INFLUENCIA DE FACTORES EDÁFICOS SOBRE LA DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NEMÁTODOS DE VIDA LIBRE

ELDER EDUARDO CASTILLA DIAZ

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

PROGRAMA DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA

SINCELEJO - SUCRE

2015

INFLUENCIA DE FACTORES EDÁFICOS SOBRE LA DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE NEMÁTODOS DE VIDA LIBRE

ELDER EDUARDO CASTILLA DIAZ

Trabajo de Grado

Modalidad trabajo investigativo para obtener titulo de Biólogo

DIRECTOR:

EURIEL MILLAN ROMERO

INGENIERO AGRICOLA; MSc. SUELOS Y NUTRICIÓN VEGETAL

CO-DIRECTOR:

JAIME MERCADO ORDOÑEZ

BIÓLOGO INVESTIGADOR; MSc. GESTIÓN Y AUDITORÍAS AMBIENTALES

UNIVERSIDAD DE SUCRE

FACULTAD DE EDUCACIÓN Y CIENCIA

PROGRAMA DE BIOLOGÍA Y QUÍMICA

SINCELEJO SUCRE

2015

Nota de aceptación

_____

_____

_____

Presidente del Jurado

_____

Jurado

_____

Jurado

_____

Sincelejo (10, 11,2015)

DEDICATORIA

A DIOS por ser la fortaleza espiritual que debemos tener para lograr nuestras metas, junto a nuestra voluntad de crecer como personas integras y contribuyentes al desarrollo de futuras personas, para enriquecer su educación. A mi familia especialmente a mi madre, **MARTHA DIAZ que mi Dios la tenga en su gloria,** Mi abuela **CARMEN BENAVIDES,** Mi padre **ELDER CASTILLA BENAVIDEZ.**

A mis Hermanos Martha Castilla, Diego Garrido, Manuel Garrido, Manuel Castilla, Eduardo Castilla, Miguel Peralta, Martin Castilla, Maria Castilla, Ían Dominguez, Maria Dominguez y Moises Castilla. Esfuerzo y Sacrificio.

AGRADECIMIENTOS

A Dios en primera instancia, A mis padres,

A Mi Director, Euriel Millan y Co-Director, Jaime Mercado por brindar su confianza y apoyo para ver desarrollada esta investigación.

A, Atonio Succar (Vicerrector Administrativo), Rocio Payares, Saray Romero, Jose Arrieta, Antonio Tovar, Linda Rios, Eduardo Meza, Fadel Cuello, Jesus Hernandez, Nilson Llanos Tobón, Gracias por brindarme un alojo en sus corazones, por ayudar y velar para lograr a cavalidad este trabajo, el cual, no solo me pertenece a mi, sino a todos los que con su apoyo incondicional fuerón pieza clave para su ejecución.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....19

1 OBJETIVOS.....21

1.1 Objetivo general.....21

1.2 Objetivos específicos.....21

2 JUSTIFICACIÓN.....22

3 Estado del arte.....23

3.1 Calidad del suelo: indicador de la gestión sostenible de la tierra.....23

3.2 Los organismos del suelo como indicadores de la calidad y la salud del suelo.....24

3.3 GENERALIDADES SOBRE LOS NEMÁTODOS.....26

3.3.1 Taxonomía.....27

3.3.2 Estructura general y morfología.....27

3.3.2.1 Aparato digestivo de nemátodos.....28

3.3.3 Ciclo de vida de los nemátodos.....30

3.3.4 Niveles tróficos.....31

3.4 Relación de la diversidad de nemátodos con los factores edáficos:.....33

3.4.1 Materia orgánica.....33

3.4.2 Textura.....34

3.4.3 Porosidad.....35

3.4.4 pH.....35

3.4.5 Humedad.....35

4 METODOLOGÍA.....37
4.1 Localización de los sitios de estudio.....37
4.2 Localidad de Sampués.....38
4.3 Localidad de Corozal.....39
4.4 Localidad de San Juan de Betúlia.....39
4.5 Muestreo de suelo.....40
4.6 Manejo de la muestra.....40
4.6.1 Procesamiento de las muestra.....41
4.6.2 Extracción de los nemátodos.....41
4.6.3 Muerte y fijación.....42
4.6.4 Conteo, separación e identificación.....42
4.6.5 Montaje de Placas Permanentes.....42
4.7 Análisis fisicoquímico de suelo:.....43
4.7.1 Caracterización.....43
4.8 Procesamiento de datos.....44
4.8.1 Diversidad alfa (α).....44
4.8.2 Índices calculados para la comunidad de nemátodos.....44
4.9 Índice de madurez total (Yeates, 1994).....46
5 RESULTADOS.....47
5.1 Composición taxonómica y abundancia.....47
5.1.1 Composición de la diversidad funcional:.....50
5.2 Diversidad alfa (α).....53

5.2.1 Curva acumulatoria por género.....53
5.2.2 Índices de diversidad.....54
5.3 Factores edáficos.....55
5.3.1 Dominancia de Simpson.....56
5.3.2 Riqueza de Margalef.....56
5.3.3 Diversidad de shannón.....56
5.3.4 Equidad (Heip).....57
5.3.5 Diversidad trófica.....57
5.4 Respuestas de las comunidades de nemátodos en relación a los factores edáficos.....57
5.4.1 Materia orgánica.....58
5.4.2 Textura.....58
5.4.3 Porosidad.....60
5.4.4 pH.....61
5.4.5 Contenido de humedad.....63
5.4.6 Índice de Madurez (Yeates, 1994).....64
6 ANÁLISIS.....65
6.1 Composición taxonómica y abundancia:.....65
6.2 Composición de la diversidad funcional.....66
6.2.1 El gremio de los fitófagos.....66
6.3 Diversidad alfa.....66
6.3.1 Curva acumulatoria por géneros.....66
6.3.2 Índices de diversidad.....67

6.4 Afinidad de la diversidad y abundancia de nemátodos en relación a los factores edáficos. 68

6.4.1 Texturas de suelo.....68

6.4.2 Porcentaje de Humedad.....68

6.5 Índice de madurez Yeates (1994).....69

7 CONCLUSIONES.....71

8 RECOMENDACIONES.....73

9 REFERENCIAS.....74

10 ANEXOS.....83

TABLAS

Tabla 1: Clasificación moderna de los nemátodos según De Ley & Blaxter (2002).....29

Tabla 2: Mediciones morfometríca utilizadas para la determinación taxonómica (De Man, 1884).

.....46

Tabla 3: Métodos para determinar los factores edáficos (IGAC, 2006).....48

Tabla 4: Índice estudiado con sus respectivas formulación matemática.....49

Tabla 5: Estimadores aplicados a los datos.....49

Tabla 6: Número de individuos obtenidos por muestra (M).....52

Tabla 7: Clasificación taxonómica de los géneros encontrados de acuerdo con la clasificación de De Ley & Blaxter (2002).....53

Tabla 8: Clasificación por hábito alimentario de los géneros de nemátodos acorde al trabajo de Yeates et al. (1993).....54

Tabla 9: Representación del número de individuos por gremio trófico (Castilla, 2015).....60

Tabla 10: Porcentaje de los géneros que presentarón mayor abundancia con respecto a las diferentes texturas de suelo (Castilla, 2015).....61

ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Estructuras anatómicas de macho y hembra de nemátodos (Lambert & Bekal, 2002).....28

Ilustración 2: Anatomía de hembra de nemátodo fitoparásitos: Rotylenchoides variocaudatus (Kimenju et al., 2004).....28

Ilustración 3: Clasificación de los nemátodos según su estructura bucal, (A) Bacterívoros, (B) Fungívoros, (C) Fitófagos (D) Predadores y (E) Omnívoros (Ugarte & Zaborski, 2014).....29

Ilustración 4: Ciclo reproductivo de nemátodo (L1, L2, L3 y L4) respectivos estadio (Wolpert, 2009).....31

Ilustración 5: Posición geográfica de los sitios de muestreo (Sampués, Corozal y San Juan de Betúlia), Fuente: (Castilla, 2015).....37

Ilustración 6: Patrón realizado para la recolección de una muestra compuesta a partir de submuestras. (Coyne et al., 2007).....39

Ilustración 7: Montaje permanente en placas selladas con parafina y glicerina anhidra (Ryss, 2003).....42

Ilustración 8: Rangos por número de individuos de los géneros registrados (Castilla, 2015).....48

Ilustración 9: Distribución de los gremios alimenticios por agroecosistemas en cada localidad. (Castilla, 2015).....50

Ilustración 10: Distribución porcentual de los gremios tróficos de (Sampués, Corozal y S.J. de Betúlia), (Castilla, 2015).....51

Ilustración 11: Representación de cada estimador empleado para la cofiabilidad del esfuerzo de muestreo.....52

Ilustración 12: Sobs corresponde a nuestro muestreo el cual sigue la asíntota con relación a los demás estimadores empleados (ACE, ICE, Chao 1, Chao 2, jack 1, jack 2, bootstrap.....53
Ilustración 13: Comparación de las comunidades de nemátodos de los sitios de muestreo, a partir de los índices de diversidad. Eje Y) Escala de los valores de los índices.....53
Ilustración 14: Relación de los índices de diversidad con respecto a los factores edáficos estudiados. Eje Y) Valor (r) (Castilla, 2015).....55
Ilustración 15: Representación de una de las condiciones nutritivas para los microorganismos edáfico (Castilla, 2015).....56
Ilustración 16: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la materia orgánica presente en el suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra.....57
Ilustración 17: Representación textural de suelo para la de zona de estudio (Castilla, 2015).....58
Ilustración 18: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la textura del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra (Castilla, 2015).....58
Ilustración 19: Porosidades para cada uno de los agroecistemas estudiados (Castilla, 2015).....59
Ilustración 20: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la porosidad del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra (Castilla, 2015).....60
Ilustración 21: Registro de las mediciones de pH realizadas en el laboratorio (Castilla, 2015)....61
Ilustración 22: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto al pH del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra (Castilla, 2015).....62
Ilustración 23: Regímen del contenido de humedad presente en cada agroecosistema (Castilla, 2015).....63
Ilustración 24: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la humedad del suelo.

M1, M2, M3...M15, respectiva muestra (Castilla, 2015).....63

Ilustración 25: Índice de madurez total de los sitios estudiados (Castilla, 2015).....64

ANEXOS

Anexo A). Pasos para la extracción de nemátodos del suelo por el método de centrifugación en azúcar de (jenkins, 1964).....86

(Anexo B). Matriz de datos del número de individuos por muestra y el total de individuos encontrados.....88

(Anexo C). Fotografía de algunos géneros identificados (fitófago, bacterívoro, micófago, omnívoro y predadores).....89

(Anexo D). Matriz de datos utilizada para calcular el porcentaje de carbón orgánico y el de materia orgánica.....91

(Anexo E). Matriz de datos utilizada para calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla.....92

(Anexo F). Nemátodos conservados en placas fijas.....93

(Anexo G). Placa prefabricada para contar nemátodos.....93

(Anexo H). Valoración de los estimadores con respecto al muestreo realizado.....94

(Anexo I). Correlación de nemátodos Vs factores edáficos a partir de Regreción lineal.....94

(Anexo J). Nomenclatura utilizada para representar la muestra correspondiente a su agroecosistema y localidad.....95

(Anexo K). Matriz de datos utilizados para caluclar la Porosidad de los suelos.....95

(Anexo L). Valores de pH medidos para cada una de las muestras de los suelos.....96

(Anexo M). Matriz de datos utilizados para el calculo de la Densidad Real de los suelos.....96

(Anexos N). Matriz de datos utilizados para el calculo del porcentaje de Humedad del suelo de Sampués.....97

(Anexo Ñ). Matriz de datos utilizados para el calculo del porcentaje de Humedad del suelo de

Corozal.....98

(Anexo O). Matriz de datos utilizados para el calculo del porcentaje de Humedad del suelo de San Juan de Betúlia.....99

(Anexo P). Valores c-p de las respectiva familia utilizados para calcular el Índice de Madurez. 100

Resumen

En el presente trabajo se realizó un estudio sobre la diversidad, riqueza, dominancia y equidad de la nematofauna de 15 agro-ecosistemas correspondientes a tres localidades de la Subregión Sabana (Sucre, Colombia), y la relación de estos organismos con parametros físico y químicos como (textura, porosidad, humedad, materia orgánica y pH) del suelo. Utilizando la metodología de Jenkins (1964) para la extacción y las claves taxonómicas de Mai *et al.* (1996), Tarjan *et al.* (1977) y Yeates *et al.* (1993) para la identificación; Se identificaron un total de 4,683 individuos pertenecientes a 22 géneros y uno no determinado, éstos fueron agrupados en 15 familias, 9 superfamilias, 6 subórdenes y cuatro órdenes agrupados en 5 gremios tróficos (fitófagos, bacterívoros, micófagos, predadores y omnívoros); Se encontró que los agro-ecosistemas de (Bajo Grande – Corozal) y (El zulia- San Juan Betúlia) presentaron mayores índices de diversidad (H'= 1.805 y 1.724) y riqueza poblacional (Margalef= 2.143 y 2.139) con respecto a los índices de Shannón-Weaver y riqueza de Margalef; en la localidad de Sampués, los agro-ecosistemas de La Hacienda Los Ángeles y La Berraquera mostraron una mayor equidad respecto a los géneros identificados (Heip= 0.752 y 0.634), mientras que el género que predominó en los 15 agro-ecosistema fue el *c.f. Dorylaiminae*[1] con un número de individuos de 1,727 y una Dominancia de Simpson de (λ=0.589) solo para el agro-ecosistema (La Fé–S.J. Betúlia).

La diversidad de nematodos se utilizó como bioindicador del estado holístico de la calidad del suelo utilizando el índice de madurez de los suelo (I.M) el cual tuvo un promedio de 3.26 para 14

1 Género no determinado de la familia *Dorylaiminae*

de los 15 agroecositemas, los suelos fuerón clasificados como progresivamente perturbados, entre los cuales, San Antonio es el agroecosistema que presenta mayor perturbaciones por tener un I.M de 2.34.

Respecto a la relación de estos organismos con los paramtros edáficos se encontró que la presencia los géneros *c.f Dorylaimnae* y *Criconemella* no está limitada por factores como la textura, la humedad, porosidad, materia orgánica y pH, con respecto a los otros géneros de las cuales si son dependiente los demás nemátodos encontrados como (*Pratylenchus*, *Tylenchus*, *Rotylenchulus*), quienes mostrarón dependencia con estos parametros edáficos.

Palabras claves: bioindicador, microorganismo, suelo, holistico

Abstract

In this work a study was done on the diversity, richness, dominance and equity of nematofauna 15 agro-ecosystems for three different locations in the Subregion of Sabana of Sucre- Colombia and the relationship of these organisms with the factors (texture, porosity, , moisture, organic matter and pH) soil.

Using the methodology of Jenkins (1964) for the extacción and the proposals key by Mai et al. (1996) , Tarjan et al. (1977) and Yeates et al. (1993) for taxonomic identification . A total of 4683 individuals were identified, belonging to 22 genres and one undetermined, These were grouped into 15 families, 9 superfamilies, 6 suborders, 4 orders, and 5 trophic guilds (phytophagous, bacterivorous, micófagos, predators and omnivores); It was found that the agro-ecosystems (Bajo Grande - Corozal) and (El Zulia San Juan Betúlia) had higher rates of diversity (H '= 1.805 and 1.724) and population richness (Margalef = 2,143 and 2,139) with respect to Shannon-Weaver index and Margalef richness; in the town of Sampués, agro-ecosystems of the Hacienda Los Angeles and La Berraquera showed more equity relative to the identified genera (Heip = 0.752 and 0.634), whereas gender predominates in the 15 agro-ecosystem was the cf Dorylaiminae with a number of individuals from 1727 and Simpson Dominance ($\lambda = 0.589$) only for the agro-ecosystem (La Fe-SJ Betúlia).

The diversity of nematodes were used as a bioindicator of holistic state of soil quality using the index of maturity of the soil (IM) which had an average of 3.26 for 14 of the 15 agroecosystems, the soils were classifying as perturbed gradually, of which San Antonio is the agroecosystem that presents greater degree of perturbations with IM of 2.34.

Regarding the relationship of these organisms with edaphic parameters it was found that the presence gender Dorylaimnae cf and Criconemella is not limited by parameters such as texture, moisture, porosity, organic matter and pH, of which , if they are dependent other nematode found as (Pratylenchus , Tylenchus , Rotylenchulus) .

Keywords: biomarker, microorganisms, soil, holistic

INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales que han suscitado interés mundial en los actuales momentos, es la pérdida de biodiversidad como consecuencia de las actividades antropicas, ya sea de manera directa (sobreexplotación) o indirecta (alteración del hábitat). Actualmente el significado y la importancia de la biodiversidad no están en duda y se han desarrollado diversos métodos para evaluarlos como bioindicador del estado de los sistemas ecológicos, con aplicabilidad práctica para fines de conservación, manejo y monitoreo ambiental (Spellerberg, 1991). La evaluación e interpretación de la abundancia y función de la estructura de la comunidad de nemátodos del suelo ofrecen una medida *in situ* de los factores disruptivos de la dinámica del suelo; como resultado hay mucho interés en la comunidad de nemátodos del suelo como un indicador de la calidad del suelo, biodiversidad, perturbación, complejidad de un ecosistema o productividad o sostenibilidad agrícola (McSorley & Frederick, 1996).

En el marco de esta problemática ambiental es necesario estudiar, monitoriar y analizar el estado de la biodiversidad de la nematofauna de vida libre edáficas y su relación con los parametros físico químicos (textura, porosidad, humedad, materia orgánica y pH). Por ende se plantea si “las propiedades del suelo infieren en la presencia de la fauna edáfica benéfica (nemátodos)”; Además, se hace necesario realizar estudios en todos los ecosistemas especialmente en medios acuaticos, con el objetivo de medir su diversidad biológica, para aportar conocimientos a la teoría ecológica y contar con indicadores que nos permitan tomar decisiones o emitir recomendaciones en favor de la conservación de taxón o áreas amenazadas, o monitorear el efecto de las perturbaciones en los ambientes. De esta forma de analiza

biodiversidad resulta muy conveniente en el contexto actual ante la acelerada transformación de los ecosistemas naturales, ya que un simple listado de especies para un región dada no es suficiente. Para monitorear el efecto de los cambios en el ambiente es necesario contar con información de la diversidad biológica en comunidades naturales y modificadas (diversidad alfa) y también de la tasa de cambio en la biodiversidad entre distintas comunidades (diversidad beta), para conocer su contribución al nivel regional (diversidad gamma) y poder diseñar estrategias de conservación y llevar a cabo acciones concretas a escala local.

El conocimiento sobre las distintas diversidades (α, β y γ) y la ecología de los nemátodos ha crecido significativamente, debido a que estos microorganismos son usados cada vez más como indicadores de las áreas de biodiversidad y sostenibilidad del sistema suelo entre otros ecosistemas. En esta investigación se identificarón los géneros de nemátodos de vida libre existentes en el suelo de la subregión de la Sabana, se interpretarón la diversidad y riqueza poblacional de los nemátodos asociado a los factores edáficos antes mencionados.

1 OBJETIVOS

1.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de los factores (textura, porosidad, humedad, materia orgánica y pH) edáficos sobre diversidad y distribución espacial de nemátodos de vida libre e identificar los géneros de nemátodos asociados al suelo de la subregión de la Sabana (Sucre – Colombia) para resgistrar la salud a partir de la utilización del Índice de Madurez de los suelos, además, correlacionar los factores edáficos con el cambio en las comunidades de estos organismos con la utilidad de los índices de diversidad.

1.2 Objetivos específicos

- Identificar géneros de nemátodos que se encuentran asociados a los diferentes tipos de suelo y localidad.
- Valorar los índices de diversidad poblacional (diversidad de Shannón, dominancia de Simpsón, equidad de Heip, índice de diversidad trófica, riqueza de Margalef e índice de maduréz del suelo.
- Interpretar la diversidad y riqueza poblacional de los nemátodos de vida libre asociado a los parámetros físicosquímicos (Textura, Materia Organica, Humedad, Porosidad y pH).
- Inferir que la presencia de la fauna edáfica (nemátodos) realizan una actividad benéfica en el suelo.

