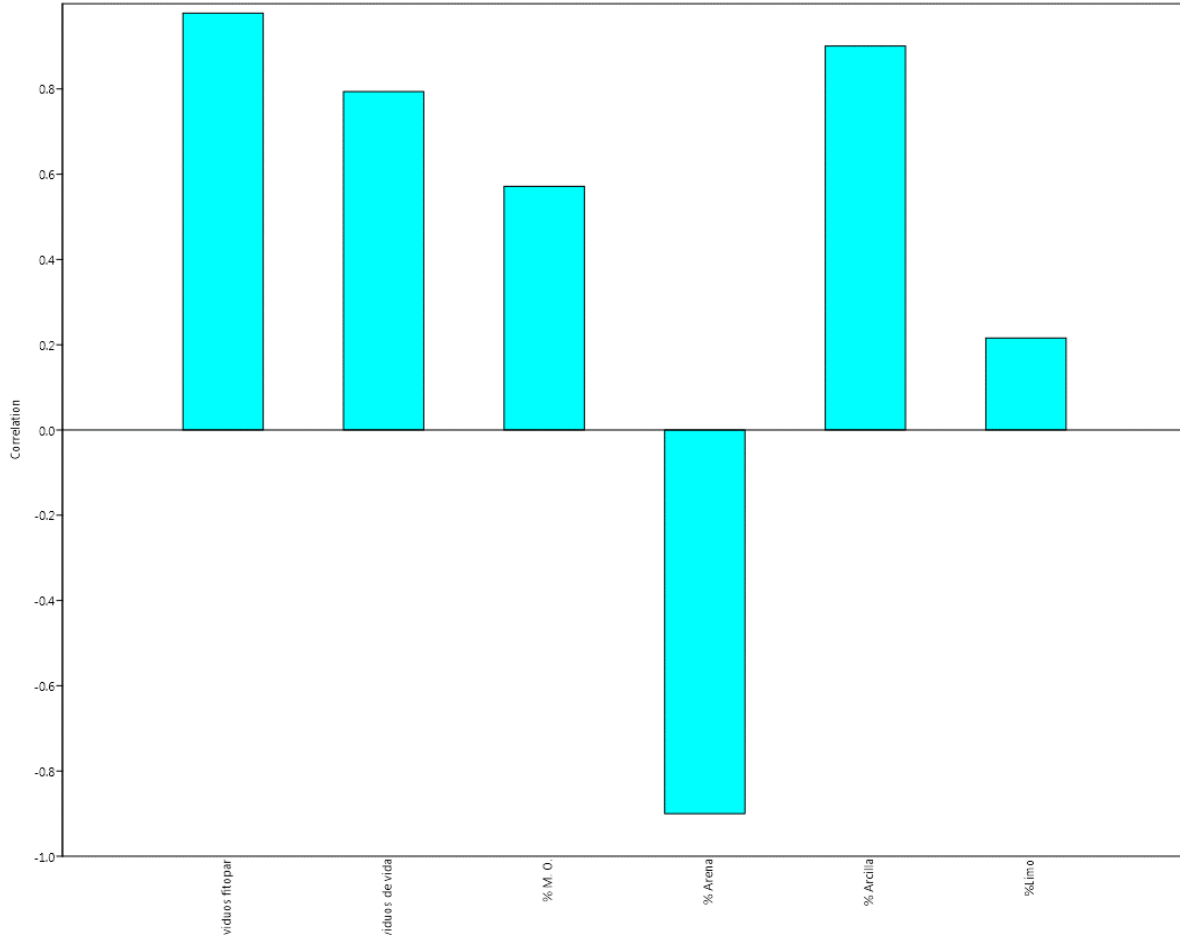


Figura 60. Correlación del componente uno (PC1) con respecto a los demás componentes.

La figura 61, representada con un gráfico corresponde al componente dos (PC2), donde nos indica cómo se correlaciona con los demás componentes. En este caso, la materia orgánica y el limo están correlacionados positivamente con respecto al componente dos, es decir, son de alta predominancia en la población de nematodos de vida libre, el limo en mayor porcentaje y la materia orgánica en menor porcentaje. La arena y la arcilla están correlacionadas negativamente con respecto al componente dos, es decir, su nivel de predominancia es bajo con respecto a la población de nematodos de vida libre, la arena en mayor porcentaje y la arcilla en menor porcentaje.

