

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**REALIZADO EN EXPORTACIONES UNIDAS S.A. DETERMINACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA ENFERMEDAD PATA NEGRA EN
AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL
DEPARTAMENTO DE RETALHULEU, GUATEMALA**

NELLY CRISTINA GONZÁLEZ BATRES

GUATEMALA, ENERO DE 2020

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**REALIZADO EN EXPORTACIONES UNIDAS S.A. DETERMINACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DEL AGENTE CAUSAL DE LA ENFERMEDAD PATA NEGRA EN
AJONJOLÍ (*Sesamum indicum* L.). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN EL
DEPARTAMENTO DE RETALHULEU, GUATEMALA**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

NELLY CRISTINA GONZÁLEZ BATRES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, ENERO DE 2020

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olympo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes

VOCAL PRIMERO Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona

VOCAL SEGUNDO Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez

VOCAL TERCERO Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid

VOCAL CUARTO Pr. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez

VOCAL QUINTO Br. Sergio Wladimir González Paz

SECRETARIO Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, ENERO DE 2020

Guatemala, enero de 2020

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación realizado en **Trabajo de graduación realizado en Exportaciones Unidas S.A. Determinación y caracterización del agente causal de la enfermedad pata negra en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Diagnóstico y servicios en el departamento de Retalhuleu, Guatemala**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, suscribo la presente.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Nelly Cristina González Batres

ACTO QUE DEDICO

A

Dios: Eterno Creador de vida, Su luz y poder han permitido este gran paso en mi vida, por lo que estoy agradecida en sobremanera. Agradezco que haya sido mi compañero Fiel, que su gracia me acompañó desde mucho antes de iniciar este gran paso en mi vida y que aún hoy se muestra en mi vida.

Por ser mi fortaleza, mi paz en momentos difíciles, mi luz en la oscuridad. Por darme inteligencia, capacidad y diligencia, ya que todo lo que hice fue magnificado por El y todo esto lo he logrado Gracias a Él.

Mis Padres: Rene Alberto González Valle y Dabeyba Ester Batres Roca. Por su apoyo incondicional en el trayecto de mi vida. Por ser una guía en cada momento y llenarme de ánimo en tiempos difíciles. Por enseñarme que, con esfuerzo y dedicación, cualquier cosa puede lograrse. Gracias por toda la ayuda, por darme todos los recursos y herramientas, me siento orgullosa de que sean mis padres por lo que son.

Mis Hermanos y Familiares: Diego Alberto y Nesly Gabriela. Tías y tíos, primos y primas. Por el apoyo que me han dado y con sus palabras ayudarme a no desistir. Les agradezco por confiar en mí y lo que puedo lograr.

Mis abuelos: Rubén González, Porfirio Batres, Raquel Valle y Adelina Roca por sus palabras de aliento y por siempre apoyarme, ayudarme y darme todo su cariño durante mi vida.

Mis amigos: Alvaro Cuc, Belvet Escobar, Miriam Méndez, Roció Cubur, Debby Escobar, Gerber Tubac, Wendy Sierra, Clara Arenas, Diego Bran, Fabiola de León, Margarita Monroy, Javier Morales, Pablo Aguilar, Rubén Samayoa, Alfredo Mejía, Héctor Salazar, Kelder Ortiz, Adolfo Gómez, Krystal García, Alexandra Flores y Douglas García. Gracias por todo su apoyo.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

Facultad de Agronomía: Por ser la casa de enseñanza académica en mi formación profesional y brindarme todos los conocimientos necesarios para poder sobresalir en el área agronómica.

USAC: Por ser mi alma mater y proveerme las herramientas necesarias para desarrollar mis capacidades intelectuales, científicas, pedagógicas.

UNIEXPORT: Por la oportunidad dada de realizar investigación, entre otros y brindarme los materiales y el espacio para realizar los proyectos descritos en este trabajo de graduación.

Agricultores de la Costa Sur: En especial a los productores de ajonjolí. Por todo el trabajo que realizan en sus parcelas y el manejo que le dan a sus cultivos para brindar productos de calidad. Por todos los conocimientos adicionales e información que brindaron para poder realizar este trabajo de graduación que permitirá conocer el desarrollo del cultivo de ajonjolí en diferentes áreas.

AGRADECIMIENTOS

A

Facultad de Agronomía: por darme las herramientas y enseñarme los métodos necesarios para desempeñar un trabajo de calidad.

Mi Asesor: Ing. Agr. Gustavo Álvarez. Por la paciencia al darme instrucciones y brindarme asesoría y los recursos pertinentes para la investigación. Por compartir sus conocimientos y brindarme apoyo.

Mi Supervisor: Ing. Agr. Hermógenes Castillo. Por la asesoría y guía que me brido en la realización de este trabajo de graduación y a lo largo del Ejercicio Profesional Supervisado.

UNIEXPORT: Por el apoyo brindado durante el Ejercicio Profesional Supervisado en especial al Ing. Agr. Ricardo Morales que en paz descansa y a Ericka Alvarado por su ayuda en todos los aspectos.

Alvaro Cuc: Por el apoyo en la culminación de este logro. Por toda la ayuda brindada en investigación y por ser un gran compañero y darme los consejos necesarios para continuar este proceso y finalizarlo. Tienes mi aprecio y agradecimiento siempre.

ÍNDICE GENERAL

| Contenido | Página |
|---|---------------|
| CAPÍTULO I | 1 |
| 1.1 PRESENTACIÓN | 3 |
| 1.2 MARCO REFERENCIAL | 4 |
| 1.3 OBJETIVOS: | 5 |
| 1.3.1 General: | 5 |
| 1.3.2 Específicos: | 6 |
| 1.4 METODOLOGÍA | 6 |
| 1.4.1 Componentes físicos en el cultivo de ajonjolí | 6 |
| 1.4.2 Condiciones actuales del manejo de ajonjolí | 6 |
| 1.4.3 Condiciones socioeconómicas del cultivo de ajonjolí | 7 |
| 1.5 RESULTADOS | 7 |
| 1.5.1 Aspectos edafoclimáticos | 7 |
| 1.5.2 Manejo del cultivo de ajonjolí | 9 |
| 1.5.2 Variedades | 12 |
| 1.5.3 Principales problemas en el manejo de ajonjolí | 12 |
| 1.5.4 Priorización de problemas | 14 |
| 1.5.5 Comportamiento de los precios | 15 |
| 1.6 CONCLUSIONES | 15 |
| 1.7 RECOMENDACIONES | 16 |
| 1.8 BIBLIOGRAFÍA | 17 |
| 1.9 ANEXOS | 19 |
| CAPÍTULO II | 23 |
| 2.1 PRESENTACIÓN | 25 |
| 2.2 MARCO TEÓRICO | 26 |
| 2.2.1 Marco conceptual | 26 |
| 2.2.2 Marco referencial | 38 |
| 2.3 OBJETIVOS | 42 |
| 2.3.1 Objetivo general | 42 |
| 2.3.2 Objetivos específicos | 42 |

| | Página |
|---|---------------|
| 2.4 HIPÓTESIS..... | 42 |
| 2.5 METODOLOGÍA | 42 |
| 2.5.1 Fase de campo..... | 42 |
| 2.5.2 Fase de laboratorio | 45 |
| 2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 50 |
| 2.6.1 Síntomas de la enfermedad | 50 |
| 2.6.2 Nematodos..... | 53 |
| 2.6.3 Interpretación de análisis de suelo | 58 |
| 2.6.4 Datos climáticos | 58 |
| 2.6.5 Aislamiento del patógeno | 59 |
| 2.6.6 Estructuras de <i>Phytophthora sp.</i> | 62 |
| 2.6.7 Pruebas de patogenicidad en ajonjolí | 63 |
| 2.7 CONCLUSIONES | 67 |
| 2.8 RECOMENDACIONES..... | 68 |
| 2.9 BIBLIOGRAFÍA..... | 69 |
| 2.10 ANEXOS..... | 76 |
| CAPÍTULO III..... | 85 |
| 3.1 PRESENTACIÓN | 87 |
| 3.2 PRIMER SERVICIO: ANÁLISIS DE SANIDAD DE SEMILLAS DE CINCO VARIEDADES DE AJONJOLÍ..... | 88 |
| 3.2.1 Objetivos | 88 |
| 3.2.2 Metodología..... | 88 |
| 3.2.3 Resultados | 90 |
| 3.2.2 Evaluación..... | 95 |
| 3.2.3 Bibliografía | 96 |
| 3.3 SEGUNDO SERVICIO: ELABORACIÓN DE UN FOLLETO DEL MANEJO DEL AJONJOLÍ Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS | 97 |
| 3.3.1 Objetivos | 97 |
| 3.3.2 Metodología..... | 97 |
| 3.3.4 Evaluación | 110 |
| 3.3.5 Bibliografía | 111 |

ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro | Página |
|--|---------------|
| Cuadro 1. Matriz de doble entrada del manejo de ajonjolí | 14 |
| Cuadro 2A. Formato de las entrevistas hechas a los productores | 21 |
| Cuadro 3. Características agronómicas de los sitios de muestreo | 40 |
| Cuadro 4. Resultados de lecturas de nematodos del suelo | 54 |
| Cuadro 5. Resultados de lecturas de nematodos de raíz..... | 57 |
| Cuadro 6. Medias de datos climáticos del municipio de Retalhuleu y Champerico | 59 |
| Cuadro 7. Datos y resultados de las muestras recolectadas..... | 61 |
| Cuadro 8A. Fórmulas de medios de cultivo utilizados | 76 |
| Cuadro 9A. Datos climáticos en la estación sinóptica de Retalhuleu | 78 |
| Cuadro 10A. Datos climáticos en la estación sinóptica de Retalhuleu | 79 |
| Cuadro 11A. Datos climáticos en la estación meteorológica de Champerico | 80 |
| Cuadro 12A. Datos climáticos del mes de septiembre en la estación meteorológica de Champerico | 81 |
| Cuadro 13. Matriz de productos aplicados | 108 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura | Página |
|---|--------|
| Figura 1. Área potencial de producción de ajonjolí y ubicación de comunidades en donde se recolectó información..... | 5 |
| Figura 2. Recorridos en plantaciones de ajonjolí..... | 10 |
| Figura 3. Proceso de postcosecha..... | 11 |
| Figura 4. Árbol de causas y efectos del manejo de ajonjolí..... | 13 |
| Figura 5. Mapa del departamento de Retalhuleu..... | 41 |
| Figura 6. Recolección de muestras en localidades seleccionadas..... | 43 |
| Figura 7. Plantas enfermas de Pata Negra..... | 44 |
| Figura 8. Preparación de embudos de Baermann..... | 45 |
| Figura 9. Proceso de desinfección de raíz para inoculación en manzana verde..... | 46 |
| Figura 10. Método de aislamiento de Oomycetes por cultivo trampa (manzana verde)..... | 46 |
| Figura 11. Siembra de porciones infectadas en medios selectivos de cultivo..... | 47 |
| Figura 12. Purificación de medios..... | 48 |
| Figura 13. Procedimiento de inoculación..... | 49 |
| Figura 14. Área de focos de infección en el parcelamiento Caballo Blanco..... | 50 |
| Figura 15. Área de muestreo en parcelamiento La Máquina..... | 51 |
| Figura 16. Síntomas provocados por la enfermedad Pata Negra..... | 52 |
| Figura 17. Marchitez de la planta causado por <i>Phytophthora sp.</i> en el cultivo de ajonjolí, en aldea Las Pilas..... | 53 |
| Figura 18. Sistema radicular poco desarrollado como síntoma de la enfermedad Pata negra provocada por <i>Phytophthora sp.</i> | 53 |
| Figura 19. <i>Rotylenchulus</i> encontrado en muestra de parcelamiento La Máquina..... | 55 |
| Figura 20. <i>Pratylenchus</i> muestra de la aldea Las Pilas..... | 55 |
| Figura 21. <i>Helicotylenchus</i> muestra de parcelamiento La Máquina..... | 55 |
| Figura 22. Patrones de crecimiento de los aislamientos realizados de <i>Phytophthora sp.</i> | 59 |
| Figura 23. Desarrollo y crecimiento de <i>Phytophthora sp.</i> (colonias puras)..... | 60 |
| Figura 24. Micelio y Zoosporas de <i>Phytophthora sp.</i> | 62 |
| Figura 25. Clamidosporas <i>Phytophthora sp.</i> | 62 |
| Figura 26. Oospora y esporangios de <i>Phytophthora sp.</i> | 63 |
| Figura 27. Plantas en suelo inoculado de aislados de <i>Phytohthora sp.</i> | 64 |
| Figura 28. Plantas inoculadas con <i>Phytophthora sp.</i> de aislamientos de la localidad Caballo Blanco..... | 64 |
| Figura 29. Plantas inoculadas con <i>Phytophthora sp.</i> de aislamientos de la localidad La Máquina..... | 65 |
| Figura 30. Plantas inoculadas con <i>Phytophthora sp.</i> de aislamientos de la localidad Las Pilas..... | 66 |
| Figura 31A. Especificación pictográfica para identificación de especies de <i>Phytophthora</i> , características de crecimiento en medio PDA..... | 77 |

| | Página |
|---|---------------|
| Figura 32A. Análisis químico de suelo, La Máquina Centro 2, Retalhuleu | 82 |
| Figura 33A. Análisis químico de suelo, Parcelamiento Caballo Blanco, Retalhuleu..... | 83 |
| Figura 34A. Análisis químico de suelo, Aldea Las Pilas, Retalhuleu | 84 |
| Figura 35. Preparación de medios de cultivo PDA | 88 |
| Figura 36. Siembra de semillas en papel filtro..... | 89 |
| Figura 37. Siembra de semillas en medios de cultivo | 89 |
| Figura 38. Semilla y plántula rodeada de micelio | 91 |
| Figura 39. Plántulas de R-198 sanas | 91 |
| Figura 40. Fusarium en variedad cebo | 92 |
| Figura 41. Plántulas de la variedad cebo | 93 |
| Figura 42. Cladosporium y Aspergillus en variedad trébol, patógenos de granos almacenados..... | 93 |
| Figura 43. Plántulas de la variedad escoba sanas | 94 |
| Figura 44. Curvularia en la variedad escoba | 94 |
| Figura 45. Penicilium en la variedad crema..... | 95 |
| Figura 46. Portada del folleto | 98 |
| Figura 47. Semilla tratada | 100 |
| Figura 48. Siembra de forma mateada..... | 100 |
| Figura 49. Siembra a chorro..... | 101 |
| Figura 50. Control de malezas con cultivadora | 101 |
| Figura 51. Daño causado por tortuguillas en ajonjolí | 102 |
| Figura 52. Trampa amarilla en plantación | 104 |
| Figura 53. Plantas de ajonjolí afectadas por la pata negra | 105 |
| Figura 54. Corte de ajonjolí | 106 |
| Figura 55. Secado de parvas | 107 |
| Figura 56. Limpieza del grano de ajonjolí en el campo | 107 |
| Figura 57. Almacenamiento correcto de productos fitosanitarios | 108 |
| Figura 58. Área de barbecho para residuos de productos | 109 |
| Figura 59. Pasos del triple lavado | 109 |