2 JUSTIFICACIÓN

Los nemátodos del suelo exhiben atributos que pueden ser usados como bioindicadores: abundancia poblacional, diversidad de taxa y trofia por ecosistema, su respuesta ante un disturbio ambiental es casi inmediata y, cuando la mayor parte de la fauna ha desaparecido, pueden permanecer en el suelo debido a variadas adaptaciones en ambientes extremos (H. Ferris *et al.*, 1998). Desafortunadamente, la contaminación ambiental y el deterioro ocasionado por el mal manejo del suelo y cuerpos lacustres, ha provocado que se afecte la vida de los nemátodos que permite la degradación de la materia orgánica, y mineralización del fósforo y nitrógeno, provocando la disminución de los nutrientes. Bongers (1990), plantea que “el monitoreo de la comunidad de nemátodos permite el análisis de las condiciones ecológicas del suelo debido a que pueden reflejar cambios en las condiciones del mismo” (p.14); dado a que los índices ecológicos son herramientas útiles que no solo proveen medidas cuantitativas para caracterizar un ecosistema sino también para comparar diferentes sistemas ecológicos (Porazinska *et al*., 1999). En el departamento de Sucre los inventarios de nemátodos a nivel de especie son escasos. Reportes de literatura especilista demuestran que estos organismos pueden ser utilizados de una forma confiable como indicadores de contaminantes ambientales tanto en habitat terrestre como en acuáticos (Esquivel, 1996). Identificando los principales géneros como alternativa biológica a la ecología de este grupo se avanza significativamente en las relaciones entre las comunidades del suelo y su función en el ecosistema. Por ende se plantea ¿“Si las propiedades del suelo infieren en la presencia de la fauna edáfica (nemátodos)”?; al análizar sus comunidades proveemos información de la sucesión, los cambios en las vías de descomposición del suelo y brindamos más información sobre su taxonomía.

3 Estado del arte

3.1 Calidad del suelo: indicador de la gestión sostenible de la tierra

La salud del suelo es la capacidad para funcionar como un sistema vivo, dentro de los límites del ecosistema y de uso del suelo, para mantener la productividad de plantas y animales, mantener o mejorar la calidad del agua y del aire, y promover la salud de las plantas y de los animales. Para evaluar la sostenibilidad de las prácticas agrícolas, es necesaria una evaluación de la salud del suelo utilizando diversos indicadores de la calidad. Los organismos del suelo como los nemátodos junto a los parámetros bióticos (por ejemplo, la abundancia, diversidad, estructura de red de alimentos, o de estabilidad de la comunidad) cumplen con la mayoría de los criterios para ser indicadores útiles de la calidad del suelo debido a que estos organismos responden sensiblemente al estres generado por las prácticas de manejo del suelo y el clima.

El interés en la evaluación de la calidad y la salud del recurso suelo ha sido estimulado por el aumento de la conciencia de que el suelo es un componente de importancia crítica de la biosfera de la tierra, el funcionamiento no sólo en la producción de alimentos y fibras, sino también en el mantenimiento del local, regional, y la calidad del medio ambiente mundial (Glanz, 1995).

Johnson *et al.* (1997) define “la calidad del suelo como “una medida de la condición del suelo en relación con los requisitos de una o más especies biológicas y / o a cualquier propósito humano" (p.581). El término "salud del suelo" es preferido por algunos (para una discusión ver (Doran *et al.*, 1996) & (J. W. Doran *et al.*, 1997)), ya que retrata la tierra como un sistema vivo, dinámico, cuyas funciones están mediadas por la diversidad de los seres vivos que requieren manejo y conservación. A lo que respecta a la salud del suelo, la biodiversidad y la capacidad de

recuperación del suelo son muy limitadas en ambientes extremos y son más sensibles a las perturbaciones antropicas (Freckman & Virginia, 1997).

De manera que la calidad del suelo se conceptualiza como el principal vínculo entre las estrategias para la conservación de las prácticas de gestión agrícola y el logro de los objetivos principales de la agricultura sostenible (Parr *et al.,* 1992) & (Acton & Gregorich, 1995). En resumen, la evaluación de la calidad del suelo o la salud, y dirección del cambio con el tiempo, es el principal indicador de la gestión sostenible de la tierra (Karlen *et al.*, 1997).

3.2 Los organismos del suelo como indicadores de la calidad y la salud del suelo.

La mayoría de los estudios que antecenden, abordan las preguntas de cuál de los organismos conocidos actualmente y que parámetros ecológicos son útiles como indicadores. Pero cualquier indicador de la salud y calidad del suelo debe cumplir con los siguientes cinco criterios: *Sensibilidad a las variaciones en la gestión, buena correlación con las funciones benéficas del suelo, utilidad para dilucidar los procesos del ecosistema, comprensible y útil para los administradores de tierras fácil, y barata para medir* (J. W. Doran *et al*., 1997).

Investigaciones realizadas por Hawksworth & Iturriaga (2005), “demuestran que algunos organismos vivos que cumplen con estas características han probado ser eficientes indicadores ambientales” (p.71). Tenemos el caso de los líquenes que han sido utilizado exitosamente como indicadores de la contaminación del aire, además trabajos realizados por Paerl *et al.* (2003), demuestra que muchas especies de algas son eficientes indicadoras de la eutroficación del agua.

Teniendo en cuenta los criterios que categorizan a los organismos como bioindicadores de calidad, en contramos el grupos más estudiados por su utilidad como indicadores ambientales

(suelo) son los nemátodos. Hoy en día la nematofauna en todo su conjunto, tanto terrestre como acuática, se utiliza para inferir el estado y las condiciones de las redes tróficas y las funciones en ecosistemas naturales y manejados (Howard Ferris *et al*., 2012).

La compisición de las comunidades de nemátodos se considera un buen indicador de las alteraciones como la deforestación, la liberación de agroquímicos y desechos industriales y urbanos al ambiente, el arado y el cultivo del suelo afectan la riqueza de especies, la estructura trofica y el estado de sucesión de la comunidad de nemátodos. De manera que estos cambios están correlacionados con indicadores del funcionamiento del ecosistema, como el aumento de nitratos y fósforos en el suelo, la disminución del carbono y la biomasa microbiana y el cambio en la estructura de las redes troficas (Culman *et al.*, 2010).

En la actualidad se han relizado trabajos con estos organismo, donde se están utilizando a los nemátodos en estudios sobre el cambio climatico. A lo que respecta en el incremento de los principales gases de efecto invernadero como el CO_2 atmosférico, concentración de nitrógeno y los cambios en los regímenes de precipitación, provocados por el calentamiento global, el cual afectan a la comunidad de nemátodos de una forma predecible, provocando una simplificación taxonómica y funcional de las comunidades en el suelo (Eisenhauer *et al*., 2012).

Para la realización de cualquier trabajo con estos microorganismos es impresindible tener conocimiento basicos en la identificación taxonómica, para la cual contamos con la identificación tradicional que requiere personal capacitado, y aunque reconocer las familias y algunos géneros de los nemátodos resulta sencillo con la capacitación adecuada, la identificación a nivel de especie unicamente la realizan expertos en grupos particular. Actualmente se a utilizado las herramientas moleculares, como complemento de la taxonómía tradicional. La

utilización de estas tecnicas moleculares ha permitido mejorar el estudio de la diversidad nematológica. Como resultado a esta alternativa de identificación taxonómica en Costa Rica, el instituto tecnológico de Costa Rica han logrado avances en este campo. En ese instituto han utilizado PCR-RFLPs de regiones conservadas de ADN ribosómico (18S, ITS, D2,-D3) y mitocondrial (COI) como métodos de identificación de especies de nemátodos, sin embargo, para ellos evaluar comunidades enteras es necesario desarrollar técnicas como la secuenciación de una nueva generación, la cual ha sido muy útil en la evaluación de la diversidad de organismos procariotas (Howard Ferris *et al.*, 2012).

3.3 GENERALIDADES SOBRE LOS NEMÁTODOS.

Los nemátodos son organismos invertebrados evolutivamente exitosos, diversos y abundantes en sistemas acuáticos y edáficos (Sánchez Daza, 1978). Son quizás los animales multicelulares más numerosos, pueden ser encontrados en casi todos los ambientes, desde la cálidas primaveras hasta el helado ártico y antártico, muchos son parásitos patógenos de las plantas y animales; incluyendo los humanos, otros pueden cumplir funciones benéficas muy importantes en los suelos de actividad agrícola, muchos y varios géneros de nemátodos son antagonistas y ayudan al control de organismos que causan importantes enfermedades a las plantas (Agrios, 2005). Se estima que existen aproximadamente un millón de especies de nemátodos, de estas la mayoría (500 mil especies) son nemátodos edáficos de los que se conoce menos del 3% (14.786 especies) 4.105 nemátodos fitoparasitos y 10.684 de vida libre (Desgarennes, 2009). Los nemátodos del suelo son muy pequeños (0.3-5.0 mm) estos animales parecidos a un gusano, son muy abundantes (comúnmente un millón por mt^2) y diversos (comúnmente más de 30 taxa) en todo el suelo (Yeates, 1979). Ellos pueden ser encontrados en

cualquier ambiente bajo todas las condiciones climáticas y hábitat que varían desde pristino a sumamente contaminados (Bongers & Ferris, 1999).

3.3.1 Taxonomía

Existen discrepancias entre los especialistas en la clasificación taxonómica de los nemátodos; sin embargo, una de las mas aceptadas en la actualidad es aquella que los integra en un filum separado, correspondiendo a este al filum nemátodos, el cual lo integra dos clases, tres subclases y 17 órden: (Tabla 1).

Tabla 1: Clasificación moderna de los nemátodos.

Filum	**Nematoda**		
Clase	***Enoplea***		***Crhomadorea***
Subclase	***Enoplia***	***Dorylaimia***	***Chromadoria***
Orden	*Enoplida* *Triplochida*	*Dorylaimida* *Mermithida* *Mononchida* *Dioctophimatida* *Trichinellida* *Isolaimida* *Muspiceida* *Marimermithida*	*Rhabditida* *Plectida* *Araeolaimida* *Monhysterida* *Desmodorida* *Desmoscolecida* *Chromadorida*

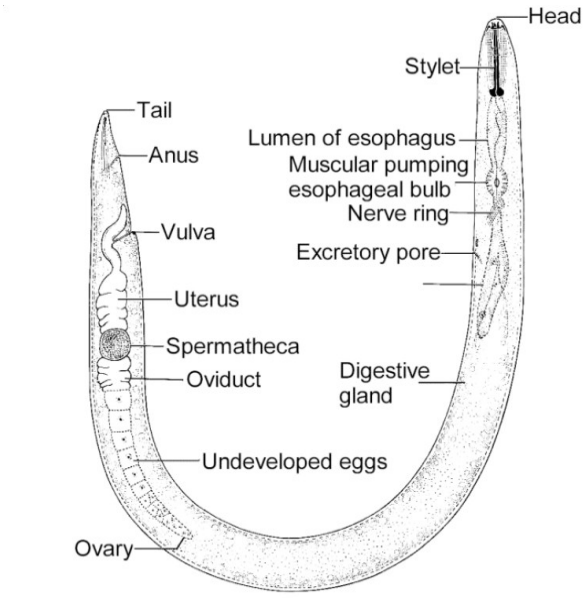
Fuente: De Ley & Blaxter (2002).

3.3.2 Estructura general y morfología

Los nemátodos se caracterizan por tener un cuerpo cilíndrico alargado y cubierto por una cutícula quitinosa, la cual a veces esta estriada u ornamentada. Generalmente el cuerpo de los nemátodos puede variar desde cilíndrico a fusiforme. Algunos nemátodos parásitos de plantas tienen forma de pera, limón, riñón o sacos, poseen simetría bilateral y carecen de apéndices articulares (Luc *et al*., 1990). La parte anterior del cuerpo puede terminar en punta

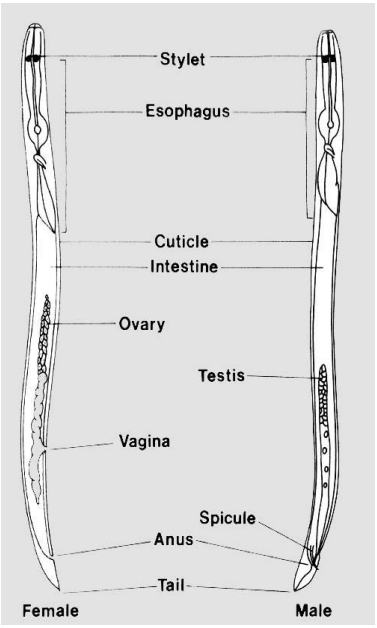
o permanecer casi cilíndrica como el género *Mononchus.* En los géneros como *Alaimus* la cabeza presenta una terminación puntada que empieza en el cuello, la anchura del cuerpo puede ser menos del 1% de su longitud como en *Ecphyadophora*, o en otros hasta 15% como en *Criconema*. Las muchas formas de los nemátodos son también variables en sus respectivas características a tal punto que no se puede hacer una descripción única, sin tener en cuenta las excepciones (Sánchez Daza,1978).

Ilustración 2: Anatomía de hembra de nemátodo fitoparásitos: Rotylenchoides variocaudatus.



Fuente: (Kimenju *et al.*, 2004).

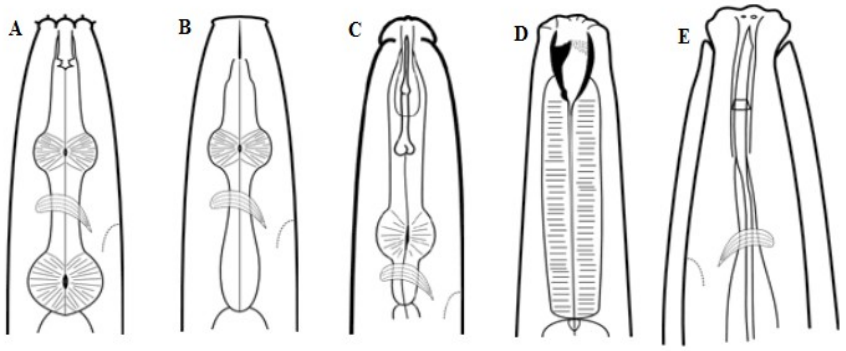
Ilustración 1: Estructuras anatómicas de macho y hembra de nemátodos.



Fuente: (Lambert & Bekal, 2002).

3.3.2.1 Aparato digestivo de nemátodos

Ilustración 3: Clasificación de los nemátodos según su estructura bucal, (A) Bacterívoros, (B) Fungívoros, (C) Fitófagos (D) Predadores y (E) Omnívoros.



Fuente: (Ugarte & Zaborski, 2014).

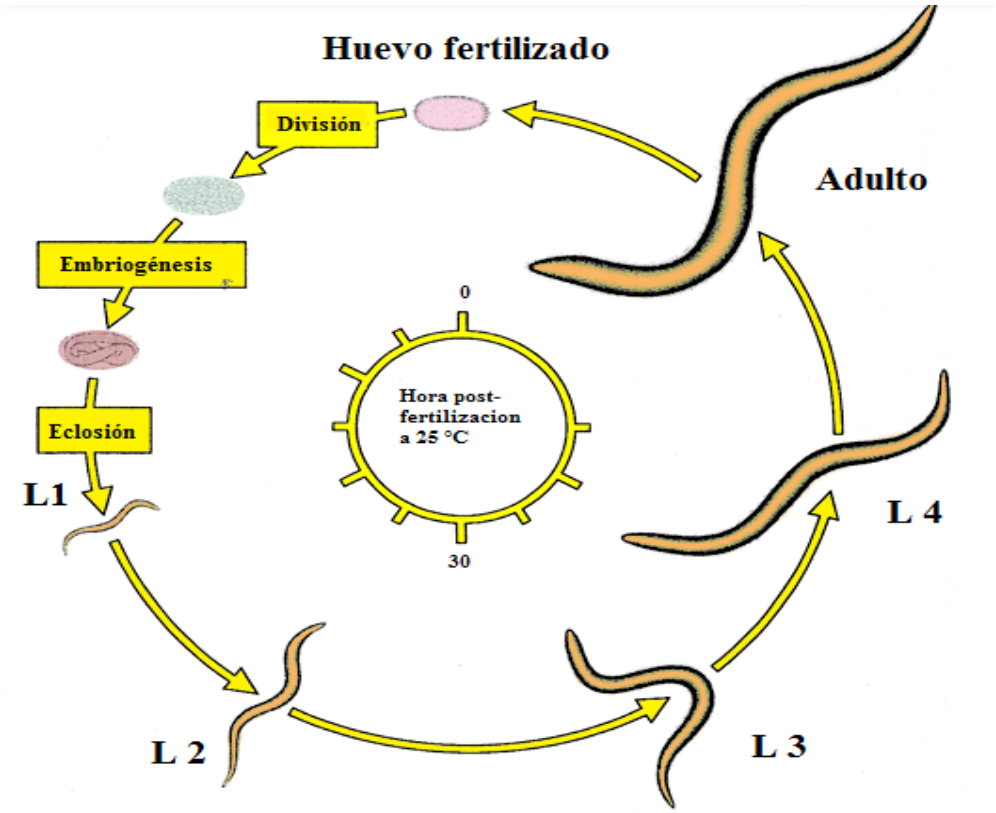
El aparato digestivo corresponde estructuralmente a un tubo interno que se inicia en la abertura bucal y finaliza en el ano en las hembras y juveniles y en la cloaca en los machos (Agrios, 2005). Southey & others, (1978) y Luc *et al.* (1990) indican que el aparato digestivo es casi rectilíneo, raramente ondulado; éste se extiende entre la abertura oral (antero terminal) y la abertura anal (subterminal). Comprende un estomodeo (boca, cavidad bucal y faringe), un mesenterón (intestino medio) y un proctodeo (intestino terminal, que puede ser el recto o la cloaca). El estomodeo finaliza en la unión con el intestino donde se ubica una válvula esófago intestinal. La forma y estructura de la cavidad bucal es particularmente importantes para la identificación de las especies de nemátodos Ilustración 3, ya que en algunos grupos el estoma se modifica y el estilete toma la forma de una aguja para adecuarse a ciertos tipos de alimentos (Luc *et al.*, 1990; Sumner, 1999). Según Hickman *et al*. (2002), los “detalles estructurales de la cavidad bucal están relacionados con los hábitos alimentarios y son importantes en la identificación de las especies”. La cavidad bucal puede ser un tubo estrecho o un espacio oval

o con forma de taza. Cuando la cavidad bucal está muy especializada, puede dividirse en una cámara anterior, cerrada por los labios; un prostoma largo, y un telostoma (Sumner, 1999).

3.3.3 Ciclo de vida de los nemátodos

El ciclo de vida varia con respecto a la especie de manera que no podemos establecer un tiempo para representar el ciclo de vida general para los nemátodos. El huevo que se encuentra protegido por una cutícula de quitina, da origen a una larva o juvenil, la cual mudará cuatro veces la cutícula hasta convertirse en adulto (Poinar Jr & others, 1979). El desarrollo hasta adulto de los nemátodos (Ilustración 4), se encuentra íntimamente ligado con el proceso de muda de la cutícula que permite el crecimiento corporal. En la mayoría de las especies de nemátodos ocurren cuatro mudas después de la eclosión (Magunacelaya & Dagnino, 1999). Durante el ciclo de desarrollo, en la mayoría de los especies de nemátodos, los individuos de ambos sexos se mantienen como vermes cilíndricos, aún cuando existen especies que presentan dimorfismo sexual (Agrios, 2005).

Ilustración 4: Ciclo reproductivo de nemátodo (L1, L2, L3 y L4) respectivos estadio



Fuente: (Wolpert, 2009).

3.3.4 Niveles tróficos

Los nemátodos se alimentan de una amplia gama de organismos; por ende son agrupados con respecto a su habitos alimenticios. Yeates *et al*. (1993) "acepta los siguientes grupos: fitoparásitos, fungívoros, bacterivoros, ingestión de sustratos (especialmente sobre el cual crece las bacterias), depredación de protozoos y animales del suelo (rotíferos y otros

nemátodos), los que se alimentan de eucariotas unicelulares (diatomeas y otras algas), omnívoros principalmente de la subfamilia *Dorylaminae"* (p. 315). Debido a la variación en los tipos de alimentos la nematofauna del suelo interactúa con otros organismos del suelo (Morerira, 2012). De esta manera ocupan diversas posiciones en cadenas tróficas e intervienen en la estructura y organización funcional edáfica (Neher, 2001). además los nemátodos ocupan posiciones en la red trófica del suelo como consumidores primarios, secundarios y terciarios (Lucyna Wasilewska, 2004).

- **Fitoparásitos:**
  - Parásitos sedentarios: (Por ejemplo, las hembras de *Heterodera*, *Globodera*, *Meloidogyne, Verutus, Sphaeronema*).
  - Endoparásitos migratorios: (por ejemplo, *Pratylenchidae, algunos Anguinidae*).
  - Semiendoparasitos: (por ejemplo, *Hoplolaimidae, Telotylenchus*).

- **Ectoparásitos:** (por ejemplo, *Dolichodoridae, Cephalenchus, Criconematidae, Hemicycliophoridae, Paratylenchidae, Trichodoridae, Pungentus, Longidoridae*); de las células epidérmicas y alimentadores pelos radicales (por ejemplo, *Tylenchidae, Psilenchidae, Atylenchidae*), de algas, líquenes (componente de algas u hongos), o bien de comederos musgo que se alimentan por la perforación (por ejemplo, *Tylenchus, Laimaphelenchus, Anguinidae*).