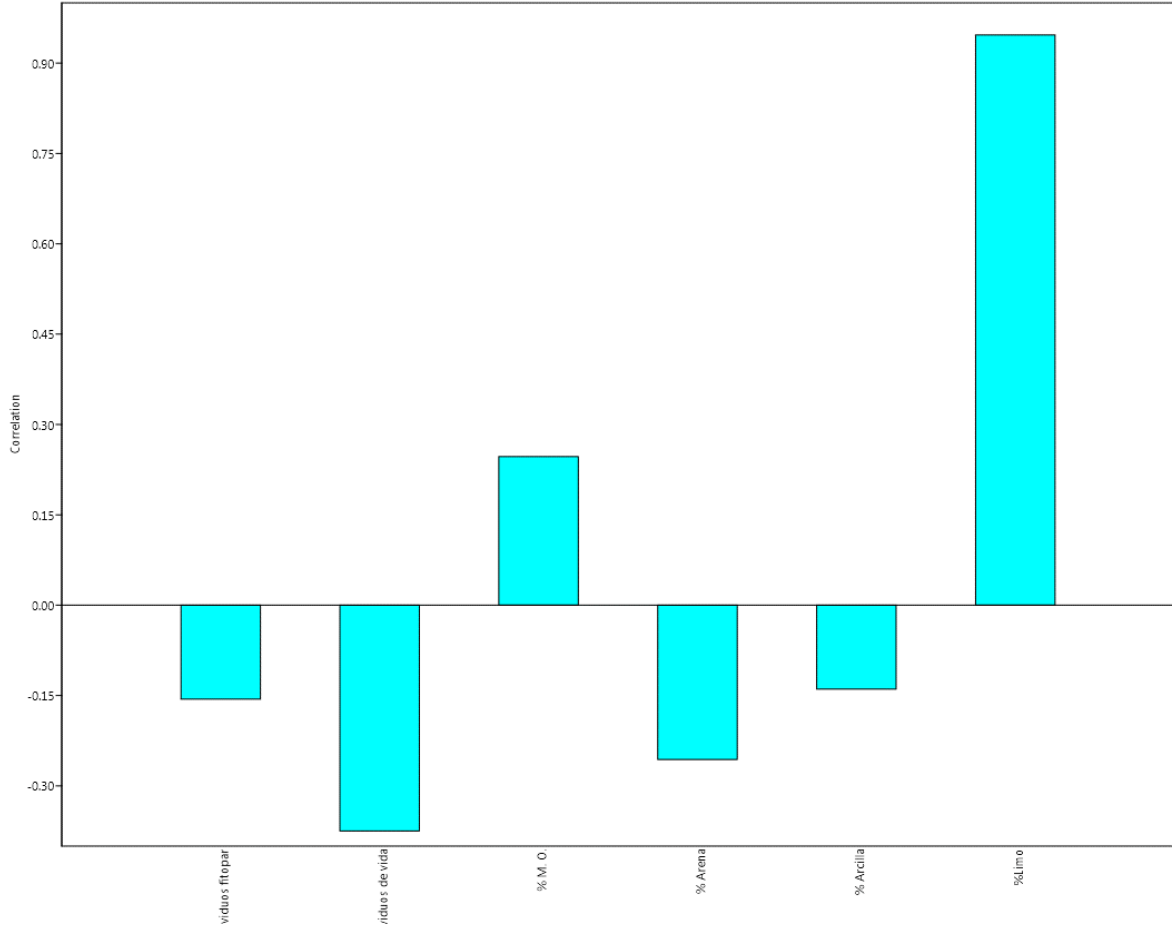


Figura 61. Correlación del componente dos (PC2) con respecto a los demás componentes.

## 7. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados informan diversidad de géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre en cada uno de los sitios que se muestrearon. En la investigación realizada por Abrego & Tarjan en 1972, determinaron nematodos fitoparásitos en diferentes cultivos para El Salvador, en el cultivo de cacao encontraron los géneros *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Hemicyclophora sp*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Tylenchus sp* y *Xiphinema sp*. Lo cual concuerda con esta investigación, ya que los géneros antes mencionados estuvieron presentes en La Libertad y San Vicente; En Ahuachapán solamente *Hemicyclophora sp* no se encontró, posiblemente porque prefieren los suelos arenosos según Pedroza & Téliz en 1989 y en Ahuachapán según los resultados, el suelo contiene un alto porcentaje de arcilla.

Meredith en 1974 reportó en Venezuela los géneros *Aphelenchoides sp*, *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp* y *Xiphinema sp* en el cultivo de cacao, también encontrados en los tres sitios evaluados en esta investigación. Los géneros *Hemicriconemoides sp* y *Paratylenchus sp* también señalados en asociación con cacao en la investigación de Meredith, solo se encontraron en dos sitios en este estudio, La Libertad y San Vicente, puede ser debido a, que el tipo de textura arenosa-franca (Tipo de suelo en La Libertad y San Vicente) es la más favorable para los nematodos y la arcillosa es lo contrario, ya que inhiben su movimiento según González en 2013. El género *Trophurus sp* reportado por Meredith, se encontró solamente en La Libertad y el género *Trichodorus sp* también reportado por ella, se encontró solamente en San Vicente.

Fernández & Quesada en 2013, reportaron en Costa Rica para el cultivo de cacao los géneros *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchulus sp* y *Xiphinema sp* también encontrados en los tres sitios en los que se realizó esta investigación. Los géneros *Hemicyclophora sp* y *Paratylenchus sp* también reportados por Fernández & Quesada, solo se encontraron en La Libertad y San Vicente, la presencia de *Hemicyclophora sp* en estos dos sitios puede ser debido

a que los suelos arenosos son óptimos para que estos produzcan agallas en algunas especies de plantas según Pedroza & Téliz en 1989. El género *Trichodorus sp* también reportado en Costa Rica como fitoparásito del cacao, se encontró solamente en San Vicente.

