



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN**

**PROGRAMA UNIVERSITARIO DE INVESTIGACION
DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE –PUIRNA-**

**Biodiversidad de nematodos de quiste, Tylenchida, Heteroderinae, asociados a
cultivos de importancia económica en la región central de Guatemala**

Integrantes del equipo de investigación:

| | |
|----------------|---|
| Coordinador: | Ing. Agr. Gustavo Adolfo Álvarez Valenzuela |
| Investigadora: | Inga. Agra. Teresa Del Rosario Guerra Sican |
| Auxiliar: | Ing. Agr. Roni Mijangos Chex |

Guatemala noviembre de 2009

INDICE GENERAL

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCCION..... | 1 |
| 2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 3. JUSTIFICACIÓN | 6 |
| 4. MARCO TEÓRICO | 8 |
| 4.1 Características de los nematodos Fitopatógenos | 8 |
| 4.1.1 Morfología..... | 8 |
| 4.1.2 Anatomía..... | 8 |
| 4.1.3 Biología y ciclo de vida | 9 |
| 4.1.4 Ecología y distribución | 10 |
| 4.1.5 Características parasíticas de los nematodos | 10 |
| 4.1.6 Síntomas y daños causados por los nematodos | 11 |
| 4.1.7 Población y patrón de distribución de los nematodos | 12 |
| 4.2 Taxonomía de la subfamilia Heteroderinae Siddiqi 2000 | 13 |
| 4.3 Descripción general de la subfamilia Heteroderinae..... | 13 |
| 4.4 Descripción de los géneros de la subfamilia Heteroderinae según Siddiqi 2000. | 14 |
| 4.4.1 Afenestrata Baldwin y Bell, 1985 | 14 |
| 4.4.2 Cactodera Krall & Krall, 1978 | 15 |
| 4.4.3 Dolichodera Mulvey & Ebsary, 1980..... | 16 |
| 4.4.4 Punctodera Mulvey & Stone, 1976 | 16 |
| 4.4.5 Heterodera Scmidth, 1871 | 17 |
| 4.4.6 Globodera Skarbilovich, 1959..... | 20 |
| 5. MARCO REFERENCIAL | 21 |
| 5.1 Estudio analítico taxonómico de los nematodos de quiste (<i>Heterodera</i> sp.) en Guatemala. | 21 |
| 5.2 Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa <i>Solanum tuberosum</i> L. en municipio de Patzicía, Chimaltenango. | 22 |
| 5.3 Determinación de la presencia del nematodo dorado <i>Globodera Rostochiensis</i> Woll y otros nematodos de quiste de la sub familia Heteroderinae, en las áreas de producción de papa <i>Solanum Tuberosum</i> L. de Palencia, Guatemala. | 22 |
| 5.4 Determinación de la presencia de nematodos de la subfamilia Heteroderinae asociados al cultivo de la papa <i>Solanum tuberosum</i> L. en Salamá, Baja Verapaz..... | 23 |

| | | |
|-------|---|----|
| 5.5 | Estudio de los nematodos formadores de quistes en papa <i>Solanum tuberosum</i> L., para descartar la presencia del nematodo dorado en el municipio de Jalapa, Jalapa. | 23 |
| 5.6 | Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa <i>Solanum tuberosum</i> L., en los municipios de Patzun y Zaragoza, Chimaltenango. | 24 |
| 5.7 | Primera notificación del nematodo enquistador, <i>Afenestrata orientalis</i> , en Estados Unidos ... | 25 |
| 5.8 | AREAS BAJO ESTUDIO | 25 |
| 6. | OBJETIVOS..... | 30 |
| 6.1 | Objetivo General | 30 |
| 6.2 | Objetivos Especificos..... | 30 |
| 7. | METODOLOGIA | 31 |
| 7.1 | Fase de Planificación, Colecta y traslado de muestras | 31 |
| 7.1.1 | Planificación | 31 |
| 7.1.2 | Colecta y traslado de muestrreas..... | 33 |
| 7.2 | Fase de Laboratorio | 36 |
| 7.2.1 | Registro de muestras | 36 |
| 7.2.2 | Preparación | 36 |
| 7.2.3 | Resguardo | 37 |
| 7.2.4 | Extracción de quistes | 37 |
| 7.2.5 | Determinación de géneros..... | 40 |
| 7.3 | Bioensayo..... | 42 |
| 7.4 | Preparación de colecciones | 43 |
| 7.4.1 | Conservación “ <i>in vivo</i> ” | 43 |
| 7.4.2 | Conservación “ <i>in Vitro</i> ” | 43 |
| 7.4.3 | Colección de montajes permanentes | 44 |
| 7.4.4 | Colección de imágenes..... | 44 |
| 7.5 | Análisis de la información | 44 |
| 8. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 46 |
| 8.1 | CHIMALTENANGO | 47 |
| 8.2 | SACATEPÉQUEZ | 52 |
| 8.3 | GUATEMALA..... | 56 |
| 8.4 | BIODIVERSIDAD EN LA REGION..... | 58 |
| 9. | CONCLUSIONES..... | 60 |

| | | |
|-----|----------------------|----|
| 10. | RECOMENDACIONES..... | 62 |
| 11. | BIBLIOGRAFIA..... | 63 |
| 12 | ANEXOS | 68 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Mapa de la división política del departamento de Guatemala..... | 27 |
| Figura 2. Mapa de la división política del departamento de Sacatepéquez | 28 |
| Figura 3. Mapa de la división política del departamento de Chimaltenango..... | 29 |
| Figura 4. A. zona de muestreo. B. referenciarían por medio del GPS en zona de muestreo. | 34 |
| Figura 5. Representación grafica de la forma del sistema de muestreo utilizado (radiación)..... | 35 |
| Figura 6. Colecta de muestras de suelo | 35 |
| Figura 7. Proceso de colocación y secado de muestras | 36 |
| Figura 8. Pasos para extracción de nematodos de quiste..... | 39 |
| Figura 9. Identificación de nematodos de la extracción..... | 40 |
| Figura 10. Resultados generales del departamento de Chimaltenango. | 48 |
| Figura 11. Géneros determinados por cultivo en el departamento de Chimaltenango..... | 49 |
| Figura 12. Quistes de Globodera con un corte perineal | 50 |
| Figura 13. Nematodos del genero Punctodera | 50 |
| Figura 14. Nematodos del genero Heterodera | 50 |
| Figura 15. Mapa de distribución geográfica de los géneros determinados en Chimaltenango..... | 51 |
| Figura 16. Resultados generales del departamento de Sacatepéquez..... | 52 |
| Figura 17. Géneros determinados por cultivo en el departamento de Sacatepéquez. | 53 |
| Figura 18. Corte perineal del genero Heterodera. | 54 |
| Figura 19. Corte perineal del genero Punctodera..... | 54 |
| Figura 20. Corte perineal del genero Cactodera. | 54 |
| Figura 21. Mapa de distribución de géneros de nematodos en Sacatepequez. | 55 |
| Figura 22. Resultados generales del departamento de Guatemala. | 57 |
| Figura 23. Géneros determinados por cultivo en el departamento de Sacatepéquez. | 57 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1. Resumen de los departamentos y cultivos a muestrear | 32 |
| Cuadro 2. Total de muestras colectadas por departamento y municipio. | 46 |
| Cuadro 3. Resumen de muestras colectadas y su distribución en el departamento de Chimaltenango ... | 47 |
| Cuadro 4. Distribución de las muestras por cultivo y municipio del departamento de Sacatepéquez. | 52 |
| Cuadro 5. Distribución de las muestras por cultivo y municipio del departamento de Guatemala. | 56 |

RESUMEN

Los productores y exportadores agrícolas del país han enfrentado cuarentenas a nivel internacional por la presencia de nematodos de varios tipos. La experiencia más reciente fue con los países Centroamericanos por la detección de nematodos de quiste en un embarque de papa que se dirigía hacia Honduras en diciembre de 2001, siendo el segundo caso una Alerta internacional lanzada por la NAPPO (Organización Norteamericana de Protección de Plantas) por sus siglas en inglés. Dicha alerta se debía a la detección de especímenes del nematodo de quiste *Afenestrata orientalis*, detectado en un embarque de plantas ornamentales procedentes de Guatemala hacia Florida.

Hasta la fecha, los pocos estudios realizados en Guatemala sobre nematodos de quiste han estado orientados al cultivo de la papa. Por lo que el presente estudio se presenta una prospección de nematodos de quiste de la en los departamentos de la región central de Guatemala, compuesta por Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango, dicho estudio se dirigió a cultivos hortícolas de exportación y de importancia económica, dicho estudio se dirigió a los cultivos de Arveja, Tomate, Chile, Ejote francés, Lechuga, Zanahoria, haba y brassicas cultivos de importancia según la base de datos de AGEXPORT y el Censo Agropecuario Nacional 2003.

El estudio se enfocó en la determinación de la biodiversidad de géneros de nematodos de quiste de la sub familia Heteroderinae presentes región central, estableciendo la ubicación y distribución de poblacionales y su posible filiación patogénica con cultivos de importancia económica.

Para esto se realizó una investigación preliminar en donde se seleccionaron los cultivos a muestrear y los municipios con mayor producción agrícola, esto con la finalidad de enfocar el estudio específicamente a las zonas productoras de hortalizas de cada departamento. El método de muestreo utilizado fue el de radiaciones y las unidades de muestreo estaban compuestas por al menos 1 ha de área cultivada.

Para la extracción de los nematodos de las muestras, se utilizó el método de Fenwick modificado con flotación en acetona, determinándose posteriormente la incidencia de quistes dentro de la muestra, por la forma, color y forma del cono vulval de los quistes. Luego se realizaron cortes de fenestralias, para la determinación de los géneros presentes por morfometría.

En términos generales se establece que para la región central de Guatemala según los resultados obtenidos en esta investigación, los géneros presentes son: Heterodera, Cactodera, Globodera y Punctodera, estos se presentaron de forma individual o en asocio, en los distintos cultivos bajo estudio, presentando mayor incidencia el género Heterodera y sus distintas combinaciones, confirmándose con ello que en la región central de Guatemala, específicamente en los departamentos de Guatemala, Sacatepequez y Chimaltenango existen especies de nematodos de quiste de la subfamilia heteroderinae.

Siendo el departamento de Chimaltenango el que presenta mayor incidencia poblaciones de nematodos formadores de quiste dentro de los campos de producción de hortalizas, este seguido por Sacatepequez y Guatemala respectivamente.

Según los resultados obtenidos y la importancia de los géneros Heterodera y Globodera en la producción de Hortalizas, se recomienda continuar con los estudios de bio diversidad de nematodos de quiste en la región e incluir áreas no cubiertas durante la presente investigación, realizar investigaciones específicas a la determinación de las especies presentes por cultivo, además continuar con estudios de filiación patogénica y determinación de especies de los géneros Globodera, Punctodera y Cactodera en las distintas zonas de producción hortícola del país.

1. INTRODUCCION

En Guatemala los estudios realizados sobre Bio Diversidad nematodos de quiste comparados con otros países, son relativamente escasos, existiendo algunas tesis de grado únicamente. Hablar de nematodos es discurrir sobre un grupo biológico extenso, y la mayor atención hacia este grupo se ha constituido hacia los nematodos fitoparasíticos, por la importancia que tienen, debido a que se constituyen como plagas en cultivos tradicionales y de exportación.

Los estudios en Guatemala sobre nematodos de quiste han estado orientados al cultivo de la papa, aparte de ello no se conoce o no se han estudiado poblaciones en otros cultivos y se corre el riesgo potencial de su detección. Por lo que esta investigación se dirigió a Conocer la Biodiversidad de nematodos de la sub familia Heteroderinae, su ubicación y la posible asociación con cultivos hortícolas de importancia económica en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango ubicados en la región central del país.

En donde se realizo una prospección de nematodos de quiste en los departamentos de la región central de Guatemala determinando géneros presentes, su ubicación, densidades de poblacionales y filiación patogénica a cultivos de importancia económica y que pueda poner en riesgo la producción, la seguridad alimentaria y las exportaciones si se tratara de especies de importancia cuarentenaria.

Como producto de la investigación, se determino que los géneros presentes en esta región son Heterodera, Cactodera, Globodera y Punctodera, presentando estos, mayor incidencia con poblaciones individuales o en asocio en el departamento de Chimaltenango, a diferencia de este los departamentos de Sacatepéquez y Guatemala presentaron menor incidencia.

Además de ello es importante enfatizar que en este estudio no se obtuvo evidencia de que alguno de los géneros determinados presentara patogenicidad en los cultivos evaluados, lo cual se cree, que es debido a la intensidad de producción de la zona, siendo importante que a partir de los resultados de esta investigación, se realicen estudios más específicos e intensos, para la determinación de las especies de cada género presentes por cultivo, ya que en otros países se han reportado algunas especies de género Heterodera y Globodera, ocasionado daño en cultivos Horticola.

Por último como parte de este estudio en la Facultad de Agronomía, edificio T-9, laboratorio C-2 esta para uso de investigadores y estudiantes una colección referenciada de especímenes de nematodos de quiste, los suelos de origen, montajes de cortes de fenestralias y fotografías de los géneros determinados en este estudio. Esta colección es la primera en el país y quizá en Centro América.

2. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

De las plagas conocidas en la agricultura, los Nematodos de Quiste (NQ) es uno de los grupos más temidos, debido a su capacidad de dispersión, reproducción y sobrevivencia. Las hembras fecundadas se enquistan y resguardan los huevos hasta que las condiciones ambientales les son favorables, pudiendo permanecer viables dentro del quiste hasta 20 años según la especie, lapso suficiente para que también puedan ser dispersados por varios medios, por lo que se les considera de importancia cuarentenaria. Los géneros que conforman este grupo según Siddiqi 2000, son *Afenestrata*, *Cactodera*, *Dolichodera*, *Globodera*, *Heterodera* y *Punctodera*

Para Guatemala, la importancia de este grupo radica en dos aspectos muy puntuales, en primera instancia las pérdidas del orden económico que pueden provocar “in situ” pueden ser hasta del 100% dependiendo de la especie y el cultivo de asocio, en segundo lugar, las pérdidas derivadas de una cuarentena internacional, cierre de mercados internacionales no solo para el cultivo donde se haya detectado sino además para el resto de cultivos provenientes de todo el país, que pondría en riesgo el ritmo de crecimiento de las exportaciones que generan divisas, empleos y entre otros beneficios hortalizas para el mercado local.

Según el portal electrónico de la Asociación Gremial de Exportadores de Guatemala, AGEXPORT, en el sector agrícola las exportaciones para 2006 generaron ingresos por un monto de aproximadamente US\$ 655.000.000 (seiscientos cincuenta y cinco millones de dólares americanos) con un crecimiento del 20% con respecto al 2005. Estas exportaciones representan el 28% del total de las exportaciones de Guatemala y han generado cerca de 1.2 millones de fuentes de trabajo, y la producción se concentran en la región central del país y los productos de mayor volumen son hortalizas y plantas ornamentales. De allí la importancia del estudio en esta región.

Los antecedentes de la existencia de nematodos de quiste en Guatemala se remontan a 1980, un estudio realizado por García Martínez, M. A., donde describe la presencia de los géneros Globodera y Heterodera, para la región de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán. Dicho estudio quedó como una referencia de biodiversidad y no tuvo continuidad inmediata.

Los trabajos más recientes sobre nematodos de quiste se originan de la denuncia realizada por las autoridades fitosanitarias de Honduras en abril de 2002, que impusieron cuarentena a la papa producida en Guatemala, dado a que detectaron la presencia de quistes en un cargamento que iba hacia ese país. A raíz de ello, automáticamente participaron de dicha cuarentena El Salvador y Nicaragua.

Estudios en la región central del país sobre nematodos de quiste, sobresalen los realizados por Blanco en 2004 y García en 2006 (comunicación personal), ambos desarrollados en Palencia, Guatemala, en ambos casos revelan la existencia de varios géneros en las áreas de producción de papa. Las prospecciones realizadas confirman la presencia del complejo de nematodos de quiste de la papa, (NQP) Globodera rostochiensis, Globodera pallida y al menos otras dos especies no determinadas del género globodera. Aparte de ello se establece que también existen otros géneros, Cactodera, Punctodera y Heterodera.

En otro caso registrado en la zona de Palencia, se detectó en 2005 la presencia del nematodo *Afenestrata orientalis* una plaga de gramíneas, registrada en la página de alerta fitosanitaria de la Organización Norteamericana de Protección de Plantas (NAPPO) por sus siglas en inglés. Dicha detección implica que las exportaciones de Guatemala hacia la región de la NAPPO (México, Estados Unidos y Canadá) se encuentren en un estado de supervisión constante.

Aun así con ambos casos de cuarentena internacional, no se han hecho estudios para establecer formalmente que especies de nematodos de quiste se encuentran asociados a los cultivos de importancia de Guatemala.

Solamente por los estudios de tesis que han develado la existencia de al menos cuatro géneros en forma constante (Globodera, Cactodera, Punctodera y Heterodera) no existen otras fuentes de información sobre la bio diversidad de este tipo de nematodos en el país. Dichos estudios se dirigieron a la búsqueda de nematodos del genero Globodera en el cultivo de la papa, y como resultado enriquecedor se tiene la coexistencia de varias especies, de las cuales no se sabe cuál es su filiación patogénica.

Si se considera que los nematodos de quiste son específicamente parásitos de plantas con un grado de asocio muy evolucionado, donde cada especie tiene un rango muy reducido de hospedantes, lo que los hace ser virulentos y devastadores cuando se manifiestan como plaga, entonces cabe cuestionar, sobre los géneros detectados en los otros estudios, que cultivos podrían afectar o que especies de plantas parasitan.

Los resultados del presente estudio aportaran información sobre la biodiversidad de los nematodos de quiste, su potencial patogénico y los posibles cultivos en riesgo, la cual será de utilidad para biólogos, agrónomos y productores tanto del sector exportador como del mercado local, y podrán ser utilizados como una herramienta para la toma de decisiones sobre la implementación de cultivos en áreas de alto riesgo.

La información generada será difundida por medio de publicaciones en medios especializados, conferencias y seminarios dirigidas a estudiantes, productores, profesionales y al sector agrícola en general.

Además de ello se pretende dejar registros de la ubicación de las especies y establecer una colección de referencia que pueda ser utilizada para estudios avanzados sobre alguna especie de alguna localidad en particular, que darán continuidad a la presente investigación.

3. JUSTIFICACIÓN

A partir de la Cuarentena impuesta por los países Centro Americanos a Guatemala y de la detección de Afenestrata en especies ornamentales es necesario realizar prospecciones para establecer si existen otras especies asociadas a cultivos de importancia económica que puedan poner en riesgo las exportaciones y la seguridad alimentaria del país.

El presente estudio pretende realizar una prospección en la Región Central de Guatemala (Chimaltenango, Sacatepéquez y Guatemala) con el objeto de obtener información sobre si existen especies de nematodos de quiste y cuál es su filiación patogénica, tipo de hospedantes, y si están asociadas a cultivos de importancia económica ó de exportación que pudieran ser riesgo potencial de cuarentena para el país o que puedan poner en riesgo la seguridad alimentaria, ya que en dicha región se producen cultivos con fines de consumo local.