- **Bacterívoros:** Se encuentran principalmente en ambientes ricos en sustancias orgánicas

en descomposición participando del proceso de desintegración de restos, por lo que se les conoce como saprófito o eusaprobios.

- **Fungívoros:** Los nemátodos Fungívoros regulan el tamaño y función de poblaciones de hongos y bacterias del suelo (Ingham *et al*., 1985; Poll e*t al*., 2007). Están involucrados indirectamente en la descomposición y minerilazión del nitrógeno debido a su interacción con la microflora (Neher & Campbell, 1994; (Neher, 2001).

- **Predadores:** Algunas especies de nemátodos se alimentan de invertebrados como los protozoos, nemátodos, rotíferos, hongos, algas y bacterias (Volcy, 1998).

- **Omnívoros:** Aunque algunos nemátodos parecen normalmente alimentarse de una amplia gama de alimentos en particular, (la combinación tipos de alimentos) esta mejor restringido el uso de este termino a (algunos *Dorylaimidos*).

- **Predador-omnívoro:** Los nemátodos predadores se alimentan de otros grupos funcionales de nemátodos y de invertebrados, mientras que los nemátodos omnívoros incorporan fuentes de alimentación variada que incluyen organismos de origen animal y vegetal (Yeates *et al*., 1993).

3.4 Relación de la diversidad de nemátodos con los factores edáficos:

3.4.1 Materia orgánica

Los géneros *Helicotylenchus* y *c.f Dorylaiminae* su presencia está menos marcada por la materia orgánica, el primero puede alimentarse de fluido celular del sistema radical de las plantas y el segundo posee un gremio alimenticio omnívoro de manera que puede mantenerse a partir de diferentes fuentes nutritivas presentes en el suelo; el género *Criconemella* su presencia no se ve limitada por la materia orgánica ya que posee grandes reservas lipídicas para su metabolismo y nutrición. Guzmán Piedrahita & Castaño Zapata (2010) reportan que en "suelos con buen contenido de materia orgánica, el ciclo de vida de los nematodos fitoparásitos es afectado debido al desarrollo de organismos antagónicos, como bacterias y hongos nematófagos y quitiniformes, así como a la competencia por espacio y alimento de los nematodos de vida libre" (p.117). La mayor contribución de estos organismos en los ecosistemas es la distribución de los nutrientes y minerales, son los responsables de un 30% de da la mineralización del nitrógeno en el suelo, siendo el principal servicio que presta en el ecosistema (Howard Ferris, 2010).

3.4.2 Textura

Entre más arenoso es el suelo los nematodos van a disponer de mayor espacio para desplazarse en la rizosfera. A demás en suelos arenoso la materia orgánica se oxida más rápido de manera que encontraran disponibilidad de nutrientes mientras no sobre abunde el agua, la cual por escorrentía puede desplazar los nutrientes del suelo. La textura y estructura del suelo tienen un efecto importante sobre los nemátodos fitoparácitos y según Wallace (1958) hay un "tamaño óptimo de partícula para el movimiento de cada una de las especies de nemátodo"

(p.74). De manera que un nematodo no puede moverse entre la partículas del suelo cuando el diámetro de los poros es menor que el ancho del cuerpo de nemátodo (Whashington, 1978). Para Muñoz (2011) “suelo que no mantenga buenas condiciones en estructura (microporosidad) hacen que los niveles de oxígeno sean más bajos y, en consecuencia, el metabolismo, movimiento e infectividad de los juveniles se afecte, además del efecto negativo sobre el crecimiento y reproducción de las hembras”.

3.4.3 Porosidad

La porosidad es una propiedad fundamental para la sostenibilidad de los microorganismo y plantas, por ella se filtra el agua en el suelo de la cual son dependiente los nemátodos para cumplir su ciclo biológico y para su desplazamiento requieren de una película de agua. Sitios que conserven una buena porosidad, para la cual su valor supere el 10% de porosidad, seran sitios donde la nematofauna de vida libre no se ve afectada al igual que otros microorganismos (Montenegro Gonzalez *et al.*, 1990).

3.4.4 pH

Es la propiedad física que limita la diversidad de muchos organismos en especial los del sistema suelo (Nematodos), el cual es susceptible a ligeros cambio de pH ocasionado por la intervención de las actividades humanas en el suelo. Guzman *et al.* (2008) mencionan que “la variación del pH, de 5 hasta 7.6, no tiene efecto sobre las poblaciones de nematodos fitoparásitos” (p.47).

3.4.5 Humedad

Los nemátodos fitoparásitos son organismos esencialmente acuáticos debido a que requieren

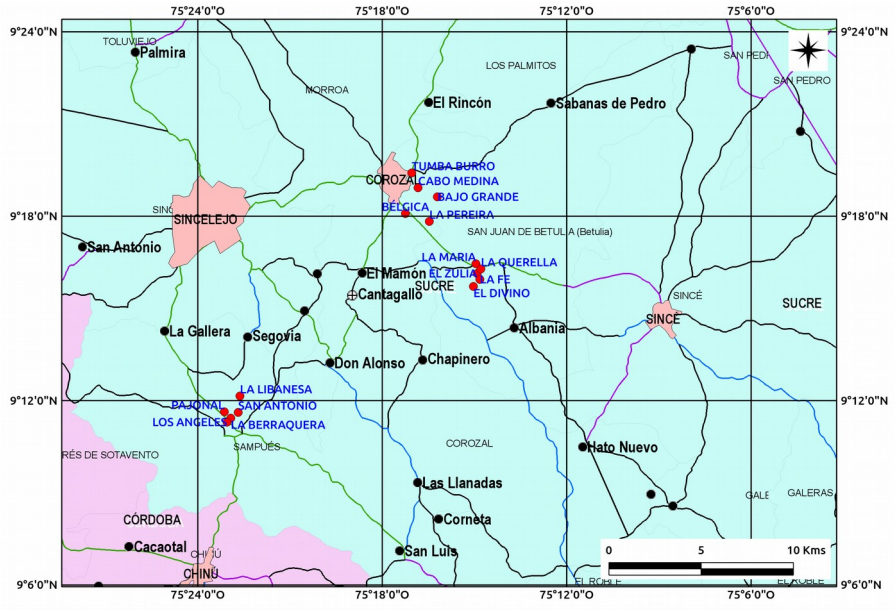
de una película de agua entre las partículas de suelo para poder movilizarse, por lo tanto el contenido de agua en el suelo es un factor ecológico muy importante e influye en la sobrevivencia de estos organismos. Luc *et al*. (1990) Dice que en “suelos secos la sobrevivencia de los nemátodos disminuye, muchos mueren mientras que otros tienen la capacidad de sobrevivir en ausencia total de agua en estado de anahidrobiosis” (p.1).

4 METODOLOGÍA

4.1 Localización de los sitios de estudio

El estudio se llevo a cabo durante los meses de junio a diciembre de 2,014, 2,015 en el departamento de Sucre, el cual, se encuentra localizado al noreste del territorio nacional, (Colombia), enmarcado en las siguientes coordenadas respecto al meridiano de Greenwich, al Norte, 10°, 9' de latitud norte en Pueblo Nuevo y Caño Sangre de Toro; al Sur 8° 17'de latitud norte en los límites con el departamento de Córdoba. Respecto a la longitud, ésta se extiende entre los 74º, 32’ de longitud oeste en la vuelta del Río Cauca al oriente del municipio de Guaranda y 75º, 42’ minutos de longitud oeste en la Punta de San Bernardo (CARSUCRE, 2002). Para este estudio se eligió la Subregión Sabana, constituida por los municipios de Sincé, El Roble, San Pedro, Sampués, Los Palmitos, Galeras, Buenavista, Corozal y San Juan de Betúlia, los cuales tienen un área de 2.101 kilómetros cuadrados (el 20.7% del total departamental). Lo conforman numerosas sierras y colinas formando ondulaciones que van desde los 70 hasta 185 msnm. Los municipios o localidades en estudio son: Sampués, Corozal y San Juan de Betulia (Ilustración 5). Para cada localidad se eligieron cinco Agro-ecosistemas (Fincas), para Sampués fuerón: La Berraquera, Pajonal, Hacienda los Angelas, San Antonio y La Libanesa; en Corozal (Bajo Grande, Caño Medina, Belgica, La Pereira y Tumbaburro) y para San Juan de Betulia (La Maria, El zulia, La Fé, El Divino y La Querella). Estos sitios de estudio se escogierón de acuerdo al criterio de sus practicas agricolas y pecuarias de manera que los lugares de muestreo fuerón los potreros de cada sitio (Anexo J).

Ilustración 5: Posición geográfica de los sitios de muestreo (Sampués, Corozal y San Juan de Betúlia).



Fuente: (Castilla, 2015).

4.2 Localidad de Sampués

Este municipio se encuentra geo-referenciado 9°11'1.00"N; 75°22'54.12"O, este municipio presenta en su topografía un relieve ligeramente ondulado, ondulado o fuertemente ondulado, con pendientes que oscilan entre el 3% y el 25% . La hidrografía la constituyen las aguas de escorrentía, producto de las precipitaciones en épocas de lluvias, las cuales de acuerdo a su topografía se desplazan del noroeste al sureste para desaguar en la Ciénaga de Machado del municipio de San Benito Abad. Entre sus principales actividades economicas se encuentran la ganadería comúnmente la de doble propósito, con respecto a la agricultura prevalece, los cultivos de yuca en asocio con maíz y ñame. Igualmente, en el casco urbano se encuentran localizadas micro-industrias de artesanías, mueble y cuero. (Colombia, Concejo Municipal de Sampués - Sucre, 2012).

4.3 Localidad de Corozal

Este municipio se encuentra geo-referenciado 9°19'4.01"N; 75°17'44.88"O, este municipio cuenta con unos suelos que son utilizados debido a su potencial de la siguiente forma: Para la agricultura intensiva, Área = 6,509.6 Ha (15.6%); Silvo pastoril asociado extensivo, Área = 5,993.1 Ha (21.76%); Agropastoril intercalado intensivo. Área = 5,680.51 (20.63%); Forestal, Área = 2,239.3 Ha (8.13%); Forestal protector, Área = 26.7 Ha (0.1%); Agroforestal asociado extensivo, Área = 4,296.69 Ha (15.6%); Agropastoril intercalado semi – intensivo, Área = 97.41 Ha (0.46%), Forestal protector, Área = 1,603 Ha (5.82%). En la actualidad existe un conflicto de usos del suelo ya que se está utilizando suelos aptos para la ganadería en agricultura y viceversa. Presenta bajo nivel productivo, deterioro del recurso suelo (desertificación), altos índices de pobreza, además existe contaminación, deterioro del recurso hídrico y en general deterioro de los recursos naturales y la presencia de población en zonas de alto riesgo (Concejo del Municipio de Corozal, 2012).

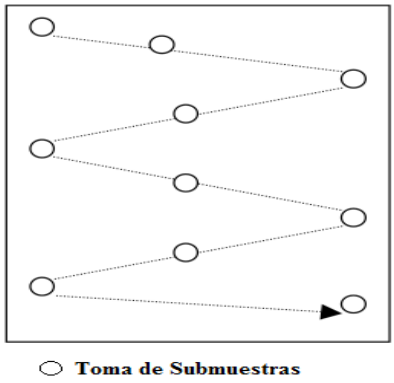
4.4 Localidad de San Juan de Betúlia

Este municipio se encuentra geo-referenciado 9°16'32.02"N; 75°14'44.16"O, este municipio se encuentra a 65 m.s.n.m con un clima cálido de temperatura promedio de 29ºC. La principal actividad económica es la agropecuaria, el 60% de los empleos sean generados por la actividad agropecuaria, los principales cultivos son la yuca, maíz y ñame en menor proporción al área cultivable; mientras que la ganadería extensiva ocupa un segundo lugar dentro de las actividades del sector agropecuario. En este sector no se cuenta con información suficiente para determinar el estado ambiental del municipio en términos ecológicos, además la práctica incorrecta de quema en el establecimiento de cultivos que se tornan incontrolables a causa del viento. Se puede afirmar que en la mayoría de los corregimientos y veredas se presenta este tipo de amenaza. por lo cual surge la necesidad de crear estrategias que faciliten información en cuanto a calidad y cantidad de nuestros recursos naturales. (Concejo Municipal de San Juan de Betulia - Sucre, 2012).

4.5 Muestreo de suelo

El muestreo se realizó aleatoreamente en forma de zig-zag (Ilustración 6), en los cuales se recolectarón muestras en un area establecidad de 1 hectárea (ha) de la zona de potrero.

Ilustración 6: Patrón realizado para la recolección de una muestra compuesta a partir de submuestras.



Fuente: (Coyne et al., 2007).

Para cada punto de toma de submuestras se procedió a retirar la capa de vegetación y superficie del suelo. Se tomarón 12 submuestras a 0.20 m de profundidad del horizonte A del suelo con el barreno, del cual se retiraba los 5 centímetros de cada extremo de la submuestras y se recolectaba la parte central de esta hasta representar una muestra homogénea de 1.0 Kg.

4.6 Manejo de la muestra

A partir de 1.0 Kg de muestra homogeneizado por agro-ecosistema se dispuso de 0.50 Kg destinados para la extracción de los nemátodos y el 0.50 kg restante se utilizarón para realizar los análisis fisicoquímicos de suelo. Estas muestras se mantuvierón en bolsas de polietileno para su transporte hasta el laboratorio de procesamiento, sellandose para evitar la desihidratación y contaminación; simultáneamente se rotularón con la información: lugar donde fuerón tomadas y la fecha y número de codificación para cada una de ellas (Kleynhans, 1999).

4.6.1 Procesamiento de las muestra

4.6.2 Extracción de los nemátodos

Los nemátodos fuerón extraídos utilizando el método de flotación en azúcar de (Jenkins, 1964), con los siguientes procedimiento: (ver Anexo A).

- Cada muestras de suelo (0.50 Kg) se deposito en una cubeta, agregandole 5 litros de agua de grifo, con el propósito de homogeneizarlas y para facilitar el proceso de extracción de los nemátodo, se dejo reposar por cierto tiempo para dejar sedimentar las partículas más pesadas.

- Después la suspensión se tamizo en un sistema de tamices de 63 µm, 150 µm y 850 µm. Luego se procedió a recolectar el contenido de cada uno de los dos ultimos tamices.

- El producto del tamizado, se centrifugo en tubos de 10 ml, a 5,000 rpm, durante 5 minutos; eliminando el sobrenadante.

- Al Pallet obtenido se adiciono una solución de sacarosa 500 g/L, resuspendiendo y luego se sometierón a una nueva centrifugación a 5,000 rpm, durante 90 segundos.

- El sobrenadante con los nematodos se pasó por el tamiz de 63 µm. De inmediato se procedió hacer una lavado eliminando residuos de solución de sacarosa. Seguidamente se depositarón los nemátodos en viales de vidrio de 10 ml para proceder con la fijación para posteriormente realizar el conteo e identificación taxonómica a traves de un microscopio Labomed.

4.6.3 Muerte y fijación

Sumergimos el vial con la suspensión de nemátodos en un recipiente con agua hirviendo a (90°C) por 90 segundos, y luego adicionamos un volumen igual a la suspensión de nemátodos de solución fijadora de 6% formalina-2% glicerina (solución Golden para fijación de nemátodos), se dejó reposar y se redujo al volumen hasta un volumen de 5 mL, dejándose preservados en esta solución indefinidamente hasta proceder al conteo y montaje de láminas en glicerina por el método de Ryss, (2003) y Seinhorst (1959).

4.6.4 Conteo, separación e identificación

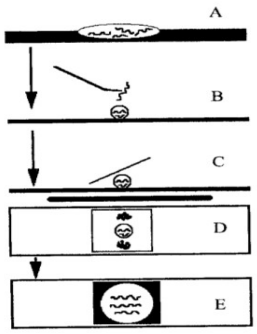
Se tomó del vial 1 ml de la suspensión de nemátodos, el cual adicionamos a una cámara cuenta nemátodos (Anexo G), para proceder con el conteo con la ayuda de un microscopio compuesto Labomed (Lx 400), se repitió el procedimiento dos veces y el promedio de los conteos se multiplicaron por 5 para obtener el número total estimado de nemátodos presentes en el muestreo (Coyne e*t al.*, 2007).

Los objetivos de 40X y 100X se utilizó para el conteo, mientras que el de 400X y 1000X se utilizó para la identificación a nivel de género, mediante las claves taxonómicas propuestas por Mai *et al.* (1996), Tarjan *et al.* (1977) y Yeates *et al.* (1993).

4.6.5 Montaje de Placas Permanentes

Se tomarón aproximadamente 100 nemátodos al azar y procedió a realizar el montaje de placas permanentes en glicerina anhídrida por el método propuesto por Ryss (2003) y Seinhorst (1959), (Ilustración 7). Se depositarón en un porta objeto y se colocó un cubre objeto para ser sellado con parafina y por último se rotuló la placa con el número, fecha y zona de colecta. Luego se observó a magnitudes de 400X y 1000X y se les realizó mediciones de los individuos a través de una camara digital incorporada a un ocular del microscopio y con la ayuda del programa Micam para el cual se tuvierón encuenta las medidas propuestas por De Man (1884), (Tabla 2):

Ilustración 7: Montaje permanente en placas selladas con parafina y glicerina anhidra.



Fuente: (Ryss, 2003).

Tabla 2: Mediciones morfometríca utilizadas para la determinación taxonómica.

Mediciones en los Nemátodos	
L	Longitud total del nemátodo (µm)
a	Lontitud total / anchura máxima
b	Longitud total / longitud del esófago
c	Logitud total / longitud cola
V	Posición de la vulva / longitud total (expresado en porcentajes)
c'	Longitud cola / anchura corporal a nivel del ano

Fuente: (De Man, 1884).

4.7 Análisis fisicoquímico de suelo:

4.7.1 Caracterización

Para los análisis de suelo, Inicialmente se realizo una descripción del perfil de suelo según FAO, (2009) en el lugar seleccionado (departamento de Sucre). Se tomarón 0,50 kg restantes de la muestras homogéneizada de suelo para realizar las siguientes pruebas teniendo en cuenta la metodología indicada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2006) (Tabla 3):

Tabla 3: Métodos para determinar los factores edáficos.

Determinación	Método o Fórmula
Textura	Bouyoucos
Densidad aparente	Terrón parafinado
Densidad real	Picnómetro
pH	Potenciométrico 1:1
% de materia orgánica	Carbón orgánico (Walkley. A., Black I.A. 1934).
% Humedad	Gravimetria Wh: Peso suelo húmedo Ws: P. S. seco Wr: P. S recipiente $\%H = \frac{(Wh+Wr)-(Ws+Wr)}{(Ws+Wr)-Wr} * 100$
Porosidad	$P = 1 - \frac{Da}{Dr}$

Fuente: (IGAC, 2006).

4.8 Procesamiento de datos

4.8.1 Diversidad alfa (α)

La diversidad alfa (α) de la comunidad de la nematofauna, se estimó con base en la cuantificación del número de individuos de cada uno de los géneros, presente entre los hábitat estudiados (Anexo B).

4.8.2 Índices calculados para la comunidad de nemátodos

Los índices calculados para esta investigación, se hicierón a partir de las ecuaciones propuestas por Yeates *et al*. (1993) (Tabla 4); además se calcularón estimadores mediante las fórmulas como se relacionan en la (Tabla 5), con ayuda de el Software: EstimateS 6 en Internet

(http://viceroy.eeb.uconn.edu/Estimates).

.

Tabla 4: Índice estudiado con sus respectivas formulación matemática.

ÍNDICES DE DIVERSIDAD	FÓRMULAS (=)
Diversidad Shannon – Wener	$H' = \sum_{j=l}^{i=n} P_i * lnP_i$
Riqueza de Margalef	$D_{Mg} = \frac{S-1}{\ln N}$
Dominancia de Simpson	$D = \Sigma \frac{n_i(n_i-1)}{N(N-1)}$
Equidad de Heip	$E_{He} = \frac{2e^{H'}-1}{S-1}$
Indice de Madurez Total	$I.M = \sum_{n=1}^{\infty} v_i * f_i$

Tabla 5: Estimadores aplicados a los datos.