Rivas en 2017 reportó para Perú nueve géneros de nematodos asociados al cultivo de cacao *Meloidogyne sp*, *Helicotylenchus sp*, *Tylenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Aphelenchus sp*, *Aphelenchoides sp*, *Rhabditidos*, *Mononquidos* y *Dorylaimidos*, lo que concuerda totalmente con esta investigación ya que los nueve géneros encontrados por Rivas también fueron identificados en los tres sitios evaluados Ahuachapán, La Libertad y San Vicente.

Arévalo, Zúñiga, Baligar, Bailey & Canto en 2016 realizaron una investigación en la Amazonía Peruana, reportando para el cultivo de cacao los géneros *Pratylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Helicotylenchus sp*, *Xiphinema sp*, *Tylenchus sp*, *Criconemoides sp*, *Aphelenchus sp*, *Hemicycliophora sp*, *Rotylenchus sp*, *Rhabditidos* y *Dorylaimidos*, estos datos concuerdan con nuestra investigación ya que todos esos géneros fueron reportados para los tres sitios que se evaluaron, a excepción de *Hemicycliophora sp* que no se encontró en Ahuachapán. Los primeros cuatro géneros mencionados fueron los que tuvieron mayor representatividad en el cultivo de cacao en la Amazonía Peruana, en este estudio los géneros con más representatividad fueron *Rotylenchulus sp*, *Meloidogyne sp*, *Helicotylenchus sp* y *Tylenchus sp*, concordando solamente con dos géneros.

Según los autores antes mencionados en la Amazonía Peruana las condiciones físicas del suelo de textura franco arenosa favorecen la presencia y el incremento de la población de nematodos, ya que los porcentajes elevados de arena en el suelo con su mayor macroporosidad, favorecen la movilidad del nematodo y aceleran sus ciclos biológicos para encontrar con mayor facilidad los alimentos, lo que concuerda con esta investigación ya que en La Libertad y San Vicente la textura es franco arenosa y se encontró mayor diversidad de géneros con poblaciones altas, aunque en Ahuachapán con suelo franco arcillo arenoso las poblaciones fueron mucho más altas en comparación con los otros dos sitios, pero

con menor diversidad de géneros; según estos autores puede ser principalmente a que estos microorganismos se han adaptado a un rango amplio de condiciones medioambientales, lo que les permite ser más tolerantes a cambios de temperatura, aireación, desecación, acidez y alcalinidad, entre otros, es decir ocupar diferentes nichos con una alta capacidad de incremento poblacional.

Rivas, Sermeño, Paniagua & Villacorta en 2002, determinaron que los suelos arenosos con partículas relativamente grandes poseen altos niveles de oxígeno, lo cual es preferido por especies tales como: *Meloidogyne sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchus sp*, *Helicotylenchus sp*, *Criconemoides sp*, *Xiphinema sp* y *Trichodorus sp*. Lo que concuerda con esta investigación ya que en La Libertad y San Vicente donde el suelo es franco arenoso se presentaron todos los géneros antes mencionados, a excepción de *Trichodorus sp* que se encontró solamente en San Vicente. También, los mismos autores determinaron que en suelos agrícolas con un contenido de 10-20% de arcilla, podemos encontrar algunas especies de *Pratylenchus sp* y *Trophurus sp*. En este estudio en Ahuachapán donde el suelo es con alto porcentaje de arcilla (18-29%) se presentó el género *Pratylenchus sp*.

Rivas, Sermeño, Paniagua & Villacorta en 2002, también determinaron que el contenido de materia orgánica en el suelo puede actuar como nutriente, estimulador o tóxico en relación con los nematodos. Los autores explican que cuando la materia orgánica entra en proceso de descomposición libera sustancias que son tóxicas para muchas especies de nematodos. Se relaciona con esta investigación ya que en Ahuachapán donde la materia orgánica fue moderada se encontró una población muy alta de nematodos en los tres muestreos realizados y en La Libertad donde la materia orgánica fue alta se encontró una población baja de nematodos en los tres muestreos realizados, en comparación con Ahuachapán.

Se estima que la predominancia del género *Rotylenchulus* sp en los tres sitios muestreados, puede ser debido a que este nematodo se encuentra ampliamente distribuido en árboles frutales y plantas cultivadas, ya que ataca alrededor de 140 especies en más de 115 géneros de plantas en 46 familias. También, es un semi-endoparásito sedentario que se alimenta del tejido cortical del floema provocando una decoloración de las raíces, secado y pérdida de las hojas en última instancia, según Ventura en 2012. En esta investigación se puede comprobar que este nematodo se adapta a los dos tipos de suelo encontrados: franco arenoso y franco arcillo arenoso, asimismo a los diferentes porcentajes de materia orgánica desde 2.46 hasta 5.84.

## 8. CONCLUSIONES

Se encontró diversidad de nematodos asociados con el cultivo de cacao en todos los sitios muestreados. Muchos de los géneros encontrados son patógenos importantes de muchos cultivos, tales como: *Pratylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Rotylenchulus sp*, *Paratrichodorus sp*, *Paratylenchus sp*, *Rotylenchus sp*. y se sospecha que otros podrían tener significancia económica en el cultivo.