Por otro lado el riesgo potencial que presenta la región a la introducción de especies exóticas es alta debido al trasiego de materiales vegetales procedentes de otros países e inclusive de otras regiones del país, dado a que dicha zona es de alta productividad por varias razones de ellas la principal es el acceso a los mercados nacionales y extranjeros debido a la cercanía al aeropuerto y a las vías de acceso a los puertos marítimos.

Entre los cultivos de importancia para la región se tiene una gran variedad de hortalizas entre las más importantes se tienen arveja china, brócoli, repollo, calabacines entre otros, especies ornamentales de varios tipos tales como follajes y flores de corte, algunas especies de frutas como fresa, mora y frambuesa y granos básicos específicamente fríjol y maíz.

Dicha prospección establecerá registros georeferenciados de la ubicación de las especies detectadas y su filiación patogénica con cultivos y otros tipos de plantas y dará herramientas de conocimiento para implementar planes emergentes de cuarentena local en áreas y cultivos en riesgo y para la implementación de estudios posteriores para la formulación de programas de manejo, control e inclusive la erradicación.

Aparte de realizar el registro se pretende el establecimiento de una colección de especímenes para que se puedan realizar estudios posteriores sobre Patogenicidad, virulencia, así como análisis moleculares para establecer los linajes genéticos de las especies detectadas en la región y otros estudios de interés biológico que puedan surgir con relación a este tipo de especies.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 Características de los nematodos Fitopatógenos

4.1.1 Morfología

Según Agrios 2005, en la descripción de los nematodos fitoparásitos los define como organismos pequeños de 300 a 1000 μm , siendo algunos de mayores a 4 μm de longitud por 15 a 35 μm , de ancho. Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio. Los nematodos tienen, en general, forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas u otros apéndices. Sin embargo, las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esferoides

4.1.2 Anatomía

El cuerpo de un nematodo es más o menos transparente. Está cubierto por una cutícula incolora que a menudo presenta estrías u otros detalles. Esta cutícula presenta la muda cuando los nematodos pasan a través de sus etapas larvarias sucesivas. Dicha cutícula se produce por la hipodermis, la cual consta de células vivas y se extiende en la cavidad del cuerpo a manera de 4 cordones que separan 4 bandas de músculos longitudinales. Estos músculos permiten que el nematodo pueda moverse. En la boca y a lo largo del tracto digestivo y de las estructuras reproductoras hay otros músculos especializados.

La cavidad del cuerpo contiene un líquido a través del cual se efectúa la circulación y la respiración del nematodo. El sistema digestivo es un tubo hueco que se extiende desde la boca, pasando por el esófago hasta el intestino, el recto y el ano. Por lo regular existen seis labios que rodean a la boca. Todos los nematodos poseen un estilete hueco o lanza que utilizan para perforar las células vegetales.

El sistema reproductor está bien desarrollado. Los nematodos hembras poseen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común en el intestino. En el macho hay un par de espículas copulatorias sobresalientes.

4.1.3 Biología y ciclo de vida

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos fitoparásitos es, por lo general, bastante semejante. Los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los nematodos adultos. Las larvas aumentan de tamaño y cada etapa larvaria concluye mediante una muda (1).

El ciclo de vida de los nematodos consiste en huevo, cuatro estados juveniles (J1, J2, J3, J4) y el estado adulto. El estado juvenil 3 es el estado infectivo de la mayoría de nematodos fitoparásitos. El primer estado juvenil se desarrolla dentro del huevo, cuando la primera muda ocurre. En el segundo estado juvenil sale del huevo para buscar e infectar las raíces de las plantas, alimentándose de los fluidos de las células y en algunos casos del tejido foliar. Dependiendo de la especie, la alimentación ocurre a lo largo de toda la superficie de la raíz o como en otras especies que forman agallas, los estados juveniles jóvenes invaden el tejido de la raíz, estableciéndose permanentemente y alimentándose de los sitios de alrededor. A partir del segundo estado juvenil mudará tres veces, hasta ser un adulto (1).

La ausencia de hospedantes apropiados ocasiona la muerte de todos los individuos de ciertas especies de nematodos al cabo de unos cuantos meses, pero en otras especies las etapas larvarias pueden desecarse y permanecer en reposo en el suelo durante años (1).

4.1.4 Ecología y distribución

La mayoría de nematodos fitopatógenos viven parte de su vida en el suelo. La mayor parte de ellos vive libremente en el suelo, alimentándose superficialmente de las raíces y tallos subterráneos de las plantas, pero aún en el caso de los nematodos sedentarios especializados, los huevecillos, las etapas larvarias pre parásitas y los machos se encuentran en el suelo durante toda su vida o gran parte de ella. La temperatura, humedad y aireación en el suelo afectan a la supervivencia y a al movimiento de los nematodos en el suelo. Los nematodos se encuentran con mayor abundancia en la capa de suelo comprendida entre los 0 y 15 cm de profundidad. La mayor concentración de nematodos en la región radical de la planta hospedante se debe principalmente a su más rápida reproducción cuando el alimento es abundante y también a la atracción que tienen por las sustancias liberadas en la rizosfera.

Los nematodos se distribuyen en el suelo muy lentamente por su propia capacidad, recorriendo no más de 1m de distancia. El equipo agrícola, la irrigación, el agua inundada o de drenaje, las patas de los animales y las tolvaneras distribuyen los nematodos en área locales, mientras que a grandes distancias los nematodos se distribuyen principalmente por los productos agrícolas y las plantas de los viveros.

4.1.5 Características parasíticas de los nematodos

Un nematodo para que pueda ser considerado parásito debe de cumplir con ciertas características:

- Que esté morfológicamente adaptado al parasitismo de las plantas (presencia de estomatoestilete, odontoestilete u onchoestilete) y el tipo de esófago por su actividad enzimática.

- Que el nematodo se alimente de las plantas con una acción continua de su estilete, ya que puede alimentarse ocasionalmente y no ser parásito de plantas.
- Que el nematodo se reproduzca en la planta o en su rizosfera, está es la condición más importante.

4.1.6 Síntomas y daños causados por los nematodos

Producen síntomas tanto en las raíces como en los órganos aéreos de las plantas. Los síntomas de la raíz aparecen en forma de nudos, agallas o lesiones en ella, ramificación excesiva de la raíz, puntas dañadas de esta última y pudriciones de la raíz cuando las infecciones por nematodos van acompañadas por bacterias y hongos saprófitos o fitoparásitos. Estos síntomas con frecuencia van acompañados por síntomas no característicos en los órganos aéreos de las plantas y que aparecen principalmente en forma de un menor crecimiento, síntomas de deficiencias en nutrientes como el amarillamiento del follaje, el marchitamiento excesivo en clima cálido o seco, una menor producción de las plantas y una baja calidad de sus productos.

La mayoría de los daños causados por los nematodos parecen ser ocasionados por una secreción de saliva que el nematodo inyecta a la planta al alimentarse. La rapidez de la alimentación es apreciable en algunas especies. En algunas otras la alimentación es más lenta y pueden permanecer por horas o días en la misma posición; estas especies así como las hembras que se establecen dentro o sobre las raíces, son las que causan mayores daños.

La alimentación de los nematodos, provoca que las células reaccionen causando la muerte o el debilitamiento de las yemas y puntas de la raíz, la formación de lesiones y la degradación de los tejidos, hinchamientos y agallas de varias clases, tallos y follaje retorcido y deformado.

Estos síntomas pueden deberse tanto a la disolución de los tejidos como infectados por las enzimas, lo que produce la muerte de células y su desintegración de los tejidos o el alargamiento anormal de las células (Hipertrofia), cese de la división celular o la estimulación de ella que se efectúa en una forma controlada, dando como resultado la formación de agallas o de una gran cantidad de raíces laterales en o cerca de los puntos de infección.

En algunos casos, son las interacciones bioquímicas entre la planta y el nematodo las que afectan negativamente la fisiología total de las plantas y la función de los nematodos de proporcionar los puntos de entrada para otros patógenos.

4.1.7 Población y patrón de distribución de los nematodos

El límite superior de la población para cualquier especie de nematodo parásito de plantas depende de su potencia reproductora, de la especie de planta huésped y que el tiempo se encuentre en las condiciones más adecuadas para su reproducción. Los endoparásitos especializados y parásitos superficiales tienen una mayor potencia de reproducción que los ectoparásitos

La disposición de una población, es la forma en que sus individuos se ubican en el espacio, y se refiere al patrón de distribución espacial. Este patrón es un elemento básico que permite explicar muchos de los comportamientos de los individuos. Los patrones de disposición espacial son tres:

- Patrón al Azar: cuando cada punto del espacio tiene igual probabilidad de estar habitado por un individuo.
- Patrón Agregado o Contagioso: cuando la presencia de un individuo en un sitio aumenta la probabilidad de encontrar otros en su vecindad.
- Patrón uniforme o Regular: Cuando la presencia de un individuo disminuye la probabilidad de encontrar otros allí.

La distribución típica sigue un patrón agregado o contagioso. Algunos factores como el tipo de disposición de huevos, patogenicidad relativa, distribución de raíces, respuesta al microclima y la interacción entre enemigos naturales contribuyen al proceso de agregación.

4.2 Taxonomía de la subfamilia Heteroderinae Siddiqi 2000

| | |
|---------------|----------------|
| Phyllum: | Nematoda |
| Clase: | Secernentea |
| Sub-Clase: | Diplogasteria |
| Orden: | Tylenchida |
| Sub-orden: | Tylenchina |
| Superfamilia: | Heteroderoidea |
| Familia: | Heteroderidae |
| Sub-familia: | Heteroderinae |

4.3 Descripción general de la subfamilia Heteroderinae

Hembras maduras con forma esférica, de pera o parecido a limón con un cuello corto, que se tornan duras, fuertes, amarillentas, formando quistes de color claro a un café oscuro o negro.

Los quistes contienen huevos y estados juveniles, algunos huevos se encuentran inmersos en una matriz gelatinosa. La superficie de la cutícula posee un patrón en zigzag o parecido a un encaje.

La vulva y ano se encuentran cerca uno de otro, casi en la parte terminal, en un relieve vulval cónico o en uno plano o cóncavo. Presente una fenestra vulval clara; únicamente en Punctodera se encuentra una fenestra anal. Los machos se desarrollan a través de metamorfosis, poseen una región cefálica anillada, cuatro incisuras en la región lateral y una cola semi-esférica muy corta, raramente la cola esta ausente. Bursa ausente.

Los géneros más importantes son: Afenestrata, Dolichodera, Globodera, Cactodera, Punctodera y Heterodera (48).

4.4 Descripción de los géneros de la subfamilia Heteroderinae según Siddiqi 2000.

4.4.1 Afenestrata Baldwin y Bell, 1985

Las hembras presentan forma esférica, sub-esférica o cuando maduras en forma de limón, con un cuello corto proyectante. Cutícula relativamente delgada, con superficie estriada o con orientación al patrón parecido a encaje. Capa – D ausente. Vulva terminal, en una protuberancia parecida a un cono, posee labios prominentes; la incisión vulval puede estar profundamente hundida. Etapa de quiste presente, el quiste no presenta fenestra vulval y sin bullae; sub-puente presente o ausente, sin fenestración anal. Cuerpo de los machos torcido en la región posterior, con cuatro incisuras en la región lateral, estilete de 24-28 μm de largo. Espículas rectas posteriormente dirigidas y un tubo cloacal presente. Cola ausente y fasmidios no vistos

Especie tipo:

Afenestrata africana (Luc, Germani & Netscher, 1973) Baldwin & Bell, 1985

Otras Especies:

A. axonopi Souza, 1996

A. bamboosi (Koushal & Swarup, 1989) Wouts & Baldwin, 1998

A. koreana Vovlas, Lamberti & Choo, 1992

A. orientalis Kazachenko, 1989

A. sacchari Koushal & Swarup, 1989

Sp. *Afenestrata africana* Baldwin & Bell 1985

4.4.2 Cactodera Krall & Krall, 1978

Hembras y quistes de forma esférica, con una protuberancia terminal (cono vulval) presente en hembras maduras, las hembras son de color amarillento, quistes de color café oscuro. La superficie cuticular posee patrones característicos, con líneas toscamente paralelas interrumpidas por líneas oblicuas cortas verticales.

Capa – D presente, incisión vulval pequeña (13 – 20 μm), fenestra vulval circunfenestrada, 20 a 48 μm en diámetro. Bullae ausente, dentículos vulvales usualmente presentes. Sin fenestración anal. Huevos con la superficie punteada (en alguna especie) o sin ningún tipo de marcas visibles; todos los huevecillos (300 a 400) son retenidos en el quiste; no se forma una masa de huevecillos. Machos con un largo hasta de 1.7 μm ; zona terminal posterior torcida. Disco labial presente pero no prominente. Estilete de 26-29 μm ; espículas de 32-36 μm de largo, distalmente afiladas con una punta bífida; gobernáculo de 10-12 μm de largo en algunas especies. Cola con un tamaño de $\frac{1}{4}$ del cuerpo del nematodo, labios cloacales sin formar tubo

Especie tipo:

Cactodera cacti (Filip'ev & Schuurmans S tekhoven, 1941) Krall' & Krall', 1978

Otras especies:

C. Acnidae Wouts, 1985

C. amaranthi Krall' & Krall', 1978

C. aquatica Krall' & Krall', 1978

C. betulae Krall' & Krall', 1978

C. eremica Baldwin & Bell, 1985

C. estonica Krall' & Krall', 1978

C. thornei Krall' & Krall', 1978

C. weissii Krall' & Krall', 1978

C. evansi Cid del Prado V. & Rowe, 2001

C. milleri Graney & Bird, 1990

C. salina Baldwin, Mundo-Ocampo & McClure, 199

4.4.3 **Dolichodera Mulvey & Ebsary, 1980**

Hembras poseen cuerpo elongado-oval, sin protuberancia terminal, posee una parte ondulada blanca de 400 a 500 μm de largo, 140 – 270 μm de ancho; 2 – 2.8 veces más largo que ancho. Cuello moderadamente largo. Posee una cutícula de de 3 a 4 μm de grosor, no es anillado pero sí con estrías irregulares.

Área vulval terminal o casi sub-terminal, circunfenestrada, fenestra de 20 μm de diámetro. Bullae presente, tubérculos perineales ausentes. Ano poroso sin fenestra, de 10 a 13 μm de margen dorsal a vulva fenestral. Estilete bien desarrollado, 15 μm de largo en algunas especies. Hembra madura con más de 100 huevecillos desarrollados en varias etapas.

Quistes de coloración café claro, elongado – oval en forma, 450 – 700 μm de largo, por 140 – 300 μ de ancho, 1.8 – 4.0 (2.6) veces más largo que ancho, posee cuello largo. Cutícula de 3 a 4 μm de grosor. Varios Bullae de tamaño grande presentes. Tubérculos perineales ausentes. Vulva circunfenestrada, ano sin fenestra (48).

Especie única: *Dolichodera fluvialis* Mulvey & Ebsary, 1980

4.4.4 **Punctodera Mulvey & Stone, 1976**

Hembras maduras y quistes de forma esférica, parecido a pera u oval, con cuello corto proyectante y con una capa sub cristalina pesada. Cutícula reticulada, sub-cutícula con puntuaciones. Presente capa – D. Región terminal sin forma de cono; quiste de color café claro a oscuro. Incisión vulval extremadamente corta (menos de 5 μm), el ano se encuentra a una distancia corta del labio vulval. Circunfenestrada, fenestra rodeando la vulva, de 16 a 40 μm (de 20 μm en algunas sp.) de diámetro. El ano se encuentra cerca del margen ventral de la fenestra. Fenestra anal presente de igual tamaño y forma que la fenestra vulval.

Tubérculos perineales parecidos a papilas ausentes así como el subpuente. Bullae usualmente ausente. Huevecillos retenidos en el cuerpo, el saco de huevecillo no es formado. Machos vermiformes, debajo de los 1.5 mm de largo. Disco labial presente, pero no prominente. Estilete bien desarrollado, 23 – 28 μm de largo. Posee un orificio en la glándula esofageal dorsal de 2.6 – 4.6 μm , justo detrás de la base del estilete. Espículas de 31–33 μm de largo, distalmente afiladas. Largo de cola menor que el ancho de la mitad del cuerpo anal; labios cloacales sin formar tubo (48).

Especie tipo:

Punctodera punctata (Thorne, 1928) Mulvey & Stone, 1976

Otras especies:

P. Chalcoensis Stone, Sosa Moss & Mulvey, 1976

P. matadorensis Mulvey & Stone, 1976

P. stonei Brzeski, 1998

Sp. Punctodera punctata Mulvey & Stone 1976

4.4.5 Heterodera Scmidth, 1871

Hembras maduras y quistes presentan forma de limón, poseen un cuello corto y un cono terminal, este se convierte en quiste de pared dura, coloración de café a negro., con un patrón en zigzag o parecido a un encaje. Posee Capa-D en la cutícula, rudimentaria o ausente, capa de suberestalina presente o ausente. Vulva terminal, incisión de 10 a 60 μm de largo. Presentan un ano dorsal sub-terminal cerca de la vulva no en el labio de la vulva. Fenestración vulval presente, ambifenestrado, bifenestrado o raramente circunfenestrada; fenestración anal ausente. Los huevecillos son retenidos en el cuerpo pero frecuentemente en matriz gelatinosa. Los machos presentan una región lateral cada una con cuatro hendiduras, banda externa usualmente aereolada. Región cefálica generalmente compensada con una constricción, posee de 3 a 6 ámulos; disco labial indistinto, final de cola torcida. Espículas robustas, de más de 30 μm de largo, con una punta bífida simple o abultada

Especie tipo:

Heterodera schachtii A. schmidt, 1871

Otras especies:

H. amygdalia Kirjanova & Ivanova, 1975

H. arenaria Cooper, 1955

H. aucklandica Wouts & Sturhan, 1995

H. avenae Wollenweber, 1924

H. bifenestra Cooper, 1955

H. bergeniae Maqbool & Shahina, 1988

H. cajani Koshy, 1967 (syn. *H. vigni*)

H. canadensis Mulvey, 1979

H. cardiolata Kirjanova & Ivanova, 1969

H. carotae Jones, 1950

H. ciceri Vovlas, Greco & di Vito, 1985

H. cruciferae Franklin, 1945

H. cyanodontis Shahina & Maqbool, 1989

H. cyperi Golden, Rau & Cobb, 1962

H. daverti Wouts & Sturhan, 1979

H. delvii Jairajpuri, Khan, Setty & Govindu, 1979

H. elachista Ohshima, 1974

H. fici Kirjanova, 1954

H. filipjevi (Madzhidov, 1981), Siddiqi, 1985

H. gambiensis Merny & Netscher, 1976

H. glycines Ichinohe, 1952

H. glycyrrhizae Narbaev, 1987

H. goettingiana Liebscher, 1892

H. graduni Kirjanova in Kirjaonva & Krall, 1971

H. graminis Golden & Birchfield, 1972

H. graminophila Golden & Birchfield, 1976

H. hordecalis Andersson, 1975 (syn. *Bidera hordecalis*)

H. humuli Filipjev, 1934

H. iri Mathews, 1971 syn *B. iri*

- H. kirjanovae* Narbaev, 1988
H. latipons Franklin, 1969
H. lespedezae Golden & Cobb, 1963
H. leuceilyma Di Edwardo & Perry, 1964
H. limonii Cooper, 1955
H. longicolla Golden & Dickerson, 1973
H. mani Mathews, 1971 (possible syn. *H. avenae*).
H. medicaginis Kirjanova in Kirjanova & Krall, 1971
H. mediterranea Vovlas, Inserra & Stone, 1981
H. menthae Kirjanova & Narbaev, 1977
H. methwoldensis Cooper, 1955
H. mothi Khan & Hussain, 1965
H. oryzae Luc & Burdon Brizuela, 1978
H. oryzicola Rao & Jayaprakash, 1978
H. oxiana Kirjanova, 1962
H. pakistanensis Maqbool & Shahina, 1986
H. phragmitidis Kazachendo, 1986
H. plantaginis Narbaev & Sidikov, 1987
H. raskii Basnet & Jayaprakash, 1984
H. riparia Subbotin, Sturhan, Waeyenberge & Moens, 1997
H. rosii Duggan & Brennan, 1966
H. sacchari Luc & Merny, 1963
H. salixophila Kirjanova, 1969
H. sinensis Chen Pin Sang, Zheng Jing Wu & Deliang, 1994
H. skohensis Koushal, Sharma & Singh, 2000
H. sonchopila Kirjaonva in Krall & Krall, 1976
H. sorghi Jain, Sethi, Swarup & Srivastava, 1982
H. spinicauda Wouts, Shoemaker, Sturhan & Burrows, 1995
H. swarupi Sharma, Siddiqi, Rahaman, Ali & Ansari, 1999
H. tadshikistanica Kirjanova & Ivanova, 1966
H. trifolii Goffart, 1932
H. turangae, Narbaev, 1988

H. turcomanica Kirjanova & Shagalina, 1965

H. urticae Cooper, 1955

H. uzbekistanica Narbaev, 1980

H. zaeae Koshy, Swarup & Sethi, 1971

Sp. *Heterodera schachtii* A. Schmidt, 1871

4.4.6 **Globodera Skarbilovich, 1959.**

Las hembras son de cuerpo globoso, esférico, con cuello corto y sin cono terminal. Cutícula delgada con patrón cuticular en forma de red. Vulva terminal, fenestra de tipo circunfenestrada, con pequeños tubérculos cerca de la vulva.