ESTIMADORES	FÓRMULA (=)
ACE	$r_{abun} + \frac{r_{rara}}{C_{rara}} + \frac{F_1}{C_{rara}} + \gamma^2$
ICE	$C_{ICE} = 1 - \frac{q_1}{n_{infr}}$
Chao 1	$S + \frac{a^2}{2b}$
Chao 2	$S + \frac{L^2}{2M}$
Jackniffe 1	$S + L\frac{m-1}{m}$
Jackniffe 2	$S + \frac{L(2m-3)}{m} - \frac{M(m-2)^2}{m(m-1)}$
Bootstrap	$S + \Sigma(1-P_J)^n$

4.9 Índice de madurez total (Yeates, 1994)

Este índice se determinó teniendo en cuenta la frecuencia relativa de cada género, los valores c-p asignado y el análisis de los grupos tróficos de la comunidad de nemátodos bajo estudio realizados por (Leguízamo & Parada, 2013), los cual se utilizaron como un indicador holístico del estado general del suelo de los agroecosistemas. Para ello se utilizo la siguiente formula:

$$I.M = \sum_{n=1}^{\infty} v_i * f_i$$

Dónde:

vi = frecuencia relativa del género.

f i = valor del c-p para el género.

Para determinar si los parametros físicos y químicos del suelo seleccionados están asociadas a la fauna edáfica, los tratamientos corresponden a un factorial 1 x 3 x 5, siendo (1) la Subregión de la sabana en estudio, (3) las localidades (Sampués, Corozal y San Juan de Betúlia) – Sucre; (5) representa el número de muestras por localidad; con diseño en bloque completamente al azar, factorial al cual se realizará la prueba estadistica Tukey.

5 RESULTADOS

5.1 Composición taxonómica y abundancia

Se identificarón un total de 4,683 individuos (Tabla 6), que pertenecen a 22 géneros y uno no determinado, 15 familias, 9 superfamilias, 6 subórdenes y cuatro órdenes agrupados en 5 gremios tróficos (fitófagos, bacterívoros, micófagos, predadores y omnívoros); 15 familias (*Aphelenchoididae, Alaimidae, Aphelenchidae, Cephalobidae, Criconematoidae, Dolichodoridae, Hoplolaimidae, Ironidae, Monhysteridae, Longidoridae, Panagrolaimidae, Qudsianematidae, Rhabditidae, Tylenchidae y Tylenchulidae*); 10 superfamilias (*Aphelenchoidea, Alaimoidea, Cephaloboidea, Criconematoidea , Dorylaimoidea, Ironoidea, Monhysteroidea, Panagrolaimoidea, Rhabditoidea, Tylenchoidea*, 6 subordenes *Alaimina, Dorylaimina,, Ironina, Monhysterina, Rhabditina y Tylenchina*); y 4 órdenes (*Dorylaimida, Enoplida, Monhysterida, y Rhabditida*) (Tabla 7). Los géneros más abundantes fuerón *c.f. Dorylaimidae*, *Criconemella* y *Helycotilenchus* (Tabla 6).

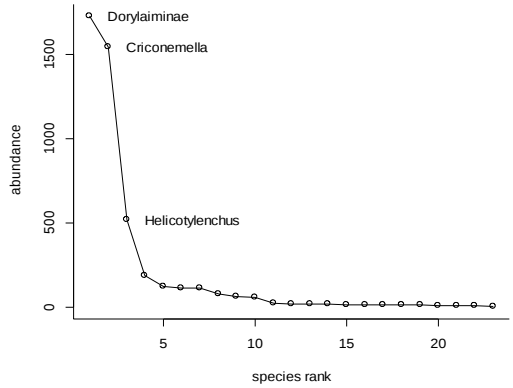
Tabla 6: Número de individuos obtenidos por muestra (M).

	LOCALIDADES															
	Sampués					Corozal					S.J. Betulia					
Géneros \ Muestras	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	Subtotal
Acrobeles	5	0	10	0	23	5	10	0	10	0	30	3	5	10	3	114
Amphidelus	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Aphelenchoides	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	3	0	0	3	14
Aphelenchus	5	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	16
Cephalobus	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	3	0	0	0	11
Criconema	0	5	0	0	13	10	8	3	18	10	23	18	0	0	5	113
Criconemella	0	115	30	3	115	68	75	38	208	255	313	120	35	35	133	1,543
Discolaimus	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	8
Dorylaiminae	60	70	15	5	43	180	205	25	80	95	138	170	120	228	293	1,727
Helicotylenchus	15	0	8	0	18	5	18	3	3	108	145	10	0	95	90	518
Ironus	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Monhystera	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	9
Panagrolaimus	0	0	0	3	3	3	0	0	3	3	0	3	0	3	0	21
Paratrophurus	0	0	5	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Paratylenchus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	10	0	15
Pratylenchus	0	5	0	0	5	13	3	0	38	5	3	65	0	5	43	185
Psilenchus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	8
Rhabditis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13
Rotylenchulus	40	0	0	0	0	0	5	0	0	8	8	13	0	3	0	77
Trophurus	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Tylenchorynchus	45	0	8	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	61
Tylenchus	5	0	3	18	5	60	3	0	10	0	5	0	0	5	8	122
Xiphinema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	3	16
Total géneros																
23																
Ind por agroecosistemas	175	208	79	29	225	431	332	78	381	484	671	436	163	407	584	
Total de Individuos por localidad			716					1706					2261			
Total de inividuos								4683								

El mayor número de individuos fue representado con el género *c.f. Dorylaimus*[2] de la familia *Dorylaimidae* con un número de individuos de 1,727, seguido con 1,543 individuos del género *Criconemella* y 518 individuos del género *Helicotylenchus* (Ilustración 8), (Tabla 6).

2 Género no determinado

Ilustración 8: Rangos por número de individuos de los géneros registrados.



Fuente: (Castilla, 2015).

Tabla 7: Clasificación taxonómica de los géneros encontrados de acuerdo con la clasificación de De Ley & Blaxter (2002).

Ordenes	Suborden	Superfamilia	Familia	Género
Dorylaimida	*Alaimina*	*Alaimoidea*	*Alaimidae*	*Amphidelus*
	Dorylaimina	*Dorylaimoidea*	*Dorylaimidae*	*Dorylaiminae*
			Longidoridae	*Xiphinema*
			Qudsianematidae	*Discolaimus*
Enoplida	*Ironina*	*Ironoidea*	*Ironidae*	*Ironus*
Monhysterida	*Monhysterina*	*Monhysteroidea*	*Monhysteridae*	*Monhystera*
Rhabditida	*Rhabditina*	*Rhabditoidea*	*Rhabditidae*	*Rhabditis*
	Tylenchina	*Aphelenchoidea*	*Aphelenchidae*	*Aphelenchus*
				Aphelenchoides
		Cephaloboidea	*Cephalobidae*	*Acrobeles*
				Cephalobus
		Criconematoidea	*Criconematoidae*	*Criconemella*
				Criconema
			Tylenchulidae	*Paratylenchus*
		Panagrolaimoidea	*Panagrolaimidae*	*Panagrolaimus*
		Tylenchoidea		*Tylenchorynchus*
			Dolychodoridae	*Paratrophurus*
				Trophurus
			Hoplolaimidae	*Rotylenchulus*
				Helicotylenchus
			Tylenchidae	*Tylenchus*
				Psilenchus
			Pratylenchidae	*Pratylenchus*

Fuente: De Ley & Blaxter (2002).

5.1.1 Composición de la diversidad funcional:

Los nemátodos se agruparón en cinco gremios tróficos basados en la información de Yeates *et al*. (1993), denomidados fitófagos o fitoparásitos (que se alimentan de las raíces de las plantas), micófagos o fungívoros (que se alimentan de micelios de hongos que se encuentran en los suelos), bacterívoros (que se alimentan de las bacterias en el suelos cuando hay descomposición de la materia orgánica), predadores (que se alimentan de otros nemátodos y algunos pueden optar por canibalismo, actúan como control biológico) y omnívoros (pueden actuar como predador, bacterívoro, fitófago, etc.) Tabla 8

Tabla 8: Clasificación por hábito alimentario de los géneros de nemátodos acorde al trabajo de Yeates et al. (1993).

Bacterívoros	*Rhabditis*	Dujardin, 1845
	Acrobeles	Linstow, 1877
	Amphidelus	Thorne, 1939
	Cephalobus	Bastian, 1865
	Panagrolaimus	Fuchs, 1930
Fitófago	*Pratylenchus*	Filipjev, 1936
	Helicotylenchus	Steiner, 1945
	rotylenchulus	Linford &Oliveira, 1940
	Criconemella	De Grisse & Loof, 1965
	Criconema	Hofmänner & Menzel, 1914
	Xiphinema	Cobb, 1913
	tylenchus	Bastian, 1865
	Trophurus	Loof, 1956
	Tylenchorynchus	Cobb, 1913
	Paratrophurus	Arias, 1970
	Paratylenchus	Micoletzky, 1922
Micófago	*Psilenchus*	De Man, 1921
	Aphelenchoides	Fischer, 1894
	Aphelenchus	Bastian, 1865
omnívoros	*Dorylaiminae*	de Man, 1876
	Discolaimus	Cobb, 1913
Predadores	*Monhystera*	Bastian, 1865
	Ironus	Bastian, 1865

Fuente: Yeates et al. (1993).

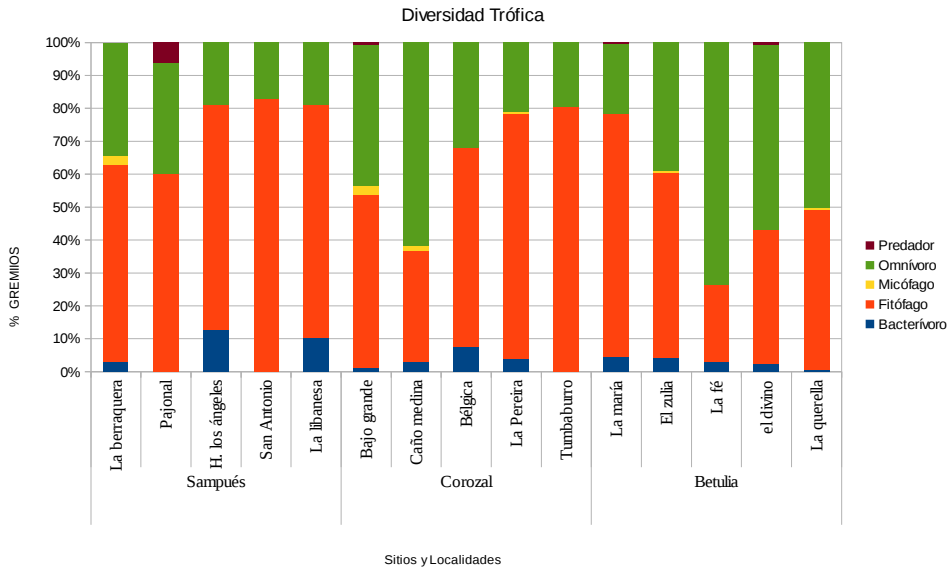
Tabla 9: Representación del número de individuos por gremio trófico.

Gremios tróficos	Número de individuos
Bacterívoros	141
Fitófagos	2,747
Micófago	38
Omnívoros	1,735
Predadores	22
Total:	4,683

Fuente: (Castilla, 2015).

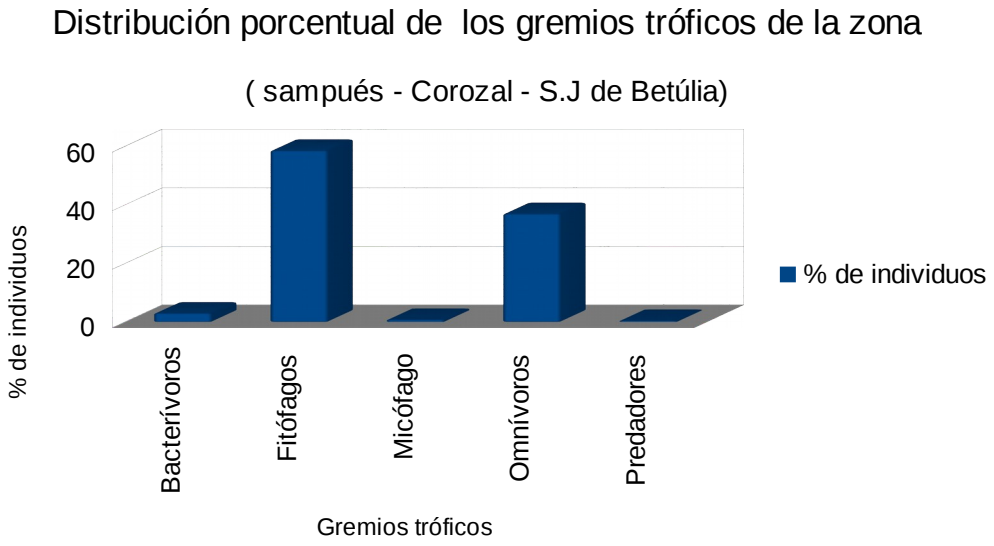
El gremio de los fitófago fue el que tuvo mayor representación, comparado con los otros gremios tróficos encontrados (Ilustración 9); Con un 58.95% correspondiendo a 2,761 individuos), seguido del Omnívoros (con un 37% correspondiendo a 1,735 individuos), En la (Tabla 9, Tabla 10). vemos la poca representación de los gremios bacterívoros, micófagos y predadores.

Ilustración 9: Distribución de los gremios alimenticios por agroecosistemas en cada localidad.



Fuente: (Castilla, 2015).

Ilustración 10: Distribución porcentual de los gremios tróficos de (Sampués, Corozal y S.J. de Betúlia).



Fuente: (Castilla, 2015).

Tabla 10: Porcentaje de los géneros que presentarón mayor abundancia con respecto a las diferentes texturas de suelo.

Géneros	**% de Individuos**	**Tipo de suelo**
c.f. Dorylaiminae	36.8	Franco Arcilloso
Criconemella	32.9	Franco Arenoso
Helicotylenchus	11	Franco Arenoso

Fuente: (Castilla, 2015).

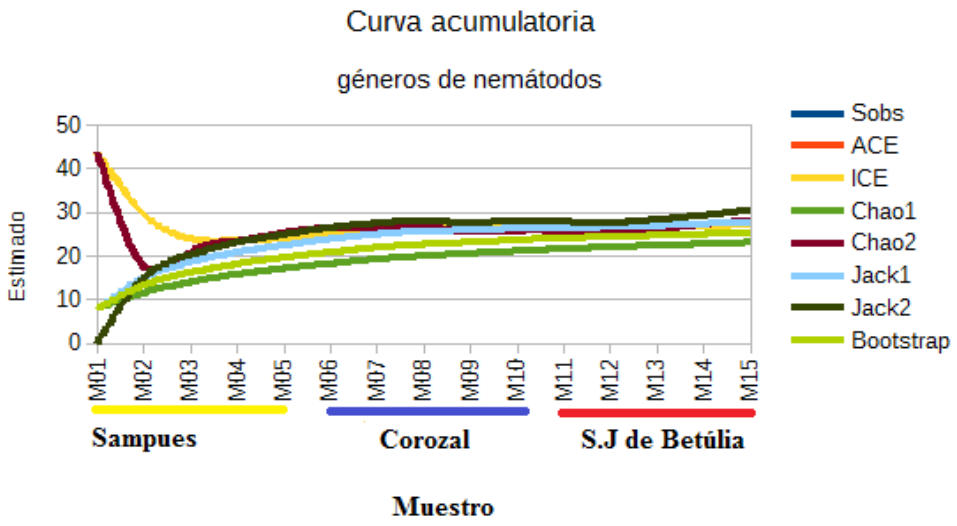
5.2 Diversidad alfa (α)

5.2.1 Curva acumulatoria por género

En los diferentes estimadores (ACE, ICE, Sobs, Chao1, Chao2, Jackniffe1, Jackniffe2, Bootstrap) Ilustración 11, se calculó un promedio de 89.63% de los géneros acomulados encontrados en la zona de estudio (Sampués, Corozal y S. J. de Betúlia); (Anexo A); Por lo que se comprueba la confiabilidad del inventario respecto al esfuerzo de muestreo (Ilustración 12).

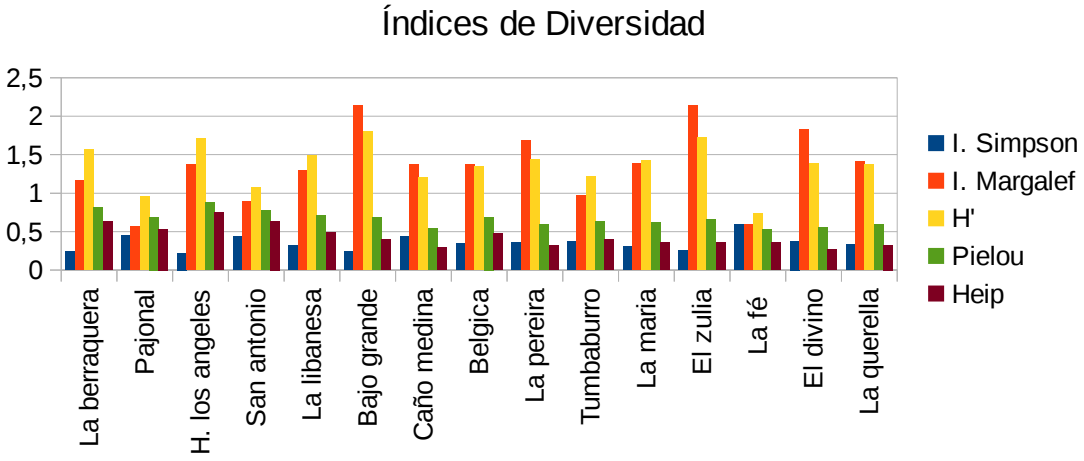
Ilustración 11: Representación de cada estimador empleado para la cofiabilidad del esfuerzo de muestreo.

Ilustración 12: Sobs corresponde a nuestro muestreo el cual sigue la asíntota con relación a los demás estimadores empleados (ACE, ICE, Chao 1, Chao 2, jack 1, jack 2, bootstrap).



5.2.2 Índices de diversidad

Ilustración 13: Comparación de las comunidades de nemátodos de los sitios de muestreo, a partir de los índices de diversidad. Eje Y) Escala de los valores de los índices.



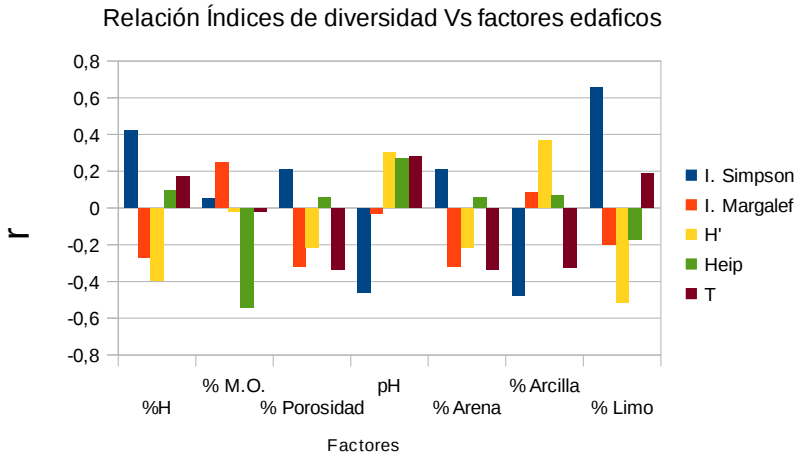
De los agro-ecosistemas Bajo Grande – Corozal y El zulia- San Juan Betúlia se obtuvierón los mayores indices de diversidad con valores de H'= 1.805 y 1.724, y riqueza poblacional con valores de Margalef= 2.143 y 2.139. Con respecto a los índices de Shannón-Weaver y riqueza de Margalef, en los agroecosistemas de la Hacienda los Angeles y el de la berraquera (Sampués), se pudo determinar que dichos índices revelarón mayor equidad con respecto a los géneros identificados con valores de Heip= 0.752 y 0.634, mientras que el género que predominó a nivel de agro-ecosistema fue el *c.f. Dorylaiminae*[3] con valor de Dominancia de Simpson (λ=0.589) en el agro-ecosistema (La Fé – S.J. de Betúlia) (Ilustración 13). De igual manera predomino a nivel de las tres localidades con un valor de 36.8%, seguido del *Criconemella* 32.9% y el *Helycotilenchus 11%* de la comunidad destacándose como los géneros más dominantes en los respectivos tipos de suelo (Tabla 10). A lo que respecta a la diversidad trófica predominarón los géneros con hábito alimenticio (fitófago) en un 58.6% de los sitios de estudio (Ilustración 10).

5.3 Factores edáficos

Para verificar si entre los factores edáficos (%H, %M.O, % Porosidad, pH y % Arena, % Arcilla y %limo) existe relación alguna con la diversidad, se hizo uso de la regresión lineal para determinar el nivel de correlación con cada uno de ellos, con respecto a la diversidad de los nemátodos existentes Ilustración 14. Los valores de estos factores están representados (anexo E).

3 Género no determinado de la familia *Dorylaiminae*

Ilustración 14: Relación de los índices de diversidad con respecto a los factores edáficos estudiados. Eje Y) Valor (r).