RESUMEN

Este documento constituye al informe final del Ejercicio Profesional Supervisado, -EPSA- de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizado en Retalhuleu, Guatemala, en el período comprendido entre febrero a noviembre del año 2017, el cual está estructurado en tres capítulos; siendo el primero un diagnóstico de las áreas de producción de ajonjolí y de la empresa UNIEXPORT S.A., el segundo lo constituye la investigación que lleva por nombre Determinación y caracterización del agente causal de la enfermedad Pata Negra en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), en el Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía USAC, Guatemala, C.A. y en el tercero se presentan los servicios realizados en Exportaciones Unidas S.A. San Sebastián, Retalhuleu.

Exportaciones Unidas S.A. en Guatemala es una empresa que se dedica al manejo post-cosecha de diferentes semillas, especialmente el ajonjolí. Como empresa internacional tiene un compromiso con sus clientes de brindar producto de calidad con el fin de satisfacer la demanda del mercado global.

Como una empresa interesada en el desarrollo rural del país y el fortalecimiento de los proveedores, espera que se logre una mayor producción, sin un aumento significativo en los costos. Debido a que la empresa necesita un control específico del manejo del cultivo fue necesario realizar un diagnóstico de este en las diferentes localidades donde el ajonjolí es cultivado. Por lo que se obtuvo conocimiento del contexto que se presentan en el proceso productivo del ajonjolí en los últimos años

La investigación se realizó en tres localidades del departamento de Retalhuleu: parcelamiento La Máquina, parcelamiento Caballo Blanco y aldea Las Pilas.

La enfermedad llamada Pata Negra es el principal desafío que poseen los productores de ajonjolí, por lo que se realizó la determinación del agente causal para su posterior control y prevención. Se registró la aparición de síntomas y signos en relación a la fenología del cultivo, encontrando el desarrollo de estos aproximadamente a los 28 DDS. En un intervalo de cinco a siete días se observó la coloración rojiza de la base del tallo, marchitez y el estrangulamiento del tallo característico de la enfermedad.

Se recolectaron 30 muestras de plantas enfermas. Para el aislamiento en laboratorio se utilizó el método del cultivo trampa con manzana verde para el aislamiento de Oomycetes y medios de cultivo PARPB y PARPBH. De las muestras procesadas se obtuvieron 27 cepas de *Phytophthora*. La purificación de la colonia se llevó a cabo en PDA.

Estas cepas se inocularon en suelo para realizar las respectivas pruebas de patogenicidad. De las 27 inoculaciones que se realizaron 24 presentaron resultados positivos, desarrollando los síntomas de la enfermedad Pata Negra. Por lo tanto, el agente causal de la enfermedad es *Phytophthora sp.*

Para descartar la posibilidad de que el patógeno pudiera transmitirse por medio de la semilla se realizó un análisis de sanidad de semilla para las variedades de ajonjolí con las que trabaja la empresa. En este análisis se desarrollaron patógenos que se presentan en la fase de almacenamiento. Encontrando únicamente en la variedad Cebo, estructuras de *Fusarium* con baja incidencia; por lo que se confirma que los patógenos que atacan a la planta de ajonjolí se encuentran mayormente en el suelo, plantas hospederas, rastrojo, entre otros.

Para brindar información a los productores de ajonjolí en cuanto al manejo del cultivo de ajonjolí y a las buenas prácticas agrícolas que se deben aplicar para cumplir con los estándares de calidad que brinda la empresa se editó un folleto el cual permite el conocimiento de las prácticas culturales adecuadas para el cultivo, así como recomendaciones de los productos fitosanitarios que pueden utilizarse para el manejo integrado de las principales plagas y enfermedades que atacan el cultivo de forma tal que se brinde un control efectivo que permita un rendimiento mayor.



CAPÍTULO I

Diagnóstico de las áreas de producción de ajonjolí y de la empresa UNIEXPORT S.A.

1.1 PRESENTACIÓN

El presente diagnóstico se realizó en el mes de febrero del año 2017 en las zonas productoras de ajonjolí en Retalhuleu, Guatemala, con el fin de recopilar información para la empresa UNIEXPORT S.A.

Exportaciones Unidas S.A. es una empresa que se encarga del proceso post-cosecha para la comercialización de la producción, sin embargo, la información sobre el manejo del cultivo es incompleta. Como toda empresa interesada en el desarrollo rural del país y el fortalecimiento de los proveedores, Exportaciones Unidas S.A. espera lograr una mayor producción, sin aumentar significativamente en los costos. Con este objetivo se requirió obtener información de las diferentes circunstancias que se han presentado en el proceso productivo en los últimos años para encontrar alternativas que puedan dar solución a las mismas y los productores logren percibir un ingreso mayor al incrementar sus rendimientos y asimismo, la empresa pueda brindar a sus clientes un producto de calidad que cumpla las exigencias del mercado.

El cultivo de ajonjolí es un cultivo importante para la exportación. Guatemala se reconoce como un proveedor mundial de ajonjolí de alta calidad. El ajonjolí natural en los últimos 10 años se ha exportado a países como: Alemania, Corea del Sur, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, Japón, México, entre otros.

Los principales departamentos productores de ajonjolí son: Retalhuleu, Suchitepéquez, Quetzaltenango, San Marcos, Escuintla, Petén y Santa Rosa, generando empleos directos en campo.

Japón es el mercado con la mayor tasa de consumo, es exigente con el sabor y calidad del grano; para que el producto se acepte, éste debe cumplir con altos estándares de calidad y limpieza, además de requisitos fitosanitarios específicos. Para lograr este propósito la trazabilidad es clave, la cual incluye el manejo que se le dé al cultivo en campo principalmente productos químicos que se utilizan y las buenas prácticas agrícolas que se implementan.

El cultivo de ajonjolí es una alternativa para muchos agricultores en la costa sur de Guatemala, ya que les permite obtener un ingreso extra. Los agricultores no reciben una

asistencia técnica formal que les brinde información de métodos que podrían implementar para aumentar la producción de esta semilla oleaginosa. Es necesario realizar una priorización de las diferentes problemáticas para encontrar alternativas y estrategias que logren un rendimiento mayor.

Se hace necesario entonces tener acceso a la información que incluya un Manejo Integrado de plagas y enfermedades, así como programas de fertilización y otras herramientas que les permitirá darle a las plantaciones un manejo adecuado y un aumento en el rendimiento.

El siguiente diagnóstico proporciona información del manejo del cultivo de ajonjolí en la costa sur del país, permitiendo la identificación de retos y debilidades en la producción de ajonjolí, con el fin de formular estrategias para brindar apoyo a los agricultores de manera integral.

1.2 MARCO REFERENCIAL

La recolección de información del manejo del cultivo de ajonjolí, se realizó en tres municipios, Retalhuleu, San Andrés Villaseca y Champerico.

La cabecera departamental de Retalhuleu se posiciona a 14°32'7" latitud norte y 91°40'42" longitud oeste, con altura de 239 m s.n.m., con extensión territorial de 796 km² (SEGEPLAN, 2011).

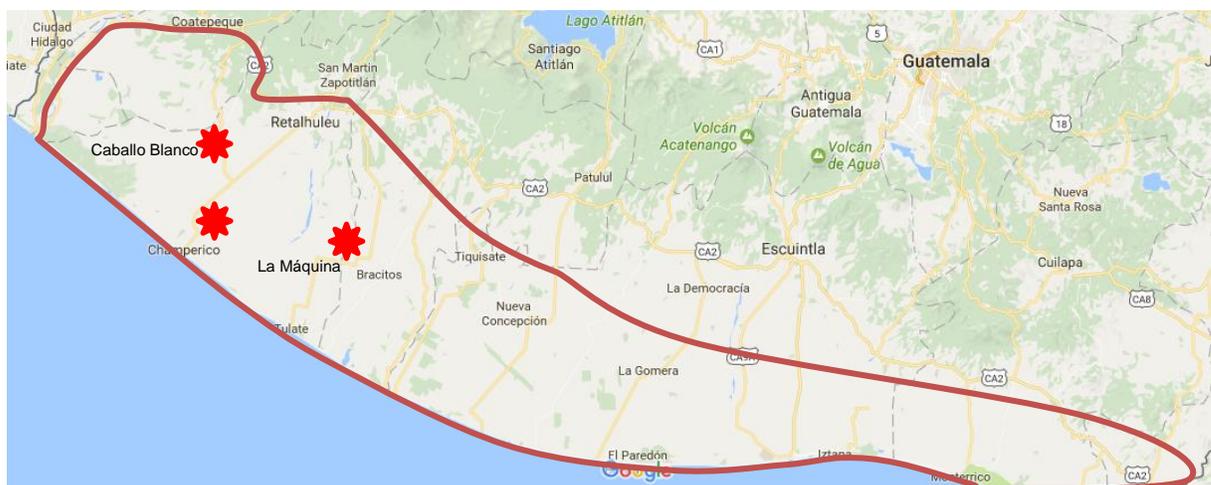
Del Departamento de Retalhuleu la recopilación de información se realizó en el parcelamiento Caballo Blanco. El parcelamiento Caballo Blanco se encuentra a 100 m s.n.m., la temperatura promedio es de 27 °C. Se encuentra en la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido con precipitación de 1,200 mm a 2,000 mm (SEGEPLAN, 2011).

El municipio de San Andrés Villa Seca se localiza al este del departamento de Retalhuleu, tiene como límites el municipio de San Felipe al norte, al sur el Océano Pacífico, al este los municipios de Cuyotenango y San Francisco Zapotitlán y al oeste los municipios de San Martín Zapotitlán, Santa Cruz Muluá y Retalhuleu. Se localiza a 14°34'41", latitud norte y 91°35'05", longitud oeste. Su altitud va de 0 m s.n.m. a 600 m s.n.m. (SEGEPLAN, 2010).

Del municipio de San Andrés Villa Seca, la información se obtuvo en el parcelamiento La Máquina. Este parcelamiento se encuentra a altitudes que van de 6 m a 150 m s.n.m. Los suelos del parcelamiento se clasifican en Ixtán Arcilla y en menor escala la Ixtán Franco-Limoso. Clasificado como zona sub-tropical seca, con temperaturas de 20 a 35°C. La precipitación anual media es de 1,860 mm (SEGEPLAN, 2010).

El municipio de Champerico se localiza a 14°17'35" latitud norte y 91°54'50" longitud oeste, altura de 5 m s.n.m., con extensión territorial de 416 km² (SEGEPLAN, 2010).

La recolección de información en este municipio se realizó en la Aldea El Rosario. La Aldea El Rosario tiene temperaturas de 21 °C a 35 °C, se encuentra a altitudes de 8 m a 37 m s.n.m. El suelo es de la serie Ixtán Franco Arcilloso (SEGEPLAN, 2010).



Fuente: Google Maps, 2017

Figura 1. Área potencial de producción de ajonjolí y ubicación de comunidades en donde se recolectó información.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general:

Conocer la situación del manejo del Ajonjolí en el Parcelamiento La Máquina, El Rosario, y Caballo Blanco, Retalhuleu, Guatemala.

1.3.2 Objetivo específico

1. Describir los componentes físicos de los diferentes lugares.
2. Priorizar los problemas actuales encontrados en relación al manejo en campo que se le da al ajonjolí.
3. Determinar la situación socioeconómica de los productores de ajonjolí.

1.4 METODOLOGÍA

1.4.1 Componentes físicos en el cultivo de ajonjolí

Se elaboró una recopilación bibliográfica acerca de los tipos de suelos, zonas de vida, precipitación pluvial y temperatura en las diferentes localidades.