En el Sitio 1, ubicado en Ahuachapán, se identificaron 9 géneros de nematodos fitoparásitos, los cuales fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Meloidogyne sp*, *Paratrichodorus sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Tylenchus sp* y *Xiphinema sp*, con una población total de 9,924 individuos. También, se identificaron 7 géneros de vida libre, los cuales fueron: *Acrobeles sp*, *Aphelenchus sp*, *Aphelenchoides sp*, *Dorylaimus sp*, *Mononchus sp*, *Mylonchulus sp* y *Rabditis sp*, con una población total de 921 individuos. *Rotylenchulus sp* fue el género fitoparásito que predominó en las tres fechas de muestreo, en septiembre (época lluviosa) con 5,126 individuos, en noviembre con 11,372 individuos y en enero (época seca) con 7,861.

En el Sitio 2, ubicado en La Libertad, se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos, los cuales fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*, *Hemicriconemoides sp*, *Hemicycliophora sp*, *Meloidogyne sp*, *Paratrichodorus sp*, *Paratylenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Trophurus sp*, *Tylenchus sp* y *Xiphinema sp*, con una población total de 2,992 individuos. También, se identificaron 7 géneros de vida libre, los cuales fueron: *Acrobeles sp*, *Aphelenchus sp*, *Aphelenchoides sp*, *Dorylaimus sp*, *Mononchus sp*, *Mylonchulus sp* y *Rabditis sp*, con una población total de 420 individuos. *Rotylenchulus sp* fue el género que predominó en las tres fechas de muestreo, en septiembre (época lluviosa) con 3,677 individuos, en noviembre con 3,144 individuos y en enero (época seca) con 2,253.

En el Sitio 3, ubicado en San Vicente, se identificaron 13 géneros de nematodos fitoparásitos, los cuales fueron: *Criconemoides sp*, *Helicotylenchus sp*,

*Hemicriconemoides sp*, *Hemicycliophora sp*, *Meloidogyne sp*, *Paratrichodorus sp*, *Paratylenchus sp*, *Pratylenchus sp*, *Rotylenchus sp*, *Rotylenchulus sp*, *Trichodorus sp*, *Tylenchus sp* y *Xiphinema sp*, con una población total de 1,416 individuos. También, se identificaron 7 géneros de vida libre, los cuales fueron: *Acrobeles sp*, *Aphelenchus sp*, *Aphelenchoides sp*, *Dorylaimus sp*, *Mononchus sp*, *Mylonchulus sp* y *Rabditis sp*, con una población total de 614 individuos. *Rotylenchulus sp* fue el género que predominó en las tres fechas de muestreo, en septiembre (época lluviosa) con 346 individuos, en noviembre con 590 individuos y en enero (época seca) con 315.

Las poblaciones de nematodos fitoparásitos y de vida libre disminuyeron en enero (época seca) en los tres sitios de muestreo.

En Ahuachapán las poblaciones de nematodos fitoparásitos y nematodos de vida libre fueron influenciadas positivamente por el porcentaje de arcilla, materia orgánica y limo, es decir, que influyeron en el aumento de la población. En La Libertad fueron influenciadas positivamente por la materia orgánica, el limo y la arena. En San Vicente fueron influenciadas positivamente por la arena y la arcilla.

Según los resultados expuestos, las poblaciones de nematodos fitoparásitos son influenciadas positiva y principalmente por la materia orgánica, la arcilla y el limo; y son influenciadas de forma negativa por el contenido de arena en el suelo.

Las poblaciones de nematodos de vida libre son influenciadas positiva y principalmente por la materia orgánica y el limo; y son influenciadas de forma negativa por el contenido de arena y arcilla en el suelo.

## 9. RECOMENDACIONES

Aumentar los sitios de muestreo a nivel departamental y nacional, para determinar la frecuencia de los géneros y la variabilidad poblacional de estos, para el cultivo de cacao.

Relacionar la diversidad de géneros de nematodos fitoparásitos y de vida libre con características físicas y químicas del suelo como pH, humedad y minerales, para conocer su influencia en las poblaciones de estos.

Buscar apoyo con investigadores expertos en el área de nematodos, de otros países o de otras entidades, enfocadas en el área biológica o agrícola, para compartir experiencias, estudios realizados y realizar consultas de algunas especies que pueden ser desconocidas o no identificadas.

Aumentar el número de muestreos en las diferentes épocas del año para determinar la dinámica poblacional de los géneros de nematodos.

Determinar la importancia fitosanitaria de las especies de nematodos asociadas al cacao.

Aplicar materia orgánica externa en aquellos suelos pobres, ya que es un factor importante en el control de poblaciones de nematodos fitoparásitos en cultivos.

Realizar investigaciones relacionadas a nematodos fitoparásitos o de vida libre con otros cultivos de importancia económica en El Salvador.