Sin fenestra anal. Vulva y ano localizados en el área conocida como "vulval basin". Macho sin tubo cloacal. Segundo estadio juvenil con el fasmidio en forma de poro.

Especie tipo: *Globodera rostochiensis* (Wollemweber, 1923) Behrens, 1975

Otras especies:

G. achilleae (Golden & Klindic, 1971) Behrens, 1975

G. artemisiae (Eroshenko & Kasachenko, 1972) Behrens, 1975

G. bravoae Franco & Cid del Prado, V., 2001

G. chaubattia (Gupta & Edward, 1973) Wouts, 1984

G. hypolysi Ogawa, Ohshima & Ichinohe, 1983

G. leptonepia (Cobb & Taylor, 1953) Behrens, 1975

G. millefolii (Kirjanova & Krall, 1965) Behrens, 1975

G. mirabilis (Kirjanova, 1971) Mulvey & Stone, 1976

G. pallida Stone, 1973

G. tabacum (Lownsberry & Lownsberry, 1954) Behrens, 1975

G. zelandica Wouts, 1984

5. MARCO REFERENCIAL

Los estudios sobre nematodos de quiste en Guatemala son escasos, previo al año 2,000, la única referencia documental que existe es el estudio de Tesis de García M, quien realizó un estudio preliminar en el años 1979.

Posteriormente y a raíz de una detección realizada por los servicios cuarentenarios de Honduras en 2001, Al Día, diciembre 2001, y la imposición de una cuarentena temporal de parte de los países centroamericanos a partir de marzo del 2002, Prensa Libre, marzo 2002, se han realizado varios estudios con el objeto de establecer la presencia de los nematodos de quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida* en Guatemala.

5.1 Estudio analítico taxonómico de los nematodos de quiste (*Heterodera* sp.) en Guatemala.

En el año de 1,979 García M. realizó un estudio analítico y taxonómico de los nematodos de quiste en Guatemala, para este estudio se muestrearon los departamentos de Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Totonicapán. El estudio fue apoyado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola (ICTA) y los muestreos fueron realizados en las áreas de injerencia del mismo. Los resultados de García demuestran la presencia del género *Heterodera* y *Globodera*, este último con una incidencia de 88.29 % del total de muestras, sin embargo se negó la presencia del nematodo dorado en este estudio.

5.2 Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en municipio de Patzicía, Chimaltenango.

En 2,002 Salguero M. realizó un estudio de determinación de nematodos de quiste en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Las aldeas tomadas en cuenta para este estudio fueron la aldea El Sitán, la aldea El Llano, la aldea el Camán.

El Valle de Patzicía, la aldea El Xuluc y la aldea El Pahuit. Los géneros encontrados son Punctodera con una incidencia de del 31.5 % del total de sitios muestreados, Heterodera con una incidencia del 28.6 %, Globodera con una incidencia del 4 % y Afenestrata con una incidencia del 3 %. Descartándose en este estudio la presencia del nematodo dorado de la papa.

5.3 Determinación de la presencia del nematodo dorado *Globodera Rostochiensis* Woll y otros nematodos de quiste de la sub familia Heteroderinae, en las áreas de producción de papa *Solanum Tuberosum* L. de Palencia, Guatemala.

En 2004 el estudio Blanco L, realizó un estudio de determinación de nematodos de quiste en Palencia municipio de Guatemala. Los sitios tomados en cuenta para este estudio fueron las aldeas, Concepción, San Sur, San Guayaba, Primera Joya, Plan Grande y Pie del Cerro.

Los géneros determinados fueron Globodera con una incidencia del 12.5 %, Heterodera con una incidencia de 9.64 %, Cactodera y Punctodera con una incidencia de 6.02 %. Como resultado de dicha investigación se concluye que existe la presencia del nematodo *G. pallida* en la región de Palencia, específicamente en la aldea Concepción, y que no se detecta la presencia negativa del nematodo dorado de la papa.

5.4 Determinación de la presencia de nematodos de la subfamilia Heteroderinae asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en Salamá, Baja Verapaz

El estudio realizado por Orellana en 2004, en el municipio de Salamá, Baja Verapaz, que es una región donde se produce papa en la región norte del país.

Se concluye que los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae presentes en las áreas de cultivo de papa en el municipio de Salamá, Baja Verapaz son: Heterodera, Cactodera y Punctodera. De los tres géneros determinados de la subfamilia Heteroderinae ninguno de ellos mostró Patogenicidad en plantas de papa.

La densidad poblacional más alta observada fue para el genero Punctodera seguido de los géneros Heterodera y Cactodera. El área de mayor presencia de quistes fue: Chilasco (80%), seguido de Unión Barrios (60%) y Niño Perdido (40%).

5.5 Estudio de los nematodos formadores de quistes en papa *Solanum tuberosum* L., para descartar la presencia del nematodo dorado en el municipio de Jalapa, Jalapa.

Roldan en 2005 exploró la posibilidad de la incidencia de nematodos de quiste de la papa. En este estudio se presentaron tres diferentes géneros, Cactodera, Globodera y Punctodera. El género Globodera se presentó con una incidencia del 6 % del total de muestras y con una densidad poblacional de 9 hasta 25 quistes por muestra de 300 cc de suelo. Los quistes encontrados para este género presentaron una relación de Granek's de 1.76 que al ser comparada con las relaciones para los quistes de *G. pallida* y *G. rostochiensis* presentadas en la literatura, no coinciden con las mediciones presentadas para los quistes de este género. Del bio ensayo de patogenicidad se establece que las especies presentes en el área no son patogénicas al cultivo de la papa.

El género *Cactodera* se presentó con una incidencia más alta que los demás nematodos, este género ha sido reportado como parásito de plantas pertenecientes a la sub-clase Caryophyllidae, entre ellas las cactáceas y otras polygonáceas. Además afecta muchas plantas que son cultivadas en invernadero. El género se presentó en 27 de las 96 muestras y sus densidades poblacionales estuvieron entre los 13 y los 27 quistes por 300 cc de suelo.

Para el género *Punctodera* únicamente se encontró en una muestra. Por lo tanto pasa a ser el género con la menor incidencia y mostró una densidad de 12 quistes por 300 cc de suelo.

5.6 Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L., en los municipios de Patzun y Zaragoza, Chimaltenango.

Rivas L, en 2005 realizó un estudio para establecer la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa con el objetivo de establecer si existe la presencia del nematodo dorado en dicha área. Según los resultados del estudio, en ninguna de las áreas bajo muestreo se detectó la presencia de nematodos del género *Globodera*, los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae presentes en las áreas de cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en los municipios de Patzun y Zaragoza son *Cactodera*, *Punctodera* y *Heterodera*. El porcentaje de incidencia más alto por género determinado por total de sitios con presencia de quistes fue para el género *Punctodera* con 53.79 % en Patzun y 56.68 % en Zaragoza, seguido por *Heterodera* con 26.79 % en Patzun y 24.60 % en Zaragoza y por último al género *Cactodera* con una incidencia de 19.42 % en Patzun y 18.72 % en Zaragoza.

5.7 Primera notificación del nematodo enquistador, *Afenestrata orientalis*, en Estados Unidos

Según la NAPPO por sus siglas en inglés, el Departamento de Agricultura y Servicios al Consumidor de Florida, Sección de Industria vegetal Publicó en noviembre de 2005 una alerta sobre la presencia del nematodo enquistador, *Afenestrata orientalis* Kazachenco, se halló infectando las raíces de un césped ornamental, *Miscanthus sinensis* 'Zebrinus', en Florida. Esta es la primera notificación de *A. orientalis* en Florida y en Estados Unidos. En 1990, se describió a *Afenestrata orientalis* que afectaba a plantas ornamentales de *Miscanthus purepureus* muy al este de Rusia.

El perfil molecular demostró que las poblaciones en Florida y Rusia coincidían. Al mismo tiempo que la detección de Florida, se identificó una tercera población parecida en Guatemala, la cual estaba infectando a las raíces de las plantas *Miscanthus sinensis* 'Variegatus' y *Pennisetum setaceum* 'Rubrum'. La posible vía de introducción es la movilización de césped ornamental infectado en la industria de viveros; sin embargo, aún se desconoce la importancia económica, el rango de hospedante y la distribución total de esta especie.

5.8 AREAS BAJO ESTUDIO

Las áreas hacia donde se enfocara el estudio están comprendidas dentro de los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango. Se concentra en esta región por varias razones, la primera de ellas es porque ya unos antecedentes al menos en Guatemala y Chimaltenango de la presencia de nematodos de quiste. La segunda y no menos válida es porque en esta región se concentra en buena medida la producción de hortalizas de exportación debido a varios factores entre ellos la centralización de los servicios básicos de infraestructura y conexiones hacia puertos y aeropuertos que agilizan la comercialización de productos perecederos.

Por ultimo la diversidad de cultivos que se presenta en la zona y la relativa cercanía entre las áreas productivas permite realizar la investigación en un corto plazo y con mucha variedad de cultivos lo que permite realizar un sondeo con muchas probabilidades de encontrar especies de interés para el estudio.

Los municipios se han seleccionado a partir de varios criterios, el primero es la experiencia previa en algunas regiones obtenida en estudios anteriores, la segunda es la diversidad y potencialidad de producción de cultivos y la tercera la accesibilidad y cercanía para minimizar costos y obtener la mayor cantidad de muestras posible.

DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

El Departamento de Guatemala se encuentra situado en la región Metropolitana, su cabecera departamental es Guatemala, limita al Norte con el departamento de Baja Verapaz; al Sur con los departamentos de Escuintla y Santa Rosa; al Este con los departamentos de El Progreso, Jalapa y Santa Rosa; y al Oeste con los departamentos de Sacatepéquez y Chimaltenango. Se ubica en la latitud 14° 38' 29" y longitud 90° 30' 47", y cuenta con una extensión territorial de 2,253 kilómetros cuadrados.

Por su configuración geográfica que es bastante variada, sus alturas oscilan entre los 930 y 2,101 metros sobre el nivel del mar, con un clima generalmente templado.

Cuenta con 17 municipios que se pueden observar en el mapa de la figura 1 que son: 1. Guatemala, 2. Santa Catarina Pinula, 3. San José Pinula, 4. San José del Golfo, 5. Palencia 6. Chinautla, 7. San Pedro Ayampuc, 8. Mixco, 9. San Pedro Sacatepéquez, 10. San Juan Sacatepéquez 11. San Raimundo, 12. Chuarrancho, 13. Fraijanes, 14. Amatitlán, 15. Villa Nueva, 16. Villa Canales, 17. Petapa.

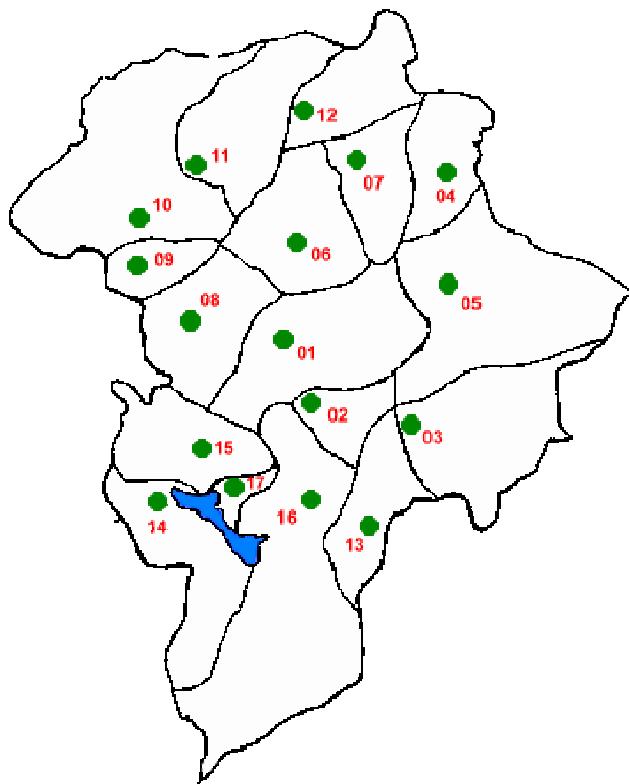


Figura 1. Mapa de la división política del departamento de Guatemala

DEPARTAMENTO DE SACATEPEQUEZ

El departamento de Sacatepéquez está situado en la región Central de la República a 1,530 metros sobre el nivel del mar y pertenece al "Complejo Montañoso del Altiplano Central". Su cabecera departamental es Antigua Guatemala y se encuentra a 54 kilómetros de la ciudad capital de Guatemala.

Cuenta con una extensión territorial de cuatrocientos sesenta y cinco (465) kilómetros cuadrados, con los siguientes límites: Al Norte, con el departamento de Chimaltenango; al Sur, con el departamento de Escuintla; al Este, con el departamento de Guatemala; y al Oeste, con el departamento de Chimaltenango. Se ubica en la latitud $14^{\circ} 33' 24''$ y en la longitud $90^{\circ} 44' 02''$. Su precipitación pluvial anual acumulada es de 952.50 mm., con un clima templado y semi frío.

En la figura dos se muestra la jurisdicción departamental y los 16 municipios que lo conforman, los cuales son: 1 .Antigua Guatemala, 2. Jocotenango, 3. Pastores, 4. Santo Domingo Xenacoj, 5. Sumpango 6. Santiago Sacatepéquez, 7. San Bartolomé Milpas Altas, 8. San Lucas Sacatepéquez, 9. Santa Lucía Milpas Altas, 10. Magdalena Milpas Altas 11 Santa María de Jesús, 12 Ciudad Vieja, 13 San Miguel Dueñas, 14 Alotenango, 15 San Antonio Aguas Calientes, 16. Santa Catarina Barahona

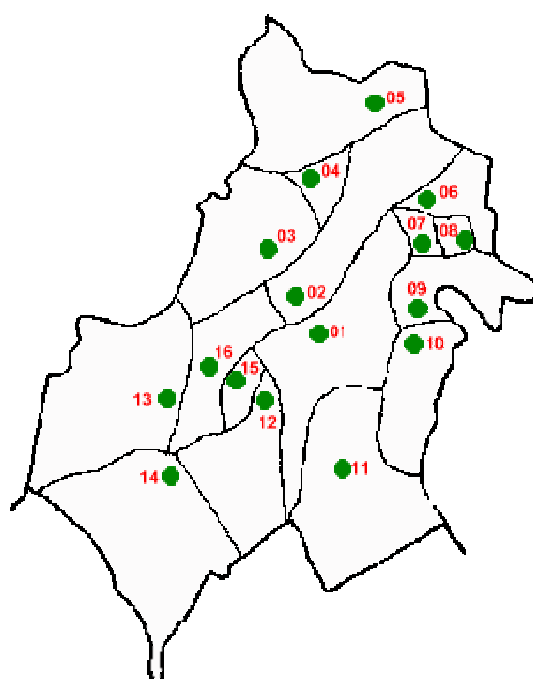


Figura 2. Mapa de la división política del departamento de Sacatepéquez

DEPARTAMENTO DE CHIMALTENANGO

El departamento de Chimaltenango se encuentra situado en la región V o región Central, su cabecera departamental es Chimaltenango, está a 1,800.17 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 54 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala.

Cuenta con una extensión territorial de 1,979 kilómetros cuadrados, con los siguientes límites departamentales: al Norte con Quiché y Baja Verapaz, al Sur con Escuintla y Suchitepéquez, al Este con Guatemala y Sacatepéquez; y al Oeste con Sololá.

Se ubica en la latitud 14°39'38" y longitud 90°49'10". Su precipitación pluvial es de 1587.7 mm., con un clima generalmente templado, pues su temperatura oscila entre los 12.1°C mínima y los 23.7°C máxima.

El departamento de Chimaltenango se encuentra integrado por los siguientes municipios según se distribuyen en el mapa de la figura 3 que son: 1. Chimaltenango, 2.San José Poaquíl, 3. San Martín Jilotepeque, 4. San Juan Comalapa, 5. Santa Apolonia 6.Tecpán Guatemala, 7. Patzún, 8. Pochuta, 9. Patzicía, 10.Santa Cruz Balanyá 11.Acatenango, 12.Yepocapa,13.San Andrés Itzapa, 14. Parramos, 15. Zaragoza 16. El Tejar.

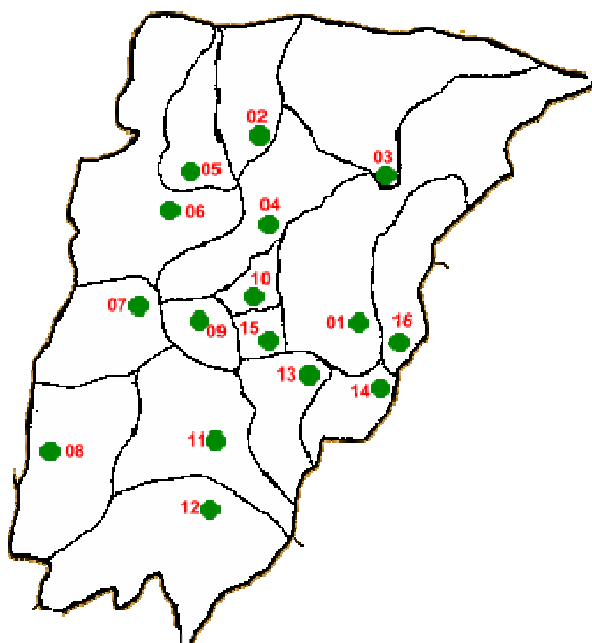


Figura 3. Mapa de la división política del departamento de Chimaltenango.