Se efectuaron muestreos de suelo, los cuales se trasladaron al Laboratorio de Análisis de suelo-planta-agua ubicado en el edificio UVIGER, 3er Nivel, Ciudad universitaria, USAC, zona 12 Guatemala, Guatemala.

Posteriormente, fueron recopilados datos de precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH en Retalhuleu, para los meses de agosto y septiembre.

1.4.2 Condiciones actuales del manejo de ajonjolí

El diagnóstico se realizó bajo el contexto del método participativo el cual incluyó el diálogo con las personas encargadas del proceso productivo del Ajonjolí.

Esto se realizó por medio de entrevistas. El formato de estas entrevistas se encuentra en el cuadro 1A. La entrevista se enfocó en el manejo que cada agricultor da al cultivo, los aspectos edafoclimáticos que posee su área de producción y los productos químicos que utiliza.

Por medio de una revisión bibliográfica acerca del manejo del cultivo y de los aspectos edafoclimáticos que permiten un desarrollo adecuado, fue posible identificar las causas de problemas que se tienen en las diferentes localidades en donde se produce ajonjolí.

La siembra del cultivo de ajonjolí inicia a finales del mes de julio y la primera quincena del mes de agosto, por lo que al momento de realizar el presente diagnóstico no había plantaciones del cultivo. Sin embargo, se encontraron ensayos de adaptación para ajonjolí negro, en los cuales se realizaron caminamientos para la observación del contexto del manejo del ajonjolí en dos de las localidades estas fueron: Parcelamiento Caballo Blanco y La Máquina.

Se elaboró un árbol de causas y efectos permitiendo la visualización de todo el contexto del manejo del ajonjolí.

Se priorizaron los problemas potenciales mediante el método de matriz de doble entrada.

1.4.3 Condiciones socioeconómicas del cultivo de ajonjolí

Se entrevistó a los productores en cuanto al precio de venta del quintal de ajonjolí.

1.5 RESULTADOS

1.5.1 Aspectos edafoclimáticos

Alrededor de toda la costa sur se produce ajonjolí. En cada localidad existe una variedad de condiciones ambientales que influyen en la producción de ajonjolí y su manejo. Es importante la comprensión de este contexto ya que las necesidades serán diferentes según la localidad en la que se encuentre, las variedades, la altitud, el tipo de suelo y el comportamiento de la precipitación pluvial en el año de producción.

1.5.1.1 Zonas de vida

Las principales zonas de producción son: La Máquina, Caballo Blanco, La Blanca, Cuchupán, El Rosario, San Mauricio, La Nueva Concepción, entre otros. Las zonas de vida de las diferentes localidades también cambian, de región en región, siendo las más encontradas: La zona seca subtropical, Bosque húmedo subtropical y Bosque muy húmedo subtropical.

1.5.1.2 Tipos de suelos

Entre las generalidades que se encontraron se puede mencionar que los tipos de suelo varían y en estas localidades se pueden encontrar suelos arcillosos, franco-limosos, franco-arcillosos, franco arenosos y arenosos. El cultivo de ajonjolí requiere que se siembre en suelos arenosos. Este cultivo tiene bajos requerimientos hídricos por lo que, al realizar la siembra en suelos arenosos, con buen drenaje, no se tendrán problemas de anegamiento que causen la proliferación de patógenos.

Los suelos del Parcelamiento La Máquina y Parcelamiento Caballo Blanco poseen suelos franco-arenosos. La Aldea Las Pilas posee suelo franco-arcilloso, lo cual nos indica que posiblemente existan problemas de hongos debido a la humedad.

En las figuras 33A a 35A podemos observar los resultados de los análisis químicos de suelo. Según los análisis químicos de suelo los microelementos se encuentran en cantidades aptas para el desarrollo del cultivo, por lo que es necesario un programa de fertilización en donde se apliquen productos que puedan proporcionar mayormente N y P.

1.5.1.3 Altitud

La altitud en la mayor parte de las localidades se encuentra de 0 m a 300 m s.n.m. En otras localidades alcanza los 800 m s.n.m. En general se cultiva en altitudes que permiten un buen rendimiento.

1.5.1.4 Precipitación pluvial

En la mayoría de localidades las lluvias inician en el mes de mayo y finalizan en octubre con una precipitación que va aproximadamente de 1,000 mm a 2,000 mm, lo cual es mayor al requerimiento hídrico del cultivo, por lo que se deben tomar medidas preventivas ante hongos fitopatógenos que pudieran existir en el suelo y desarrollarse ante estas condiciones, especialmente en los años con lluvias copiosas.

1.5.1.5 Temperatura

Los rangos de temperaturas oscilan de 20 °C a 35 °C, variando de una región a otra. Para los meses de agosto y septiembre pueden corroborarse estos datos en los cuadros 9A al 11A.

1.5.1.6 Cambio climático

La mayor parte de las áreas en donde se realiza la producción de ajonjolí cumple con las condiciones ambientales y los aspectos edafoclimáticos que requiere la planta.

Los últimos años las lluvias no han sido constantes y las fechas de invierno y canícula han mostrado un comportamiento informal, lo cual ha afectado precisamente la época de siembra y cosecha. En el año 2015, en la época de siembra (mes de julio) en algunas localidades no hubo lluvia la cual es necesaria para la germinación y en otras en el tiempo de secado de parvas, llovió causando daños al producto que estaba por transportarse a la planta comercializadora.

1.5.2 Manejo del cultivo de ajonjolí

El manejo que se le da al ajonjolí varía de un productor a otro. En cuanto a la preparación del suelo que se realiza, los agricultores indicaron que se utiliza el arado y la rastra, mientras que otros utilizan la rastra Romplow la cual permite una mejor mezcla de los residuos vegetales con el suelo y una mejor aireación. Algunos no realizan ninguna de las anteriores lo cual podría hacer que el porcentaje de germinación disminuya ya que se requiere que el suelo pueda estar mullido para facilitar la emergencia y el desarrollo radicular.

Gran parte de los parcelamientos son utilizados para el sistema de producción maíz y ajonjolí en relevo. Posterior a la dobla del maíz, se efectúa la siembra del ajonjolí. Normalmente se siembra en forma mateada, entre las calles de maíz doblado. La distancia entre matas es de 30 cm y se siembran alrededor de seis a ocho granos por postura. En la comunidad de La Nueva Concepción se realiza la siembra a chorro. Se requieren de 6 a 7 kg de semilla por hectárea.

Generalmente realizan 2 aplicaciones foliares. Según el monitoreo realizado por la Agexport los productores utilizan en su mayoría Nutrex®, Bayfolan®, entre otros. Algunos productores realizan aplicaciones de Sulfato de Amonio en las primeras etapas fenológicas.

Se realizan dos limpieas durante el ciclo de cultivo o se efectúa un control químico utilizando Fusilade® o Ilustre®.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 2. Recorridos en plantaciones de ajonjolí. A: Entrevista en Parcelamiento La Máquina. B: Emparvado en plantación de Champerico. C: Parcelamiento Caballo Blanco.

1.5.2.1 Plagas y enfermedades

Entre las principales plagas de ajonjolí se encuentran: tortuguillas, pulgones y mosca blanca. Las plagas aumentan si existe sequía. La Agexport reporta la plaga de la araña roja, debido su tamaño, los agricultores no la perciben, por lo que aplican plaguicidas no específicos para este acaro. Los daños se observan en etapas posteriores.

La enfermedad principal es conocida como “pata negra” ya que el tallo adquiere una coloración oscura y empieza a haber defoliación. Se desconoce el agente causante por lo que su control comúnmente es poco efectivo. Rojas Cáceres, 1998 estimó que la enfermedad reduce el rendimiento entre el 38 % y el 63 % de acuerdo a la interacción de humedad, tipo de drenaje, momento de ataque y resistencia varietal. Siendo mayor la reducción cuando ataca entre los 40 y 68 días después de la siembra.

1.5.2.2 Manejo post-cosecha

El corte se realiza cuando las plantas tienen una coloración amarilla y se colocan en manojos los cuales se amarran y después se levantan para proporcionarles un secado completo, esta parte del proceso post-cosecha se observa en la figura 2B. Posteriormente

se aporrean y finalmente se limpian por medio de zarandas finas. El ajonjolí ya limpio se guarda en sacos que deben ser transportados a los centros de acopio donde se compran y es necesario que el transporte que lo contenga, cumpla con las normas de limpieza requeridas para que sea aceptado.

Exportaciones Unidas S.A. cuenta con un protocolo de almacenaje, el cual se efectúa cada vez que entra producto a la planta comercializadora. Lo primero que se realiza es una inspección visual del transporte, ya que es necesario que esté limpio y que no se haya transportado con otros productos que pudiesen modificar la calidad del grano, en olor, sabor o cualquier otro aspecto.

Se registra el lugar de procedencia, el proveedor, el intermediario y quien es la persona que lo lleva a la planta comercializadora. Por cada saco que se entrega se realiza muestreo de granos, dos personas realizan el chuseo. Los muestreos se realizan en la parte alta y media y en la parte media y baja. Esto proporciona información de la variedad y la cantidad de merma que posee cada saco, de esta forma se puede aceptar o rechazar el producto.

En el muestreo se evalúan características como: la limpieza, la calidad del grano, la humedad del grano y que el producto sea de la temporada. Posteriormente se toman muestras generales del producto ingresado y se realiza un análisis de aspectos de higiene y calidad en el laboratorio de control de calidad. En la planta comercializadora se clasifica la semilla según la variedad en: R-198, Cebo y otros o la mezcla de los otros nombrada estándar o normal.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 3. Proceso de postcosecha. A: Limpieza de ajonjolí con Sortex. B: Muestras de Laboratorio de Control de Calidad.

1.5.2 Variedades

Para el mercado las diferentes variedades son de suma importancia ya que poseen diferencias de color, tamaño, entre otros; pero especialmente el sabor que posee cada variedad es la característica que exige Japón siendo el mayor comprador de ajonjolí.

Por lo anterior las variedades deben ser clasificadas en la planta comercializadora para su posterior venta. La variedad R-198 es la más cotizada por Japón y otros países, por el sabor y el tamaño que esta presenta. Sin embargo, en muchas áreas esta ha resultado susceptible a problemas de hongos.

El cebo es una de las variedades que más se producen por su resistencia a enfermedades. La variedad trébol no se recibe, debido a que la calidad es menor y el grano es más grande, lo cual dificulta su limpieza en la planta comercializadora y posee un leve sabor amargo. Esta variedad también es conocido como chicote por poseer un solo eje, Señorita, y mexicano. Tampoco se recibe ningún producto dañado por la lluvia.

La clasificación normal se utiliza para otras variedades como Crema, Petenero, Corona, Blanquina, Escoba Blanca, entre otros.

1.5.3 Principales problemas en el manejo de ajonjolí

En la figura 4 se presentan los problemas encontrados en relación al manejo del ajonjolí. Este permite observar las deficiencias que existen en el manejo de ajonjolí. La mayor parte de los efectos del manejo se resumen en un aumento en los costos de producción y un bajo rendimiento debido a que no se aplican prácticas y controles específicos que permitan el desarrollo y crecimiento de la planta.

La falta de conocimiento en cuanto a plagas y enfermedades que atacan las plantaciones causan un gasto innecesario en muchos de los casos, debido a que los productos aplicados no atacan específicamente al insecto o patógeno. El desconocimiento del agente causal o la causa de la enfermedad pata negra que es la principal enfermedad que ataca las plantaciones de ajonjolí en Guatemala, no permite que se apliquen las medidas necesarias para reducir el daño provocado por esta enfermedad causando así pérdidas en algunos casos aproximadamente del 60 % del área sembrada según la información brindada en las entrevistas por los productores.