Fuente: (Castilla, 2015).

5.3.1 Dominancia de Simpson

La dominancia expreso relación con respecto al % de limo (r= 0,6558) seguido del % arcilla (r=-0,47568), pH (r=-0,461) y el % H(r= 0,4218) (Ilustración 14), (Anexo I).

5.3.2 Riqueza de Margalef

Se encontró relación con respecto a la riqueza especifica de géneros de nematodos con la porosidad (r= -0,320) y % de arena (r=-0,3204) (Ilustración 14), (Anexo I).

5.3.3 Diversidad de shannón

El porcentaje de limo presentó un valor de relación con respecto a la diversidad de nemátodos de (r=-0,517), seguido de % humedad con (r=-0,394), el resto de los factores presentarón bajos valores de relación con el índice de diversidad (Ilustración 14), (Anexo I).

5.3.4 Equidad (Heip)

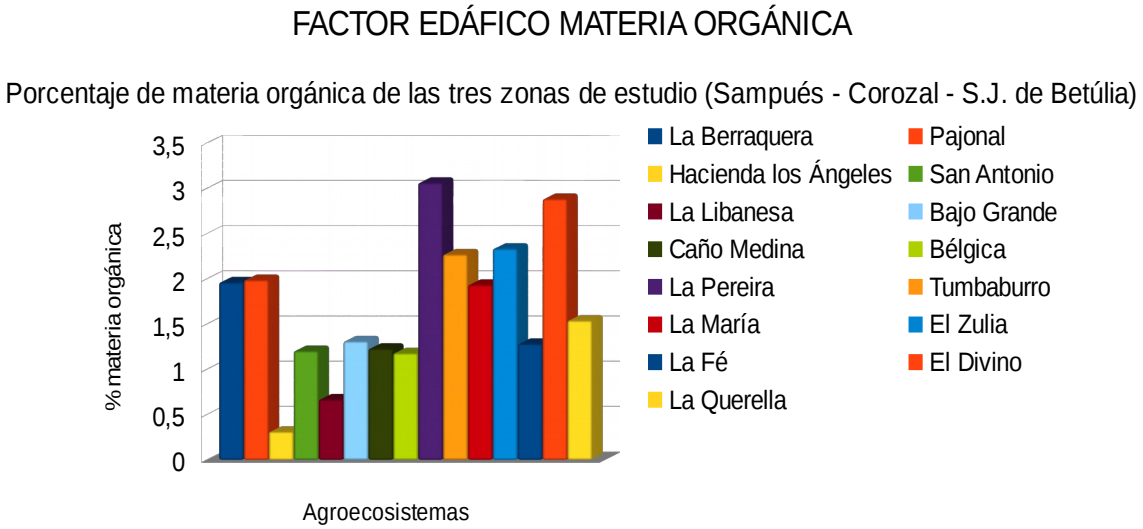
Los comunidades de nemátodos presentarón relación con el porcentaje de materia orgánica con valor de relación (r= -0,544), el resto presentarón baja relación (Ilustración 14), (Anexo I).

5.3.5 Diversidad trófica

Este índice se encontró baja relación con valores de (r= -0,335) para el porcentaje de arena y (r= -0,323) para el porcentaje de arcilla, el resto presentarón valores por debajo de estos. (Ilustración 14), (Anexo I).

5.4 Respuestas de las comunidades de nemátodos en relación a los factores edáficos

Ilustración 15: Representación de una de las condiciones nutritivas para los microorganismos edáfico.



Fuente:(Castilla, 2015).

5.4.1 Materia orgánica

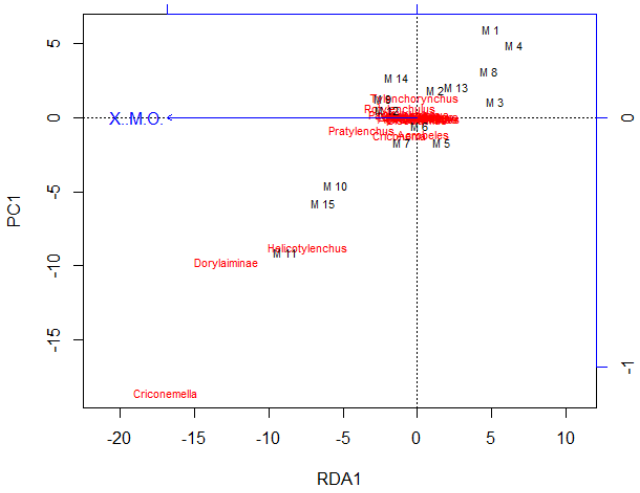


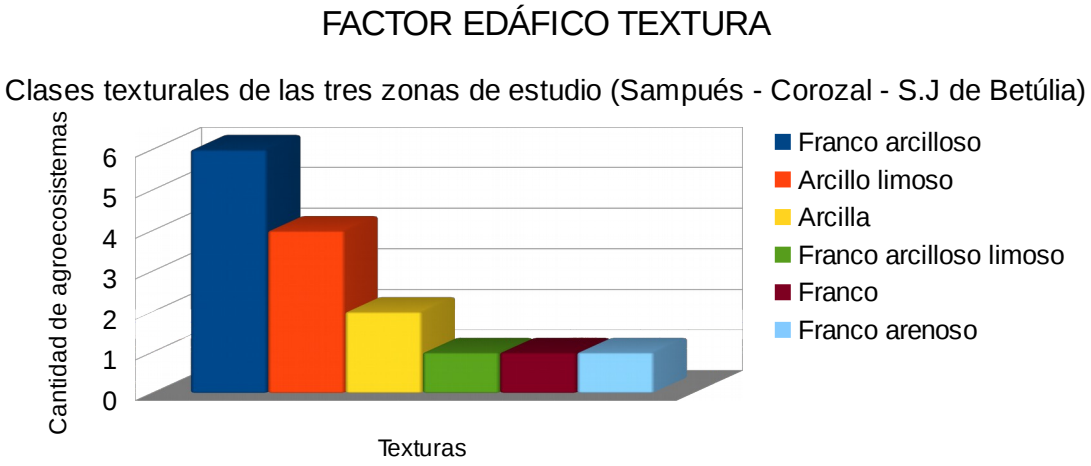
Ilustración 16: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la materia orgánica presente en el suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra.

La materia orgánica es la principal fuente de nutrientes para los organismos del suelo. Los valores de ésta fuerón bajos (Ilustración 15) pero, el 87% de los géneros representados en la (Ilustración 16) son dependiente de esta fuente nutritiva, tanto para su supervivencia como para contribuir en los ciclos biogeoquímicos, a partir de su metabolismo. (Anexo D).

5.4.2 Textura

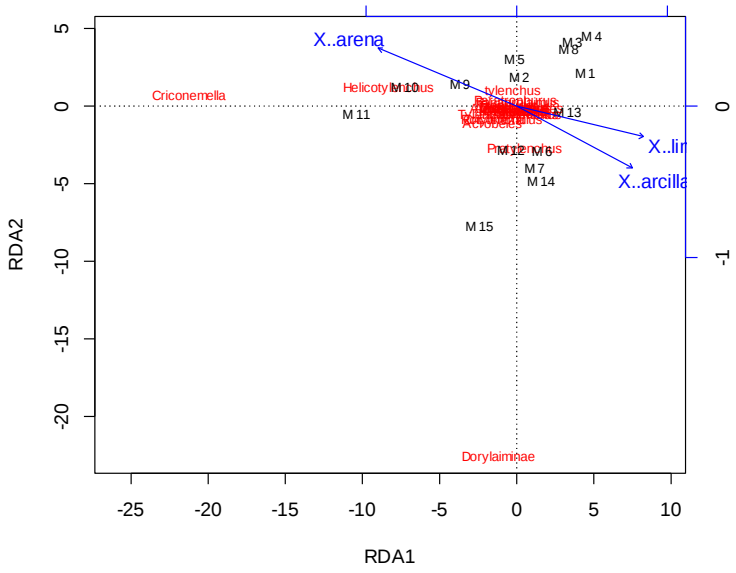
La textura representativa para la zona de estudio, corresponde a franco arcillosa (Ilustración 17), encontrándose que el 87% de los géneros son dependientes de suelo con textura liviana (Franco Arenosa, Franco y Franco Arcilloso) (Ilustración 18); con la excepción de los géneros *Criconemella* y *c.f. Dorylaiminae.* (Anexos E).

Ilustración 17: Representación textural de suelo para la de zona de estudio.



Fuente: (Castilla, 2015).

Ilustración 18: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la textura del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra.



Fuente: (Castilla, 2015).

5.4.3 Porosidad

Los calculos obtenidos demuestran que los sitios de estudio presentaban una buena y constacia en la porosidad del suelo. El 87% de los géneros encontrados son dependiente de una buena porosidad del suelo (Ilustración 20). Sin embargo, el 66.6% de los sitios estudiados presentarón porosidad de 40% (Ilustración 19). En la (Ilustración 20) se evidencia que la presencia de los géneros *Helycotilenchus*, *Criconemella* y *c.f. Dorylaiminae* no está limitada por este factor físico del suelo. (Anexo K).

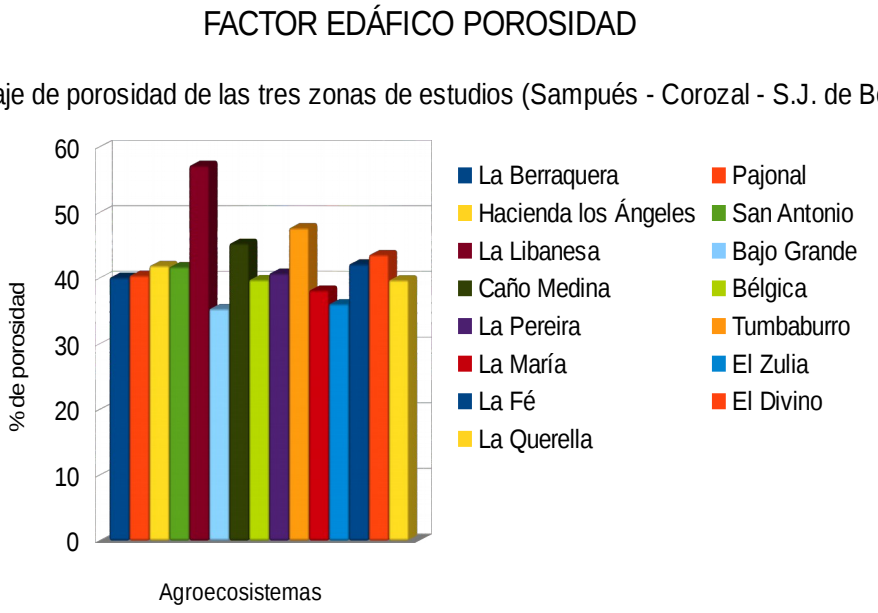
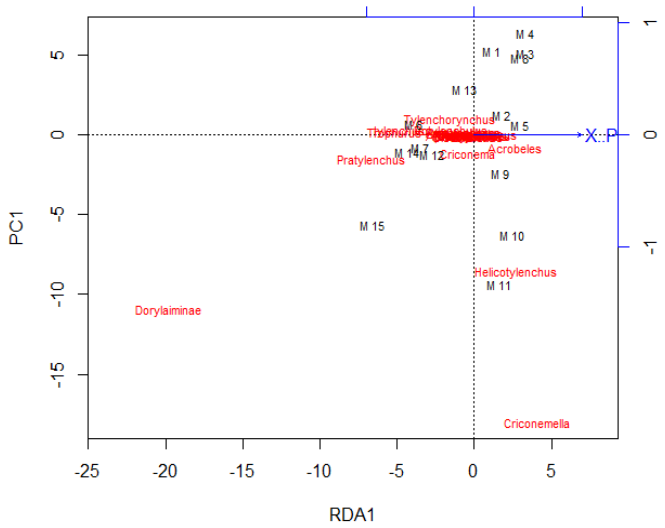


Ilustración 19: Porosidades para cada uno de los agroecistemas estudiados (Castilla, 2015).

Ilustración 20: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la porosidad del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra.

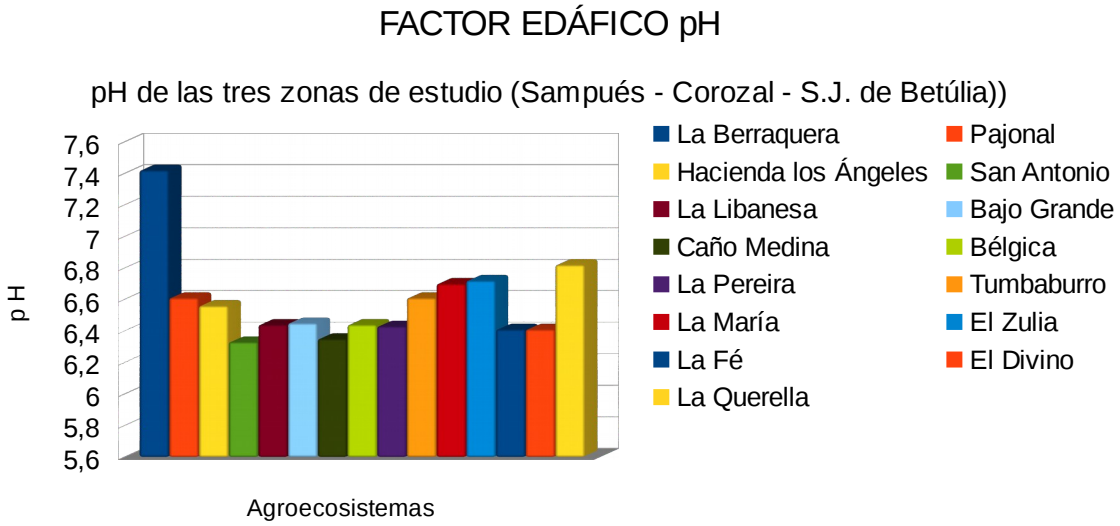


Fuente: (Castilla, 2015).

5.4.4 pH

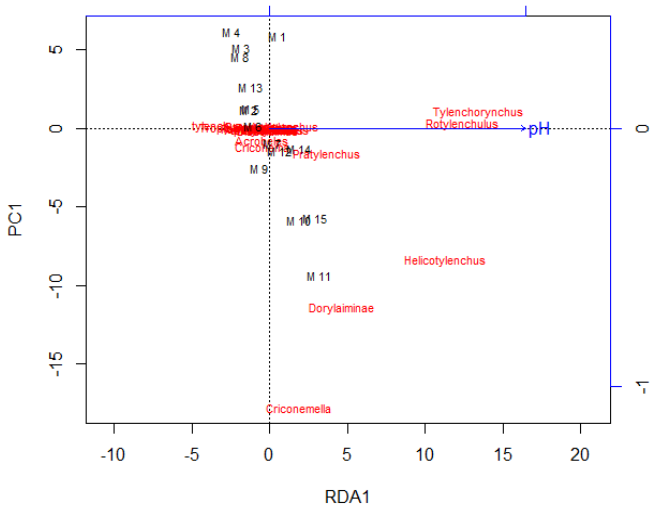
Los pH registrados para la zona de estudio, califica suelos con reacción ligeramente acidos Ilustración 21. El 78,2% de los géneros encontrados son sensibles a ligeros cambios de pH del suelo, la presencia de los géneros *Tylenchorynchus* y *Rotylenchulus*, en el ecosistema suelo está determinada si el pH del medio es el óptimo para cumplir su ciclo biológico; mientras que los géneros *Helycotilenchus, Criconemella* y *c.f. Dorylaimidae*, su presencia en el suelo, no va a estar limitada por leves variaciones de pH (Ilustración 22); (Anexo L).

Ilustración 21: Registro de las mediciones de pH realizadas en el laboratorio.



Fuente: (Castilla, 2015).

Ilustración 22: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto al pH del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra.

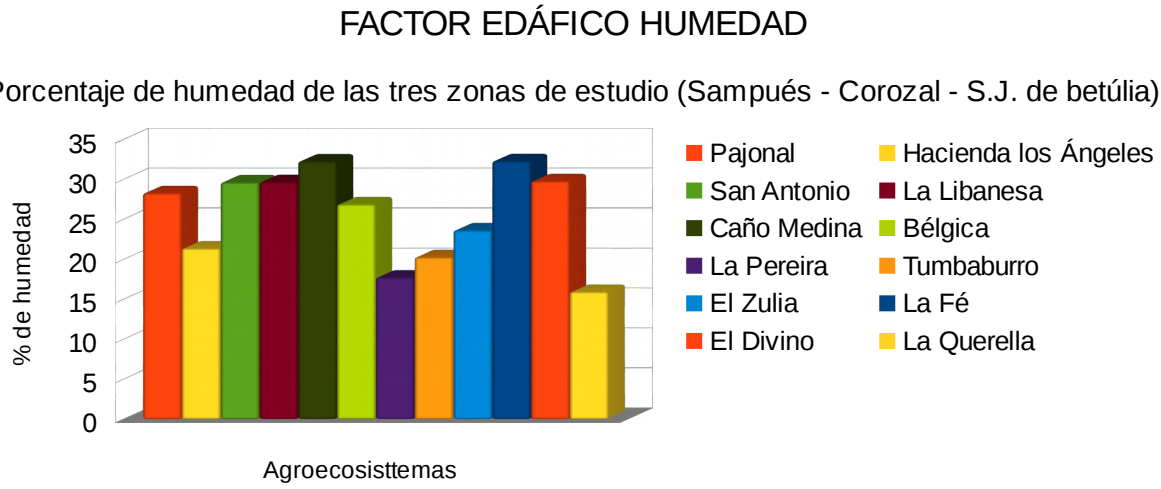


Fuente: (Castilla, 2015).

5.4.5 Contenido de humedad

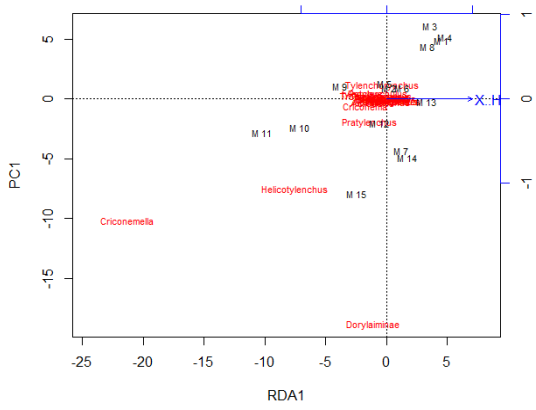
El 87% de los géneros identificados son dependiente de este factor para sobrevivir y mantener su relevancia en el ecosistema suelo y así contribuir en la estabilidad física, química y nutricional, para contribuir a la sontenibilidad. (Ilustración 24), (Anexos: N, Ñ y O).

Ilustración 23: Regímen del contenido de humedad presente en cada agroecosistema.



Fuente:(Castilla, 2015).

Ilustración 24: Distribución de los géneros de nemátodos con respecto a la humedad del suelo. M1, M2, M3...M15, respectiva muestra.



Fuente: (Castilla, 2015).

5.4.6 Índice de Madurez (Yeates, 1994)

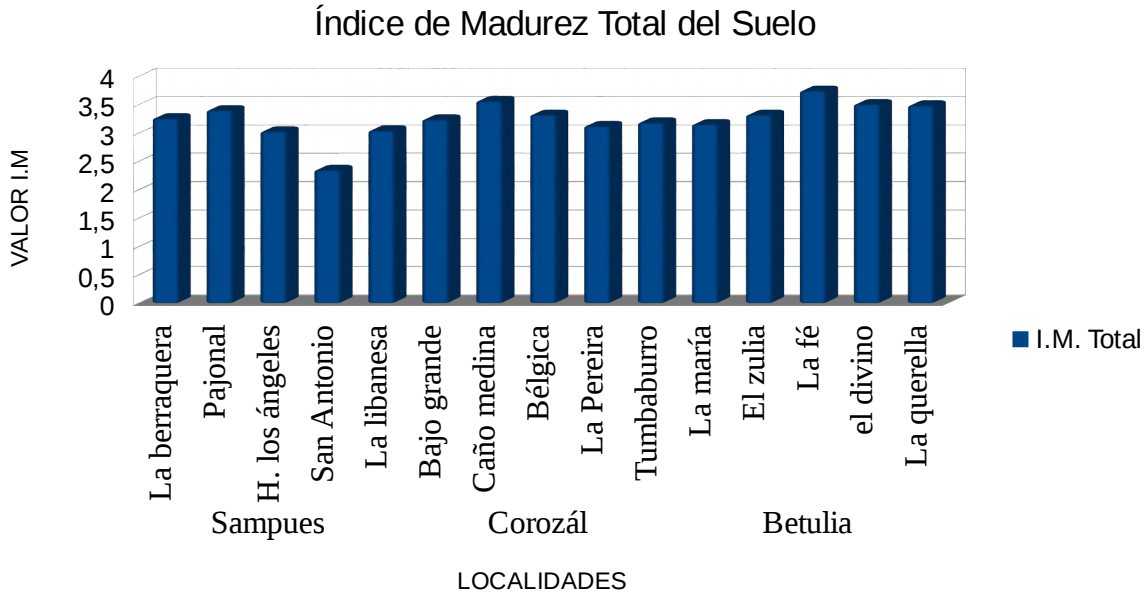


Ilustración 25: Índice de madurez total de los sitios estudiados (Castilla, 2015).