6. OBJETIVOS

6.1 Objetivo General

Conocer la Biodiversidad de nematodos de la sub familia Heteroderinae ubicación, y la posible asociación con cultivos hortícolas de importancia económica en los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango ubicados en la región central del país.

6.2 Objetivos Especificos

- Determinar los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae presentes en áreas de producción en 17 municipios de de la región central de Guatemala, asociados a hortalizas de importancia económica tanto de producción local como para el mercado de exportación.
- Establecer las posibles asociaciones parasíticas con hortalizas de importancia económica que permita identificar sub grupos o sub especies de géneros de la sub familia Heteroderinae.
- Conocer la distribución espacial de géneros de nematodos de la sub familia Heteroderinae en la región Central de Guatemala.
- Establecer una colección de referencia de especímenes conservados y preservados para la realización de futuras investigaciones dentro del marco de la biodiversidad de nematodos de quiste de Guatemala.

7. METODOLOGIA

El proyecto fue planificado para ejecutarse durante 10 meses, dicho estudio conlleva cinco fases de trabajo dependientes entre sí: Planificación y ejecución del muestreo; extracción de especímenes y su determinación; desarrollo de estudios de Patogenicidad y filiación patogénica; preparación de la colecciones de especímenes. A continuación se detalla la metodología de cada una de las fases que se desarrollaron durante esta investigación.

7.1 Fase de Planificación, Colecta y traslado de muestras

7.1.1 Planificación

Considerando las aéreas productoras de cada uno de los departamentos, se seleccionaron los municipios con historial y tradición de producción agrícola importante. Para ello se utilizaron datos obtenidos del IV Censo Nacional Agropecuario y el listado de cultivos hortícolas de exportación de AGEXPORT.

En función de estas dos bases de datos se establecieron los Municipios que fueron muestreados, los cultivos de importancia económica y el número de muestras extraído por municipio. El numero de muestras por Departamento, Municipio y cultivo, se realizo bajo el método de ponderación.

En el cuadro 1 se resumen la distribución del muestreo por Departamento, municipios seleccionados y los cultivos a muestrear por cada uno de ellos.

En total fueron muestreados 22 municipios de los 49 que la conforman la región central de Guatemala, el número total de muestras fue de 270, de estas 47 muestras son del Departamento de Guatemala, 94 de Sacatepéquez y 129 de Chimaltenango.

Cuadro 1. Resumen de los departamentos y cultivos a muestrear

| Departamento | Municipio /seleccionado | ac | a | br | ch | hab | lech | tom | zana | ej frn | #m/M | Tm/D |
|-------------------|----------------------------|----|---|----|----|-----|------|-----|------|--------|------|------|
| Guatemala | San José Pinula | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 11 | |
| | Palencia | 2 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 5 | 7 | 1 | 19 | |
| | San Pedro Sacatepéquez | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | San Juan Sacatepéquez | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | San Raymundo | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 11 | 47 |
| Sacatepéquez | Santo Domingo Xenacoj | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | |
| | Sumpango | 3 | 5 | 2 | 7 | 1 | 0 | 4 | 0 | 6 | 28 | |
| | Santiago Sacatepéquez | 1 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 11 | |
| | San Bartolomé Milpas Altas | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 5 | |
| | Santa Lucía Milpas Altas | 1 | 0 | 4 | 0 | 0 | 9 | 1 | 1 | 1 | 17 | |
| | Magdalena Milpas Altas | 1 | 4 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 10 | |
| | Santa María de Jesús | 8 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 4 | 16 | |
| | San Miguel Dueñas | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 4 | 94 |
| Chimaltenango | San Juan Comalapa | 1 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 10 | |
| | Tecpán Guatemala | 1 | 2 | 4 | 0 | 6 | 10 | 1 | 2 | 1 | 27 | |
| | Patzún | 7 | 4 | 11 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 27 | |
| | Patzicía | 1 | 2 | 3 | 0 | 1 | 1 | 3 | 5 | 1 | 17 | |
| | Santa Cruz Balanyá | 1 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 4 | 12 | |
| | San Andrés Itzapa | 1 | 1 | 7 | 0 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 16 | |
| | Parramos | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 9 | |
| | Zaragoza | 1 | 1 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 8 | |
| | El Tejar | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 | 129 |
| Total de muestras | | | | | | | | | | | | 270 |

En donde:

| | |
|--------|------------------------------------|
| a | Arveja |
| ac | Arveja China |
| br | Brassicicas |
| ch | Chile dulce |
| hab | Haba |
| lech | Lechuga |
| tom | Tomate |
| zana | Zanahoria |
| ej frn | Ejote Francés |
| # m/M | Numero de muestras por Municipio |
| Tm/D | Total de muestras por Departamento |

Se seleccionaron tres de los departamentos los con mayor potencial de producción de hortalizas y se procedió a realizar un muestreo dirigido a parcelas donde existe producción de hortalizas de exportación o de importancia económica.

En el departamento de Guatemala se muestreo en 5 de los 17 municipios seleccionados estos fueron: Palencia, San José Pinula, San Juan Sacatepéquez, San Pedro Sacatepéquez y San Raimundo.

Para Sacatepéquez, de los 16 municipios se muestrearon 8 entre ellos, San Bartolomé Milpas Altas, Magdalena Milpas Altas, Santa Lucía Milpas Altas, Santiago Sacatepéquez, Santa María de Jesús, Santo Domingo Xenacoj, Sumpango, Santiago Sacatepéquez y San Miguel Dueñas.

Y por ultimo para Chimaltenango se tomaron muestras en 10 de los 16 municipios que lo componen: El Tejar, Patzicía, Tecpan Guatemala, Zaragoza, San Juan Comalapa, Patzun, Santa Cruz Balanyá, San Andrés Itzapa y Parramos.

El universo de hortalizas a muestrear se concentrara en las especies de Tomate, Chile, arveja, arveja china, brasicas en general, zanahoria, lechuga, frijol francés y haba.

7.1.2 Colecta y traslado de muestras

Muestreo: Para el caso de la presente investigación, el diseño del método de muestreo se considera como un *muestreo dirigido sin patrón de precisión* dado a que no se conoce el universo real de sujetos de muestreo, esto debido a varias razones, la primera de ellas es la dinámica de los campos de cultivo de hortalizas que se cultivan alternadas según la época, según el factor de oportunidad y también la disponibilidad económica para su manejo, por lo que permite también coleccionar potencialmente diversidad de especímenes.

La selección de los sitios de muestreo estará sujeta a la cercanía de la infraestructura de comunicación como lo son las carreteras tipo I y II. La toma de muestras se realizó en forma sistemática, la primera región donde se realizó fue en el departamento de Guatemala, seguido por los departamentos de Chimaltenango y Sacatepéquez. La ubicación de las áreas de cultivo por cada departamento y municipio se realizó con colaboración de personal de las alcaldías municipales y/o personas que conocen las distintas regiones de cultivo.

Cada sitio de muestreo fue referenciado por medio de coordenadas del Sistema de Posicionamiento Global, GPS, *Global Positioning System* por sus siglas en inglés con la finalidad de reconocer el origen de las muestras y establecer la localización de los géneros de nematodos determinados.



Figura 4. A. zona de muestreo. B. referenciarían por medio del GPS en zona de muestreo.

La obtención de muestras se desarrollo de la siguiente forma:

- Cada unidad de muestreo tuvo una dimensión mínima de 1 ha.
- Para la definición de los puntos para obtener las submuestras, se utilizó la técnica de muestreo por Radiaciones.

- En cada área de cultivo se seleccionaron 4 puntos centrales a lo largo y ancho del terreno referenciado.
- Por cada punto central se ubicaron 4 puntos cada 25 metros de una forma circular con el fin de formar 5 puntos de muestreo y así tener un total de 20 sub muestras.

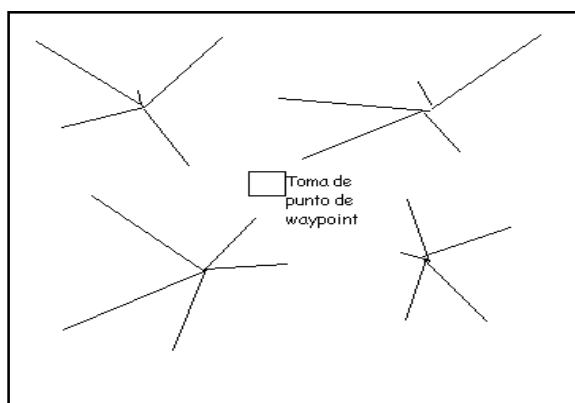


Figura 5. Representación grafica de la forma del sistema de muestreo utilizado (radiación)

- Se tomaron veinte sub muestras de aproximadamente 100 gramos, las cuales se colocaron en una cubeta plástica para homogeneizarlas y obtener la muestra, el peso promedio por cada muestra fue de 2 kilogramos.
 - Las muestras fueron introducidas en bolsas plásticas, debidamente identificadas. (Número correlativo, localidad, fecha de colecta y cultivo).
- figura 6



Figura 6. Colecta de muestras de suelo

- Las muestras fueron trasladadas hacia el laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la USAC en donde se llevo a cabo el proceso de extracción de quistes.

7.2 Fase de Laboratorio

7.2.1 Registro de muestras

A su ingreso a cada muestra se le asigno un número y fue anotada en el libro de control y en la base de datos electrónica. Los datos registrados fueron, fecha de ingreso, procedencia, coordenadas UTM y cultivo presente en el sitio donde se tomo la muestra.

7.2.2 Preparación

Las muestras se colocaron extendidas en papel periódico, durante un periodo de 8 días a temperatura ambiente para su secado, como se muestra en la figura 7.



Figura 7. Proceso de colocación y secado de muestras

7.2.3 Resguardo

Posteriormente se dividió la muestra en dos partes, una utilizada para el proceso de extracción (0.3 Kg) y la segunda, un remanente aproximadamente 1.6 Kg se almacenaron dentro de bolsas de nylon codificadas con el número de registro del laboratorio para su uso en el proceso de bioensayo.

7.2.4 Extracción de quistes

Esta se realiza luego de que la muestra de suelo ha perdido toda la humedad, sin someterla a calentamiento sino por evaporación a temperatura ambiente. Se utilizó el método de Fenwick modificado con flotación en acetona. Dicho proceso se describe a continuación.

- Se utiliza un sistema embudo–matraz (EM) de lámina galvanizada, de aproximadamente 9 litros de capacidad, conformado por: embudo galvanizado con soporte para el embudo, matraz galvanizado con rampa de reflote y tamiz de 20 mesh en la parte superior para recolección de materiales gruesos y un soporte de metal para otro tamiz de 150 mesh para colectar el material de flotación donde se arrastran los quistes y materia orgánica. Figura 8.A.
- En un beaker de 1,000 cc. con 500 cc de agua, se le agregan suelo seco, hasta que el nivel del agua alcance 800 cc, con esto se obtienen 300 cc de muestra de suelo necesario para el análisis. Figura 8B.
- Luego la mezcla se vacía sobre el tamiz de 20 mesh el cual está colocado y acoplado en la parte superior del embudo del sistema EM. Figura 8C.
- Se hace pasar una corriente de agua a presión, para permitir el arrastre del suelo hacia el fondo del matraz.

En el fondo, se acumulan las partículas de suelo más pesadas y por la parte superior, en la rampa del matraz, sale debido a su menor densidad materia orgánica y quistes, los cuales se recolectan en el tamiz de 150 mesh. Figura 8D.

- En un embudo de 10 cm de diámetro, se coloca papel filtro y con ayuda de una pizeta con agua se recolecta la mezcla de materia orgánica y quistes contenida en el tamiz de 150 mesh para ser depositada sobre el papel filtro y poder así proceder a secar el material obtenido de la filtración del sistema EM. Figura 8E.
- El material recolectado sobre el papel filtro se seca a temperatura ambiente a la sombra, por espacio de aproximadamente 6 a 12 horas. Figura 8F.
- Posteriormente la muestra deshidratada, se disgrega con ayuda de un pincel de cerda semi gruesa, numero 10, y se vacía dentro de un Erlenmeyer de 125 cc. Figura 8G.
- Se agrega acetona grado industrial hasta la mitad del Erlenmeyer, se agita fuertemente, y luego se termina de llenar con acetona hasta el borde del Erlenmeyer. Figura 8H.
- Se deja reposar durante un período de 30 a 60 segundos. Figura 8I. Quistes y materia orgánica flotan en el borde del Erlenmeyer. Figura 8J.
- Luego los quistes y la materia orgánica se colectan con un pincel y se depositan en capsulas de aluminio que contienen agua destilada, que permite su flotación y separación. Figura 8K.
- Posteriormente se procede a la observación y separación de quistes en el estereoscopio. Figura 8L.



A: sistema de embudo matraz.



B: volumen de suelo procesado (300cc).



C: colocación del suelo en el sistema Embudo-Matraz.



D: aplicación de agua a presión a través del sistema.



E: flotación de materia orgánica y quistes del sistema Embudo Matraz.



F: quistes y materia orgánica colectados al finalizar el sistema Embudo Matraz.



G: filtrado de la muestra obtenida.



H: secado de la muestra obtenida a temperatura ambiente.



I: vaciado del material en un Earlenmeyer con acetona.



J: quistes y materia orgánica flotando en acetona.



K: colecta de quistes en bandejas de aluminio.



L: procesamiento de quistes para determinación.

Figura 8. Pasos para extracción de nematodos de quiste.

7.2.5 Determinación de géneros

Como el estudio se basa en la presencia de quistes se tomaron básicamente tres aspectos: La incidencia de quistes dentro de la muestra, la forma de los quistes y la presencia y forma del cono vulval de cada quiste. El proceso para ello se describe a continuación.

- Identificación de nematodos en la extracción: En la figura 9 se puede apreciar que de la extracción, el material colectado contiene materia orgánica, semillas, suelo y quistes de nematodos, y se hace necesario identificar y extraer los nematodos para proceder con la parte correspondiente a la determinación (corte de fenestralias).

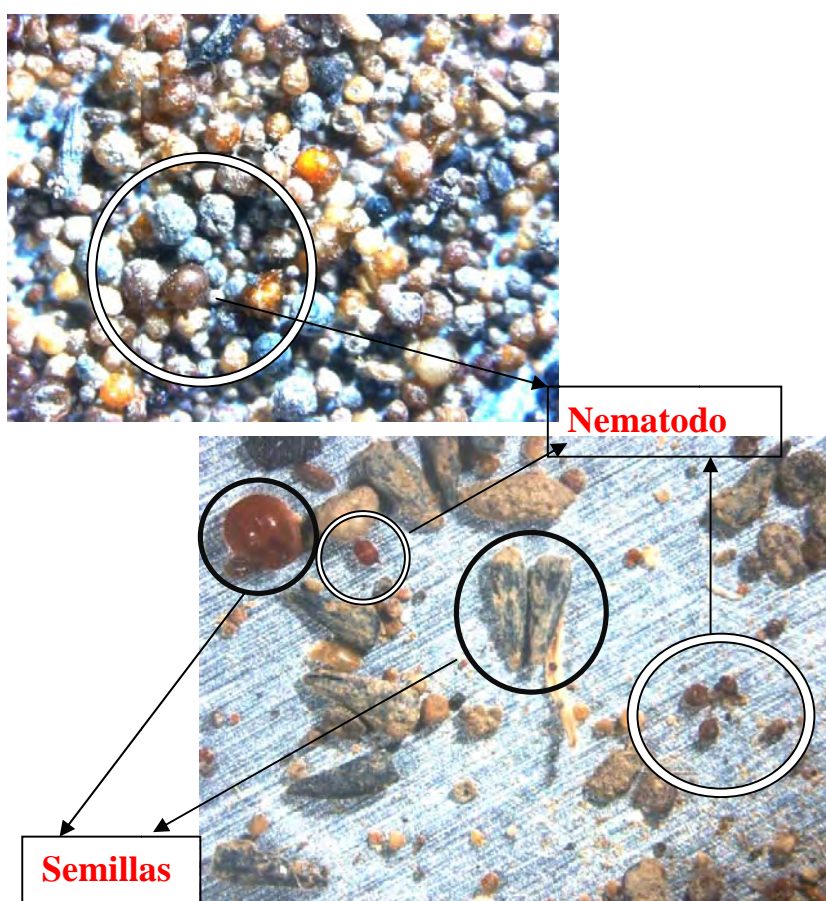


Figura 9. Identificación de nematodos de la extracción

- Forma del quiste: se realizó la observación macroscópica de los quistes obtenidos en la extracción, luego se separaron por forma y color. Según los parámetros de la clave de Tylenchida de Siddiqi, descritos en el marco referencial.
- Forma del cono vulval: para ello se realizaron cortes de fenestralias y se prepararon montajes para estudiar la región perineal.

Preparación de montajes de fenestralias de quistes.

- En un portaobjeto sobre una gota de agua se coloca el quiste
 - Con un bisturí se realiza un corte ecuatorial del quiste, conservando la mitad posterior del cuerpo.
 - Se limpia los huevecillos con ayuda de una aguja o pincel.
 - Se hacen cortes, a manera de eliminar el exceso de tejido.
 - Se transfieren los cortes a una gota de agua oxigenada por 2 o 3 minutos
 - Luego a soluciones de alcohol al 70 y 96 %, de 1 a 2 minutos en cada solución.
 - Se realiza el montaje de 5 a 6 cortes en gelatina glicerada como medio de montaje permanente,.
 - Se sellan y se etiquetan
-
- Constante de Granek's: es una correlación de distancias y diámetros de la región anal y vulvar del nematodo, se define como (distancia ano-fenestra / diámetro fenestra): La relación o constante de Granek's se utiliza para especímenes del género Globodera.

Con esta información se determinaron los géneros de nematodos presentes en las muestras.

Una vez determinado el género o géneros presentes por muestra, se estableció según la incidencia de quistes (más de 20 quistes por muestra), pasa a la fase de bioensayo.

7.3 Bioensayo

Las muestras, en donde se extrajeron más de 20 quistes por 300 cc de suelo fueron seleccionadas para su proceso de bioensayo, se reviso su historial y se estableció qué cultivo estaba presente durante la fase de muestreo y este se utilizo para el proceso de bioensayo , y evaluar el potencial patogénico de los especímenes presentes. Los pasos la colocación del bioensayo se describen a continuación.