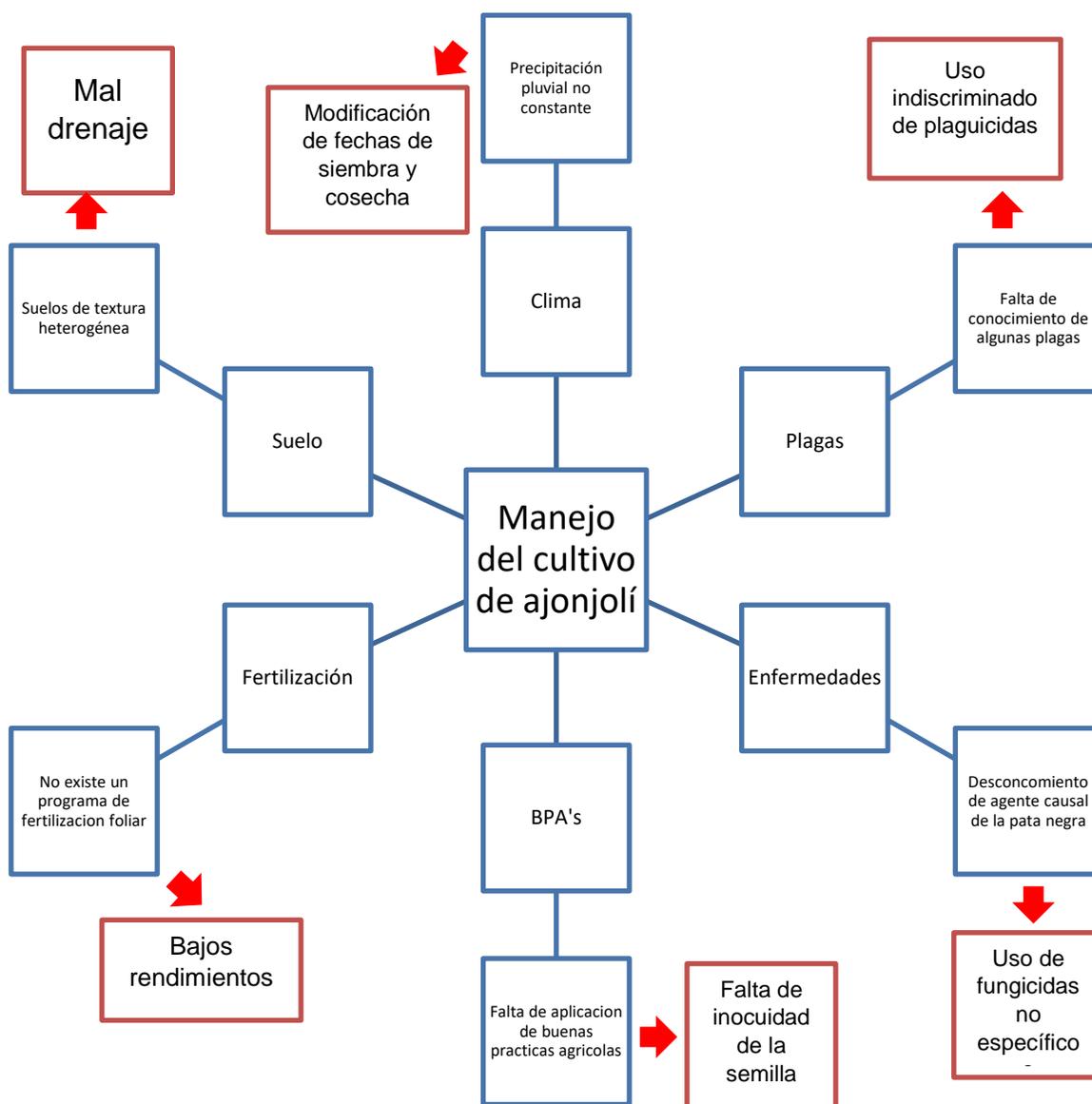


Figura 4. Árbol de causas y efectos del manejo de ajonjolí.

El clima y el suelo son factores que, aunque no se pueden controlar, al implementar medidas específicas se logrará reducir el daño que las enfermedades ocasionan. En suelos arcillosos o franco arcillosos habrá un drenaje pobre por lo que la humedad aumentará permitiendo de esta manera que las condiciones sean favorables para el desarrollo de hongos y patógenos.

Debido a que el ajonjolí es un cultivo de relevo, normalmente los productores se enfocan en la fertilización del cultivo anterior generalmente maíz. Por lo que el suelo posee cantidades adecuadas de microelementos como se puede observar en las figuras 33A a 35A.

1.5.4 Priorización de problemas

La priorización de problemas encontrados en el manejo del cultivo de ajonjolí se efectuó mediante el método de matriz de doble entrada la cual nos permite comparar cada uno de los problemas y clasificar según el nivel de impacto económico.

Cuadro 1. Matriz de doble entrada del manejo de ajonjolí

| Aspectos a evaluar | 1. Suelo | 2.Clima | 3.Plagas | 4.Enfermedades | 5.BPA´s | 6.Fertilización |
|--------------------|----------|---------|----------|----------------|---------|-----------------|
| 1. Suelo | | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2. Clima | 1 | | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3. Plagas | 3 | 3 | | 4 | 3 | 3 |
| 4. Enfermedades | 4 | 4 | 4 | | 4 | 6 |
| 5. BPA´s | 5 | 5 | 3 | 4 | | 6 |
| 6. Fertilización | 6 | 6 | 3 | 4 | 6 | |

Fuente: elaboración propia, 2018.

Como se observa en el cuadro 1, el problema más influyente son las enfermedades que atacan el cultivo de ajonjolí, principalmente la pata negra y el mal del talluelo, esto se ve reflejado en lo reportado por los productores en las entrevistas realizadas.

Debido a que no se conoce el agente causal o la causa de la enfermedad pata negra, es necesario primeramente realizar la determinación de la misma para poder aplicar productos o alternativas específicas ya sea para la prevención o mitigación de la enfermedad.

En cuanto al mal del talluelo que se presenta principalmente en las primeras semanas después de la siembra es recomendable realizar un análisis de sanidad de semillas que permite determinar si las semillas están contaminadas para la aplicación de tratamiento antes de la siembra o si es atacada por patógenos del suelo.

Las plagas y la fertilización seguirían en orden de importancia por lo que se deberán tomar medidas que permiten reducir el daño causado por las plagas y aumentar la producción al aplicar un programa de fertilización.

1.5.5 Comportamiento de los precios

El Comité de Ajonjolí de AGEXPORT reporta que El 70 % de la producción de la semilla de ajonjolí se exporta hacia el mercado japonés y estadounidense, caracterizándose por su sabor, color y aroma. Esta semilla es utilizada para el consumo en grano entero, tostado o para la elaboración de aceites comestibles de alto valor.

Uno de los mayores retos que se ha tenido en los últimos años en la producción de ajonjolí tiene relación al precio del mismo, el ajonjolí natural se ha estado comprando a precios menores (es decir, Q 300.00 a Q 350.00 por qq) en comparación con décadas anteriores (aun hasta Q 500.00 por qq), lo cual hace que los productores busquen nuevas alternativas para generar ingresos. Si los productores de ajonjolí no logran encontrar en el ajonjolí el ingreso en efectivo que con anterioridad este les proporcionaba, lo más probable es que ya no consideren la producción de ajonjolí como rentable y empiecen a enfocar su producción en otros cultivos. Hidalgo Portillo, 2000, en su trabajo de graduación menciona que: “En la mayoría de los casos, el ingreso obtenido por la venta de maíz, cubre los costos de producción de ambos cultivos y los ingresos generados por la venta de ajonjolí, constituye la verdadera ganancia del sistema.”

Ya que el tema de los precios no es algo que se pueda modificar con facilidad, si los productores incrementan el rendimiento en sus parcelas al darle un manejo adecuado a la plantación reducirán la pérdida de grano para la venta y a pesar del precio lograrán cubrir los costos de producción (insumos y otros) y además obtener la ganancia que esperan.

1.6 CONCLUSIONES

1. Las condiciones climáticas, en especial la precipitación pluvial informal presentada los últimos años es una de las causas de los diferentes problemas, ya que alteran en la época de siembra y de cosecha llegando a causar daños. El ajonjolí se encuentra distribuido por toda la costa sur, en condiciones ambientales y edafoclimáticas diferentes según la localidad, por lo que los productores se enfrentan a situaciones adversas para el desarrollo del cultivo.

2. En la mayoría de las localidades las plagas aumentan si la planta no recibe la cantidad de agua adecuada y en contra parte si la precipitación pluvial es mayor a la requerida por el cultivo, la germinación y proliferación de hongos será mayor. La producción promedio de ajonjolí por manzana en los últimos años ha estado por debajo de lo reportado a nivel mundial, esto es debido a plagas y enfermedades que han venido afectando las plantaciones, además de la aplicación de productos no específicos para el control de estas, debido a la falta de asistencia técnica.
3. El ajonjolí natural se ha estado comprando a precios entre Q 300.00 a Q350.00 esto en el año 2015 los cuales son bajos en comparación con otros años, lo cual hace que los productores busquen nuevas alternativas para generar ingresos.

1.7 RECOMENDACIONES

1. Es necesario brindar asistencia técnica implementando tecnología que sea útil, accesible y se adapte a las condiciones y posibilidades de los productores de ajonjolí y poner a disposición información sobre el manejo del cultivo para que logren un incremento en su rendimiento y de esta manera a pesar de los precios del mercado, ellos puedan continuar considerando el cultivo de ajonjolí como rentable. Esto puede lograrse con capacitaciones, parcelas demostrativas y panfletos de información.
2. Por el tema de la trazabilidad y su importancia en el comercio internacional es necesario una implementación de Buenas Prácticas Agrícolas en el manejo de ajonjolí a nivel de campo.
3. Es necesario realizar planes MIP de las plagas principales, es decir, la tortuguilla, los pulgones, la mosca blanca y la araña roja que permitan reducir el daño causados por estos insectos.
4. La identificación del agente causal de la enfermedad conocida como “pata negra” permitirá encontrar soluciones correctas y preventivas para que los agricultores no pierdan una gran parte de sus plantaciones tanto en las primeras etapas de desarrollo como en las últimas etapas.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Chacón Pérez, J. J. 2007. Evaluación agronómica de 14 cultivares de ajonjolí (*Sesamum indicum* L) con fines de selección de materiales promisorios en Las Cruces, La Libertad, Petén. Tesis Ing.Agr. Guatemala, USAC.
2. Hidalgo Portillo, I. A. (Noviembre de 2000). Análisis y priorización de recomendaciones técnicas generadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L) durante el periodo 1975-1988, en cinco parcelamientos agrarios de la costa sur de Guatemala (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 13, 23-35. Consultado 7 mar. 2017. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1909.pdf.
3. IICA, Costa Rica. 2006. Guía practica para la exportación a EE.UU. Ajonjolí (en línea). Managua, Nicaragua. p. 4-6. Consultado 8 mar. 2017. Disponible en www.bionica.info/biblioteca/icca2006ajonjoliexportacion.pdf
4. INC., C. I. (13 de Noviembre de 2009). Manual de Ajonjolí, Nombre científico: *Sesamum indicum* L. Obtenido de Proyecto de Desarrollo de la Cadena de valor y Conglomerado Agrícola .
5. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. 560 p.
6. Ovando, P. 2017. Manejo del cultivo de ajonjolí en Guatemala (entrevista). Retalhuleu, Guatemala, Agexport, Técnico de Campo.
7. Pineda Coronado, M.R. 2009. Respuesta del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L, Pedaliaceae) a la fertilización al suelo y foliar en aldea El Paredón, Buena Vista, La Gomera, Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 62 p. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2009/06/04/Pineda-Mynor.pdf>
8. Rojas Cáceres, L.J. 1998. Epidemiología de la pata negra y sus efectos en la producción de ajonjolí *Sesamum indicum* L. Tesis Ing. Agr. León, Nicaragua,

Universidad Nacional Agraria, Facultad de Desarrollo Rural. p. 2-4, 21-25.
Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/731/1/tnh20r741.pdf>

9. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Felipe, Retalhuleu, Guatemala. Guatemala.
10. _____. 2011. Plan de desarrollo Retalhuleu, Retalhuleu, Guatemala. Guatemala.
11. SEGEPLAN (Secretaria General de Planificacion y Programacion de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo Champerico, Retalhuleu, Guatemala. Guatemala.
12. Vaca Moran, F.; Vásquez Galán, J.; Vásquez Granda, V.; Vásquez Guillen, J. 2001. Manual del cultivo de ajonjolí (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 19-24. Consultado 7 mar. 2017. Disponible en https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf
13. Vides , A. (22 de Diciembre de 2016). Baja en los commodities, un desafío para el ajonjolí guatemalteco. Consultado 27 feb. 2017, de Agexport HOY, Periódico Digital del Sector Exportador de Guatemala. Disponible en <http://agexporthoy.export.com.gt/2016/12/baja-en-los-commodities-un-desafio-para-el-ajonjoli-guatemalteco/>

1.9 ANEXOS

Entrevista a Pablo Ovando

En el 2013 la Agexport y el Comité de Ajonjolí realizaron un estudio y recopilaron información sobre la producción de Ajonjolí, en toda la Costa Sur de Guatemala. Ovando Pablo uno de los encargados en realizar los diferentes sondeos y proporcionar alternativas a los productores, brindó información útil para el diagnóstico que se realizó.

El estudio definió como áreas productivas de ajonjolí en Guatemala a los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Quetzaltenango, San Marcos, Santa Rosa, Escuintla y Peten.

Del Monitoreo de la producción de ajonjolí que ellos realizaron, encontraron que existe la plaga de la araña roja la cual ataca a la planta en cierta etapa y los daños que causa se pueden visualizar hasta después de la floración, ya que la hoja se deforma y hay encrespamiento. Por tener la araña roja un aparato bucal chupador succiona la savia de la planta, debilitándola y haciendo que la producción disminuya ya que provoca raquitismo en las plantas. Esta plaga normalmente se da por sequías prolongadas y según el estudio se ha visto mayor daño en áreas más cercanas al mar.

La mayoría de productores que si tenían la percepción de esta plaga utilizaban insecticidas organofosforados como Endosulfan y Cipermetrina, los cuales son insecticidas de contacto. Ya que la Araña Roja ataca en su estado de ninfa como resultado del estudio se encontró que la Abamectina como traslaminar lograba controlar la plaga y disminuir su población.

Puede que por el tamaño microscópico de este ácaro cuando aún no es adulto, los agricultores en si desconozcan completamente la plaga que pudiese ser la causa de bajos rendimientos no realizando el debido control. Es necesario realizar un estudio de incidencia de esta plaga en las zonas de mayor producción.

Otra de las problemáticas encontradas por el monitoreo realizado fue el mal de talluelo. Es importante mencionar que en la producción de ajonjolí se sabe que según el comportamiento de las condiciones ambientales es decir la precipitación pluvial que se reciba en cada área incidirá en los problemas de plagas o enfermedades. Por lo anterior si

hay una mayor precipitación en comparación con el requerimiento de agua de la planta habrá problemas mayores de enfermedades y lo contrario si la planta no recibe la cantidad suficiente de agua se tendrá problemas con plagas.