## 10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abrego L & Tarjan A. 1972. Reconocimiento de nematodos en cultivos de importancia económica en El Salvador. NEMATROPICA. 2 (2).
- Agrios G. 1995. Fitopatología. Ed. Limusa. 838 p.
- Arévalo E, Canto M, Baligar V, Zúñiga C, Márquez D. 2016a. Población de *Helicotylenchus sp.* y *Aphelenchus sp.* en la rizosfera de clones de cacao (*Theobroma cacao L.*) bajo los sistemas de manejo tradicional y de bosque mejorado. ResearchGate.
- Arévalo E, Zúñiga C, Baligar V, Bailey B, Canto M. 2016b. Dinámica poblacional de nemátodos asociados al sistema de cultivo tradicional de cacao en la amazonia peruana. ResearchGate.
- Armendáriz I, Quiña D, Ríos M, Landázuri P. 2015. Nematodos fitopatógenos y sus estrategias de control. ResearchGate.
- Castillo P, Gómez A, González M. 1991. Nematodos de la familia Tylenchidae Orley, 1880 (Nematoda: Tylenchida), en la Sierra de Cazorla, España. ResearchGate; 2: 137 – 161.
- Cepeda M. 1995. Prácticas de nematología agrícola. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Conú L & Jimenez A. 2014. Determinación de textura por el Método de Bouyoucos. Universidad del Cauca.
- Coyne D, Nicol J, Claudius B. 2007. Nematología práctica: Una guía de campo y laboratorio.
- Dostert N, Roque J, Cano A, La Torre M, Weigend M. 2011. Hoja botánica: Cacao.
- Enríquez G. 2006. Fenología y fisiología del cultivo del cacao. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Escuer M & Bello A. 2000. Nematodos del género *Aphelenchoides* de interés fitopatológico y su distribución en España. Centro de Ciencias Medioambientales. Departamento de Agroecología. 26: 47 – 63.
- Esquivel A. 2015. Morfología de los nematodos, curso de identificación. Universidad Nacional Costa Rica.
- Fernández O & Quesada A. 2013. Nematodos asociados a los cultivos de Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Laboratorio central de diagnóstico de plagas.

- Gandarilla H & Rivas O. 2012. Primera detección en Cuba de *Hemicriconemoides mangiferae*. Instituto de Investigaciones de Sanidad Vegetal. Fitosanidad 16 (2): 95 – 96.
- García J & Ballesteros M. 2005. Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos. Revista colombiana de química 34 (2).
- García J & Zavaleta M. 2019. Identificación de insectos asociados al cultivo de *Theobroma cacao* en tres parcelas de evaluación del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria de Occidente.
- Garrido S. 1994. Interpretación de análisis de suelos. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.
- Godoy T, Yáñez M, Gastélum R, López M, Almodovar T. 2009. Capítulo VI. nematodos fitoparásitos y su importancia en la agricultura.
- González H. 2007. Nematodos fitoparásitos que afectan a frutales y vides en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- González U. 2013. Diversidad de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de maíz en el municipio de Guasave, Sinaloa. Instituto Politécnico Nacional, CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL.
- Guevara L & Nieto L. 1999. Nematodos asociados con palmas de aceite (*Elaeis guineensis* Jacq.) afectadas con pudrición de cogollo. 20 (1).
- Guzmán O. 2011. IMPORTANCIA DE LOS NEMATODOS ESPIRAL, *Helicotylenchus multicinctus* (COBB) GOLDEN Y *H. dihystra* (COBB) SHER, EN BANANO Y PLÁTANO. 19 (2): 19 – 32.
- Guzmán O, Castaño J, Villegas B. 2012a. Principales nematodos fitoparásitos y síntomas ocasionados en cultivos de importancia económica. ResearchGate; 20 (1): 38 – 50.
- Guzmán O, Pérez L, Patiño A. 2012b. Reconocimiento de nematodos fitoparásitos en pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* HAW.). SCIELO; 16 (2): 149 – 161.
- Guzmán R & Flores J. 1989. Como tomar muestras de suelo y raíces para detectar nematodos. Centro de Tecnología Agrícola (CENTA). Departamento de Parasitología Vegetal.
- Jaimez R, Tezara W, Coronel I, Urich R. 2008. Ecofisiología del cacao (*Theobroma cacao*): su manejo en el sistema agroforestal. Sugerencias para su mejoramiento en Venezuela. Revista Forestal Venezolana. 52 (2).

Lara R, Castro B, Castro M, Castro M, Malpica S. 2003. La importancia de los nematodos de vida libre. Departamento El Hombre y su Ambiente. División de CBS UAM – Xochimilco.

López I. 2009. Control de *Meloidogyne sp.*, en viveros de café (*Coffea arabica L.*), mediante el hongo *Paecilomyces lilacinus*. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Lordello L. 1958. Nota sobre el género *Mononchus*, nematodos depredadores. Universidad de S. Paulo. Escuela Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. SciELO.

Mai W & Mullin P. 1996. PLANT – PARASITIC NEMATODES.

Meredith J. 1974. Nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de cacao (*Theobroma cacao L.*) en Venezuela. NEMATROPICA. 4 (2).

Muelas A & Muñoz M. 2015. Determinación de la textura por el Método de Bouyoucos. Universidad del Cauca.

Murillo D, Welva G, García Z. 2011. Cultivo de cacao. Universidad de Antioquía, Facultad de Ciencias Agrarias.

OIRSA. 2003. Enfermedades y artrópodos asociados al cultivo de loroco en El Salvador. Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Padilla F & Palma M. 1985. Diagnóstico parasitológico preliminar de los principales cultivos de El Salvador. Manejo integrado de plagas CENTA – CATIE.