El agro-ecosistema (La Fé – S.J. de Betulia) fue el que presentó el valor más alto de este índice con un valor de 3.74 , mientras que el agro-ecosistema de San Antonio (Sampues) presentó menor índice con valor de 2.34 (Ilustración 25). Sin embargo la significatividad estadística fue de 0.09 sobrepasando el nivel de significancia estadistica el cual es 0.05. De manera que no hay diferencias estadísticas de la calidad del suelo de los 15 agroescositemas estudiados.

6 ANÁLISIS

6.1 Composición taxonómica y abundancia:

Debido a la practica de los monocultivos, los géneros de gremio fitófagos tienen una mayor proliferación convirtiéndose así en paogenos potenciales, debido a que al eliminar la diversidad que existe en la vegetación arvense, se desequilibra la diversidad en las comunidades de los nemátodos del suelo y otros organismos edafológicos que puedes actuar como control biológico de los nemátodos fitófagos. Esto puede explicar el por qué se presentó mayor proliferación del género *Criconemella* (con 1,523 individuos) y *Helycotilenchus* (con 518 individuos), éstos presentan la mayor importancia económica en muchos cultivares produciéndoles perdidas de mayor relevancia. Estudios realizados en otros lugares del departamento demuestran la marcada abundancia en este gremio alimenticio (Mercado, 2014). Los nemátodos fitófagos como el género *Rotylenchulus*, y otro géneros fitófafos como *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* (Castaño-Zapata, 2009; Hernández, Castillo, Ocampo, & Wyckhuys, 2011; Lozano-Tovar, Rozo, Ruiz, Quiroga, & Sandoval-Lozano, 2008), favorece el incremento del uso de agroquímicos, lo que ocasiona perjuicios para la salud humana y daños al medio ambiente (Guerrero-López & Hoyos-Carvajal, 2011; Villegas, Ocampo, & Castillo, 2012).

6.2 Composición de la diversidad funcional

6.2.1 El gremio de los fitófagos

Debido a que el predominio de estas espicies de nemátodos demostrando con esta investigación al hecho de que está altamente relacionadas con la cobertura vegetal presente (*Colosuana*). L. Wasilewska (1989) tuvo resultados de que este gremio consumen 1.4 a 21.8% de la producción primaria de las raíces, mientras que los bacteriófagos consumen, a través de bacterias y hongos , alrededor del 40% de la materia orgánica descompuesta más de un año. Según Rodriguez-Kabana (1987) suelo donde hay diversidad de vegetación, se mantienen en proporciones casi equilibradas los demás gremios alimenticios de la nematofauna del suelo, en donde algunos como la presencia de predadores y omnívoros, actúan como antagonistas de los fitófagos, regulando así la poblaciones de éstos.

6.3 Diversidad alfa

6.3.1 Curva acumulatoria por géneros

Los valores de los estimadores se aproximarón a valor promedio de 89,63% (anexo H), de manera que el esfuerzo de muestreo realizado sobre estos organismos es de confiar, dado que Jimenez – Valverde, (2003) considera un “inventario bastante confiable a aquel sobrepase un 70%” (p.71). Porque según lo estimado por la ecuación de Clench (Dato no publicado), éste porcentaje se aproxima al 100% donde la diversidad alcanza una, estabilidad. Villareal *et al*, (2004) “considera que un inventario es bastante fiable cuando sobrepasa valores de un 85%” (p.236).

6.3.2 Índices de diversidad

La mayor riqueza de especímenes según el índice de Margaleff, la expresarón los agroecosistemas Bajo Grande (Corozal) con 2,.43 y El zulia (S.j. de Betúlia) con 2.139 (Ilustración 24), donde el suelo en estos sitios son de textura franco arcilloso y arcilloso limoso (Anexo E). El gremio de los fitófago de los nemátodos del suelo expresó su mayor predominio en tipos de suelo arenosos (Ilustración 9), concordando con los trabajos de Olabiyi et al. (2009) en el suroeste de Nigeria que demostró que la mayor abundancia de los nemátodo fitoparásitos o fitófagos se da más en suelos de textura arenosa. Además, según Esquivel (1996), los suelos arenosos presentan las mejores condiciones para el movimiento de los nemátodos. Por el contrario, en los suelos con altos contenidos de arcilla o de textura muy gruesa inhiben el movimiento de los nemátodos. Por ésto la menor abundancia fue expresada por el agroecosistema la Fé (S.J de Betúlia) (Ilustración 24); (Anexos E) es debido al hecho que el suelo de éste sitio de estudio es de naturaleza arcillosa y con un bajo porcentaje de materia orgánica. Por eso es importante la estructura y textura del suelo sobre la presencia de nemátodos fitófagos y según Wallace (1958) hay un "tamaño óptimo de partícula para el movimiento de cada especie de nemátodo" (p74.). Aparentemente el tamaño del poro afecta la facilidad con la que los nemátodos del suelo puedan desplazarse a través de éste. Para Stirling *et al*, (1988) hay diferencia de las raíces de las plantas comparadas con los nemátodos, debido a que éstos no pueden ejercer una suficiente presión para forzar y pasar entre las partículas de los agregados del suelo, en éste sentido, Esquivel (1996) plantea que el "movimiento de los nemátodos en el suelo está relacionado con el diámetro de los poros, el diámetro del nemátodo y la cantidad de agua en el espacio poroso". Corroborando a esto Whashington (1978) dice, que un "nemátodo no puede

moverse entre las partículas del suelo cuando el diámetro de los poros es menor que el ancho de su cuerpo".

6.4 Afinidad de la diversidad y abundancia de nemátodos en relación a los factores edáficos

6.4.1 Texturas de suelo

De las estructura de suelo identificadas se infiere que suelos arenosos y con buena cubierta vegetal presentan mayor abundancia y diversidad, de manera que la presencia de estos organismo de la mesofauna edáfica esta relacionada por este factor edáfico. (Gallardo et al., 2014) considera, "que para suelo de texturas arenoso franca, franco arenosa, franco arcillo arenosa y arenosa; existió correlación entre los géneros de fitonematodos y los tipos de textura del suelo, encontrándose a la textura arenosa franca como la más apta para el ciclo de vida de los nematodos" (p.251).

6.4.2 Porcentaje de Humedad.

La abundancia y diversidad de nemátodos esta regida más por una textura arenosa del suelo y por la cubierta vegetal, que por el contenido de humedad, en el agro- ecosistema La Maria con un porcentaje de humedad de 8.6% presentó la mayor abundancia con (671 individuos) al igual que una mayor diversidad comparado con los agroecosistemas (Caño Medina con 332 individuos (Corozal) y La Fe con 163 individuos (S.j. de Betulia), los cuales presentarón porcentajes de humedad de 32.25% y 32.35%.

Estos fuerón los factores donde la abundancia y diversidad de nemátodos presentes en el sistema vivo, suelo, son dependientes para que se mantenga la equidad trófica y así no proliferen géneros de nemátodos patógenos como los del género *Meloidogyne* que arrasan cultivares de pancoger, es el causante de enquistes en el sistema radical de plantas de las familias solanáceas, cucurbitáceas y leguminosas (Pinochet & Guzmán, 1987), así como los nemátodos saprofitos los cuales favorecen descomponiendo el exceso de materia orgánica pero como resultado de ésto se produce la acidificación del suelo por la producción de CO_2 el cual se incorpora en el espacio poroso del suelo como resultado del proceso metabólico de descomposición de la materia orgánica por parte de estos organismos.

Referente a los factores edáficos, materia orgánica, porosidad y pH, las comunidades de nemátodos no demostrarón afinidad o relación alguna, de manenera que estos microorganismos demostrarón ser independientes de estos factores para cumplir con su ciclo de vida libre en el suelo.

6.5 Índice de madurez Yeates (1994).

En la localidad de San Juan de Betúlia los índice de madurez fuerón más alto, demostrando ser suelo menos perturbados comparados con las localidades de Corozal y Sampués, para esta última los (IM) califican suelos progresivamente perturbados reconociéndose como los suelo más afectados de las tres localidades estudiadas. Otro factor que también favorece condiciones para las comunidades de los nemátodos es la presencia de cuerpos de aguas naturales y

artificiales cercanos a la zona de muestreo por ende se verán favorecidos con la humedad incorporada en el suelo. Además, la alta presencia de restos vegetales que provee alto contenido de materia orgánica, hace las condiciones propicias para mantener una alta diversidad de géneros de nemátodos y una comunidad más estable.

Los índices de madurez son una medida del estado sucesional ecológico de una comunidad de suelo. Se basan en el principio de que los diferentes taxones tienen diferentes sensibilidades al estrés o perturbación de la secuencia sucesional debido a las diferencias de sus características de su ciclo de vida. Además, Según (V. R. Ferris & Ferris, 1974; L. Wasilewska, 1989), “la sucesión puede ser interrumpida en varias etapas por prácticas agrícolas comunes, tales como el cultivo y aplicaciones de fertilizantes y pesticidas”. Neher (2001) dice, “el estado sucesional de la comunidad de suelo puede reflejar la historia de perturbación. Por tanto, este índice ofrece mejores perspectivas para la detección y cambios en el ambiente del suelo” (p.161). A diferencia de las estimaciones de diversidad, el índice de madurez, implica aspectos cuantitativos, biológicos y ecológicos de los géneros de nemátodos individuales que constituyen a una comunidad. Sin embargo, los índices de madurez con valores menores de 2 pueden asociarse con nemátodos en los que sus poblaciones crecen con estrategias r. Para Porazinska *et al.* (1999) “suelos con índice de madurez alrededor de 4 pueden asociarse con nemátodos cuyas poblaciones crecen con estrategias k, y podrían ser interpretados como más estabilizados, y por lo tanto, más deseables para el fomento de producciones agrícolas” (p.69).

7 CONCLUSIONES

- El mayor predominio de los nemátodos de la familia *Doylaimidae* es debido a su carácter omnívoro, debido a que se adapta muy bien a diferentes fuentes de alimentos presentes en el suelo donde habitan.

- Los agro-ecosistemas Bajo Grande y El zulia presentaron la mayor diversidad por tener variedad de especies vegetales y ser moderadamente perturbado, de manera que estos organismos pueden cumplir su rol en el ecosistema. Además la diversidad de cada agro-ecosistema, estuvo mayor influeciada por la textura (arenosa) y humedad del suelo.

- Los suelos arenosos generalmente contienen más poblaciones de nematodos fitófagos que los suelo arcillosos, debido a que la porosidad es mayor, por ende, la aireación es más eficiente en suelo arenoso favoreciendo el metabolismos de estos organismos aerobios y, además, los nematodos se mueven con facilidad a través de la rizosfera.

- La baja diversidad y abundancia de los gremios micófago, bacterívoro, predadores obedece a que el medio no proporciona la condiciones propicias para su supervivencia, indicando sitios con baja proliferación de la fuente de alimento para estos gremios de la red trófica, los cuales son de importancia para la sucesión y relaciones antagonistas entre nemátodos y otros organismos.

- Los índice de madurez de las tres localidades sobrepasan el 0,05 de significacia estadistica, por ende se infiere que las zonas de investigación mantienen similaridad en cuanto a calidad. Sin embargo, los valores de I.M califican suelos progresivamente perturbados como ecosistemas debido a malas prácticas agrícolas y la compactación generada por el pisoteo del ganado.

- El carácter omnivoro de los nemátodos *Dorylaimidos* representan un poder antogonista en el suelo, por ende, va haber control de organismos oportunistas como algunos hongos y bacterias.

8 RECOMENDACIONES

- Estudiar la nematofauna en otros sitios sometidos a la sobrexplotación ágricola y pecuaria, para evaluar la calidad del suelo a partir del carácter bioindicador que poseen estos organismos, así en sitios de explotación minera y en suelos en constante exposición a contaminantes (Agrotóxicos).

- Realizar estudios espacio temporales para una mejor evaluacion del comportamiento de estos organismos en el suelo.

- Seguir evaluando otras subregiones de nuestro departamento donde las principales actividades económicas sea agricultura y pecuarias para proponer soluciones en el manejo de estos suelos a comunidades campesinas sobre cómo hacer buenas prácticas agrícolas y pecuarias apuntando hacia la conservación del recurso suelo.

- Hacer seguimiento del comportamiento de estos organismos en otros sitios para diagnosticar la salud de los suelos y detectar cuales se encuentran en proceso de degradación.

9 REFERENCIAS

Acton, D. F., & Gregorich, L. J. (1995). The health of our soils-towards sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ont. xiv+ 138 pp. Each chapter can be cited as follows:[Name (s) of chapter author (s)]. 1995.[Chapter heading]. Pages [...]-[...]. *The health of our soils-toward sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ont*, 3.

Agrios, G. N. (2005). *Plant Pathology. 5th eds*. New York: Academic Press.

Bongers, T. (1990). The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, *83*(1), 14–19.

Bongers, T., & Ferris, H. (1999). Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution*, *14*(6), 224–228.

Castaño-Zapata, J. (2009). Enfermedades importantes de las pasifloráceas en Colombia. *Miranda, D.; Fischer, G.; Carranza, C.; Magnitskiy, S*, 223–244.

Colombia,Concejo del Municipio de Corozal. (2012). PLAN DE DESARROLLO DEL MUNICIPIO DE COROZAL. Recuperado a partir de http://www.corozal-sucre.gov.co/apc-aa-files/37346663643931663837336535626662/PLAN_DE_DESARROLLO_2012_2016.pdf

Colombia,Concejo Municipal de Sampués - Sucre. (2012). Plan de Desarrollo, Economico, Social y de Obras Publicas. Recuperado a partir de http://www.sampues-sucre.gov.co/apc-aa-files/61666434356266316535343736623433/acuerdo-n-024-plan-de-desarrollo-municipal.pdf

Colombia, Concejo Municipal de San Juan de Betulia - Sucre. (2012). PLAN DE DESARROLLO MUNICIPAL. Recuperado a partir de http://www.sanjuandebetulia-sucre.gov.co/apc-aa-files/653832636632643330643634623031 32/PLAN_DE_DESARROLLO_2012___2015_UN_BETULIA_PARA_TODOS.pdf

Corporación autonoma Regional de Sucre., C. A. R. de S. (2002). PLAN DE ESTION AMBIENTAL REGIONAL. Recuperado a partir de http://www.carsucre.gov.co/DOCS/PGACARS.pdf

Coyne, D. L., Nicol, J. M., & Claudius-Cole, B. (2007). *Nematologia prática: Um guia de campo e de laboratório*. IITA. Recuperado a partir de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=zNdtWhthXKEC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Claudius+-+Cole&ots=9qmHs-8-C6&sig=xhjcmyEmADRcAZE_jTr5vvl_Udo

Culman, S. W., Young-Mathews, A., Hollander, A. D., Ferris, H., Sánchez-Moreno, S., O'Geen, A. T., & Jackson, L. E. (2010). Biodiversity is associated with indicators of soil ecosystem functions over a landscape gradient of agricultural intensification. *Landscape ecology*, *25*(9), 1333–1348.

De Ley, P., & Blaxter, M. L. (2002). Systematic position and phylogeny. *The biology of nematodes*, 1–30.

De Man, J. G. (1884). *Die, frei in der reinen Erde und im süssen Wasser lebenden Nematoden der niederländischen Fauna: eine systematisch-faunistische Monographie*. EJ Brill.

Desgarennes, D., Sánchez-Nava, P., Peña-Santiago, R., & Carrión, G. (2009). Nematofauna asociada a la rizosfera de papas (Solanum tuberosum) cultivadas en la zona productora del Cofre de Perote, Veracruz, México. *Revista mexicana de biodiversidad*, *80*(3), 611–614.

Doran, J. W., Safley, M., Pankhurst, C., Doube, B. M., Gupta, V., & others. (1997). Defining and assessing soil health and sustainable productivity. *Biological indicators of soil health.*, 1–28.

Doran, J. W., Sarrantonio, M., & Liebig, M. A. (1996). Soil health and sustainability. *Advances in agronomy*, *56*, 1–54.

Eisenhauer, N., Cesarz, S., Koller, R., Worm, K., & Reich, P. B. (2012). Global change belowground: impacts of elevated CO2, nitrogen, and summer drought on soil food webs and biodiversity. *Global Change Biology*, *18*(2), 435–447.

Esquivel, A. (1996). Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos. En *X Congreso Nacional Agronómico. II Congreso de Suelos. San José, Costa Rica*. Recuperado a partir de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=cnp.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002268

FAO, 2009. (s. f.). GUÍA PARA LA DESCRIPCIÓN DE SUELOS. Recuperado a partir de http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf

Ferris, H. (2010). Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web. *Journal of nematology*, *42*(1), 63.

Ferris, H., Griffiths, B. S., Porazinska, D. L., Powers, T. O., Wang, K.-H., & Tenuta, M. (2012). Reflections on plant and soil nematode ecology: past, present and future. *Journal of nematology*, *44*(2), 115.

Ferris, H., Venette, R. C., Van Der Meulen, H. R., & Lau, S. S. (1998). Nitrogen mineralization by bacterial-feeding nematodes: verification and measurement. *Plant and Soil*, *203*(2), 159–171.

Ferris, V. R., & Ferris, J. M. (1974). Inter-relationships between nematode and plant communities in agricultural ecosystems. *Agro-ecosystems*, *1*, 275–299.

Freckman, D. W., & Virginia, R. A. (1997). Low-diversity Antarctic soil nematode communities: distribution and response to disturbance. *Ecology*, *78*(2), 363–369.

Gallardo, J. Á. M., Valdés, T. D., Ruvalcaba, L. P., Molar, R. A., Torres, J. B. V., & Fasio, J. A. C. (2014). Nematodos fitoparásitos y su relación con factores edáficos de papaya en Colima, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *6*(1), 251–257.

Glanz, J. (1995). Saving our soil: solutions for sustaining earth's vital resource. Recuperado a partir de http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9563871

Guerrero-López, E., & Hoyos-Carvajal, L. (2011). Buenas prácticas agrícolas (BPA) con énfasis en el manejo integrado de plagas y enfermedades de gulupa (Passiflora edulis Sims). *Universidad Nacional de Colombia, MADR y Fondo de Fomento Hortifrutícola*.

Guzmán Piedrahita, O. A., & Castaño Zapata, J. (2010). Identificación de nemátodos fitoparásitos en guayabo (Psidium guajava L.), en el municipio de Manizales (Caldas), Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, *34*(130), 117–126.

Guzman-Plazola, R. A., Hernández-Flores, B., & others. (2008). Nematodos agalladores en La Vega de Metztitlán, Hidalgo, México: Identificación, distribución espacial y relación con factores edáficos. *Nematropica*, *38*(1), 47–61.

Hawksworth, D., & Iturriaga, T. (s. f.). A Crespo (2005) Líquenes como indicadores inmediatos de contaminación y cambios medio ambientales en los trópicos. *Revista Interamericana de Micología*, *22*, 71–82.

Hernández, L. M., Castillo, C. F., Ocampo, J., & Wyckhuys, K. (2011). Guía de identificación de las principales plagas y enfermedades del maracuyá, la gulupa y la granadilla. *Centro Bio-Sistemas Universidad Jorge Tadeo Lozano, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Palmira, Colombia*.

Hickman, C. P., Roberts, L. S., Parson, A., & Martínez, F. P. (2002). *Principios integrales de zoología*. McGraw-Hill Interamericana. Recuperado a partir de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=EARTH.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=029968

(IGAC), I. G. A. C. (2006). *Métodos analíticos del laboratorio de suelo.* (6ta Edición).

Ingham, R. E., Trofymow, J. A., Ingham, E. R., & Coleman, D. C. (1985). Interactions of bacteria, fungi, and their nematode grazers: effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological monographs*, *55*(1), 119–140.

Jenkins, Wr. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant disease reporter*, *48*(9), 692.

Jiménez-Valverde, A., & Hortal, J. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista ibérica de aracnología*, (8), 151–161.

Johnson, D. L., Ambrose, S. H., Bassett, T. J., Bowen, M. L., Crummey, D. E., Isaacson, J. S., … Winter-Nelson, A. E. (1997). Meanings of environmental terms. *Journal of Environmental Quality*, *26*(3), 581–589.