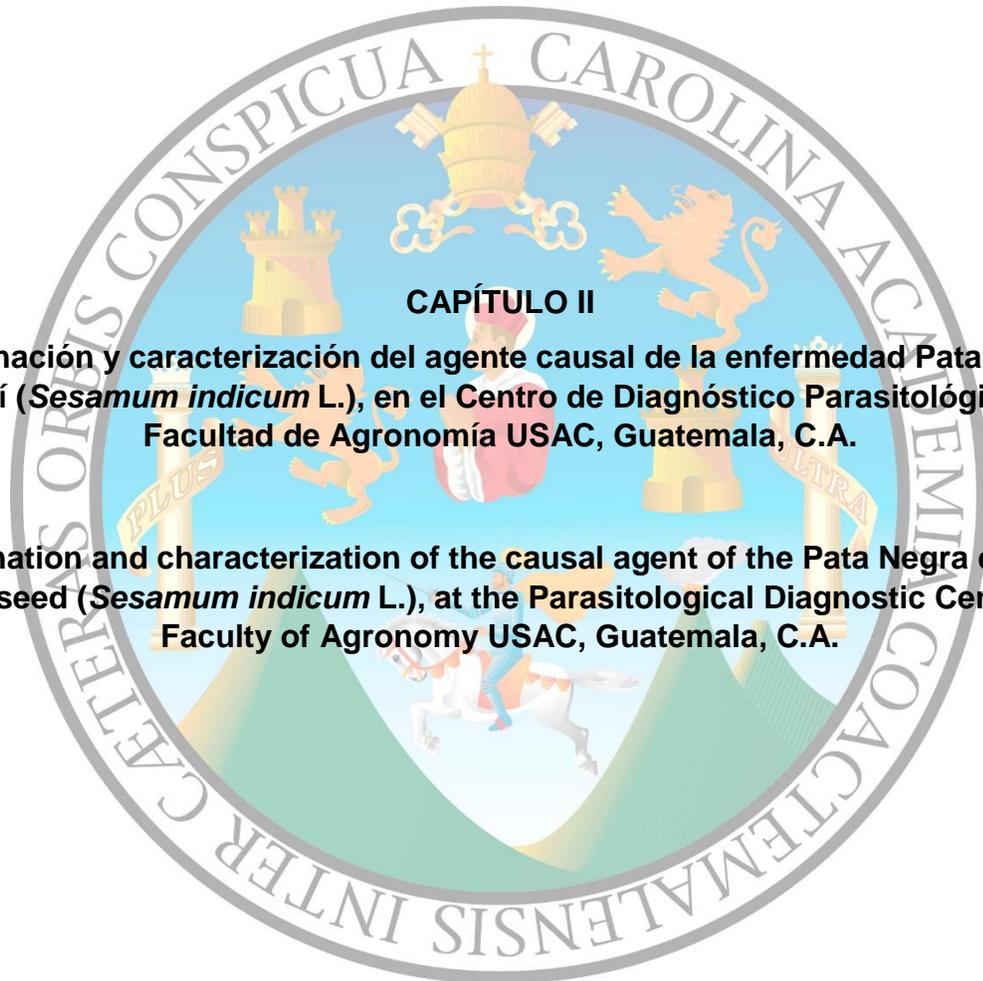
Cuando se presenta el mal de talluelo, 10 días después de la siembra habrá defoliación. Se desconocen cuál es el agente causante del mal de talluelo. En la mayoría de los casos se aplica Banrot®, se realizan enmiendas con cal o se aplican otros fungicidas que atacan a agentes que provocan el mal de talluelo, pero existe algunos en donde no se logra un buen control, por desconocerse un agente específico que sea el causante de esta enfermedad también conocida como “Pata Negra”.

En cuanto a la nutrición y fertilización que se realiza, la mayor parte de los productores durante el ciclo productivo aplica foliares en tres ocasiones a los 15, 30 y 45 días después de la siembra. Los productos más utilizados son Nutrex®, Bayfolan®, CalcionBor®.

Cuadro 2A. Formato de las entrevistas hechas a los productores.

| | | |
|---|---------------|--------------------------------|
| Boleta No. | Lugar: | |
| Nombre del entrevistado: | | |
| 1. Extensión de siembra: | | |
| 2. Rendimiento obtenido por manzana: | | |
| 3. Preparación de suelos: | | |
| 4. Variedades que se utilizan: | | |
| 5. Método de siembra: | | |
| 6. Distanciamiento de siembra: | | |
| 7. Tratamiento que se le da a la semilla antes de la siembra (Productos): | | |
| 8. ¿Cómo se realiza el control de malezas? | | |
| 9. ¿Tiene problemas con plagas? ¿Cuáles? | | |
| 10. ¿Tiene problemas con enfermedades? ¿Cuáles? | | |
| MATRIZ DE PRODUCTOS QUE SE UTILIZAN | | |
| PRODUCTO | | CUANTAS VECES SE APLICA |
| FERTILIZANTES | | |
| INSECTICIDAS/NEMATICIDAS | | |
| FUNGICIDAS | | |

Fuente: elaboración propia, 2017.



CAPÍTULO II

Determinación y caracterización del agente causal de la enfermedad Pata Negra en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.), en el Centro de Diagnóstico Parasitológico de la Facultad de Agronomía USAC, Guatemala, C.A.

Determination and characterization of the causal agent of the Pata Negra disease in sesame seed (*Sesamum indicum* L.), at the Parasitological Diagnostic Center of the Faculty of Agronomy USAC, Guatemala, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El ajonjolí (*Sesamum indicum*) es cultivo de importancia para la exportación. Guatemala se reconoce como proveedor de ajonjolí de alta calidad y en los últimos 10 años se ha exportado a países como: Alemania, Corea del Sur, Costa Rica, El Salvador, Estados Unidos, Honduras, Estado del Japón, Estados Unidos Mexicanos, entre otros. Según el MAGA (2016) se exportan en promedio 27,130 T anualmente.

Los departamentos de Retalhuleu, Suchitepéquez, Quetzaltenango, San Marcos, Escuintla, Petén y Santa Rosa son los principales productores, generando empleos en campo e ingresos por la comercialización (De León, 2014).

En la Costa Sur, el mayor problema en ajonjolí es la enfermedad conocida como “pata negra”. Para poder diseñar planes de manejo y control se realizó la determinación del agente causal y caracterización de la enfermedad “pata negra” en 3 localidades del Departamento de Retalhuleu.

El estudio se realizó en los parcelamientos La Máquina, Caballo Blanco y la aldea Las Pilas, y el mismo consistió en captar muestras y la recolección de otros datos climáticos relacionados al desarrollo de la enfermedad.

Se obtuvieron 27 cepas de *Phytophthora sp* de las que 24 inóculos presentaron un resultado positivo, confirmando a este como agente causal de la enfermedad. Este estudio se realizó durante el EPS (Ejercicio Profesional Supervisado) de la FAUSAC, en el periodo comprendido entre Febrero – Noviembre, 2017.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

2.2.1.1 Origen del ajonjolí

El origen del ajonjolí no se ha definido con precisión, se acepta que procede de África, mayormente se menciona en la literatura a Etiopía y en algunas partes de Asia Central. (Hidalgo, 2000)

2.2.1.2 Morfología de la planta

Planta anual erecta aproximadamente de 1 m a 2 m de altura. Posee raíz principal con raíces secundarias y terciarias. El tallo recto es cuadrangular, simple o ramificado, raramente piloso o glabro (Chacón, 2007).

Hojas con largos peciolo, lobuladas y lanceoladas, márgenes enteros (Chacón, 2007).

Flores zigomorfas de corola gamopétala, Las flores aparecen entre los 60 y 75 días de haber sido plantadas. La flor de la planta de ajonjolí es tubular, en forma de campana y miden de 2 cm a 4 cm, en número de uno a tres por axila foliar, blancas, rosadas, lilas, moradas o cremas; sésiles o cortamente pediceladas, siendo los pétalos 5 bilabiados y están colocados de tal forma que encierran la flor. Hidalgo (2000) indica que existe autopolinización antes de que la corola se abra.

Los frutos están formados por cápsulas o vainas de dehiscencia loculicida, bi, tri, o tetralocular y su forma es ligeramente elíptica. Cada lóculo está dividido por una pared, que forma dos celdas paralelas que contienen de 15 a 20 óvulos cada una, de tal manera que cada cápsula bilocular (cuatro celdas) tiene de 70 a 80 semillas (Pineda, 2009).

La semilla es ovalada, achatada ligeramente en el extremo superior. Pineda (2009) indica que mil semillas pesan alrededor de 3 g.

2.2.1.3 Variedades

Las variedades de ajonjolí se clasifican por el tipo de capsulas en dehiscentes e indehiscentes y por la arquitectura de la planta en ramificadas y no ramificadas (variedades

de un solo tallo). Este último es el que mejores resultados ha dado en la producción de grano, debido a que presenta mayor uniformidad en la madurez que las variedades que tienen un tallo y dos ramas o un tallo y muchas ramas (ramificados).

El ajonjolí es altamente autógeno, bajo condiciones ordinarias se ha reportado solo el 4 % de cruzamiento natural, casos en donde se modifica la composición genética de los materiales, y se mezclan características no deseables (Chacón, 2007). Aunque mediante la polinización cruzada, se obtienen mejores rendimientos, maduración uniforme y mejor calidad del grano.

2.2.1.4 Clasificación taxonómica

Reino: Plantae

División: Tracheophytae

Clase: Magnoliopsida

Orden: Lamiales

Familia: Pedaliaceae

Género: Sesamum

Especie: indicum (EOL, 2013)

2.2.1.5 Aspectos edafoclimáticos

El ajonjolí logra buen desarrollo en regiones con clima cálido húmedo o cálido seco. Según Pineda (2009) se adapta mejor a suelos con textura franca, franca-arenosa o franca-arcillo-arenosa, profunda; ya que, por ser la semilla pequeña, podrá germinar con mayor facilidad, por lo que es preferible la textura ligera para que exista fácil emergencia de las plántulas. Los suelos con textura pesada retendrán mayor cantidad de agua, por más tiempo; condiciones que favorecen el desarrollo de hongos, por lo que el cultivo prefiere suelos con buen drenaje debido a que es susceptible a la humedad, por lo que se requiere una topografía plana. El pH debe de encontrarse en el rango de 5.5 a 7 (Chacón, J. 2007).

El ajonjolí es planta de días cortos que requiere aproximadamente 10 horas luz por día. Pineda (2009) menciona que en Guatemala se desarrolla en altitudes entre 0 m – 1,000 m s.n.m. Las regiones con mejor producción a nivel mundial se encuentran en altitudes de 0 m a 500 m s.n.m. según Hidalgo (2000) también se obtienen buenos rendimientos hasta

800 m s.n.m. con temperaturas que oscilan entre 21 °C – 35 °C. Requiere precipitaciones que van de 400 mm – 900 mm distribuidos durante su ciclo de cultivo.

Las siembras se encuentran en algunas localidades de los departamentos de San Marcos, Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Petén.

2.2.1.6 Preparación del suelo

El terreno debe estar mullido para facilitar el desarrollo radicular, con buena aireación. El MAG (1991) recomienda pasar la aradura a 20 cm de profundidad y dos rastreadas. Se deben construir canales de drenaje para evitar el encharcamiento del terreno.

2.2.1.7 Siembra

La época de siembra se acostumbra a hacer a finales de julio y principios de agosto dependiendo de las condiciones de la temporada lluviosa en el país.

Las formas de siembra son mateado y chorro continuo, este segundo ofrece mayores ventajas agronómicas para el manejo de la plantación, facilita el control de malezas y de plagas y enfermedades (Chacón, 2007).

Hidalgo (2000) recomienda el tratamiento y desinfección de las semillas con algunos fungicidas. El tratamiento con fungicidas es para prevenir el daño de fitopatógenos que causan lo que se conoce como “damping off” comúnmente denominada secadera de las plántulas. Generalmente se utilizan productos tratadores de semillas contra el daño provocado por plagas de suelo, principalmente la hormiga, que provoca pérdidas considerables en el cultivo.

2.2.1.8 Fertilización

Los fertilizantes nitrogenados son importantes como complemento a la fertilidad natural del suelo, para satisfacer las necesidades del cultivo y aumentar los rendimientos; Se sugiere iniciar con 50 kg/ha de N antes de la siembra o inmediatamente después.

Debe considerarse el suministro de elementos menores, tales como: Manganeso, Hierro, Cobre, Zinc, Boro y Molibdeno, para asegurar la efectividad de los fertilizantes (Chacón, 2007).

Pineda, M. (2009) en su evaluación de fertilización de ajonjolí, menciona que, de acuerdo a la capacidad financiera del agricultor, es recomendable fertilizar el cultivo de ajonjolí con 60 kg/ha de N, 30 kg/ha de P y 50 kg/ha de K; complementar con 1 L de fertilizante foliar, pues fue el tratamiento que presentó mayor rentabilidad (48 %). Como segunda opción aplicar 97.5 kg/ha de sulfato de amonio con rentabilidad de 30 %.