Pedroza A & Téliz D. 1989. Identificación, ciclo de vida y patogenicidad de *Hemicycliophora sp.* en el cultivo del aguacate (*Persea americana Mill.*). ResearchGate; Agrocencia 77: 9- 20.

Perichi G, Crozzoli R, Lugo Z. 2008. NEMATODOS DEL ORDEN MONONCHIDA IDENTIFICADOS EN EL ESTADO FALCÓN, VENEZUELA. ResearchGate; 21: 15 – 17.

Piedra R. 2015. Guía de muestreo de nematodos fitoparásitos en cultivos agrícolas. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA – Costa Rica).

Reyes M. 2004. Dinámica poblacional y manejo biológico de nematodos, en el cultivo del guayabo (*Psidium guajava L.*), en Calvillo, Aguascalientes. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. Departamento de Parasitología.

Rivas A. 2017. Incidencia de nematodos fitoparásitos en cacao (*Theobroma cacao L.*), en el distrito de Santa Ana, La Convención - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias.

Rivas A, Sermeño J, Paniagua M, Villacorta J. 2002. Manual técnico: Nematodos asociados a limón pérsico y otros cítricos en fincas de El Salvador.

Salazar W & Guzmán T. 2013. Efecto de poblaciones de *Meloidogyne sp.* en el desarrollo y rendimiento del tomate. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 24 (2): 419 – 426.

Sánchez S. & Talavera M. 2013. Los nematodos como indicadores ambientales en agroecosistemas. Ecosistemas 22 (1): 50 – 55.

Sandoval S & Escobar A. 2002. Caracterización bioquímica de poblaciones de nematodos del género *Meloidogyne* parásitos del cultivo de cafetos en la zona de Izalco. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas.

Talavera M. 2003. Introducción al análisis y al control nematológico para agricultores y técnicos de agrupaciones de defensa vegetal. Manual de Nematología Agrícola.

Terrádez M. 2001. Análisis de componentes principales. UOC.

Ventura V. 2012. Determinación de la especie del nematodo *Rotylenchulus* asociado a melón. Estanzuela, Zacapa. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas.

Voley C. 1997. *Rotylenchus* Filipjev, 1936: Nematodo fitoparásito poco común en Antioquia (Colombia) y apuntes sobre su modo de vida. Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. 50 (2): 171 – 180.

Wang K, Xie H, Li Y, Ling C, Yu L, Wei D. 2013. *Paratylenchus shenzhenensis* n. sp. (Nematoda: Paratylenchinae) del suelo de la rizósfera de *Anthurium andraeanum* en China. ResearchGate; 3750 (2): 167 – 175.

Zárate S. 2008. Búsqueda de los genes de Resistencia *Mi-1* y *Mi-3* al nemátodo formador de nudo *Meloidogyne spp.* en varias especies silvestres de la familia *Solanaceae* del Ecuador. Escuela Politécnica del Ejército, Departamento de Ciencias de la Vida.

#### **Páginas web:**

Página de preguntas y respuestas: Partes de un nematodo.

<https://brainly.lat/tarea/282301>

Mapa de El Salvador

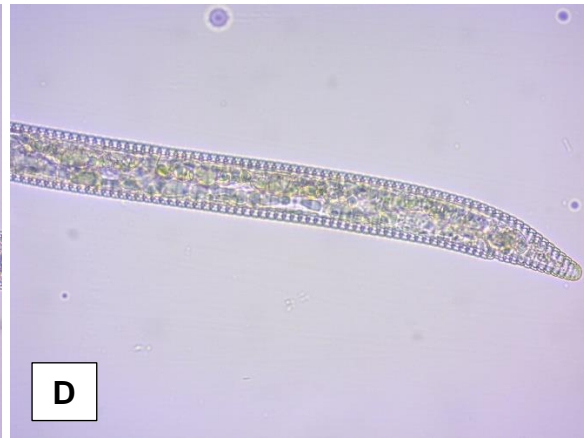
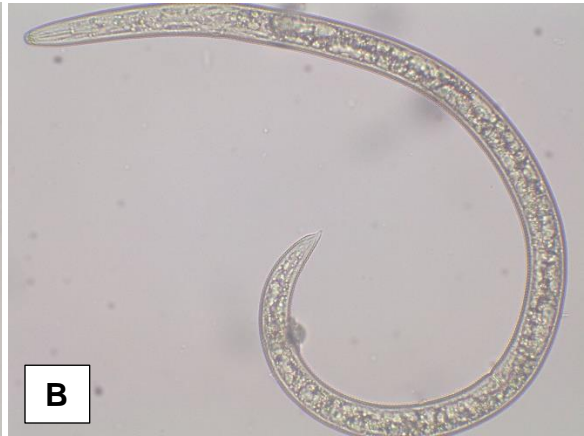
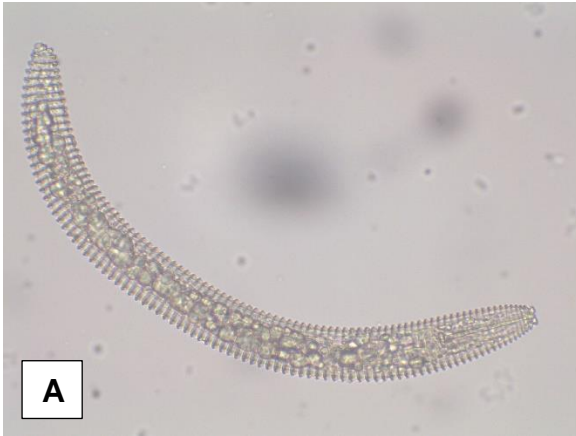
<https://www.google.com/maps>