- Se hizo una nueva extracción de quistes.
- Los quistes obtenidos fueron inoculados al resto de suelo que quedo de la muestra y se colocaron en contenedores de plástico transparente forrados con papel aluminio.
- Luego se procedió a sembrar semillas de los cultivos según el historial de cultivo del suelo en cuestión.
- Se esperaron aproximadamente 30 días y se procedió a descubrir el papel aluminio para poder observar si en efecto ha, habido infección por parte de los especímenes inoculados.
- En las macetas que si presentaron infección, se dejo que la planta madurara fisiológicamente y cuando termine su ciclo se procederá a extraer los especímenes procedentes de las raíces.
- Estos especímenes fueron sujetos a un análisis morfométrico más riguroso para establecer por medio de los datos morfometricos y claves especializadas el género.

- El suelo donde se desarrollaron especímenes se proceso para su conservación y mantener los especímenes “in vivo” y se extrajeron especímenes para su conservación “in vitro”.

7.4 Preparación de colecciones

Se prepararon colecciones de los especímenes conservados in vivo, in Vitro y una colección de montajes permanentes de cortes de fenestralias y estados juveniles, esta misma fue colocada en un gabinete en donde también se conservara un informe detallado de los resultados de la investigación, una copia dura del álbum fotográfico, el libro de registros con los datos de cada una de las muestras, para consultas posteriores.

7.4.1 Conservación “in vivo”

Según los análisis de cada suelo, se tiene un registro de que géneros están presentes por muestra.

- Las muestras de suelo que registraron presencia de especies de nematodos de quiste se conservaron desecadas en frascos de vidrio de 500 cc de color ámbar de tapa hermética.

Cada uno de los frascos tiene una etiqueta que identifica el número correlativo, la procedencia y los géneros que contiene en su interior. Esta muestra bajo condiciones de temperatura ambiente podrá conservar los especímenes hasta por 10 años como mínimo, tiempo en el que podrá utilizarse para estudios posteriores sobre los especímenes que conserva.

7.4.2 Conservación “in Vitro”

De las muestras en las que se detecto la presencia de d quistes, se procedió a realizar una extracción a 300 cc de suelo, los quistes obtenidos fueron separados por genero y se conservaran en una solución de alcohol al 75% en viales de 10 cc.

Cada vial contiene información básica en su interior, la etiqueta de papel bond blanco escrito a lápiz, indica el número de muestra y el género que contiene. Se preserva en alcohol para que posteriormente puedan realizarse extracciones de ADN y continuar con los estudios moleculares si hubiera algún interés particular por algún género y del cual se tenga su registro.

7.4.3 Colección de montajes permanentes

Se prepararon montajes de cortes de fenestralias los cuales se realizaron sobre gelatina glicerada y los bordes del cubreobjetos se sellaron con esmalte para su conservación. Los montajes fueron etiquetados, conteniendo la siguiente información: el género, la procedencia, el número de registro según el libro de control, la fecha de preparación del montaje y el nombre del colector. Las cajillas con montajes serán conservadas en los gabinetes junto a las colecciones de suelo y colecciones de quistes conservados in Vitro.

7.4.4 Colección de imágenes

De cada muestra que se obtengan especímenes, se hizo un registro con fotografía digital de los quistes obtenidos, de cada género se tomaran fotografías en estéreo y microscopio donde se muestren los rasgos y formas de los quistes y de los patrones perineales de cada género obtenido. Dicha colección estará disponible en copia digitalizada y copia dura para su consulta.

7.5 Análisis de la información

Incidencia: De cada muestra de suelo donde se obtuvieron especímenes de nematodos de la familia Heteroderinae, se procedió a registrar la información, completando los cuadros de registro de ingreso en el libro de control y el registro digital, y se complementó con la información de los géneros determinados, la incidencia cuantificando número géneros presentes por muestra.

También se generó una hoja de informe individual para cada muestra según se realiza en el centro de diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía. Dicha hoja de registro se archivó para consultas posteriores.

Al final cada muestra ingresada al proyecto está registrada en cuatro momentos, en un libro de ingresos, en un cuadro de ingresos digitalizado, en el informe de análisis digital y en el informe de análisis físico en archivo.

El estudio da como resultado información sobre la incidencia de los géneros de nematodos de la subfamilia Heteroderinae presentes en la región, su ubicación geográfica y la filiación patogénica con cultivos de importancia económica.

Con la información obtenida se elaboraron mapas de la ubicación de todos y cada uno de los géneros detectados, un listado marco de las especies y las localidades donde se localizan, un listado de especies y su posible filiación patogénica que permitirá diseñar estudios análisis de riesgo.

Se elaboró un documento especial de descripción de las especies obtenidas y una galería de imágenes en formato digital y copia dura que acompañara a la colecciones de especímenes conservados "in vivo" e "in vitro"

Además queda constancia física de un valor científico incalculable por ser una fuente documentada de material biológico que estará disponible para futuras investigaciones. Dicho material está debidamente identificado, documentado y resguardado dentro del laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía y está disponible a organismos nacionales e internacionales ya que se pretende iniciar un centro de referencia biológica en el tema específico de nematodos de quiste que pertenecen taxonómicamente a la sub familia Heteroderinae.

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El número de muestras colectadas durante la fase de campo por cada departamento y municipio de la región central de Guatemala, se estableció durante la etapa de planificación donde se determinó un número de muestra por municipio y su variación durante la fase de campo, esta variación se debió a que probablemente hubo un cambio de uso de la tierra o que el cultivo no se producía en el área. Según se muestra en el cuadro 2, y se obtuvieron 40 muestras para el departamento de Guatemala, 85 muestras para Sacatepéquez y 126 para Chimaltenango, es importante recalcar que los municipios de San Bartolomé Milpas Altas de Sacatepéquez y el Tejar Chimaltenango no se colectaron muestras debido a que se rastreó la zona y no se encontraron áreas de producción de los cultivos seleccionados.

Cuadro 2. Total de muestras colectadas por departamento y municipio.

| Departamento | Municipio /seleccionado | No. De muestras/ municipio | Total de muestras / Departamento | No. De muestras colectadas/ Municipio | Total de muestras colectadas |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|------------------------------|
| Guatemala | San José Pinula | 11 | 46 | 9 | 40 |
| | Palencia | 19 | | 20 | |
| | San Pedro Sacatepéquez | 3 | | 2 | |
| | San Juan Sacatepéquez | 3 | | 3 | |
| | San Raimundo | 11 | | 6 | |
| Sacatepéquez | Santo Domingo Xenacoj | 3 | 95 | 3 | 85 |
| | Sumpango | 28 | | 27 | |
| | Santiago Sacatepéquez | 11 | | 11 | |
| | San Bartolomé Milpas Altas | 5 | | 0 | |
| | Santa Lucía Milpas Altas | 17 | | 14 | |
| | Magdalena Milpas Altas | 11 | | 12 | |
| | Santa María de Jesús | 16 | | 15 | |
| | San Miguel Dueñas | 4 | | 3 | |
| | Chimaltenango | San Juan Comalapa | | 10 | |
| | Tecpán | 27 | 24 | | |
| | Patzún | 27 | 27 | | |
| | Patzicía | 17 | 23 | | |
| | Santa Cruz Balanyá | 12 | 10 | | |
| | San Andrés Itzapa | 16 | 15 | | |
| | Parramos | 9 | 9 | | |
| | Zaragoza | 8 | 9 | | |
| | El Tejar | 3 | 0 | | |

Para el análisis de la información obtenida durante esta investigación, a continuación se presentan los datos por cada departamento de la región central de Guatemala.

8.1 CHIMALTENANGO

Para este departamento se obtuvo un total de 126 muestras, su distribución por municipio y cultivo se presenta en el cuadro 3, en el cual también se puede observar la cantidad de muestras que presentaron una densidad mayor a 20 nematodos por extracción que fueron colocadas en fase de bioensayo y las que no presentaron nematodos de quiste.

Cuadro 3. Resumen de muestras colectadas y su distribución en el departamento de Chimaltenango

| Departamento de Chimaltenango | Total muestras | No presento | Muestras en bioensayo | Numero de muestras colectadas por cultivo | | | | | | | |
|---|----------------|-------------|-----------------------|---|--------|-------|--------|-------|------|---------|-----------|
| | | | | Zanahoria | Arveja | Ejote | Tomate | Chile | Haba | Lechuga | Brassicas |
| San Andrés Itzapa | 15 | 6 | 5 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |
| Parramos | 9 | 3 | 4 | 0 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Tecpan | 24 | 6 | 7 | 4 | 4 | 0 | 1 | 0 | 5 | 7 | 3 |
| Balanya | 10 | 2 | 2 | 1 | 3 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| Zaragoza | 9 | 1 | 4 | 1 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 | 2 |
| Patzun | 27 | 4 | 12 | 1 | 11 | 0 | 1 | 0 | 3 | 0 | 11 |
| Patzicia | 23 | 0 | 9 | 3 | 5 | 1 | 2 | 0 | 1 | 7 | 4 |
| Comalapa | 9 | 1 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 |
| No. de muestra/no presentaron por cultivo | | | 23 | 5 | 2 | 2 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 |

Es de importancia enfatizar, que el 34.13% de las muestras pasaron a la fase de bioensayo, y el 18.25% restantes no presentaron nematodos de quiste, en la figura 10 se presentan los datos obtenidos por municipio.

De los datos obtenidos es importante enfatizar que en el municipio de Patzicia el 100% de las muestras presentaron nematodos de quiste, el 39.13% de estas se detectaron altas densidades, por lo que se presume que para este municipio la distribución de los nematodos es uniforme y esto se probablemente se debe a la intensidad productiva de esta zona.

Otro punto importante es que los resultados obtenidos en el municipio de Comalapa en donde las densidades de nematodos detectadas a nivel general fueron bajas, y a pesar de tener una distribución uniforme, estas no presentan alcanzan densidades para la evaluación en bioensayo, probablemente esto está relacionado con la intensidad de producción de la zona, y por ello a nivel de cada uno de los municipios se presenta variabilidad en cuanto a los datos obtenidos.

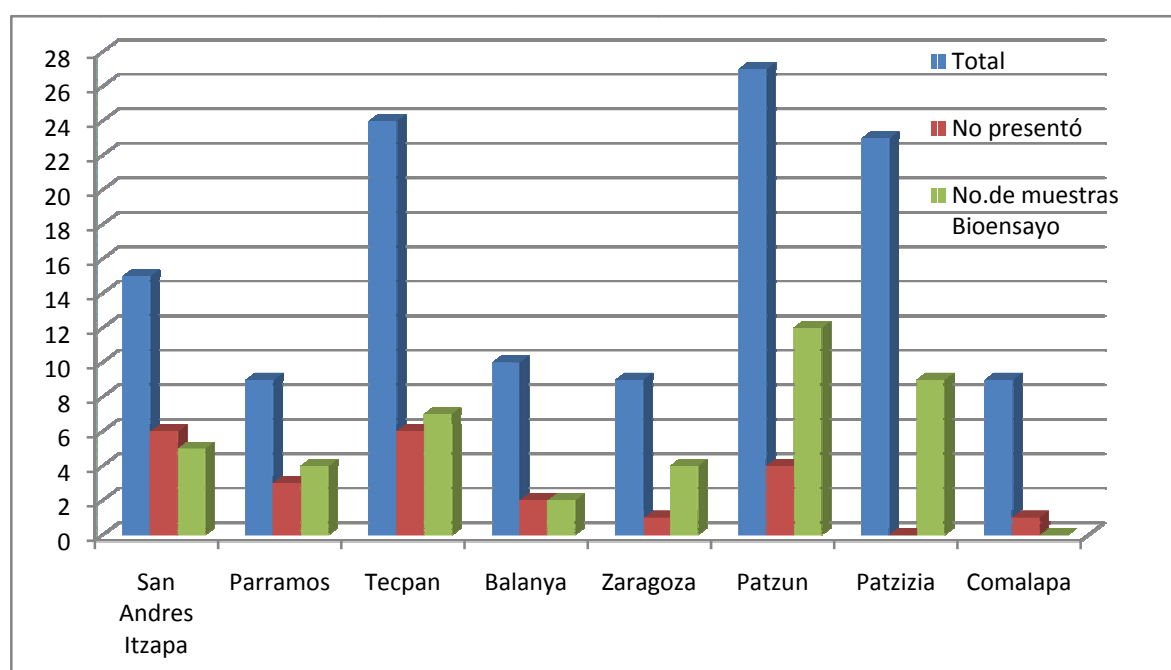


Figura 10. Resultados generales del departamento de Chimaltenango.

En el departamento de Chimaltenango se determinó la presencia de los géneros: Cactodera, Heterodera, Punctodera, y Globodera, estos especímenes se presentaron en poblaciones individuales o combinadas, como se puede observar en la figura 11, en la que se muestran las distintas combinaciones de géneros determinados y los cultivos en que se detectaron.

En el departamento de Chimaltenango existe una amplia variabilidad de los géneros determinados y sus combinaciones por cultivo. O bien están conviviendo con otras especies de plantas que pueden ser otros cultivos no muy comunes en la zona o especies de plantas silvestres de la región.

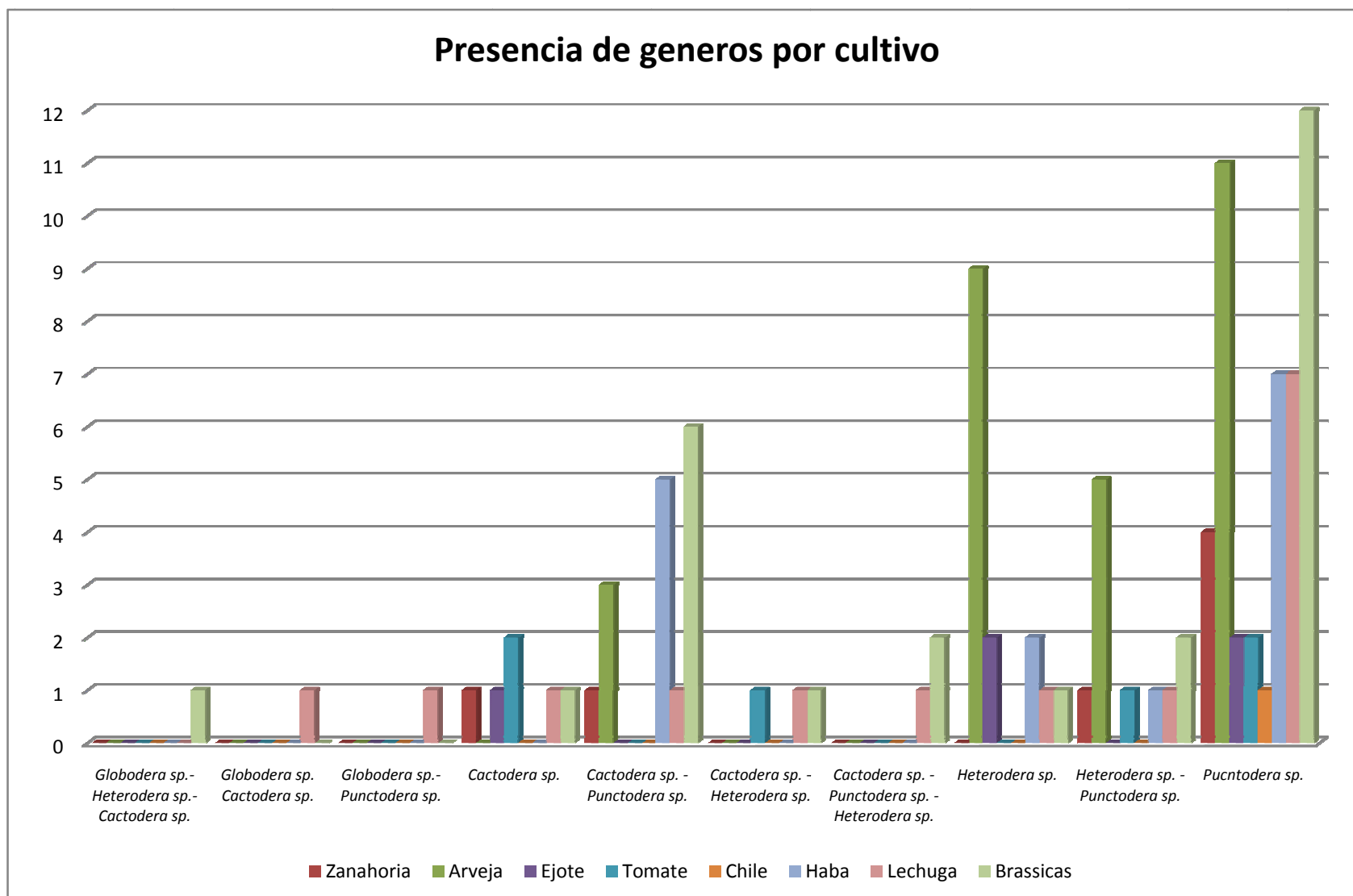


Figura 11. Géneros determinados por cultivo en el departamento de Chimaltenango.

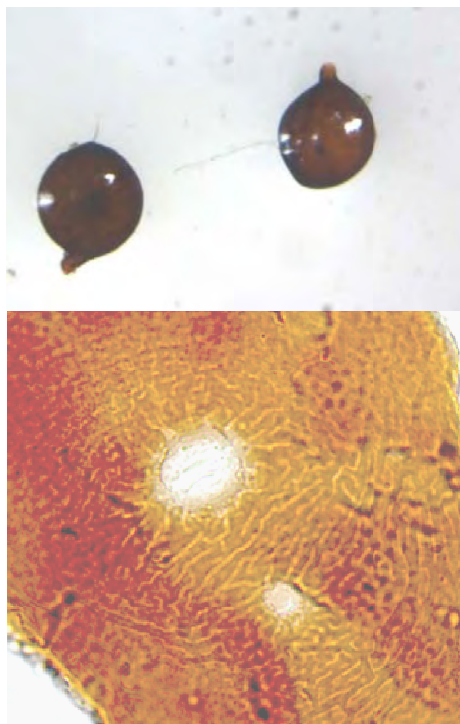


Figura 12. Quistes de *Globodera* con un corte perinial

Es importante enfatizar en la presencia del género *Globodera*, ya que todas las especies de este género son de importancia cuarentenaria, los más conocidos los del complejo de Nematodo de quiste de la papa NQP, *Globodera rostochiensis* y *Globodera pallida*.

Los quistes de éste género se detectaron en bajas densidades, con densidades no mayor a 1 quiste en 100cc de suelo. Se presenta en los cultivos de Lechuga y Brassicas, ¿Por qué en estos cultivos?... probablemente porque generalmente en esta zona los productores intercalan los cultivos con papa y otras hortalizas.

En cuanto a otros generos, *Punctodera* y *Heterodera* son los que presentaron mayor incidencia, principalmente en los cultivos de Arveja, Brassicas, Lechuga y Haba, por lo que, para estudios posteriores se podría enfatizar en la determinación de las especies de *Heterodera*

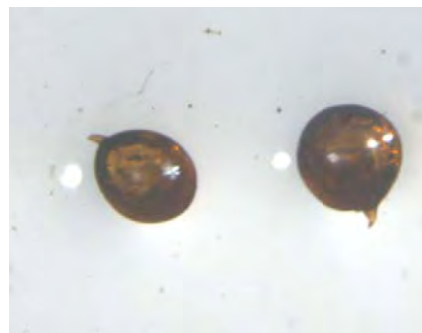


Figura 13. Nematodos del género *Punctodera*

presentes en el cultivo de arveja

debido a que se sospecha la presencia de *Heterodera goettingiana* (Pea Cyst nematode) la cual representa un alto riesgo para la producción en el país.