2.2.1.9 Control de malezas

El control de malezas es necesario en los primeros 40 días después de la germinación, generalmente se realizan dos limpiezas durante todo el ciclo o se emplea herbicida. Si durante este periodo se mantiene el cultivo libre de malezas no se tendrán problemas posteriores.

2.2.1.10 Enfermedad de la pata negra

La principal enfermedad en el cultivo de ajonjolí es conocida como la “Pata Negra”. Existe controversia en cuanto al agente causal de la pata negra, numerosos autores citan diferentes agentes causales y es que es posible que sea causado por patógenos que pudiesen estar asociados. El MAG (1991) en su libro de *Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica* menciona como principales hongos que afectan al ajonjolí a: *Rhizoctonia solani*, *Fusarium spp.*, *Pythium spp.* y *Sclerotium rolfsii*; los cuales producen pudrición acuosa en la base del tallo y las raíces.

En Egipto *Macrophomina phaseolina* muestra la mayor incidencia en las localidades monitoreadas según el trabajo que realizó MMA Khalifa, (2003) Seguido de *Fusarium spp.*, *R. solani* y *S. rolfsii*. El-Bramawy & Shaban, (2008); reporta a *Fusarium oxysporum* como el agente causal de la marchitez y *Macrophomina phaseolina* la causante de la pudrición carbonosa e indican que las plantas se infectan por ambos patógenos en cualquier etapa del desarrollo del cultivo (El-Bramawy & Shaban, 2008).

En Venezuela *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* han sido reportados como los que tienen mayores efectos negativos sobre la producción de ajonjolí (Herrera & Héran, 2012).

Los síntomas característicos de la enfermedad del ajonjolí conocida como Pata Negra son: coloración negra y rojiza en la base del tallo y raíz los cuales se pudren al final del ciclo de

la enfermedad; la planta adulta o en estado de plántula presenta marchitez y muerte prematura (Rojas, 2000).

Las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad son: alta humedad ambiental, encharcamiento, uso de semilla no certificada o tratada, posición equivocada del cultivo con respecto al viento. El momento de mayor susceptibilidad de la planta frente a la enfermedad es 40 días después de la siembra, o sea que a mayor edad de la planta habrá aparición más rápida de los síntomas (Rojas, 2000).

La pata negra se ha ubicado en la categoría de monocíclica. (Rojas, 1998). Los daños que Rojas Cáceres (1998) observo a partir de los 33 DDS fueron manchas en la base del tallo de color café, luego rojo oscuro y finalmente negro, esas tonalidades cambiaron en periodo de 5 a 7 días, y se produjo estrangulamiento del tejido de la base, marchitamiento y caída de la masa foliar, la cual causa la muerte definitiva de la planta, se observa crecimiento de esclerocios en el nivel donde se inició la infección.

El examen posterior de la raíz, permite observar la pudrición total de las raíces, el ahuecamiento de sus estructuras y la detención total de su crecimiento. Si la enfermedad se presenta en el periodo de floración, se produce la caída de las flores antes del marchitamiento y luego caída de hojas, constituyéndose para la planta como proceso irreversible.

Al presentarse la fructificación, se acelera el proceso de maduración presentándose apariencia de clorosis en la capsula de la punta hacia la base y de la parte superior de la planta hacia abajo, lo que produce el vaneo del grano por no tener la planta capacidad para el llenado del mismo (Rojas, 1998).

Rojas (1998) considera que a pesar de que la fuente principal de inoculo es el suelo; posee efecto multiplicativo a partir de lesiones. El tiempo estimado de retardo teórico es de 12 días.

El momento crítico para el cultivo donde las plantas son susceptibles a reducción en el rendimiento está en el rango de los 40 DDS a los 54 DDS, momento en el que el cultivo se encuentra en plena fructificación y formación de grano (Rojas, 1998).

2.2.1.11 Agentes causales reportados en otras publicaciones

2.2.1.11.1 *Macrophomina phaseolina*

Es el agente causal que más citan los estudios realizados en relación a la pata negra. Rojas (2000) en su determinación de los agentes patógenos causales de la enfermedad concluye que: la enfermedad en el cultivo de ajonjolí conocida como Pata Negra es producida por dos agentes fitopatógenos; el principal entre ellos el hongo *Macrophomina phaseolina*.

Macrophomina phaseolina como hongo imperfecto que es, produce esclerocios y micelios por cada esclerocio produce 10 tubos germinativos. “Es frecuente que estas estructuras antes mencionadas se encuentren en los tejidos podridos que se secan y forman hundimientos los cuales causan amarillamiento y posteriormente, la muerte de la planta” (Rojas, 2000).

Los síntomas que observo Rojas Mairena (2000) fueron coloraciones negras en la base del tallo y la raíz, donde existe posterior pudrición, mortandad en las plántulas y en las plantas adultas hay marchitez y muerte prematura.

La podredumbre carbonosa es de las principales enfermedades en ajonjolí; en Egipto informaron pérdida de rendimiento estimada de 57 % a aproximadamente 40 % de la incidencia de la enfermedad. En la India se reporta aproximadamente 50 % de incidencia. Maheshwari (2011); indica que el síntoma más común de la enfermedad es el marchitamiento repentino de las plantas durante todo el crecimiento del cultivo, principalmente después de la fase de floración. Debido a infección severa, el tallo se vuelve negro. El patógeno sobrevive como esclerocios en el suelo durante la fase parásita y en residuos de cultivo durante la fase saprofita. Reduce el vigor y la productividad de plantas adultas (El-Bramawy & Shaban, 2008).

Gokulakumar & Narayanaswamy (2008); en su estudio encontraron que la parte del tallo enfermo infectada se incrementó días posteriores y concluyeron que las plantas más viejas eran más susceptibles.

El-Bramawy & Shaban, (2008) encontraron resistencia de genotipos con semilla blanca, mientras que los genotipos negros o grises tienden a ser susceptibles.

Con su investigación logro observar que, al sembrar semilla infectada, la plántula presentar lesión negra y hundida cerca de la base del cotiledón. Se menciona que las lesiones empiezan al nivel del talluelo y avanzan hacia la raíz y tallo. Dentro de las estructuras que identifico están micelios oscuros o grises, esclerocios pequeños y lisos.

Macrophomina phaseolina es considerado capaz de diseminarse a través de la semilla como vehículo eficiente de diseminación y fuente de inoculo. La temperatura y los contenidos de humedad del suelo son dos factores abióticos fundamentales en la epidemiología de la enfermedad, que afectan la ecología y el crecimiento de *Macrophomina phaseolina* como patógeno y saprofito. No se reportan fungicidas disponibles para el control efectivo de la enfermedad en el campo (Ayala A & Cantúa A, 2013).

Los esclerocios y esporas son diseminados con las semillas y agua de lluvia o riego (Rojas, 2000).

Rojas (2000) y Vaca (2001) afirman que ocasiona pudrición carbonosa a nivel del tallo, ya que el tallo se pudre y adquiere color negro. En el manual del cultivo de sésamo y frejol publicado por Agroexport y en el Manual técnico sobre manejo de enfermedades en sésamo publicado en Paraguay la clasifican como el agente causal de la enfermedad llamada pudrición seca del tallo y pudrición carbonosa respectivamente, la cual causa ennegrecimiento del tallo, lesión que “abarca todo el tallo o limitarse a estría longitudinal, que toma color ceniza. Las ramas, hojas y capsulas que se encuentran en la parte afectada se secan, tornandose marrón, luego la planta se marchita y seca, debido a que el hongo penetra a la medula” (Cespedez & Valda, 2009).

2.2.1.11.2 *Phytophthora sp.* y *Phytophthora parasítica* var. *sesami*

Almeida (2015) nombra a *Phytophthora sp.* como el causante de la enfermedad llamada “tizón foliar” y “pudrición del cuello de la raíz”. *Phytophthora sp.*; Se encuentra en cualquier estrato y parte de la planta. Provoca coloración negra y aceleración de la madurez lo cual provoca la caída del grano y marchitez. Cespedez & Valda (2009) reportan a *Phytophthora*

parasítica como el agente causal de la enfermedad pata negra o pie negro, presentandose en cualquier época del ciclo del cultivo, en plantas mayores de un mes, especialmente en la etapa de la floración. Saharan, GS (2005) también indica que los daños son mayores en la etapa de floración sin embargo si la enfermedad se presenta en las primeras etapas, las perdidas pueden ser mayores. Los síntomas que presenta es mancha negra en el cuello del tallo, a cuál se extenderá sobre toda la circunferencia del tallo y causa estrangulamiento que secará la planta al impedirle el movimiento del agua.

Cespedez & Valda (2009) reportan que *Phytophthora parasítica* es el agente causal de la pata negra. Cazón y Anzoategui (2012) observaron el marchitamiento en la base del tallo, acompañado de necrosis negruzca de aspecto húmedo y debido a estas lesiones hay ahorcamiento que causa el volcamiento de las plantas. Además, mencionan que internamente en la medula se puede observar el daño ya que también hay necrosis negra y húmeda. Almeida (2015) indica que generalmente el inicio del ataque se observa en las raíces, causando pudrición negra después de lo cual por salpicaduras se inician lesiones en las hojas.

Almeida (2015) observo necrosis de aspecto húmedo, lo cual forma tizones de coloración negruzca indicando que inician en las hojas bajas y en ocasiones las lesiones presentan halo amarillo. En el tallo la necrosis que se presenta es irregular longitudinal de aspecto húmedo los cuales progresan hasta cubrir el tallo en su totalidad asociado a la pudrición de las raíces.

Ramakrishna, B (1988) describe que el patógeno puede invadir las raíces, produciendo marchitamiento y la posterior muerte de la planta. De igual forma el autor hace énfasis en que la incidencia de la enfermedad en las áreas de cultivo se debe a la alta humedad y el mal drenaje de los suelos lo cual propicia el ataque severo del patógeno.

En la Agenda técnica agrícola de Guerrero (2017) se nombra a *Phytophthora sp.* como el agente causal de la pata negra y se describe la enfermedad como una pudrición del cuello de la planta y marchitez.

En India la enfermedad causada por *Phytophthora* produce una pérdida de 66% hasta 79.8 %. Saharan, GS (2005) indica que los síntomas de la enfermedad aparecen en la parte

aérea de la planta. El primer síntoma observado cuando el patógeno ataca en las primeras etapas a la plántula las hojas presentan manchas húmedas de color café la cual aumenta de tamaño y con las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad la raíz principal adquiere una coloración negra presentando la pudrición completa de esta, comúnmente esta enfermedad se conoce como “damping off “. Cuando la planta alcanza la etapa de fructificación y ocurre la infección de este patógeno se observa la pudrición del tallo y las vainas, posteriormente existe un pobre desarrollo en las vainas.

El patógeno produce micelio hialino no septado. Los esporangióforos son hialinos y ramificados simpodialmente y portan esporangios. Los esporangios son hialinos y esféricos con prominente papila apical. Las oosporas son lisas, esféricas y de paredes gruesas. Sobrevive en el suelo a través de micelio latente y oosporas (TAU, 2016). Saharan, GS (2005). Almeida (2015) menciona que el micelio está compuesto de filamentos hialinos, hifas ramificadas y cenocíticos no septados. Las clamidosporas sobreviven a temperaturas de 50 °C – 52 °C.

2.2.1.11.3 *Fusarium sp* y *Fusarium oxysporum f.sp. sesami*

Fusarium sp; Afecta la base del tallo y la raíz con coloración negra. Rojas Mairena (2000) menciona a *Fusarium oxysporum* como el otro agente causal de la pata negra y describe los siguientes síntomas: las plantas enfermas muestran clorosis, achaparramiento, coloración café del xilema y lo más común marchitez. Agroexport y SNV lo clasifica como marchitez presentándose desde la floración, y causa en las hojas aspecto flácido, las cuales posteriormente se secan y se desprenden de la planta, de forma ascendente y es posible que aun cuando ataque las capsulas, las semillas no sean atacadas.

Los primeros síntomas de la enfermedad se manifiestan con ligero aclaramiento de las nervaduras de los folíolos jóvenes más externos. Cuando las plantas son infectadas en la etapa de plántula, es frecuente que se marchiten y mueran poco después de haber aparecido los primeros síntomas. El patógeno inverna en el suelo en forma de micelio y en cualquiera de sus formas de esporas, pero lo hace con mayor frecuencia en forma de clamidosporas. Se propaga a cortas distancias a través del agua y equipo agrícola contaminado (Rojas, 2000).

Fusarium oxysporum f. Sp. *sesami* causa la enfermedad de marchitez y limita la producción de ajonjolí, disminuyendo drásticamente la producción. (Maheshwari, 2011). Patógeno radicular del suelo que al entrar en contacto con la planta de ajonjolí sus hifas penetran las raíces que crecen intercelularmente hasta colonizar el xilema, por donde continúa su crecimiento lo cual afecta el suministro de agua y nutrientes, (Herrera & Héran, 2012) lo que hace que las plantas se marchiten de arriba abajo. (El-Bramawy & Shaban, 2008) Se estima que las pérdidas de rendimiento varían de 25 a 40 % (Maheshwari, 2011).

Los síntomas y signos de la enfermedad se caracterizan inicialmente por el amarillamiento de las hojas sólo por un lado de la planta, también existe encorvamiento de las hojas, cápsulas y tallo. Con el tiempo, las hojas se secan y aparece franja de color pardo a lo largo del tallo, sobre la cual se observa polvillo de color rosado constituido por estructuras de fructificación del hongo. En las paredes internas del tallo se presenta color rosado.