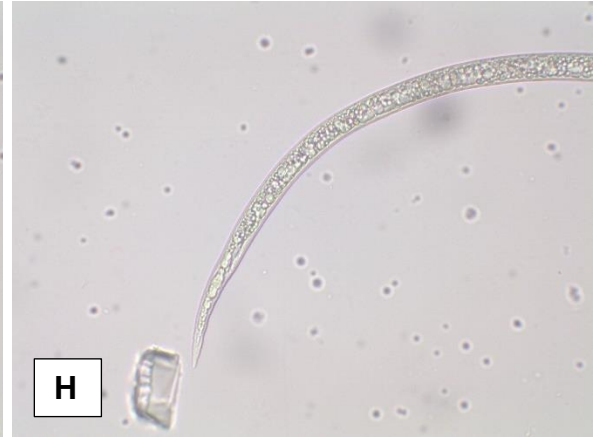


**Anexo 2.** Hoja de lectura de muestras para la identificación y cuantificación poblacional de nematodos.

CULTIVO:		RECuento de Nematodos		
FITOPARASITOS	TIPO DE MUESTRA:	FECHA:	N° MUESTRA:	
	RECuento	8 CC	TOTAL	TOTAL
Criconemoides				
Diptherophora				
Discoconemella				
Helicotylenchus				
Hemicriconemoides				
Hemicyclophora				
Hoplotaimus				
Meloidogyne				
Paratrichodorus				
Paratylenchus				
Pratylenchus				
Psyllenchus				
Radopholus				
Rotylenchus				
Rotylenchulus				
Trichodorus				
Trophorus				
Tylenchorhynchus				
Tylenchus				
Xiphinema				
CULTIVO:		RECuento de Nematodos		
FITOPARASITOS	TIPO DE MUESTRA:	FECHA:	N° MUESTRA:	
	RECuento	8 CC	TOTAL	TOTAL
Criconemoides				
Diptherophora				
Discoconemella				
Helicotylenchus				
Hemicriconemoides				
Hemicyclophora				
Hoplotaimus				
Meloidogyne				
Paratrichodorus				
Paratylenchus				
Psyllenchus				
Radopholus				
Rotylenchus				
Rotylenchulus				
Trichodorus				
Trophorus				
Tylenchorhynchus				
Tylenchus				
Xiphinema				

**Anexo 3. Nematodos fitoparásitos reportados.**







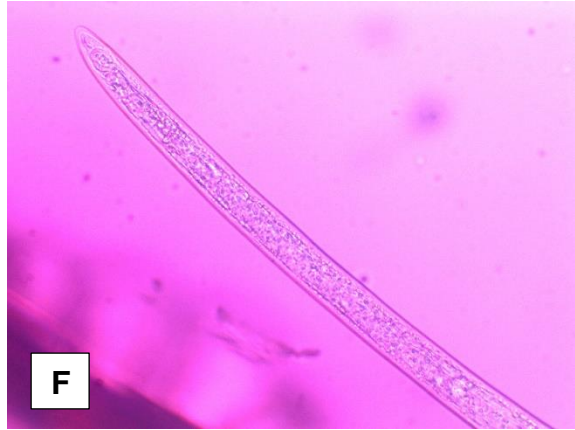
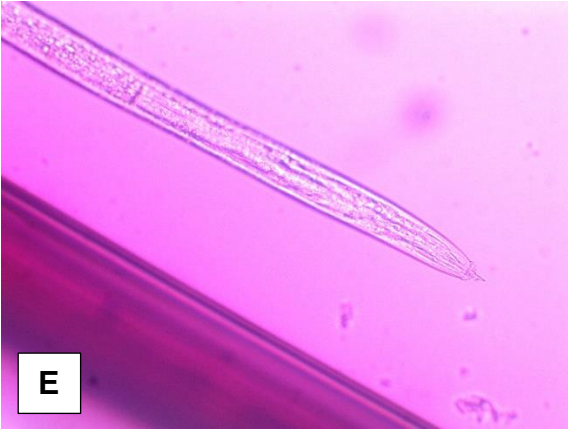