Figura 14. Nematodos del género *Heterodera*

Por último se presenta el mapa de la distribución geográfica de los géneros determinados en el departamento de Chimaltenango.

Figura 15. Mapa de distribución geográfica de los géneros determinados en Chimaltenango.

8.2 SACATEPÉQUEZ

En el departamento de Sacatepéquez se obtuvieron 85 muestras distribuidas en 7 municipios, en el cuadro 4 se presentan los datos en cuanto al número de muestras colectadas por municipio y cultivo, así como el número de muestras que no presentaron agentes patógenos y las que pasaron a la fase de bioensayo.

Cuadro 4. Distribución de las muestras por cultivo y municipio del departamento de Sacatepéquez.

| Departamento de Chimaltenango | Total muestras | No presente | Muestras en bioensayo | Numero de muestras colectadas por cultivo | | | | | | | |
|---|----------------|-------------|-----------------------|---|--------|-------|--------|-------|------|---------|-----------|
| | | | | Zanahoria | Arveja | Ejote | Tomate | Chile | Haba | Lechuga | Brassicas |
| Santiago Sacatepequez | 11 | 7 | 0 | 1 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| Magdalena Milpas Altas | 12 | 6 | 3 | 1 | 6 | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| Santa Maria de Jesus | 15 | 1 | 6 | 0 | 10 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Santo Domingo Xenacoj | 3 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Santa Lucia Milpas Altas | 14 | 9 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 5 |
| Sumpango | 27 | 12 | 4 | 1 | 10 | 7 | 3 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| San Miguel Dueñas | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| No. de muestra/no presentaron por cultivo | | | 38 | 3 | 9 | 7 | 0 | 3 | 0 | 7 | 9 |

Del total de muestras obtenidas se aprecia que en el área del municipio de San Miguel Dueñas no se reportan especímenes de nematodos, mientras que las regiones con mayor incidencia son los municipios de Santa María de Jesús y Sumpango, con 93% y 55% respectivamente como se aprecia en la figura 16.

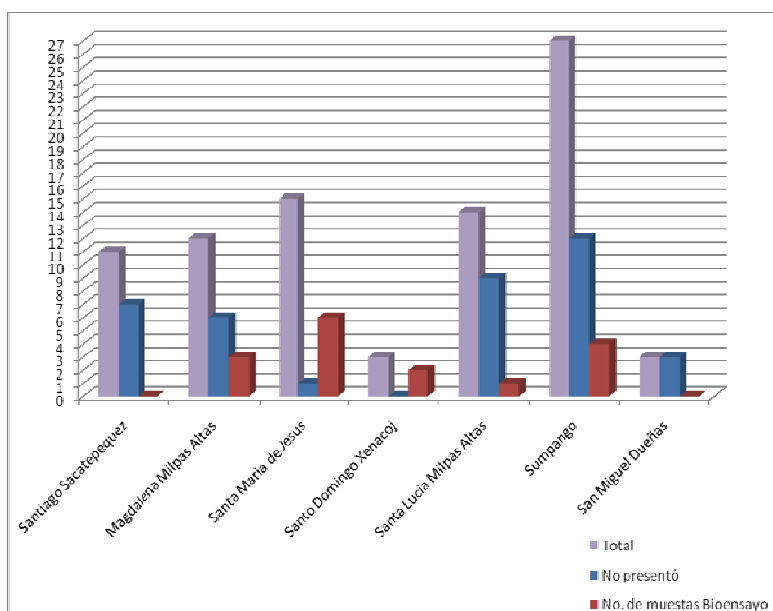


Figura 16. Resultados generales del departamento de Sacatepéquez.

Es necesario enfatizar que el 54.3% de las muestras colectadas en este departamento se detectó la presencia de nematodos de quiste, de estas únicamente el 34% de las muestras positivas presentó altas densidades para ser evaluadas en la fase de bioensayo.

Los géneros determinados en este departamento son, Globodera, Heterodera, Cactodera y Punctodera, estos se presentaron de forma individual y en conjunto, igual que para el departamento de Chimaltenango, la forma en que se presentaron se puede apreciar en la figura 17, en donde se presentan los géneros, sus combinaciones y los cultivos en que se presentaron

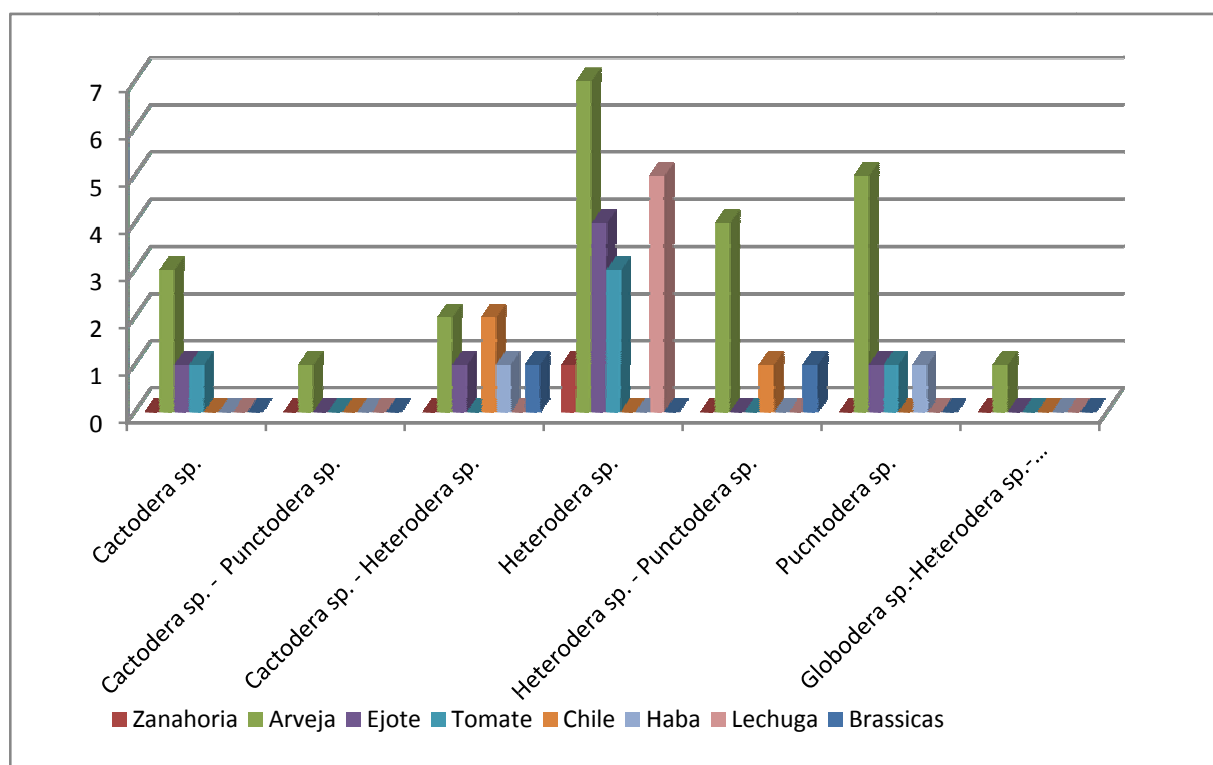


Figura 17. Géneros determinados por cultivo en el departamento de Sacatepéquez.

Para este departamento Heterodera es uno de los géneros que presento mayor incidencia, se detecto en 51% de las muestras determinadas, lo cual representan al igual que en Chimaltenango un punto de partida para establecer las especies de este género presentes para dicho municipio. Ya que de los cultivos muestreados aparece principalmente en arveja, lechuga, zanahoria, brassicas y ejote, por lo que se debe enfatizar en la especies que afectan estos cultivos y establecer si se encuentran presentes en estas zonas de produccion.



Figura 18. Corte perineal del genero Heterodera.

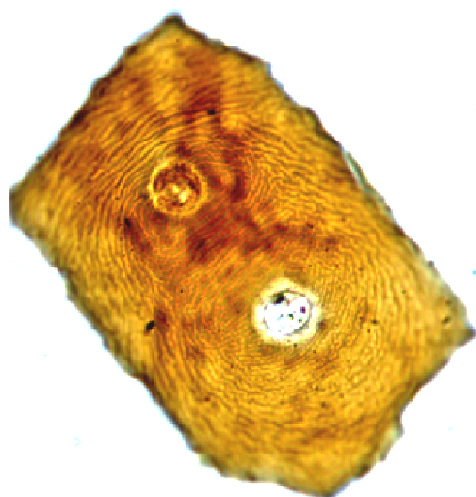


Figura 19. Corte perineal del genero Punctodera.

En cuanto a los géneros Cactodera y Punctodera, se puede observar en la figura 21 que presentan una incidencia menor, aunque al igual que Heterodera estos fueron detectados en los distintos cultivos que se muestrearon para dicha zona.

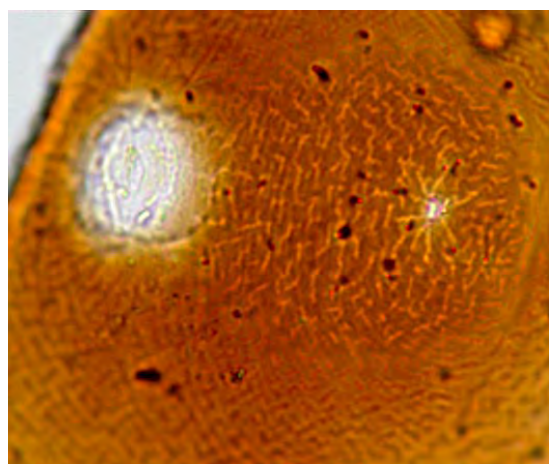


Figura 20. Corte perineal del genero Cactodera.

Por último se debe hacer mención que el género Globodera únicamente se presento en una muestra en el cultivo de Arveja, en el municipio de Santa María de Jesús. Su presencia se puede justificar ya sea por filiación con solanáceas como tomate, miltomate, u otras de esta familia, o bien filiación con especies de plantas silvestres de la familia asteraceae.

En la figura 21 se presenta el mapa de la distribución geográfica de los géneros determinados en el departamento de Sacatepéquez, con lo que se podrá visualizar su distribución espacial dentro del departamento.

Figura 21. Mapa de distribución de géneros de nematodos en Sacatepequez.

8.3 GUATEMALA

En lo que respecta a este departamento se colectaron 40 muestras, distribuidas en 5 municipios, en el cuadro 5 se presenta el numero de muestras colectadas por municipio y cultivo, y un resumen del numero de muestras que no presentaron nematodos y el numero de muestras con una densidad mayor a 20 especímenes por extracción, las cuales se evaluaron en la parte de bioensayo. De las muestras colectadas el 52.5% no presentaron nematodos. La baja incidencia probablemente se debe a que esta zona actualmente no se dedica a la producción de hortalizas, salvo el caso del municipio de Palencia, este no solo presenta una mayor incidencia de especímenes, si no, que también es el de mayor producción de hortalizas a nivel del departamento de Guatemala.

Cuadro 5. Distribución de las muestras por cultivo y municipio del departamento de Guatemala.

| Departamento de Chimaltenango | Total muestras | No presento | Muestras en bioensayo | Numero de muestras colectadas por cultivo | | | | | | |
|---|-------------------|----------------|-----------------------------|---|--------|-------|-------|--------|---------|-----------|
| | | | | Zanahoria | Arveja | Ejote | Chile | Tomate | Lechuga | Brassicas |
| San Jose Pinula | 9 | 4 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 5 |
| Palencia | 20 | 9 | 2 | 8 | 4 | 3 | 0 | 0 | 1 | 4 |
| San Juan Sacatepéquez | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| San Raymundo | 6 | 5 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 0 | 0 |
| San Pedro Sacatepéquez | 2 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| No. de muestra/no presentaron por cultivo | | | 21 | 3 | 4 | 2 | 0 | 5 | 0 | 7 |

En la figura 22 se presentan los datos totales de las muestras colectadas por municipio su contraste con el numero de muestras no presentaron agentes y las que presentaron altas densidades, en el se puede observar que a nivel general en Guatemala las densidades son bajas y probablemente no representen un riesgo aun para los productores.

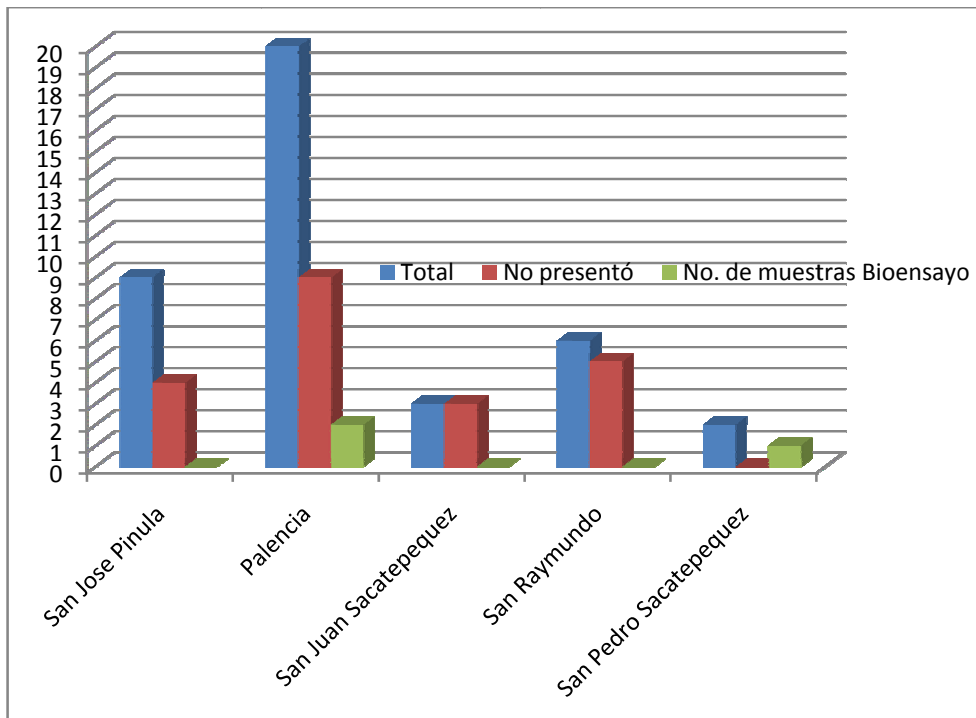


Figura 22. Resultados generales del departamento de Guatemala.

Los géneros determinados en el departamento de Guatemala al igual que los otros dos departamentos de la región central del país son Heterodera, Punctodera, Cactodera y Globodera, en cuanto a su incidencia para este departamento no es muy Significativa ya que se encuentra en muy bajas densidades, siendo el de mayor incidencia a nivel de presencia por cultivo el género Heterodera.

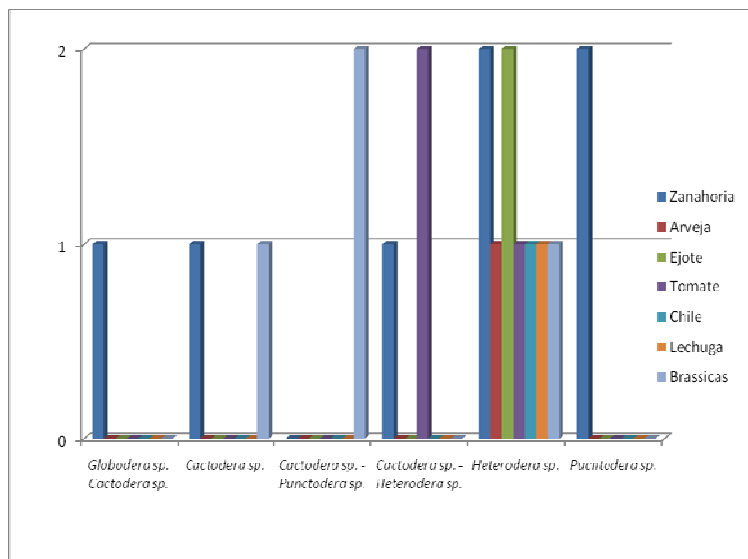


Figura 23. Géneros determinados por cultivo en el departamento de Sacatepequez.

Siendo necesario enfatizar que nuevamente se detecto la presencia de Globodera en una sola muestra por lo que se cree que su distribución probablemente se debe a dispersión por medio de semillas, ya que algunos productores intercalan sus cultivos con papa.

8.4 BIODIVERSIDAD EN LA REGION

En términos generales se establece que para la región central de Guatemala según los datos obtenidos en investigaciones anteriores y los resultados de esta investigación, los géneros presentes en esta zona son: Heterodera, Cactodera, Globodera y Punctodera, estos se presentaron de forma individual o en asocio, en los distintos cultivos bajo estudio, presenta mayor incidencia el género Heterodera y sus distintas combinaciones.

El departamento de Chimaltenango es donde se presenta mayor incidencia de nematodos formadores de quiste en los campos de cultivo, es evidente que la variación de la presencia de nematodos en los departamentos que componen la región central de Guatemala está relacionada con la intensidad de producción agrícola de cada uno.

Una parte importante de este estudio es el bioensayo, en el que no se obtuvo evidencia de que alguno de los géneros determinados presentara patogenicidad en los cultivos evaluados. Esto probablemente se debe a que las densidades en que se presentan dentro de los campos aun no representa un problema para la producción, pero según A. Bello, M. Escuer, R. Sanz del departamento de Agroecología, del Centro de Ciencias Medioambientales de España, señalan que los nematodos del genero Heterodera son generalmente específicos, pueden presentar algunos hospederos comunes, y por ello es de gran interés la identificación correcta de las especies y conocer el rango de hospederos para poder establecer medidas de control ya que se considera que, los nematodos formadores de quistes del género Heterodera, pueden originar problemas graves en los cultivos de hortícolas, cuando el uso del suelo es intensivo y no existe un sistema de rotación adecuado.

Algunas de las especies que han sido reportadas de este género ocasionado problemas en cultivos hortícolas, son *H. cruciferae* en brasicas, *H. goettingiana* y *H. glicines* en arveja y otras de la familia Fabaceae, *H. schachtii* en las familias Crucíferae y Chenopodiaceae, *H. carotae* en zanahoria. Este género es uno de los más importantes a nivel mundial en cuanto a aspectos fitosanitarios y cuarentenarios, por lo que se deben de dirigir estudios más específicos hacia los cultivos donde se reportan según los resultados de la presente investigación.

Para el caso del genero Globodera algunas especies están asociadas a solanáceas como *G. tabacum*, y en otros casos asociados con gramíneas y compositas, tales como *G. artemisiae*, *G. archiliae*.