En plantas pequeñas, la enfermedad se manifiesta por necrosis húmeda del tallo, marchitamiento y muerte repentina. La semilla de la planta enferma es infectada por el hongo en forma sistémica y si el ataque es temprano, la semilla es abortada (Fernández & Hernán, 2015).

Herrera & Héran (2012); señalan estudios que reportan que *Fusarium* no requiere de infecciones previas por otros hongos para causar la enfermedad

Estudios anteriores sobre resistencia de ajonjolí a *Fusarium oxysporum* f.sp. *sesami* han sido realizados en evaluaciones en campo en suelos naturalmente infectados o con infección artificial mediante la aplicación de mezcla de suelo y esporas del hongo en el sitio de siembra, situación que deja muchas variables sin control, lo cual afecta la repetibilidad que pueda tener esta metodología (Herrera & Héran, 2012).

Existe decoloración de las raíces, la podredumbre del tallo y la pronunciada reducción en el sistema radicular de las plantas infectadas. El-Bramawy & Shaban (2008) encontraron que los genotipos de sésamo con número de rama mediana o baja tuvieron menor infección e indican que a mayor número de ramas causa condiciones favorables para la propagación de patógenos.

Herrera & Hérnan (2012) en su evaluación de la esporulación identificó el micelio de *Fusarium oxysporum* de color blanco y tupido, y observo macroconidios (fusiformes, ligeramente curvadas y mayoritariamente de tres septos), microconidios (sin septos, elipsoidales a cilíndrica, curvadas), clamidosporas (tanto terminales como intercalares, de doble pared y circulares) y fiálides (cortas y no septadas).

Rojas (2000) identifico en *Fusarium oxysporum* como estructuras: microcinidias y macroconidias finas, alargadas y puntiagudas, pared delgada, masa miceliar de pigmento purpura o violeta, y clamidosporas.

Fusarium oxysporum produce tres tipos de esporas asexuales: clamidosporas estructuras de sobrevivencia, microconidias, macroconidias. Este patógeno entra en estado de latencia en el suelo como clamidospora y sobrevive en cualquier forma de sus esporas o en forma de su micelio, el cual penetra directamente en las plantas desde las puntas de las raíces a través de heridas. El micelio se propaga en el interior de la planta, las hojas se marchitan y mueren, como consecuencia, se muere toda la planta.

Afecta raíz y base del tallo, el micelio posee forma de abanico y sobre este se encuentran estructuras fructíferas café o negras. Las plantas se marchitan y mueren.

Hidalgo (2000) en su analisis y priorizacion de recomendaciones técnicas generadas por el ICTA menciona el ahogamiento o damping off y reporta que al atacar en preemergencia la plántula emite pequeño tallo de color café oscuro, que rápidamente muere y en postemergencia las plántulas más desarrolladas se observan con cierta flacidez, hasta marchitar completamente la plantita y en el cuello a la altura del nivel del suelo, se observara estrangulamiento característico bien marcado de coloración café rojiza u oscura. Los cuales son síntomas mencionados para la pata negra en otras publicaciones. El menciona a *Phytophthora* y *Pythium* como causantes del mal de la Pata negra.

2.2.1.12 Métodos de diagnóstico en fitopatología

Para la determinación del agente causal que produce una enfermedad en la planta es necesario realizar procesos que puedan descartar fisiopatias u otros patógenos que se encuentran donde se desarrolla la planta (Arauz Cavallini, 1998).

El conocimiento de los antecedentes en campo incluye el patrón de aparición de síntomas en el tiempo, vegetación e insectos asociadas, prácticas en el cultivo y otra información esencial para el estudio (Arauz Cavallini, 1998).

La observación de estructuras (micelio, esclerocios, quistes, etc) permiten eliminar o aceptar posibilidades en el diagnóstico (Arauz Cavallini, 1998).

Para el estudio se aísla el patógeno en medios de cultivo para obtener cultivos puros que faciliten su identificación e inoculación en hospederos sanos y comprobando así los postulados de Koch (Arauz Cavallini, 1998).

2.2.1.12.1 Desinfección del material enfermo

En la etapa de desinfección, se utilizan sustancias como cloruro de mercurio, hipoclorito de sodio, alcohol o bromuro de etileno (Gilchrist-Saavedra, 2005).

2.2.1.12.2 Cámaras húmedas

Para la preparación de cámaras húmedas se cortan pedazos pequeños del material enfermo, esterilizandolos con hipoclorito al 5 % durante 30 a 60 segundos; seguid de agua estéril para eliminar el exceso de hipoclorito. Se coloca papel filtro humedecido dentro de una caja Petri, sobre el cual se coloca el material esterilizado y se sella la caja para mantener la humedad. Después de 24, 48 y 72 horas de incubación, se observan las estructuras en el estereoscopio (Gilchrist-Saavedra, 2005).

2.2.1.12.3 Aislamiento de hongos

Un procedimiento típico de aislamiento de hongos, implica seleccionar tejidos adecuados, lavarlos, cortar trozos de la zona de avance de la lesión, desinfectarlos superficialmente con hipoclorito de sodio al 0.5 % por 30 a 120 segundos, enjuagarlos con agua estéril y colocarlos sobre la superficie de medio de papa-dextros-agar (PDA) previamente acidificado lo que reduce el crecimiento de bacterias. Existen variaciones de este procedimiento general (Arauz Cavallini, 1998).

Al desarrollarse el hongo conviene pasarlo a un nuevo medio de cultivo para que crezca cultivo puro hasta que se produzcan esporas para su posterior identificación (Arauz Cavallini, 1998).

2.2.1.12.4 Medios selectivos

El aislamiento en medio de cultivo y pruebas de patogenicidad son métodos utilizados en fitopatología para la identificación de hongos y bacterias. (Rivas, 2008).

Según el medio que se seleccione afecta la capacidad de producir propágulos de reproducción, germinación de esporas entre otros. Se realiza este procedimiento para la purificación y producción de inóculo (Gilchrist-Saavedra, 2005).

Algunos medios se basan en la tolerancia del patógeno a cierto número de antibióticos, fungicidas, bactericidas que los microorganismos saprófitos no toleran en determinadas concentraciones (Rivas, 2008).

2.2.1.12.5 Inoculación

La inoculación se lleva a cabo para cumplir diferentes propósitos, entre ellos: confirmación de los postulados de Koch, incremento de inóculo, caracterización de sintomatología, pruebas de selección para resistencia genética y estudios de epidemiología. La inoculación en invernadero puede realizarse en plántulas o llevarse a cabo en otros estados fenológicos. Se trabaja bajo condiciones que faciliten el desarrollo de la enfermedad es decir, alta humedad relativa o adecuada humedad del suelo o con plantas susceptibles y resistentes. Los materiales que se inocularán se preparan de diferentes formas (Gilchrist-Saavedra, 2005).

Para patógenos aéreos lo más común es utilizar suspensiones de esporas en agua y aplicarlo por medio de aspersión, gotas, con pincel o inyección. Para patógenos del suelo se acostumbra aplicar el patógeno en suelo estéril, ya sea en suspensión o como fragmentos de micelio creciendo sobre algún sustrato adecuado (Arauz Cavallini, 1998).

2.2.2 Marco referencial

La determinación del o los agentes causales de la enfermedad pata negra se realizó en los municipios, Retalhuleu y San Andrés Villaseca, del departamento de Retalhuleu.

La cabecera departamental de Retalhuleu se encuentra ubicada a una altura de 239 m s.n.m. con extensión territorial de 796 km². El municipio de Retalhuleu, limita al Norte con los municipios de Nuevo San Carlos y San Sebastián, al Sur con el Municipio de Champerico y el Océano Pacífico, al Este con los municipios de Santa Cruz Muluá y San

Andrés Villa Seca; al Oeste con el municipio de Ocos del Departamento de San Marcos, Génova y Coatepeque del Departamento de Quetzaltenango (SEGEPLAN, 2011), (figura 5).

Del Departamento de Retalhuleu la recolección de muestras se realizó en el parcelamiento Caballo Blanco. El parcelamiento Caballo Blanco se encuentra a 100 m s.n.m. la temperatura promedio es de 27 °C. Se encuentra en la zona de vida bosque húmedo subtropical cálido con precipitación de 1,200 mm a 2,000 mm. Asimismo se recolectaron plantas en la aldea Las Pilas, la cual posee condiciones edafoclimaticas similares a las del parcelamiento Caballo Blanco (SEGEPLAN, 2011).

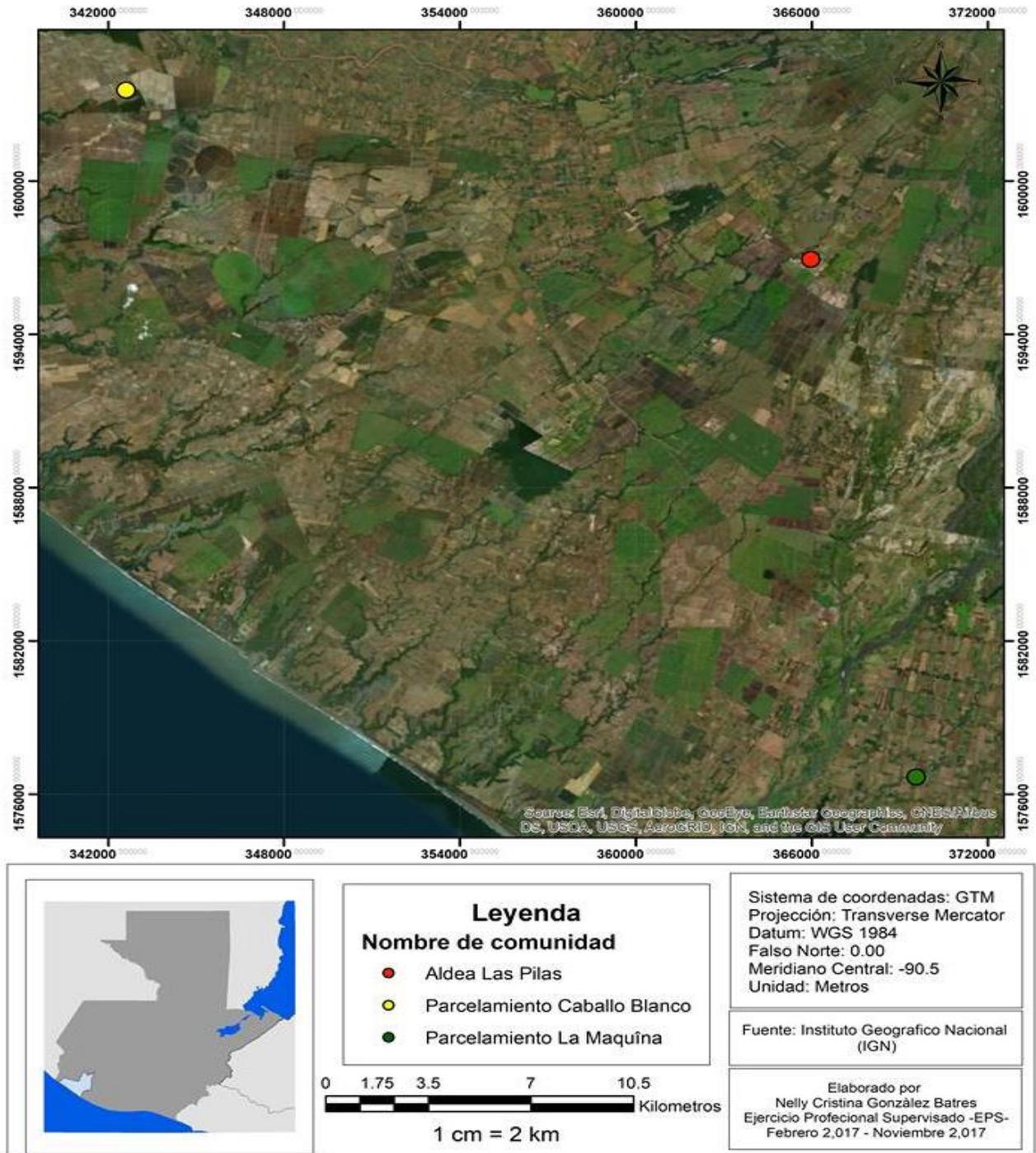
El municipio de San Andrés Villa Seca se localiza al este del departamento de Retalhuleu, tiene como limites el municipio de San Felipe al norte, al sur el Océano Pacifico, al este los municipios de Cuyotenango y San Francisco Zapotitlán y al oeste los municipios de San Martin Zapotitlán, Santa Cruz Muluá y Retalhuleu. Su altitud va de 0 m a 600 m s.n.m. (SEGEPLAN, 2010).

Del municipio de San Andrés Villa Seca, los muestreos se recolectarán en el parcelamiento La Máquina. Este parcelamiento se encuentra a altitudes que van de 6 m a 150 m s.n.m. Los suelos del parcelamiento se clasifican en Ixtán Arcilla y en menor escala la Ixtán Franco-Limoso. Clasificado como zona sub-tropical seca, con temperaturas de 20 °C a 35 °C. La precipitación anual media es de 1,860 mm (SEGEPLAN, 2010). Las características agronómicas de los sitios de muestreo se presentan en el cuadro 3.