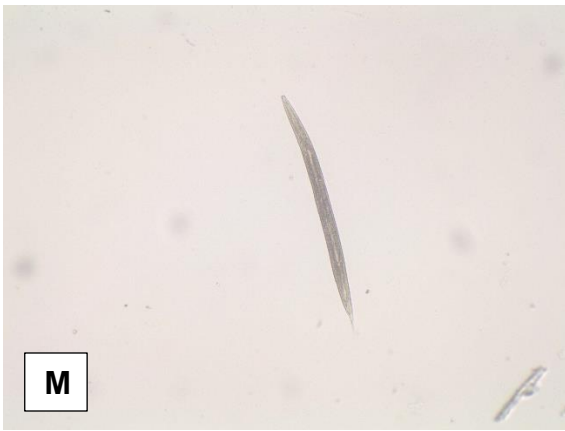
**A:** *Criconemoides* sp a 40X, **B:** *Helicotylenchus* sp a 40X, **C:** Cabeza de *Hemicriconemoides* sp a 40X, **D:** Cola de *Hemicriconemoides* sp a 40X, **E:** Cabeza de *Hemicycliophora* sp a 40X, **F:** Cola de *Hemicycliophora* sp a 40X, **G:** Cabeza de *Meloidogyne* sp a 40X, **H:** Cola de *Meloidogyne* sp a 40X, **I:** Cabeza de *Paratrichodorus* sp a 40X, **J:** Cola de *Paratrichodorus* sp a 40X, **K:** *Paratylenchus* sp a 40X, **L:** *Tylenchus* sp a 40X, **M:** Cabeza de *Pratylenchus* sp a 40X, **N:** Cola

de *Pratylenchus sp* a 40X, **Ñ**: Cabeza de *Rotylenchus sp* a 40X, **O**: Cola de *Rotylenchus sp* a 40X, **P**: *Rotylenchulus sp* hembra a 40X, **Q**: *Rotylenchulus sp* macho a 40X, **R**: *Rotylenchulus sp* hembra a 40X, **S**: *Rotylenchulus sp* macho a 40X, **T**: Cabeza de *Xiphinema sp* a 40X, **U**: Cola de *Xiphinema sp* a 40X, **V**: *Xiphinema sp* a 10X.

**Anexo 4.** Nematodos de vida libre reportados.

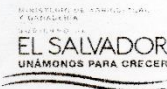






**A:** Cabeza de *Acrobeles sp* a 40X, **B:** Cola de *Acrobeles sp* a 40X, **C:** Cabeza de *Aphelenchus sp* a 40X, **D:** Cola de *Aphelenchus sp* a 40X, **E:** Cabeza de *Dorylaimus sp* a 40X, **F:** Cola de *Dorylaimus sp* a 40X, **G:** *Mononchus sp* a 10X, **H:** *Mylonchulus sp* a 10X, **I:** Cabeza de *Mylonchulus sp* a 40X, **J:** Cola de *Mylonchulus sp* a 40X, **K:** Cabeza de *Rabditis sp* a 40X, **L:** Cola de *Rabditis sp* a 40X, **M:** *Rabditis sp* a 10X.

**Anexo 5. Formulario de ingreso de muestra de suelo para análisis fisicoquímico al Laboratorio de Suelos del CENTA.**



CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA  
AGROPECUARIA Y FORESTAL  
ING. ENRIQUE ALVAREZ CORDOVA  
e-mail: centalabsuelos2010@hotmail.com  
Tel. 2397-2200, ext. 248

E mail: \_\_\_\_\_

NOMBRE DEL PRODUCTOR: \_\_\_\_\_ FECHA DE INGRESO DE MUESTRA: \_\_\_\_\_  
NOMBRE DE LA FINCA: \_\_\_\_\_ CANTON: \_\_\_\_\_ NOMBRE: \_\_\_\_\_  
MUNICIPIO: \_\_\_\_\_ DEPARTAMENTO: \_\_\_\_\_ TELEFONO: \_\_\_\_\_

CARTA N°

N° DE LABORATORIO	MUESTRA N°	MUESTRA N°	MUESTRA N°	MUESTRA N°
Identificación de la muestra				
Profundidad del muestreo (cm)				
Utiliza riego (Tipo): SI ó NO				
Area muestreada (Mz)				
Cultivo anterior				
Rendimiento obtenido (qc/v)				
Cantidad y clase de fertilizante aplicado				
Cal ó materia orgánica (Tipo) SI ó NO				
Cultivo que desea fertilizar				
Mes de siembra ó edad del cultivo				
Distanciamiento de siembra (m)				
Topografía del terreno muestreado				
RESULTADO DE ANALISIS				
TEXTURA	% ARENA (A)			
	% LIMO (L)			
	% ARCILLA (C)			
pH en Agua 1:2.5				
pH en KCL (1N)				
Fósforo (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Potasio (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Zinc (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Manganeso (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Hierro (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Cobre (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Materia Orgánica (%)				
Calcio Intercambiable (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Magnesio Intercambiable (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Potasio Intercambiable (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Sodio Intercambiable (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Suma Bases Intercambiable (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Acidez Intercambiable (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Cap. Int. Cat. Ef. (CICE) (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Saturación de Bases (%)				
Relación : Calcio/Magnesio				
Relación : Magnesio/Potasio				
Relación : Calcio + Magnesio /Potasio				
Relación : Calcio/Potasio				
Azufre (mg Kg <sup>-1</sup> )				
Acidez Total (cmol Kg <sup>-1</sup> )				
Humedad (%)				

Detalle: (mg kg<sup>-1</sup>) ppm

(cmol kg<sup>-1</sup>) = meq/100 g suelo

Recomendación