9. CONCLUSIONES

1. Se confirma y establece que en la región central de Guatemala, específicamente en los departamentos de Guatemala, Sacatepequez y Chimaltenango existen especies de nematodos de quiste de la subfamilia heteroderinae.
2. Los géneros de nematodos de quiste presentes en la región bajo estudio son Heterodera, Globodera, Punctodera y Cactodera, presentes todos en los tres departamentos
3. Las poblaciones de los nematodos de quiste se encuentran distribuidas en forma individuales o combinadas dentro de las zonas productoras de hortalizas del los departamentos y cultivos bajo estudio en esta investigación.
4. El departamento de Chimaltenango es el que presenta mayor incidencia poblaciones de nematodos formadores de quiste dentro de los campos de producción de hortalizas.
5. En el departamento de Chimaltenango se obtuvo la mayor frecuencia de muestras con nematodos de quiste y el mayor número de muestras con densidades superior a 20 nematodos/300cc de suelo.
6. En el departamento de Guatemala se detectaron los géneros Heterodera, Globodera, Punctodera y Cactodera con bajas densidades de población.
7. En el departamento de Sacatepequez la incidencia y frecuencia de las poblaciones de nematodos de quiste son mayores que en el de Guatemala y menores que las de Chimaltenango.

8. Las poblaciones del género detectado con mayor incidencia fue Heterodera que se presenta con una frecuencia del 48% del total de muestras analizadas.
9. Muestras de los especímenes determinados y sus suelos de origen son parte de la colección de referencia obtenida durante el presente estudio.
10. Se estableció una fototeca digital y física de los especímenes obtenidos durante el desarrollo del estudio.

10. RECOMENDACIONES

1. El género *Heterodera* es uno de los más importantes a nivel mundial en cuanto a aspectos fitosanitarios y cuarentenarios se refiere, presentándose este en la región central de Guatemala, por lo tanto se deben dirigir estudios específicos para la determinación de las especies presentes por cultivo en donde se reporta su presencia según los resultados de la presente investigación.
2. Se recomienda continuar con los estudios de bio diversidad de nematodos de quiste en la región e incluir áreas no cubiertas durante la presente investigación.
3. Se recomienda además continuar con estudios de filiación patogénica y determinación de especies de los generos *Globodera*, *Punctodera* y *Cactodera*
4. Debido a la alta frecuencia de géneros detectados durante el presente estudio se sugiere realizar estudios dirigidos hacia poblaciones de plantas de producción comercial y hacia plantas silvestres en forma separada para la posible detección de especies con filiación patogénica mas específica.

11. BIBLIOGRAFIA

1. Agrios, GN. 2005. Plant Pathology. Academic Press, EEUU, 922p.
2. Álvarez Cajas, V. 1988. Tamaño de muestra: procedimientos usuales para su determinación. Tesis MSc. Chapingo, México, Colegio de Post-Graduados. 176 p.
3. Blanco, L. 2004. Determinación de la presencia del nematodo dorado *Globodera Rostochiensis* Woll. y otros nematodos de quiste de la sub familia Heteroderinae, en las áreas de producción de papa *Solanum Tuberosum* L. de Palencia, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 84 p.
4. Brodie, BB; Mai, WF. 1988. Control of golden nematode in the United States. Annual Review of Phytopathology 27:443-461.
5. Burrows, PR. 1990. The rapid and sensitive detection of the plant parasitic nematode *Globodera pallida* using a biotinylated DNA probe. Revue Nématol. 13:185-190.
6. CAB International (Commonwealth Agricultural Bureaux International, UK). 2003. Crop protection compendium [disco compacto]. United Kingdom. 2 CD.
7. Canto-Sáenz, M; Mayer De Scurrah, M. 1977. Races of the potato cyst nematode in the andean region and a new system of classification. Nematologica 23:340-349.
8. Chamberlain, R; Barbuxano, IV. 1961. Potato root eelworm in the Canary Islands. Nature 189(3):773.
9. Commonwealth Institute of Helminthology, 1975, Description of plant parasitic nematodes. Willingford, UK. CAB International. s.p.
10. Christie, JR. 1959. Plant nematodes-their bionomics and control. Gainesville , FL, US, Illus. Univ. 256 p.
11. Cotten, J. 1991. Quarantine procedure *Globodera pallida* y *G.rostochiensis*. EPPO Bulletin (England) 21(2):233-240.
12. COSAVE (Comité de Sanidad Vegetal del Cono Sur, PY). 2002. Hojas de datos sobre organismos cuarentenarios para los países miembros del COSAVE; ficha cuarentenaria, *Globodera rostochiensis*. Consultado Sept. 2002. Disponible en www.cosave.org.py/lpcgloboderarostochiensis.htm.

13. EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization, EU) / CAB (Commonwealth Agricultural Bureaux International, UK). 1997. Quarantine pest for Europe. *Globodera rostochiensis* data sheets on quarantine pest. 2 ed. UK. p. 601-606.
14. Fenwick, DW; Oostenbrink, M. 1971. Extraction of *Heterodera* cysts from dried soil with the modified Fenwick can. *In* Manual for practical work in nematology. The Netherlands, International Postgraduate Nematology Course. p. 25-27.
15. Ferris, VR; Miller, LI; Faghihi, J; Ferris, JM. 1995. Ribosomal DNA comparisons of *Globodera* from two continents. *J. Nematol.* 27:273-283.
16. García Martínez, A. 1980. Estudio analítico taxonómico de los nematodos de quiste (*Heterodera* sp.) en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 38 p.
17. Greco, N. 1988. Potato cyst nematode: *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematology* 9(1):30-35.
18. Greco, N. 1993. Nematode problems affecting potato production in subtropical climate. *Nematropica* 23:213-220.
19. Greco, N.; Crozzoli, R. 2000. Nematodos del quiste de la papa, *Globodera rostochiensis* y *G. pallida*: aspectos generales (en línea). Quito, Ecuador, Saninet. Consultado 20 sept. 2002. Disponible en www.iicasaninet.net/pub/sanveg/html/globodera.html.
20. Greco, N; Di Vito, M; Brandonisio, A; Giordano, I; De Marinis, G. 1982. The effect of *G. pallida* and *G. rostochiensis* on potato yield. *Nematologica* 28:379-386.
21. Greco, N; Moreno, IL. 1992a. Influence of *Globodera rostochiensis* on yield of summer, winter and spring sown potato in Chile. *Nematropica* 22:165-173.
22. Greco, N; Moreno, IL. 1992b. Development of *Globodera rostochiensis* during three different growing seasons in Chile. *Nematropica* 22:175-181.
23. IGN (Instituto Geográfico Nacional, GT). 1980. Diccionario geográfico de Guatemala. v.2, 791 p.
24. Jensen, AJ; Armstrong, J; Jatala, P. 1979. Annotated bibliography of nematode pest of potato. Lima, Perú, International Potato Center. 315 p.
25. Jones, SB. 1987. Sistemática vegetal. Trad. María de Huescas. 2 ed. México, McGraw-Hill. 536 p.

26. Karszen, G; Hoenselaar Van, T; Verkerk-Bakker, B. 1995. Species identification of cyst and root-knot nematodes from potato by electrophoresis of individual females. *Electrophoresis* 16:105-109.
27. Kort, J; Ross, H; Rumpfenhorst, HJ; Stone, AR. 1977. An international scheme for identifying and classifying pathotypes of potato cyst-nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. *Nematologica* 23:333-339.
28. Medida hondureña no afecta al país. 2002. *Prensa Libre*, GT, Abr. 3:4.
29. Mai, WF. 1976. Worldwide distribution of potato cyst nematodes and their importance in crop production. *Journal of Nematology* 9(1):30-35.
30. Moreno, I; Vovlas, N; Lamberti, F. 1984. Species of potato cyst nematodes from Chile. *Nematología Mediterránea* 12(2):247-252.
31. Niño De G, L; Flores, M. 1994. Identificación de especies y patotipos de tres poblaciones del nemátodo quiste de la papa (*Globodera* spp.) provenientes de los estados Mérida y Lara. *In* Congreso Venezolano de Hortalizas (6., 1994, VE). Memorias. Maracay, Venezuela. p. 45.
32. OMC (Organización Mundial del Comercio, SZ). 1994. Acuerdo sobre la aplicación de medidas sanitarias y fitosanitarias. s.l. 16 p.
33. Ortuño, N. 1998. Producción de tubérculos para semilla de papa libre de nematodos; hoja técnica. *Revista Manejo Integrado de Plagas*. Consultado en Sept. 2002. Disponible en www.catie.ac.cr/información/RMIP/rmip52.htm.
34. Países centroamericanos cierran mercados de papa. 2001. *Diario al Día*, Guatemala, GT, Dic. 5:7.
35. Primera notificación del nematodo enquistador, *Afenestrata orientalis*, en Estados Unidos, **noviembre de 2005**. Consultada en mayo de 2008, disponible en http://pestaalert.ifas.ufl.edu/Afenestrata_orientalis.pdf bajo el portal de NAPPO, <http://www.pestaalert.org/espanol/viewArchNewsStory.cfm?nid=362>
36. Orellana L. F. 2004 Determinación de la presencia de nematodos de la subfamilia Heteroderinae asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en Salama, Baja Verapaz. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 51P
37. Ramírez, A. 1979. Muestreo poblacional del nematodo dorado (*Globodera rostochiensis*) y otros nematodos asociados al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Agronomía Costarricense* 3(1):13-20.

38. Ramírez, A; Bianchini, P. 1973. El nematodo dorado (*Heterodera rostochiensis*, Woll.) en Costa Rica. Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. 35 p.
39. Rivas L. E. R. 2005, Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de papa *Solanum tuberosum* L., en los municipios de Patzún y Saragoza, Chimaltenango. tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 93P
40. Roldan E. 2005 Estudio de los nematodos formadores de quiste en papa *Solanum tuberosum* L., para descartar la presencia de nematodo dorado de la papa en el municipio de Jalapa, Jalapa. Guatemala, tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 92P.
41. Rowe, J; Evans, K. 2002. Morfología de la familia Heteroderidae: parte del curso: nematodos formadores de quistes. Montecillo, México, Colegio de Post-Graduados, Instituto de Fitosanidad. 55 p.
42. Salguero, M. 2003. Determinación de la presencia de nematodos de quiste asociados al cultivo de la papa *Solanum tuberosum* L. en el municipio de Patzicía, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 91 p.
43. Schots, A; Bakker, J; Gommers, FJ; Bouwman-Smits, L; Egberts, E. 1987. Serological differentiation of the potato cyst nematodes *Globodera pallida* and *G. rostochiensis*: partial purification of species-specific proteins. *Parasitology* 95:421-428.
44. Shluter, K. 1976. The potato cyst eelworm *Heterodera rostochiensis* Woll. in Morocco: Its distribution and economic importance. *Journal of Plant Disease and Plant Protection* 83:401-405.
45. Siddiqi, M. R. Tylenchida Parasites of plants and insects. 2000, 2a ed. CABIPublishing, Willingford, UK. 833p
46. Simmons, C; Tarano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
47. Spears, JF. 1968. Golden nematode handbook: survey, laboratory, control and quarantine procedures. USDA. Agricultural Research Service. 81 p. (Agriculture Handbook no. 353).
48. Stone, A. 1973. A *Heterodera rostochiensis*. England, CIH. 4 p. (Descriptions of Plant Parasitic Nematodes Set 2 no. 15).
49. Stone, AR. 1973. *Heterodera pallida*. Farnham Royal, UK, CIH / CAB. 2 p. (Descriptions of Plant Parasitic Nematodes, Set 2, no. 17).

50. Williams, TD; Siddiqui, MR. 1972. CIH: description of plant parasitic nematodes. Willingford, UK, CAB International. s.p.
51. Zuckerman, B., Mai, W., Rodhe, R., 1981. Plant parasitic nematodes. New York. Academic press. V. 1, 354 p.