Karlen, D. L., Mausbach, M. J., Doran, J. W., Cline, R. G., Harris, R. F., & Schuman, G. E. (1997). Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation (a guest editorial). *Soil Science Society of America Journal*, *61*(1), 4–10.

Kleynhans, K. P. N. (1999). *Collecting and Preserving Nematodes: A Manual for Nematology*. ARC-Plant Protection Research Institute.

Leguízamo, M. C., & Parada, J. C. (2013). Nematodos del suelo en el sistema maíz–soya y en hábitats naturales adyacentes de la Altillanura colombiana (Meta). *Revista Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *9*(1), 61–65.

Lozano-Tovar, M. D., Rozo, L. S., Ruiz, N., Quiroga, L. F., & Sandoval-Lozano, L. A. (2008).

Manual de manejo preventivo de la secadera (Fusarium sp.) en el cultivo de maracuyá. *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria Corpoica*. Recuperado a partir de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=bac.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=055309

Luc, M., Hunt, D. J., Machon, J. E., & others. (1990). Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes-a synopsis. *Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture.*, 1–44.

Magunacelaya, J. C., & Dagnino, E. (1999). Nematología agrícola en Chile. *Serie Ciencias Agronómicas*, (2).

Mai, W. F., Mullin, P. G., & others. (1996). *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera.* Comstock Publishing Associates. Recuperado a partir de http://www.cabdirect.org/abstracts/19961700779.html

McSorley, R., & Frederick, J. J. (1996). Nematode community structure in rows and between rows of a soybean field. *Fundamental and Applied Nematology*, *19*(3), 251–262.

Montenegro Gonzalez, H., Castro, D. M., & Guerrero, L. (1990). Propiedades físicas de los suelos. *Subdirección Agrológica. IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). Bogotá, Colombia*. Recuperado a partir de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=UNC.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002092

Morerira, F. (2012). *Manual de biología de suelos tropicales*. Instituto Nacional de Ecología. Recuperado a partir de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=m-QMZaBiP0YC&oi=fnd&pg=PA10&dq=manual+de+biologia+de+suelos+tropicales&ots=Le8nWlqug_&sig=y_uvx3DQpf5w8Wg9Uk19046d4tk

Muñoz, N. L. A. (2011). *Efecto del tipo de suelo, la concentración de materia orgánica y la incorporación de un hidrogel en la infestación de Meloidogyne hapla Chitwood, 1949*. Tesis doctoral. Universidad Austral de Chile.

Neher, D. A. (2001). Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of nematology*, *33*(4), 161.

Neher, D. A., & Campbell, C. L. (1994). Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, *1*(1), 17–28.

Olabiyi, T. I., Olayiwola, A. O., Oyediran, G. O., & others. (2009). Influence of soil textures on distribution of phytonematodes in the south western Nigeria. *World Journal of Agricultural Sciences*, *5*(5), 557–560.

Paerl, H. W., Dyble, J., Moisander, P. H., Noble, R. T., Piehler, M. F., Pinckney, J. L., … Valdes, L. M. (2003). Microbial indicators of aquatic ecosystem change: current applications to eutrophication studies. *FEMS Microbiology Ecology*, *46*(3), 233–246.

Parr, J. F., Papendick, R. I., Hornick, S. B., & Meyer, R. E. (1992). Soil quality: attributes and relationship to alternative and sustainable agriculture. *American Journal of Alternative Agriculture*, *7*(1-2), 5–11.

Pinochet, J., & Guzmán, R. (1987). Nemátodos asociados a cultivos agrícolas en El Salvador: su importancia y manejoNematodes associated with agricultural crops in El Salvador: importance and management. *Turrialba (Costa Rica).(Abr-Jun*, *37*(2), 137–146.

Poinar Jr, G. O., & others. (1979). *Nematodes for biological control of insects.* CRC Press, Inc. Recuperado a partir de http://www.cabdirect.org/abstracts/19800576694.html

Poll, J., Marhan, S., Haase, S., Hallmann, J., Kandeler, E., & Ruess, L. (2007). Low amounts of herbivory by root-knot nematodes affect microbial community dynamics and carbon allocation in the rhizosphere. *FEMS microbiology ecology*, *62*(3), 268–279.

Porazinska, D. L., Duncan, L. W., McSorley, R., & Graham, J. H. (1999). Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. *Applied Soil Ecology*, *13*(1), 69–86.

Rodriguez-Kabana, R., Morgan-Jones, G., & Chet, I. (1987). Biological control of nematodes:

Soil amendments and microbial antagonists. *Plant and soil*, *100*(1-3), 237–247.

Ryss, A. Y. (2003). Express technique to prepare permanent collection slides of nematodes. *Zoosystematica Rossica*, *11*(2), 257–260.

Sánchez Daza, J. I. (1978). Manual de nematología. Recuperado a partir de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=DOCFOR.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002375

Seinhorst, J. W. (1959). A rapid method for the transfer of nematodes from fixative to anhydrous glycerin. *Nematologica*, *4*(1), 67–69.

Southey, J. F., & others. (1978). *Plant nematology.* HM Stationery Office. Recuperado a partir de http://www.cabdirect.org/abstracts/19790854897.html

Spellerberg, I. F. (1991). Monitoring ecological changeCambridge University Press. *Cambridge, UK*.

Stirling, G. R., Poinar Jr, G. O., Jansson, H.-B., & others. (1988). *Biological control of plant-parasitic nematodes.* CRC Press Inc. Recuperado a partir de http://www.cabdirect.org/abstracts/19901143679.html

Sumner, M. E. (1999). *Handbook of soil science*. CRC press. Recuperado a partir de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=iP7LWpn5oJ0C&oi=fnd&pg=PA1&dq=handbook+of+soil+science&ots=rWOAM6Z3XJ&sig=H1Vw-_oNKXCngOWamidhtepdxe4

Tarjan, A. C., Esser, R. P., & Chang, S. L. (1977). An illustrated key to nematodes found in fresh water. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 2318–2337.

Villareal, H., Álvarez, M., Córdoba, S., Escobar, F., Fagua, G., Gast, F., … Umaña, A. M. (2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. *Programa de inventarios de biodiversidad. Instituto de investigación de recursos biológicos Alexander*

von Humboldt. Bogotá, Colombia, *236*, 1981.

Villegas, B., Ocampo, J., & Castillo, C. (2012). Principales enfermedades en el cultivo de gulupa y su manejo. *Tecnología para el cultivo de la gulupa*, 54–65.

Volcy, C. (1998). *Nematodos: diversidad y parasitismo en plantas*. Capitulo VIII: Nematodos del orden Aphelenchida. Recuperado a partir de http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=catalco.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=076616

Wallace, H. R. (1958). Movement of eelworms. *Annals of applied Biology*, *46*(1), 74–85.

Wasilewska, L. (1989). Impact of human activities on nematode communities in terrestrial ecosystems. En *Ecology of Arable Land—Perspectives and Challenges* (pp. 123–132). Springer. Recuperado a partir de http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-009-1021-8_12

Wasilewska, L. (2004). Nematofauna of the shelterbelts in the agricultural landscape. *Polish Journal of Ecology*, *52*(2), 99–113.

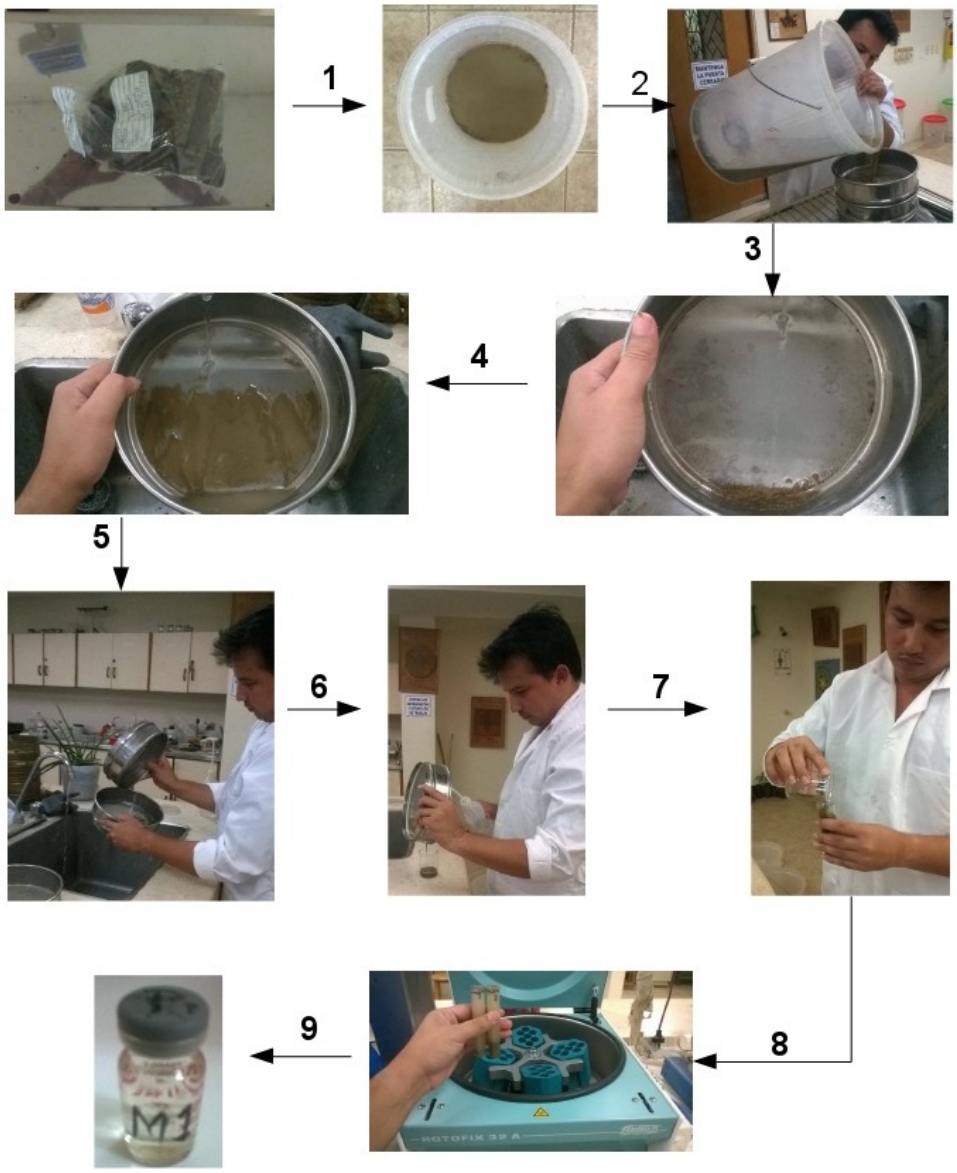
Whashington. (1978). *Control de nemátodos parasitos de plantas*. Limusa.

Yeates, G. W. (1979). Soil nematodes in terrestrial ecosystems. *Journal of Nematology*, *11*(3), 213.

Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G. M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera—an outline for soil ecologists. *Journal of nematology*, *25*(3), 315.Acton, D. F., & Gregorich, L. J. (1995). The health of our soils-towards sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ont. xiv+ 138 pp. Each chapter can be cited as follows:[Name (s) of chapter author (s)]. 1995. [Chapter heading]. Pages [...]-[...]. *The health of our soils-toward sustainable agriculture in Canada. Centre for Land and Biological Resources Research, Research Branch, Agriculture and Agri-Food Canada, Ottawa, Ont*, 3.

10 ANEXOS

Anexo A). Pasos para la extracción de nemátodos del suelo por el método de centrifugación en azúcar de (jenkins, 1964).



Fuente: (Castilla, 2015)

DESCRIPCIÓN (Anexo A)

PASO 1. Solubilizar en un balde 500 gr de suelo con aproximadamente 5 litros de agua de grifo

PASO 2. Filtrado a través de un sistema de tamices de ojos de malla (350µ, 150µ y 63µ)

PASO 3 Y 4. Recolecta de los tamices 150µ y 63µ

PASO 5. Pasar el contenido del tamiz de 150µ al tamiz de 63µ

PASO 6. Luego vertimos el contenido en un beaker de 100 ml

PASO 7 y 8. Vertimos la mezcla en tubos de centrífuga y procedemos a centrifugar a 5000 rpm durante 5 minutos

PASO 8.a. Descartamos el sobrenadante y mezclamos fuertemente el palet con una solución de sacarosa a 500 gr/L, centrifugar nuevamente a 5000 rpm durante 3 minutos.

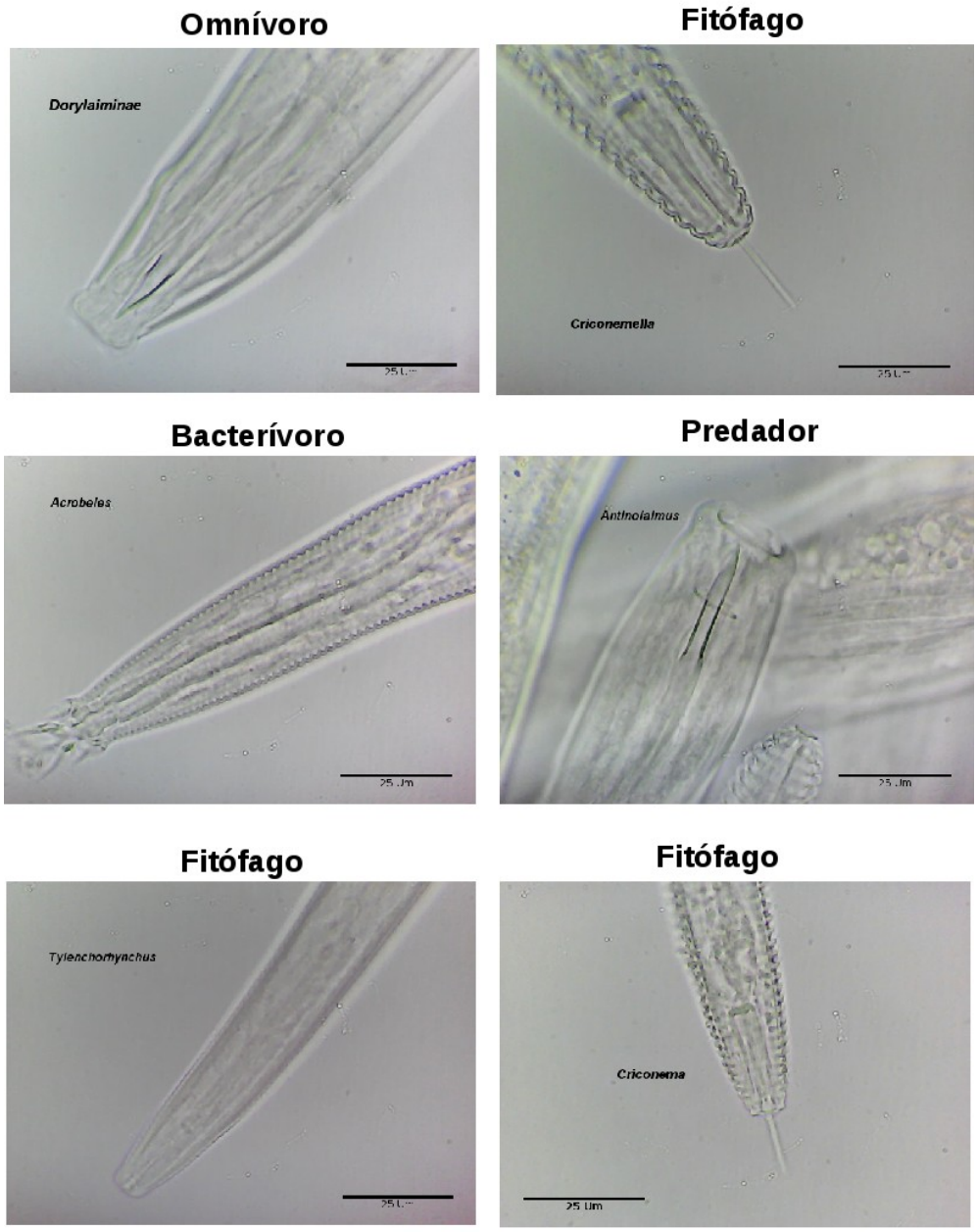
PASO 9. Tomamos el sobrenadante y lo hacemos pasar por el tamiz mas pequeño (63µ), realizamos un lavado para retirar restos de sacarosa. Luego del lavado vertimos la suspensión que contiene los nemátodos en un recipiente o vial.

(Anexo B). Matriz de datos del número de individuos por muestra y el total de individuos encontrados.

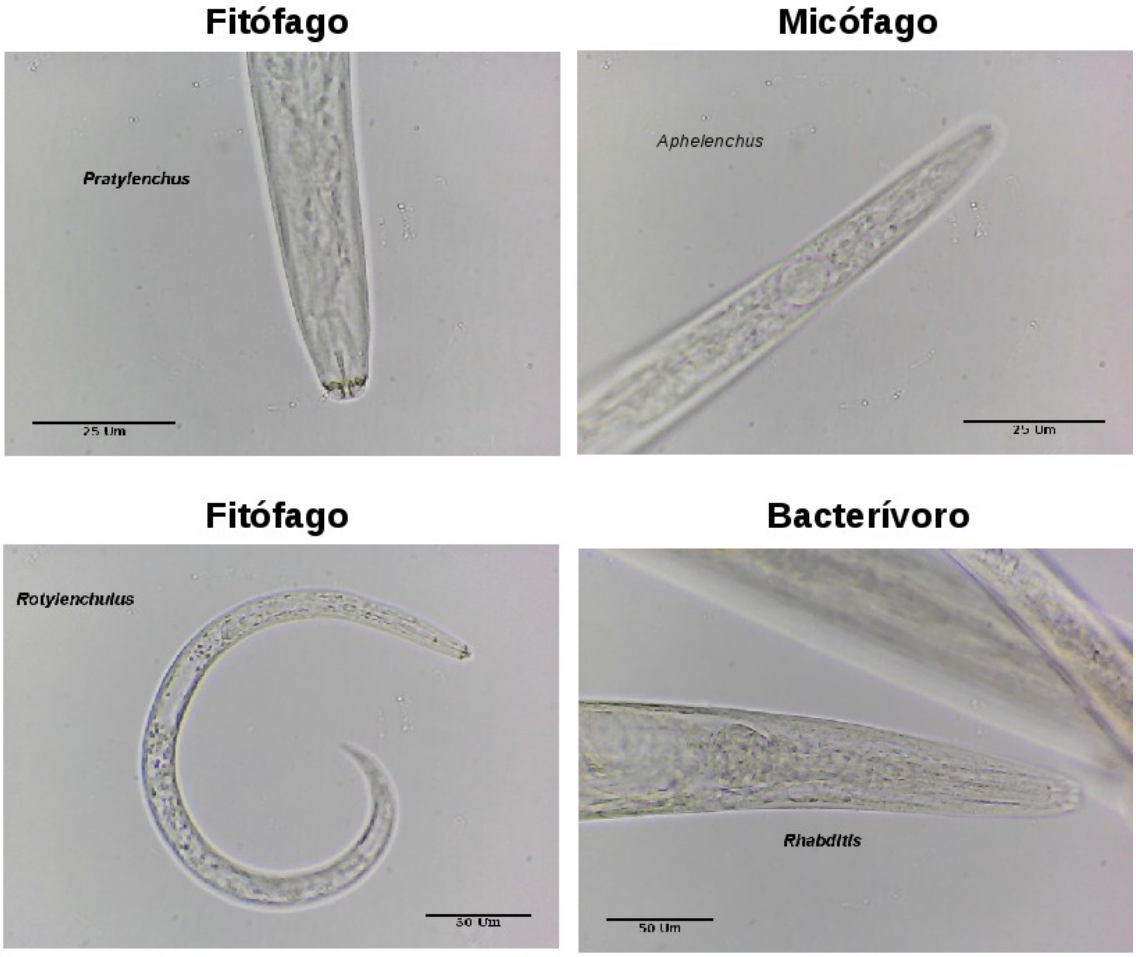
	MUESTRAS															
GÉNEROS	**M 1**	**M 2**	**M 3**	**M 4**	**M 5**	**M 6**	**M 7**	**M 8**	**M 9**	**M 10**	**M 11**	**M 12**	**M 13**	**M 14**	**M 15**	**Total**
Dorylaiminae	60	70	15	5	43	180	205	25	80	95	138	170	120	228	293	1727
rotylenchulus	40	0	0	0	0	0	5	0	0	8	8	13	0	3	0	77
Tylenchorynchus	45	0	8	0	0	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	61
Helicotylenchus	15	0	8	0	18	5	18	3	3	108	145	10	0	95	90	518
tylenchus	5	0	3	18	5	60	3	0	10	0	5	0	0	5	8	122
Acrobeles	5	0	10	0	23	5	10	0	10	0	30	3	5	10	3	114
Aphelenchus	5	0	0	0	0	8	0	0	3	0	0	0	0	0	0	16
Criconemella	0	115	30	3	115	68	75	38	208	255	313	120	35	35	133	1543
Criconema	0	5	0	0	13	10	8	3	18	10	23	18	0	0	5	113
Ironus	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Pratylenchus	0	5	0	0	5	13	3	0	38	5	3	65	0	5	43	185
Paratrophurus	0	0	5	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13
Panagrolaimus	0	0	0	3	3	3	0	0	3	3	0	3	0	3	0	21
Monhystera	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	0	3	0	9
Trophurus	0	0	0	0	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60
Discolaimus	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	8
Aphelenchoides	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	3	0	0	3	14
Amphidelus	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Cephalobus	0	0	0	0	0	0	0	3	5	0	0	3	0	0	0	11
Paratylenchus	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	5	0	10	0	18
Xiphinema	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	5	3	16
Psilenchus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	3	8
Rhabditis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	13
TOTAL	175	208	79	29	225	431	332	78	381	484	671	436	163	407	584	4683
LOCALIDAD	**Sampués**					**Corozal**					**San Juan de Betulia**					

Fuente: (Castilla, 2015)

(Anexo C). Fotografía de algunos géneros identificados (fitófago, bacterívoro, micófago, omnívoro y predadores).



Fuente: (Castilla, 2015)



Fuente: (Castilla, 2015)

(Anexo D). Matriz de datos utilizada para calcular el porcentaje de carbón orgánico y el de materia orgánica.

Nomenclatura:

G_r= Gramos de suelo utilizados de la muestra.

B_p= ml de sulfato ferroso amoniaco o sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco.

M= ml de sulfato ferroso amonio gastado en la titulación.

W.meq.C= Peso en (gr) de un meq de Carbono.

COD	MATERIA ORGANICA			V (ml) K2Cr2O7	N=V/Bp	Wm	%H	W. meq. C.	Constante	N*0,003	$\%C.O = \frac{(B_p - M) * N * 0{,}003 * (100 + \%H)}{W_m}$	%LO= %C.O *1,724
	Gr	Bp	M									
1493	0,5	14,5	10	5	0,34483	0,5	22,3793	0,003	100	0,001034	1,13939348 44	1,96431436 72
1494	0,5	10	7	5	0,5	0,5	28,2743	0,003	100	0,0015	1,15446870 02	1,99030403 91
1495	0,5	10	9,5	5	0,5	0,5	21,3572	0,003	100	0,0015	0,18203576 77	0,31382966 35
1496	0,5	10	8,2	5	0,5	0,5	29,6261	0,003	100	0,0015	0,69998079 19	1,20676688 53
1497	0,5	10	9	5	0,5	0,5	29,6691	0,003	100	0,0015	0,38900735 51	0,67064868 02
1498	0,5	10	7,8	5	0,5	0,5	15,3407	0,003	100	0,0015	0,76124893 65	1,31239316 66
1499	0,5	10	8,2	5	0,5	0,5	32,2579	0,003	100	0,0015	0,71419243 12	1,23126775 15
1500	0,5	10	8,2	5	0,5	0,5	26,8686	0,003	100	0,0015	0,68509067 92	1,18109633 09
1501	0,5	14,5	7,2	5	0,34483	0,5	17,7278	0,003	100	0,001034	1,77809549 96	3,06543664 14
1502	0,5	14,5	9,2	5	0,34483	0,5	20,2628	0,003	100	0,001034	1,31874348 14	2,27351376 2
1503	0,5	14,5	9,5	5	0,34483	0,5	8,63221	0,003	100	0,001034	1,12378151 35	1,93739932 93
1504	0,5	14,5	9,2	5	0,34483	0,5	23,6227	0,003	100	0,001034	1,35558734 09	2,33703257 57
1505	0,5	10	8	5	0,5	0,5	24,36	0,003	100	0,0015	0,74556	1,28534544
1506	0,5	10	5,7	5	0,5	0,5	29,7765	0,003	100	0,0015	1,67411728 63	2,88617820 15
1507	0,5	10	7,6	5	0,5	0,5	24,2412	0,003	100	0,0015	0,89453681 86	1,54218147 53

(Anexo E). Matriz de datos utilizada para calcular los porcentajes de arena, limo y arcilla.

Lec. Hid. 2h: Lectura del hidrometro a las 2 horas.

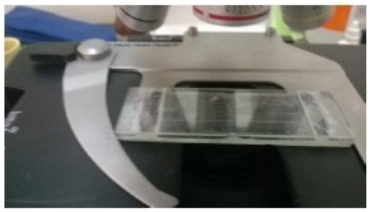
Lec. Hid. 40'': Lectura del hidrometro a los 40 segundo.

COD	Valor Constante	Lec. Hid. 40''	Lec. Hid. 2h	%H	W. suelo (gr)	%Arena=100−[(Lec. Hid. 40''*(100+%H))/Ws]	%Arcilla=[(Lec. Hid. 2h*(100+%H))/Ws]	%Limo=100−(%Arena+%Arcilla)	TEXTURA
1493	100	34	14	22,3793	60	30,6517298974	28,5551700422	40,7931000603	Franco Arcilloso
1494	100	43	22	28,2743	59,9	7,91661126734	47,1124307252	44,9709566014	Arcillo Limosos
1495	100	33	15	21,3572	59,9	33,1421220571	30,3899445195	36,4679334234	Franco Arcilloso
1496	100	41	19	29,6261	59,9	11,2743075856	41,1167842896	47,6089081248	Arcillo Limosos
1497	100	36	17	29,6691	59,9	22,0686433891	36,8009183996	41,1304382113	Franco Arcilloso
1498	100	37	18	15,3407	60	28,8732054244	34,6022243881	36,5245701875	Franco Arcilloso
1499	100	36	20	32,2579	59,9	20,5128067615	44,1595517991	35,3276414393	Arcilla
1500	100	38	16	26,8686	60	19,6498586173	33,8316384769	46,5185029058	Franco Arcillosos Limoso
1501	100	35	15	17,7278	59,9	31,2108105542	29,4810811911	39,3081082547	Franco Arcilloso
1502	100	25	11	20,2628	59,9	49,8068571296	22,0849828863	28,1081600074	Franco
1503	100	24	11	8,63221	59,9	56,474572432	19,949154302	23,576273266	Franco Arenoso
1504	100	44	21	23,6227	59,9	9,19197367768	43,3401943815	47,4678319417	arcilloso Limoso
1505	100	47	29	24,26	60	2,663	60,059	37,278	Arcilla
1506	100	45	23	29,7765	59,9	2,50510814488	49,8307225017	47,6641693495	arcilloso Limoso
1507	100	38	15	24,2412	60	21,3138909569	31,0603062012	47,6258028419	Franco Arcilloso

(Anexo F). Nemátodos conservados en placas fijas.

Fuente: (Castilla, 2015)

(Anexo G). Placa prefabricada para contar nemátodos.



Descripción: Consiste en dos portaobjetos, el inferior tiene marcado una cuadricula de 20 mm x 50 mm, los cuales se encuentran divididos con una pieza de vidrio de un milimetro de altura. Con el fin de depositar 1 ml de la suspención de Nemátodos.

Fuente: (Castilla, 2015)

(Anexo H). Valoración de los estimadores con respecto al muestreo realizado.

Estimadores	% Estimado
Sobs	100
ACE	100
ICE	84,96
Chao1	100
Chao2	82,14
Jack1	83,12
Jack2	75,68
Bootstrap	91,16
Promedio Est.	89,6325

(Anexo I). Correlación de nemátodos Vs factores edáficos a partir de Regreción lineal.

		Factores edáficos						
		%H	% M.O.	% Porosidad	pH	% Arena	% Arcilla	% Limo
Índ. Diversidad	I. Simpson	0,4218827869	0,053	0,209	-0,461	0,210	-0,476	0,656
	I. Margalef	-0,2708038086	0,246	-0,320	-0,031	-0,320	0,084	-0,198
	H'	-0,394397285	-0,021	-0,214	0,304	-0,214	0,367	-0,517
	Heip	0,0924955467	-0,544	0,058	0,271	0,058	0,068	-0,173
	T	0,1696389132	-0,022	-0,335	0,282	-0,335	-0,324	0,191

Fuente: (Castilla, 2015)

(Anexo J). Nomenclatura utilizada para representar la muestra correspondiente a su agroecosistema y localidad.

CÓDIGO	NOMBRE DEL AGROECOSISTEMA	LOCALIDAD
1493	La Berraquera	
1494	Pajonal	
1495	Hacienda los Ángeles	Sampués
1496	San Antonio	
1497	La Libanesa	
1498	Bajo Grande	
1499	Caño Medina	
1500	Bélgica	Corozal
1501	La Pereira	
1502	Tumbaburro	
1503	La María	
1504	El Zulia	
1505	La Fé	San Juan de Betúlia
1506	El Divino	
1507	La Querella	

(Anexo K). Matriz de datos utilizados para caluclar la Porosidad de los suelos.

Formula matemática utilizada:

$$P = 1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}$$

ρ_a: Densidad aparente

ρ_r: Densidad real.

CALCULOS PARA DETERMINAR LA PROSIDAD DEL SUELO

COD	Constante	D. aparente	D. real	P = 1 – (Da/Dr)	Constante	% Porosidad
1493	1	1,428763663	2,3883792	0,4017852513	100	40,178525127
1494	1	1,353331794	2,27355426	0,4047506067	100	40,4750606656
1495	1	1,388866304	2,39292217	0,4195940339	100	41,959403385
1496	1	1,404265424	2,41240046	0,4178970501	100	41,7897050144
1497	1	0,995897781	2,32795378	0,5722003634	100	57,2200363445
1498	1	1,502199104	2,32563204	0,3540684519	100	35,4068451861
1499	1	1,305306893	2,38864994	0,4535378035	100	45,3537803451
1500	1	1,458201126	2,4229977	0,3981830334	100	39,8183033356
1501	1	1,431675093	2,41831413	0,4079863012	100	40,7986301184
1502	1	1,303600177	2,49321886	0,4771416991	100	47,7141699064
1503	1	1,495263058	2,42056413	0,3822667041	100	38,2266704084
1504	1	1,5263735	2,39073634	0,3615467024	100	36,1546702385
1505	1	1,348022572	2,33236524	0,4220362451	100	42,2036245061
1506	1	1,327050906	2,35405852	0,4362710635	100	43,6271063474
1507	1	1,521440286	2,52655367	0,397819922	100	39,7819922028

(Anexo L). Valores de pH medidos para cada una de las muestras de los suelos

LOCALIDAD	CÓDIGO	pH
Sampués	1493	7,42
	1494	6,61
	1495	6,56
	1496	6,33
	1497	6,44
Corozal	1498	6,45
	1499	6,35
	1500	6,44
	1501	6,43
	1502	6,61
S.J. de Betúlia	1503	6,7
	1504	6,72
	1505	6,41
	1506	6,41
	1507	6,82

(Anexo M). Matriz de datos utilizados para el calculo de la Densidad Real de los suelos

Formula matemática utilizada: $$D_r = \frac{B - A}{(B + D) - (A + C)}$$

A) Peso del picnometro, B) Peso del Pic + Muestras, C) Peso Pic + M + Agua, D) Peso del Pic + Agua y (Dr) Densidad Real en gramos/ centímetro cubico Fuente: (Castilla, 2015).

	VARIABLE				
CÓDIGO	**A**	**B**	**C**	**D**	**Dr (gr/cc)**
1493	25	27,0405	77,5056	76,2798	2,3883792049
1494	27	29,0809	78,3784	77,2024	2,273554256
1495	26,826	28,9289	78,2402	77,0161	2,3929221666
1496	27,867	29,9875	79,3203	78,0788	2,4124004551
1497	28,556	30,8928	79,4859	78,1529	2,3279537757
1498	24,4528	26,9089	77,8745	76,4745	2,3256320424
1499	28,4944	30,4937	79,7337	78,5714	2,3886499403
1500	28,0288	30,0285	79,2253	78,0509	2,4229976978
1501	27,5573	29,5512	78,4788	77,3094	2,4183141298
1502	28,2924	30,2962	79,2042	78,0041	2,4932188628
1503	25,0233	27,0314	77,4526	76,2741	2,4205641273
1504	27,2017	29,2147	78,373	77,202	2,390736342
1505	27,0701	29,0778	78,152	77,0051	2,3323652416
1506	28,0532	30,0485	79,223	78,0753	2,3540585182
1507	28,2561	30,2685	79,3374	78,1215	2,5265536723

(Anexos N). Matriz de datos utilizados para el calculo del porcentaje de Humedad del suelo de Sampués.

Formula matemática utilizada:

$$H = \frac{((W_h + W_r) - (W_s + W_r))}{(W_s + W_r) - W_r} X\ 100$$

Donde:

W_r= Peso del recipiente

W_h= Pesos humedo de suelo

W_s= Peso seco

Valores Atipicos: No fuerón tomados en cuenta

MUESTRAS DE SAMPUÉS

Muestras	Crisol	Peso del recipiente (Wr) (gr)	Peso de la muestra (Wh) (gr)	Peso seco M. (Ws)	Peso total = (Wr+Wh) (gr)	(Wr+Ws)	$H=\frac{((W_s+W_r)-(W_s+W_r))}{(W_s+W_r)-W_r}$	Promedio = (ΣH/3 ó 2)	Constante	%H= (H*100)
M1C	1A	63,08	30	23,85	93,08	86,93	0,2578616352	0,2619403857	100	26,1940385654
	1B	62,69	30,03	26,17	92,72	88,86	0,1474971341			
	1C	58,34	30,03	23,72	88,37	82,06	0,2606020361			
M2C	2A	69,18	29,99	23,17	99,17	92,35	0,2943461372	0,2827430002	100	28,2743000201
	2B	70,51	30,01	23,32	100,52	93,83	0,2868782161			
	2C	62,51	29,99	23,67	92,5	86,18	0,2670046472			
M3C	3A	60,43	30	24,83	90,43	85,26	0,2082159679	0,2135717845	100	21,3571784479
	3B	67,48	30,01	24,13	97,49	91,61	0,2436809663			
	3C	67,16	30,01	24,62	97,17	91,78	0,2189277011			
M4C	4A	62,38	30	23,05	92,38	85,43	0,3015184382	0,2962607258	100	29,6260725761
	4B	66,06	29,99	23,23	96,05	89,29	0,2910030133			
	4C	60,64	30,01	24,1	90,65	84,74	0,2452282158			
M5C	5A	64,65	30,01	22,39	94,66	87,04	0,3403309947	0,2968911836	100	29,6891183609
	5B	58,45	30,01	22,96	88,46	81,41	0,3070557491			
	5C	59,85	30,01	23,33	89,86	83,18	0,2863266181			

(Anexo Ñ). Matriz de datos utilizados para el calculo del porcentaje de Humedad del suelo de Corozal

Formula matemática utilizada:

$$H = \frac{((W_h + W_r) - (W_s + W_r))}{(W_s + W_r) - W_r} X\,100$$

Donde:

W_r= Peso del recipiente

W_h= Pesos húmedo de suelo

W_s= Peso seco

Valores Atipicos: No fuerón tomados en cuenta

MUESTRAS DE COROZAL

Muestras	Crisol	Peso del recipiente (Wr) (gr)	Peso de la muestra (Wh) (gr)	Peso seco M. (Ws)	Peso total = (Wr+Wh) (gr)	(Wr+Ws)	$H=\frac{((W_h+W_r)-(W_s+W_r))}{(W_s+W_r)-W_r}$	Promedio = (ΣH:3 ó 2)	Constante	%H= (H*100)
M1C	1A	63,08	29,99	25,85	93,07	88,93	0,160154739	0,153407396	100	15,34074796
	1B	62,69	30,01	26,15	92,7	88,84	0,147608942			
	1C	58,34	30,01	26,04	88,35	84,38	0,152457753			
M2C	2A	69,18	30	23,35	99,18	92,53	0,284786739	0,322578764	100	32,25787639
	2B	70,51	30	22,47	100,51	92,98	0,335119494			
	2C	62,51	30	22,9	92,51	85,41	0,310043688			
M3C	3A	60,43	30	23,7	90,43	84,13	0,265822784	0,268868429	100	26,88684429
	3B	67,48	30	23,68	97,48	91,16	0,268691892			
	3C	67,16	30	23,56	97,16	90,72	0,273344652			
M4C	4A	62,38	30	25,36	92,38	87,74	0,182965299	0,177277842	100	17,72778422
	4B	66,05	30	25,51	96,05	91,56	0,176010941			
	4C	60,64	29,99	25,57	90,63	86,21	0,172838819			
M5C	5A	64,64	30	25,49	94,64	90,13	0,176921302	0,201262770	100	20,12627703
	5B	58,46	30,01	25,06	88,47	83,52	0,197526937	32		174
	5C	59,84	30	24,84	89,84	84,68	0,207729469			

(Anexo O). Matriz de datos utilizados para el calculo del porcentaje de Humedad del suelo de San Juan de Betúlia.

Formula matemática utilizada:

$$H = \frac{((W_h + W_r) - (W_s + W_r))}{(W_s + W_r) - W_r} X\,100$$

Donde:

W_r= Peso del recipiente

W_h= Pesos húmedo de suelo

W_s= Peso seco

MUESTRAS DE SAN JUAN DE BETULIA

Muestras	Crisol	Peso del recipiente (Wr) (gr)	Peso de la muestra (Wh) (gr)	Peso total = (Wr+Wh) (gr)	Peso seco M. (Ws)	(Wr+Ws)	$H=\frac{((W_h+W_r)-(W_s+W_r))}{(W_s+W_r)-W_r}$	Promedio = ΣH/3	Constante	%H= (H*100)
M1C	1A	63,08	30,01	93,09	27,78	90,86	0,0827735781	0,0863221297	100	8,6322129719
	1B	62,69	30,01	92,7	27,71	90,4	0,0830025262			
	1C	58,34	30	88,34	27,38	85,72	0,0956902849			
M2C	2A	69,18	30,01	99,19	24,27	93,45	0,2365069745	0,2362274493	100	23,6227449264
	2B	70,51	30	100,51	24,13	94,64	0,2432656444			
	2C	62,51	30,01	92,52	24,42	86,93	0,2289107289			
M3C	3A	60,43	30	90,43	22,68	83,11	0,3227513228	0,3229147938	100	32,2914793826
	3B	67,48	30	97,48	22,58	90,06	0,3286093888			
	3C	67,16	30,01	97,17	22,78	89,94	0,3173886689			
M4C	4A	62,38	30	92,38	23,12	85,5	0,2975778547	0,2977653882	100	29,7765338197
	4B	66,06	30	96,06	23,13	89,19	0,2970168612			
	4C	60,64	30	90,64	23,1	83,74	0,2987012987			
M5C	5A	64,65	30	94,65	24,33	88,98	0,2330456227	0,1592524535	100	15,9252453519
	5B	58,45	30,01	88,46	24,11	82,56	0,2447117379			
	5C	59,85	30	89,85	24,01	83,86	0,2494793836			

(Anexo P). Valores c-p de las respectiva familia utilizados para calcular el Índice de Madurez.

Familia	Valor cp	Familia	Valor cp
Neotylenchidae	2	*Achromadoridae*	3
Anguinidae	2	*Ethmolaimidae*	3
Aphelenchidae	2	*Cyatholaimidae*	3
Aphelenchididae	2	*Desmodoridae*	3
Rhabditidae	1	*Microlaimidae*	3
Allionematidae	1	*odontolaimidae*	3
Diploscapteridae	1	*Aulolaimidae*	3
Bunonematidae	1	*Bastianiidae*	3
Cephalobidae	2	*Prismatolaimidae*	3
Ostellidae	2	*Ironidae*	4
Panagrolaimidae	1	*Tobrilidae*	3
Myolaimidae	2	*Onchulidae*	3
Teratocephalidae	2	*Tripylidae*	3
Diplogasteridae	1	*Alaimidae*	4
Neodiplogasteroididae	1	*Bathyodontidae*	4
Diplogasteroididae	1	*Mononchidae*	4
Tylopharyngidae	1	*Anatonchidae*	4
Odontopharyngidae	1	*Nygolaimidae*	5
Monhysteridae	1	*Dorylaimidae*	4
Xyalidae	2	*Thomenematidae*	5
Linhomoeidae	3	*Thomenematidae*	5
Plectidae	2	*Nordiidae*	4
Leptolaimidae	3	*Qudsianematidae*	4
Halaphanolaimidae	3	*Aporcelaimidae*	5
Diplopeltidae	3	*Belondiridae*	5
Rhabdolaimidae	3	*Actinolaimidae*	5
Chromadoridae	3	*Discolaimidae*	5
Hypodontolaimidae	3	*Leptonchidae*	4
Choanolaimidae	4	*Diphtherophoridae*	3

*after Bongers, (1990)