12 ANEXOS

12.1 Base de datos de muestras colectadas en la región central de Guatemala.

| No. de muestra | Departamentos | Municipio | Cultivo | Coordenadas | | Resultados | | | | | |
|----------------|---------------|-----------------------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|-----------|------------|------------|-----------|
| | | | | X | Y | Bioensayo | No presente | Cactodera | Heterodera | Punctodera | Globodera |
| 118 | Guatemala | San Jose Pinula | Brassica | N14 36.127 | W90 22.440 | | | 1 | | 1 | |
| 119 | Guatemala | San Jose Pinula | Brassica | N14 39.893 | W90 21.557 | | 1 | | | | |
| 120 | Guatemala | San Jose Pinula | Brassica | N14 39.893 | W90 21.557 | | 1 | | | | |
| 121 | Guatemala | San Jose Pinula | Zanahoria | N14 35.500 | W90 20.049 | | | 1 | | | 1 |
| 122 | Guatemala | San Jose Pinula | Tomate m4 | N14 35.155 | W90 22.114 | | | 1 | 1 | | |
| 123 | Guatemala | San Jose Pinula | Zanahoria | N14 35.885 | W90 21.744 | | 1 | | | | |
| 124 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 37.785 | W90 20.665 | | 1 | | | | |
| 125 | Guatemala | San Juan Sacatepequez | Tomate m6 | N14 43.928 | W90 38.001 | | 1 | | | | |
| 126 | Guatemala | Palencia | Lechuga | N14 37.785 | W90 20.665 | | | | 1 | | |
| 127 | Guatemala | San Juan Sacatepequez | Tomate | N14 42.987 | W90 38.969 | | 1 | | | | |
| 128 | Guatemala | San Jose Pinula | Tomate | N14 35.885 | W90 21.742 | | | 1 | 1 | | |
| 129 | Guatemala | San Juan Sacatepequez | Brassica | N14 42.987 | W90 38.969 | | 1 | | | | |
| 130 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 44.350 | W90 35.185 | | | 1 | | | |
| 131 | Guatemala | Palencia | Ejote | N14 38.436 | W90 20.432 | | | | 1 | | |
| 132 | Guatemala | Palencia | Arveja china | N14 37.785 | W90 20.665 | | 1 | | | | |
| 133 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 37.383 | W90 19.938 | | | 1 | 1 | | |
| 134 | Guatemala | Palencia | Ejote | N14 36.069 | W90 21.554 | | | | 1 | | |
| 135 | Guatemala | Palencia | Arveja china | N14 38.817 | W90 20.543 | | 1 | | | | |
| 136 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 38.436 | W90 20.432 | | | | 1 | | |
| 137 | Guatemala | San Jose Pinula | Brassica | N14 35.885 | W90 21.744 | | 1 | | | | |
| 138 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 38.436 | W90 20.432 | | | | 1 | | |
| 139 | Guatemala | San Jose Pinula | Brassica | N14 36.069 | W90 21.554 | | | | 1 | | |
| 140 | Guatemala | San pedro | Brassica | N14 40.628 | W90 36.667 | | | 1 | | | |
| 141 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 38.603 | W90 20.805 | | 1 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------|------------------------|---------------|------------|------------|---|---|---|---|---|--|
| 142 | Guatemala | San Pedro | Tomate | N14 40.951 | W90 36.229 | 1 | | | 1 | | |
| 143 | Guatemala | San Raymundo | arveja | N14 43.865 | W90 35.005 | | 1 | | | | |
| 144 | Guatemala | San Raymundo | Chile | N14 40.215 | W90 36.533 | | | | 1 | | |
| 145 | Guatemala | San Raymundo | Tomate | N14 41.089 | W90 37.246 | | 1 | | | | |
| 146 | Guatemala | San Raymundo | ejote | N14 44.353 | W90 35.238 | | 1 | | | | |
| 147 | Guatemala | San Raymundo | Tomate | N14 43.865 | W90 35.005 | | 1 | | | | |
| 148 | Guatemala | San Raymundo | Tomate | N14 41.089 | W90 37.246 | | 1 | | | | |
| 149 | Guatemala | Palencia | Arveja | N14 38.603 | W90 20.805 | | 1 | | | | |
| 150 | Guatemala | Palencia | Arveja | N14 37.982 | W90 20.735 | | | | 1 | | |
| 151 | Guatemala | Palencia | Ejote | N14 38.603 | W90 20.805 | | 1 | | | | |
| 152 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 36.388 | W90 19.324 | 1 | | | | 1 | |
| 153 | Guatemala | Palencia | Zanahoria | N14 36.389 | W90 19.325 | | | | | 1 | |
| 154 | Guatemala | Palencia | Brassica | N14 37.227 | W90 19.888 | | 1 | | | | |
| 155 | Guatemala | Palencia | Brassica | N14 38.603 | W90 20.805 | | 1 | | | | |
| 156 | Guatemala | Palencia | Brassica | N14 36.069 | W90 21.554 | | 1 | | | | |
| 157 | Guatemala | Palencia | Brassica | N14 37.383 | W90 19.938 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 169 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Arveja China | N14 38.529 | W90 41.122 | | | | 1 | | |
| 170 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Lechuga | N14 38.552 | W90 41.438 | | | | 1 | | |
| 171 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Ejote Frances | N14 38.529 | W90 41.122 | | 1 | | | | |
| 172 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Arveja Dulce | N14 38.552 | W90 41.438 | | 1 | | | | |
| 173 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Brassicas | N14 37.165 | W90 39.828 | | 1 | | | | |
| 174 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Lechuga | N14 37.165 | W90 39.828 | | | | 1 | | |
| 175 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Arveja | N14 37.165 | W90 39.828 | | 1 | | | | |
| 176 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Brassicas | N14 38.552 | W90 41.438 | | 1 | | | | |
| 177 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Lechuga | N14 38.529 | W90 41.122 | | 1 | | | | |
| 178 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Zanahoria | N14 37.165 | W90 39.828 | | 1 | | | | |
| 179 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Arveja Dulce | N14 32.386 | W90 40.354 | | 1 | | | | |
| 180 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Arveja Dulce | N14 31.914 | W90 40.424 | 1 | | 1 | | | |
| 181 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Arveja China | N14 31.914 | W90 40.424 | | | | 1 | 1 | |
| 182 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Lechuga | N14 32.386 | W90 40.354 | | 1 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------|--------------------------|---------------|------------|------------|---|---|---|---|---|--|
| 183 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Lechuga | N14 32.386 | W90 40.354 | | 1 | | | | |
| 184 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Brassicas | N14 31.914 | W90 40.424 | | 1 | | | | |
| 185 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Arveja China | N14 31.914 | W90 40.424 | | 1 | | | | |
| 186 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 28.672 | W90 41.889 | 1 | | | | 1 | |
| 187 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Tomate | N14 29.014 | W90 42.159 | 1 | | | | 1 | |
| 188 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 28.672 | W90 41.889 | | | | | 1 | |
| 189 | Sacatepequez | Santo Domingo Xenacoj | Tomate | N14 40.191 | W90 42.793 | | | 1 | 1 | | |
| 190 | Sacatepequez | Santiago Sacatepequez | Brassicas | N14 38.529 | W90 41.122 | | | | 1 | 1 | |
| 191 | Sacatepequez | Santo Domingo Xenacoj | Arveja China | N14 40.224 | W90 42.713 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 192 | Sacatepequez | Santo Domingo Xenacoj | Arveja Dulce | N14 40.224 | W90 42.713 | 1 | | | 1 | | |
| 193 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja Dulce | N14 28.672 | W90 41.889 | 1 | | | | 1 | |
| 194 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Ejote Frances | N14 28.488 | W90 41.003 | | 1 | | | | |
| 195 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 28.488 | W90 41.003 | | | 1 | | 1 | |
| 196 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 28.488 | W90 41.003 | | | | 1 | | |
| 197 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Ejote Frances | N14 28.489 | W90 41.004 | 1 | | | | 1 | |
| 198 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja Dulce | N14 29.014 | W90 42.159 | | | | 1 | | |
| 199 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Arveja Dulce | N14 32.685 | W90 40.467 | | | | 1 | | |
| 200 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Arveja Dulce | N14 31.938 | W90 39.865 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 201 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Ejote Frances | N14 31.938 | W90 39.865 | | | | 1 | | |
| 202 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Brassicas | N14 34.344 | W90 40.957 | | 1 | | | | |
| 203 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.344 | W90 40.957 | | | | 1 | | |
| 204 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Zanahoria | N14 34.344 | W90 40.957 | | 1 | | | | |
| 205 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.453 | W90 40.731 | | 1 | | | | |
| 206 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.344 | W90 40.957 | | 1 | | | | |
| 207 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.344 | W90 40.957 | | 1 | | | | |
| 208 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Brassicas | N14 34.344 | W90 40.957 | | 1 | | | | |
| 209 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.344 | W90 40.957 | | | 1 | 1 | | |
| 210 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.174 | W90 41.701 | | | | 1 | | |
| 211 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Brassicas | N14 34.174 | W90 41.701 | | 1 | | | | |
| 212 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Brassicas | N14 34.344 | W90 40.957 | | 1 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|--------------|--------------------------|---------------|------------|------------|---|---|---|---|---|---|
| 213 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Arveja China | N14 34.344 | W90 40.957 | 1 | | | 1 | | |
| 214 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Lechuga | N14 34.453 | W90 40.731 | | | | 1 | | |
| 215 | Sacatepequez | Santa Lucia Milpas Altas | Brassicas | N14 34.174 | W90 41.701 | | 1 | | | | |
| 216 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Zanahoria | N14 31.914 | W90 40.424 | 1 | | | 1 | | |
| 217 | Sacatepequez | Magdalena Milpas Altas | Brassicas | N14 31.914 | W90 40.424 | | 1 | | | | |
| 218 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 38.772 | W90 45.688 | | | | 1 | | |
| 219 | Sacatepequez | Sumpango | Tomate | N14 38.772 | W90 45.688 | | | | 1 | | |
| 220 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 37.597 | W90 42.897 | | 1 | | | | |
| 221 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja China | N14 37.597 | W90 42.897 | | 1 | | | | |
| 222 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 38.772 | W90 45.688 | | | | 1 | | |
| 223 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 38.772 | W90 45.688 | | | | 1 | | |
| 224 | Sacatepequez | Sumpango | Tomate | N14 38.772 | W90 45.688 | | | | 1 | | |
| 225 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja China | N14 40.384 | W90 42.697 | | | | 1 | 1 | |
| 226 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 38.772 | W90 45.688 | | 1 | | | | |
| 227 | Sacatepequez | Sumpango | Tomate | N14 38.772 | W90 45.688 | | | | 1 | | |
| 228 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja China | N14 38.772 | W90 45.688 | | 1 | | | | |
| 229 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja China | N14 38.085 | W90 45.791 | | | | | 1 | |
| 230 | Sacatepequez | Sumpango | Chile | N14 38.772 | W90 45.688 | | 1 | | | | |
| 231 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Chile | N14 28.672 | W90 41.889 | | | 1 | 1 | | |
| 232 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja Dulce | N14 38.190 | W90 42.368 | 1 | | 1 | | | |
| 233 | Sacatepequez | San Miguel Dueñas | Lechuga | N14 32.800 | W90 42.536 | | 1 | | | | |
| 234 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Ejote Frances | N14 28.672 | W90 41.889 | | | 1 | | | |
| 235 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 29.018 | W90 42.164 | | | 1 | 1 | | 1 |
| 236 | Sacatepequez | Sumpango | Chile | N14 38.426 | W90 45.883 | | | 1 | 1 | | |
| 237 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja Dulce | N14 38.426 | W90 45.883 | | 1 | | | | |
| 238 | Sacatepequez | Sumpango | Chile | N14 38.426 | W90 45.883 | | 1 | | | | |
| 239 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja Dulce | N14 38.426 | W90 45.883 | 1 | | 1 | 1 | | |
| 240 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 29.018 | W90 42.164 | | | | 1 | | |
| 241 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 29.018 | W90 42.164 | 1 | | 1 | 1 | | |
| 242 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja China | N14 38.378 | W90 42.674 | | 1 | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----------------------|---------------|------------|------------|---|---|---|---|---|---|
| 243 | Sacatepequez | Sumpango | Haba | N14 37.489 | W90 43.231 | 1 | | | | 1 | |
| 244 | Sacatepequez | Santa Maria de Jesus | Arveja China | N14 29.018 | W90 42.164 | 1 | | | | 1 | |
| 245 | Sacatepequez | Sumpango | Chile | N14 38.378 | W90 42.674 | | 1 | | | | |
| 246 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja Dulce | N14 38.378 | W90 42.674 | | 1 | | | | |
| 247 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 38.378 | W90 42.674 | | 1 | | | | |
| 248 | Sacatepequez | Sumpango | Zanahoria | N14 38.378 | W90 42.674 | | 1 | | | | |
| 249 | Sacatepequez | San Miguel Dueñas | Ejote Frances | N14 32.800 | W90 42.536 | | 1 | | | | |
| 250 | Sacatepequez | San Miguel Dueñas | Ejote Frances | N14 32.800 | W90 42.536 | | 1 | | | | |
| 251 | Sacatepequez | Sumpango | Arveja china | N14 38.190 | W90 42.368 | 1 | | 1 | | | |
| 252 | Sacatepequez | Sumpango | Ejote Frances | N14 38.426 | W90 45.883 | | | 1 | 1 | | |
| 253 | Sacatepequez | Sumpango | Chile | N14 40.384 | W90 42.697 | | | | 1 | 1 | |
| 1 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Zanahoria | N14 36.793 | W90 50.584 | | 1 | | | | |
| 2 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 35.026 | W90 52.552 | | 1 | | | | |
| 3 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Lechuga | N14 36.003 | W90 52.494 | | 1 | | | | |
| 4 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 34.751 | W90 51.903 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 5 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 36.793 | W90 50.584 | | | | 1 | 1 | |
| 6 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Zanahoria | N14 36.793 | W90 50.584 | | | 1 | | | |
| 7 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 36.793 | W90 50.584 | 1 | | 1 | 1 | | |
| 8 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Haba | N14 36.793 | W90 50.584 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 9 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 35.026 | W90 52.552 | 1 | | 1 | 1 | | 1 |
| 10 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Arveja | N14 35.778 | W90 51.044 | 1 | | | 1 | | |
| 11 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 35.778 | W90 51.044 | | | 1 | 1 | 1 | |
| 12 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 36.793 | W90 50.584 | | 1 | | | | |
| 13 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Brassica | N14 36.793 | W90 50.584 | | | | 1 | | |
| 14 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Chile | N14 36.793 | W90 50.584 | | 1 | | | | |
| 15 | Chimaltenango | San Andres Itzapa | Tomate | N14 35.026 | W90 52.552 | | 1 | | | | |
| 16 | Chimaltenango | Parramos | Ejote | N14 35.142 | W90 48.554 | | 1 | | | | |
| 17 | Chimaltenango | Parramos | Brassica | N14 34.460 | W90 49.084 | 1 | | | | 1 | |
| 18 | Chimaltenango | Parramos | Ejote | N14 37.288 | W90 56.493 | | 1 | | | | |
| 19 | Chimaltenango | Parramos | Haba | N14 35.238 | W90 50.322 | | | | 1 | | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|----------|-----------|------------|------------|---|---|---|--|---|---|
| 20 | Chimaltenango | Parramos | Chile | N14 34.460 | W90 49.084 | | | | | 1 | |
| 21 | Chimaltenango | Parramos | Lechuga | N14 34.460 | W90 49.084 | 1 | | 1 | | | 1 |
| 22 | Chimaltenango | Parramos | Tomate | N14 34.460 | W90 49.084 | 1 | | | | 1 | |
| 23 | Chimaltenango | Parramos | Arveja | N14 34.460 | W90 49.084 | | 1 | | | | |
| 24 | Chimaltenango | Parramos | Ejote | N14 34.460 | W90 49.084 | 1 | | | | 1 | |
| 25 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 42.131 | W90 56.101 | | | | | 1 | |
| 26 | Chimaltenango | Tecpan | Haba | N14 43.470 | W90 58.069 | 1 | | | | 1 | |
| 27 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 42.131 | W90 56.101 | | | | | 1 | 1 |
| 28 | Chimaltenango | Tecpan | Arveja | N14 43.470 | W90 58.069 | | 1 | | | | |
| 29 | Chimaltenango | Tecpan | Tomate | N14 50.033 | W90 59.365 | | 1 | | | | |
| 30 | Chimaltenango | Tecpan | Arveja | N14 49.624 | W90 59.745 | 1 | | | | 1 | |
| 31 | Chimaltenango | Tecpan | Arveja | N14 49.624 | W90 59.745 | 1 | | | | 1 | |
| 32 | Chimaltenango | Tecpan | Brassica | N14 44.980 | W90 58.157 | 1 | | | | 1 | |
| 33 | Chimaltenango | Tecpan | Brassica | N14 49.683 | W91 00.015 | 1 | | | | 1 | |
| 34 | Chimaltenango | Tecpan | Haba | N14 50.033 | W90 59.365 | 1 | | | | 1 | |
| 35 | Chimaltenango | Tecpan | Zanahoria | N14 43.470 | W90 58.069 | | 1 | | | | |
| 36 | Chimaltenango | Tecpan | Brassica | N14 43.470 | W90 58.069 | | | | | 1 | |
| 37 | Chimaltenango | Tecpan | Zanahoria | N14 42.425 | W90 56.417 | | | | | 1 | |
| 38 | Chimaltenango | Tecpan | Zanahoria | N14 49.136 | W90 58.737 | | 1 | | | | |
| 39 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 42.131 | W90 56.101 | | | | | 1 | |
| 40 | Chimaltenango | Balanya | Zanahoria | N14 42.132 | W90 56.102 | | 1 | | | | |
| 41 | Chimaltenango | Tecpan | Zanahoria | N14 42.199 | W90 56.028 | | | | | 1 | |
| 42 | Chimaltenango | Tecpan | Haba | N14 41.853 | W90 58.138 | | 1 | | | | |
| 43 | Chimaltenango | Zaragoza | Haba | N14 38.234 | W90 52.149 | | | | | 1 | |
| 44 | Chimaltenango | Zaragoza | Brassica | N14 38.238 | W90 52.125 | 1 | | | | 1 | |
| 45 | Chimaltenango | Balanya | Arveja | N14 41.590 | W90 54.596 | | | | | 1 | |
| 46 | Chimaltenango | Tecpan | Haba | N14 42.199 | W90 56.028 | | | | | 1 | |
| 47 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 41.516 | W90 58.006 | | 1 | | | | |
| 48 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N14 40.805 | W90 57.232 | 1 | | | | 1 | |
| 49 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 41.853 | W90 58.138 | | | | | 1 | |

| | | | | | | | | | | | |
|----|---------------|----------|-----------|------------|------------|---|---|---|---|---|--|
| 50 | Chimaltenango | Balanya | Ejote | N14 40.708 | W90 55.380 | | | | 1 | | |
| 51 | Chimaltenango | Zaragoza | Zanahoria | N14 38.330 | W90 52.127 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 52 | Chimaltenango | Tecpan | Arveja | N14 42.633 | W90 58.317 | | | | | 1 | |
| 53 | Chimaltenango | Balanya | Arveja | N14 40.708 | W90 55.380 | 1 | | | 1 | | |
| 54 | Chimaltenango | Balanya | Ejote | N14 40.832 | W90 55.866 | | | | | 1 | |
| 55 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 42.199 | W90 56.028 | | | | 1 | | |
| 56 | Chimaltenango | Balanya | Tomate | N14 40.903 | W90 56.317 | | 1 | | | | |
| 57 | Chimaltenango | Balanya | Haba | N14 40.831 | W90 55.156 | | | | 1 | | |
| 58 | Chimaltenango | Tecpan | Haba | N14 41.516 | W90 58.006 | 1 | | | | 1 | |
| 59 | Chimaltenango | Balanya | Lechuga | N14 40.832 | W90 55.866 | | | | | 1 | |
| 60 | Chimaltenango | Zaragoza | Lechuga | N14 37.953 | W90 53.950 | | 1 | | | | |
| 61 | Chimaltenango | Tecpan | Lechuga | N14 41.853 | W90 58.138 | | | | | 1 | |
| 62 | Chimaltenango | Zaragoza | Arveja | N14 40.941 | W90 53.554 | | | | 1 | | |
| 63 | Chimaltenango | Balanya | Arveja | N14 40.708 | W90 55.380 | | | | 1 | | |
| 64 | Chimaltenango | Balanya | Brassica | N14 40.708 | W90 55.380 | 1 | | | | 1 | |
| 65 | Chimaltenango | Zaragoza | Tomate | N14 37.945 | W90 53.950 | | | | | 1 | |
| 66 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 41.176 | W91 01.364 | | | | 1 | | |
| 67 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 41.694 | W91 01.373 | 1 | | | | 1 | |
| 68 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 40.445 | W90 59.609 | | | | 1 | | |
| 69 | Chimaltenango | Zaragoza | Arveja | N14 38.330 | W90 52.127 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 70 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 41.694 | W91 01.373 | | | | | 1 | |
| 71 | Chimaltenango | Zaragoza | Haba | N14 40.941 | W90 53.554 | | | | | 1 | |
| 72 | Chimaltenango | Zaragoza | Brassica | N14 40.941 | W90 53.554 | 1 | | | | 1 | |
| 73 | Chimaltenango | Patzun | Tomate | N14 40.500 | W90 59.978 | 1 | | 1 | | | |
| 74 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N14 39.344 | W90 57.477 | | | 1 | 1 | 1 | |
| 75 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 41.940 | W91 01.688 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 76 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 41.449 | W91 01.324 | | 1 | | | | |
| 77 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 41.940 | W91 01.688 | | | 1 | | 1 | |
| 78 | Chimaltenango | Patzun | Haba | N14 41.940 | W91 01.688 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 79 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 39.307 | W90 56.747 | 1 | | | 1 | 1 | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----------|-----------|------------|------------|---|---|---|---|---|--|
| 80 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 39.307 | W90 56.747 | 1 | | | 1 | 1 | |
| 81 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 38.457 | W91 02.513 | | | 1 | | 1 | |
| 82 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 38.457 | W91 02.513 | 1 | | 1 | 1 | 1 | |
| 83 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 38.457 | W91 02.513 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 84 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 38.457 | W91 02.513 | | | | | 1 | |
| 85 | Chimaltenango | Patzun | Haba | N14 41.940 | W91 01.688 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 86 | Chimaltenango | Patzun | Haba | N14 38.457 | W91 02.513 | | | | | 1 | |
| 87 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 37.690 | W90 58.129 | | | | | 1 | |
| 88 | Chimaltenango | Patzun | Zanahoria | N14 37.690 | W90 58.129 | | 1 | | | | |
| 89 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 38.457 | W91 02.513 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 90 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 41.694 | W91 01.373 | | | | | 1 | |
| 91 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 41.694 | W91 01.373 | | | | | 1 | |
| 92 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 39.307 | W90 56.747 | | | | 1 | 1 | |
| 93 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 37.690 | W90 58.129 | | 1 | | | | |
| 94 | Chimaltenango | Patzun | Arveja | N14 38.457 | W91 02.513 | 1 | | | | 1 | |
| 95 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 37.690 | W90 58.129 | | 1 | | | | |
| 96 | Chimaltenango | Patzun | Brassica | N14 39.307 | W90 56.747 | 1 | | | | 1 | |
| 97 | Chimaltenango | Patzizia | Zanahoria | N14 39.344 | W90 57.477 | | | 1 | | 1 | |
| 98 | Chimaltenango | Patzizia | Zanahoria | N13 54.999 | W90 49.105 | | | | | 1 | |
| 99 | Chimaltenango | Patzizia | Arveja | N14 39.344 | W90 57.477 | | | | | 1 | |
| 100 | Chimaltenango | Patzizia | Brassica | N13 54.999 | W90 49.105 | | | | | 1 | |
| 101 | Chimaltenango | Patzizia | Ejote | N14 39.307 | W90 56.747 | | | | 1 | | |
| 102 | Chimaltenango | Patzizia | Haba | N14 39.729 | W90 57.386 | | | 1 | | 1 | |
| 103 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N14 39.307 | W90 56.747 | 1 | | 1 | 1 | | |
| 104 | Chimaltenango | Patzizia | Arveja | N14 39.729 | W90 57.386 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 105 | Chimaltenango | Patzizia | Tomate | N14 39.344 | W90 57.477 | 1 | | 1 | | | |
| 106 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N14 39.344 | W90 57.477 | | | 1 | | | |
| 107 | Chimaltenango | Patzizia | Brassica | N14 39.344 | W90 57.477 | | | | | 1 | |
| 108 | Chimaltenango | Patzizia | Arveja | N14 37.201 | W90 56.507 | | | 1 | | 1 | |
| 109 | Chimaltenango | Patzizia | Arveja | N14 39.307 | W90 56.747 | | | | 1 | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----------|-----------|------------|------------|---|---|---|---|---|--|
| 110 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N14 37.201 | W90 56.507 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 111 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N14 37.341 | W90 56.382 | | | | 1 | 1 | |
| 112 | Chimaltenango | Patzizia | Brassica | N14 39.729 | W90 57.386 | 1 | | 1 | | 1 | |
| 113 | Chimaltenango | Patzizia | Tomate | N14 37.341 | W90 56.382 | | | | 1 | 1 | |
| 114 | Chimaltenango | Patzizia | Brassica | N14 39.729 | W90 57.386 | | | 1 | | | |
| 115 | Chimaltenango | Patzizia | Zanahoria | N13 54.999 | W90 49.105 | 1 | | | | 1 | |
| 116 | Chimaltenango | Patzizia | Arveja | N13 54.999 | W90 49.105 | 1 | | | | 1 | |
| 117 | Chimaltenango | Patzizia | Lechuga | N13 54.999 | W90 49.105 | 1 | | | | 1 | |
| 160 | Chimaltenango | Comalapa | Haba | N14 35.499 | W90 20.050 | | | 1 | | 1 | |
| 161 | Chimaltenango | Comalapa | Brassica | N14 44.125 | W90 53.394 | | | | 1 | 1 | |
| 162 | Chimaltenango | Comalapa | Arveja | N14 44.125 | W90 53.394 | | | | 1 | 1 | |
| 163 | Chimaltenango | Comalapa | Arveja | N14 35.499 | W90 20.050 | | | | 1 | | |
| 164 | Chimaltenango | Comalapa | Ejote | N14 47.342 | W90 51.307 | | | 1 | | | |
| 165 | Chimaltenango | Comalapa | Arveja | N14 35.499 | W90 20.050 | | | | 1 | | |
| 166 | Chimaltenango | Comalapa | Haba | N14 35.499 | W90 20.050 | | | 1 | | 1 | |
| 167 | Chimaltenango | Comalapa | Brassica | N14 35.499 | W90 20.050 | | 1 | | | | |
| 168 | Chimaltenango | Comalapa | Tomate | N14 47.342 | W90 51.307 | | | 1 | 1 | | |

12.2 Colección de fotografías



Fotografía 1. Extracción de quistes del suelo



Fotografía 2. Extracción de quistes del suelo