Cuadro 3. Características agronómicas de los sitios de muestreo

| Localidad: | Parcelamiento Caballo Blanco | Parcelamiento La Máquina | Aldea las Pilas |
|---|--|---|--|
| Ubicación del muestreo: | Finca María del Carmen | Centro 2, Línea 8 | Aldea Las Pilas |
| Antecedentes: | El ciclo anterior fue utilizado en pasto para potrero. Los focos de infección se presentaron únicamente en franjas donde se colocaba el ensilaje como alimento para ganado | El ciclo anterior fue utilizado en el cultivo de tabaco. Los agricultores indican que este cultivo demanda mucha fertilización, por lo que no es necesario realizar ninguna aplicación. | Tierra arrendada, generalmente para cultivo de maíz y ajonjolí. Área aledaña utilizada para el cultivo de caña de azúcar, como cultivo permanente. |
| Fecha de siembra: | 6 agosto 2017 | 1 agosto 2017 | 23 agosto 2017 |
| Método de siembra: | Se adaptó sembradora Gandy de 4 surcos | Mateado | Mateado, en relevo con ajonjolí. |
| Variedad de siembra: | R-198 | R-198 | Cebo |
| Preparación del suelo: | Aradura y 3 pasadas de rastra | 1 pasada de rastra | Ninguna |
| Tratamiento de semilla: | Semevin | Volaton en polvo | Semevin |
| Ultima lluvia antes de la recolección: | 1 día | 20 días | 2 días |
| Suelo: | Franco arcilloso | Franco arenoso | Arcilloso |
| Manejo agronómico: | 14DDS aplicación de Galant, control de malezas. 30DDS se aplicó Zinc-Boro, Complezal (10-52-10) y Cipermetrina. Plaga: tortuguilla. | No se observó problemas de plagas. | No se aplicó ningún fertilizante e insecticida antes de la fecha de recolección. |
| Observación de síntomas: | 28 DDS | | 32 DDS |

Fuente: elaboración propia, 2017.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 5. Mapa del departamento de Retalhuleu.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Caracterizar y determinar el agente causal de la Pata Negra en Ajonjolí en el departamento de Retalhuleu.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Caracterizar el síndrome de la enfermedad denominada Pata Negra.
2. Determinar el agente biótico relacionado con la enfermedad Pata Negra.
3. Establecer si la Pata Negra es enfermedad o fisiopatía.

2.4 HIPÓTESIS

Existe al menos un patógeno que provocan la enfermedad Pata Negra en el cultivo de Ajonjolí.

Agentes abióticos provocan la enfermedad Pata Negra en el cultivo de Ajonjolí.

2.5 METODOLOGÍA

Se utilizaron los postulados de Koch para la determinación del agente causal de la pata negra en ajonjolí.

2.5.1 Fase de campo

2.5.1.1 Selección de sitios de muestreo

El estudio se realizó en 3 localidades de Retalhuleu que son área de producción de ajonjolí, las localidades de las cuales se recolectaron muestras son las siguientes:

- Parcelamiento La Máquina
- Parcelamiento Caballo Blanco
- Aldea Las Pilas

Se seleccionaron estas áreas debido a que la cantidad de producción de ajonjolí es mayor en relación a otras. Por ser áreas que poseen diferentes características edafoclimáticas se utilizaron como indicadores de las otras áreas de producción.

Se recolectaron muestras, en las parcelas donde se presentó el daño.

2.5.1.2 Caracterización de la enfermedad

Se registraron características del desarrollo de la planta y la aparición de síntomas y signos o cualquier otra alteración en relación a la fenología. Se llevó control y se describió cada síntoma que se observó. El informe se realizó en relación a las variedades R-198 y Cebo las cuales fueron las que se encontraron en los sitios de muestreo.

2.5.1.3 Colecta de muestras

Se caminó alrededor en las plantaciones seleccionadas en busca de síntomas de la enfermedad. Al detectar planta con daño se recolectó la planta completa, incluyendo raíz y suelo. Se colocó en bolsa plástica la cual se rotuló con datos del sitio, (localidad, número de muestra, fecha de muestreo, variedad). Las plantas adyacentes que también presentaron daño se recolectaron para el respectivo análisis.

La recolección de muestras se refiere a la colecta que se realizó de material enfermo que presento los síntomas característicos de esta enfermedad, en este caso el tallo que presento coloración oscura y pudrición el cual el agricultor indico como pata negra.

Se realizó toma de datos de geoposicionamiento en los sitios de muestreo.

Se recolectaron 30 muestras, ya que mientras más sitios de infección se encuentren más certeza genero el estudio, (figura 6).



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 6. Recolección de muestras en localidades seleccionadas. A: Parcelamiento Caballo Blanco. B: Parcelamiento La Máquina. C: Aldea Las Pilas

2.5.1.4 Muestreo de suelos

Se realizó muestra compuesta en cada localidad seleccionada, extrayendo 15 submuestras aleatorias, las cuales se mezclaron en recipiente tomando 1 kg de suelo el cual se llevó al Laboratorio de Análisis Suelos, Aguas y plantas ubicado edificio UVIGER, 3er Nivel, Ciudad universitaria, USAC, Zona 12 Guatemala, Guatemala.

2.5.1.5 Caracterización de síntomas de las muestras recolectadas

Se realizó descripción puntual de los síntomas encontrados en las muestras. Lo cual fue fundamental para la comparación de síntomas en la inoculación (figura 7).



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 7. Plantas enfermas de Pata Negra A: Parcelamiento Caballo Blanco. B: Parcelamiento La Máquina.

2.5.1.6 Recolección de datos meteorológicos y manejo del cultivo

Se recopilaron datos de precipitación pluvial, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento en las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH ubicadas dentro del departamento de Retalhuleu,

Durante las visitas que se realizaron a las localidades se registró el manejo que se le dio al cultivo en cada localidad tanto las prácticas culturales que se realizaron como la aplicación de productos químicos descartando así la posibilidad de que estos factores sean los causantes de ciertas anomalías en el desarrollo de las plantas.

2.5.2 Fase de laboratorio

2.5.2.1 Nematodos de suelo y raíz

Se utilizó el método de embudo de Baermann para suelo y raíces para el estudio de nematodos. De la solución filtrada se extrajeron 20 cm^3 , 2 cm^3 que se colocaron en la cámara de conteo de nematodos. Se contabilizó la cantidad de nematodos fitoparásitos, presentes en la cámara. Se estimó la población de nematodos en la muestra original (figura 8).



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 8. Preparación de embudos de Baermann. A: Embudos de Baermann para suelo.
B: Embudos de Baermann para raíz.

2.5.2.2 Aislamiento de Oomycetes por medio de Cultivo trampa

Se utilizó el método de cultivo trampa con manzana verde se procedió a desinfectar el área de trabajo y el material que se utilizó, por medio de sacabocados especial se realizaron 4 perforaciones en la manzana de 1.5 cm de profundidad (figura 9).

Cada perforación se llenó con suelo de la rizosfera de las muestras recolectadas, agregándole dos gotas de agua destilada a cada perforación.

En el caso de la raíz, después de ser desinfectada se corta finamente y se llena cada perforación con la misma. En la figura 5 se describe el proceso de desinfección de raíz en el cual se utiliza agua estéril, alcohol al 70 % e Hipoclorito de sodio al 5 %.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 9. Proceso de desinfección de raíz para inoculación en manzana verde.

Limpiando el exceso de suelo o raíz en la manzana con papel desinfectado con alcohol, se procedió a sellar las perforaciones con cinta adhesiva, rotulando cada manzana respectivamente. Las manzanas se incubaron a temperatura ambiente hasta que mostraron coloración café alrededor del área inoculada (pudrición).

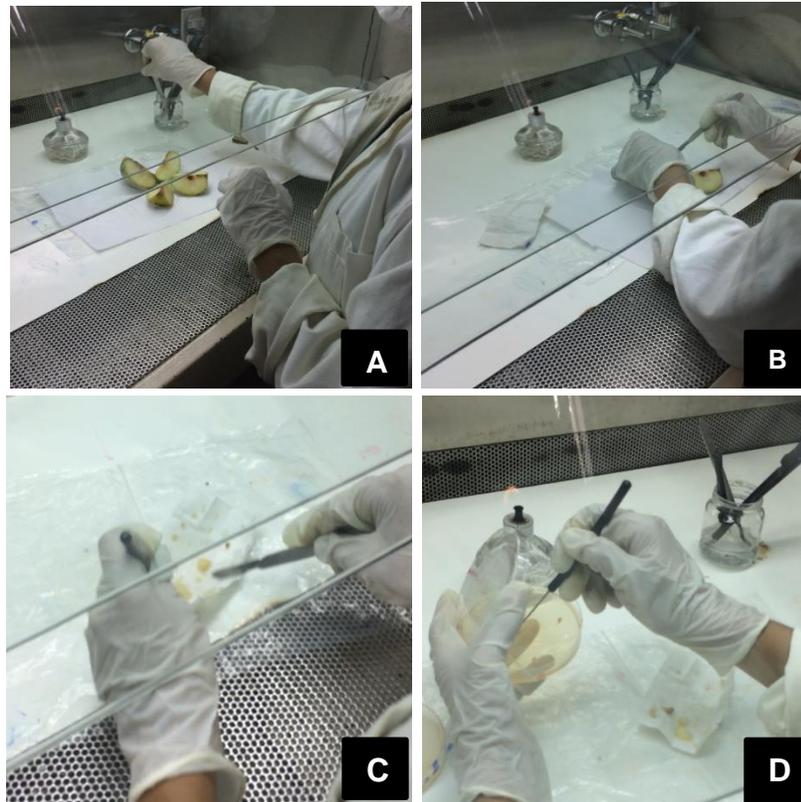


Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 10. Método de aislamiento de Oomycetes por cultivo trampa (manzana verde). **A:** Perforaciones en distintas partes de la manzana. **B:** Suelo para inocular manzanas. **C:** Se agregan 2 gotas de agua destilada. **D:** Limpieza de residuos **E:** Se sellan las perforaciones infectadas con cinta adhesiva; **F:** Manzanas inoculadas presentando síntomas de infección.

2.5.2.3 Aislamiento en medios selectivos de cultivo (PARPB y PARPBH)

Al presentar las manzanas síntomas (pudrición) en las áreas infectadas se procedió a un tratamiento, que consiste en el aislamiento de las partes infectadas en medios de cultivo selectivos. Este aislamiento se realizó en la campana de extracción, la cual proporciona ambiente estéril, adecuado para realizar aislamientos y evitar la contaminación de medios. El ambiente y el material utilizado (cuchillo, pinzas, bisturí, agujas disección y otros) fue previamente desinfectado con alcohol al 95 %.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 11. Siembra de porciones infectadas en medios selectivos de cultivo. **A:** La manzana infectada se parte en cuatro pedazos. **B:** Se localizan las partes más dañadas y se cortan. **C:** Se cortan en pequeñas secciones. **D:** Las secciones se siembran en medios selectivos.

Las manzanas fueron cortadas en cuatro partes, seleccionando las porciones lesionadas cortándolas en secciones de aproximadamente 3 mm. Se colocaron 5 de estas porciones de material infectado en cada medio selectivo de cultivo (PARPB y PARPBH). Estos

medios selectivos están preparados con Corn Meal Agar, Pimaricina, Ampicilina, Rifampicina, Benomil y Pentacloronitrobenzeno, estos son antibióticos y fungicidas que evitan contaminación bacteriana y el crecimiento de otros hongos y levaduras. La diferencia entre estos dos medios de cultivo es que el medio selectivo PARPBH contiene Hymexazol utilizado para aislar *Phytophthora* y el medio PARPB al no contener este fungicida permite el aislamiento de *Pythium*. Las siembras realizadas se incubaron a 25 °C y en periodo de 72 h se pudo observar el desarrollo de colonias (figura 11).

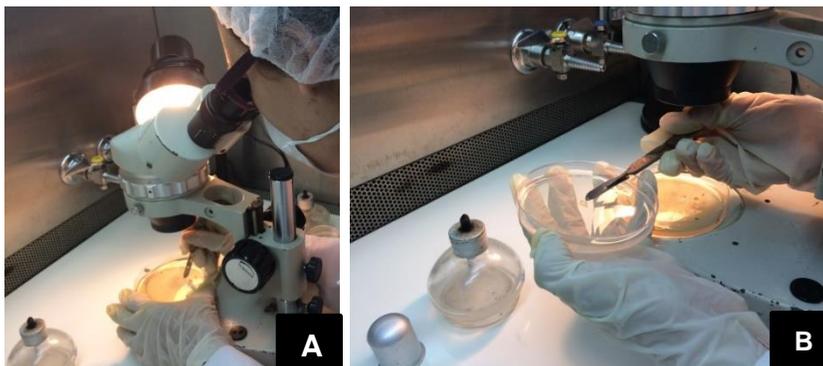
El desarrollo del patógeno en los medios selectivos fue aproximadamente en 15 días a 25 °C. En ambos medios PARPB selectivo para *Pythium* y PARPBH selectivo para *Phytophthora*, se encontró el desarrollo de *Phytophthora sp.*

2.5.2.4 Purificación de la colonia

Este procedimiento se realiza en la cámara de extracción, desinfectando todo el material utilizado (estereoscopio, bisturí, entre otros) con alcohol al 95 %.

Después de 7 días de incubación se procedió a trasladar porciones del agente desarrollado en PDA (papa-dextrosa-agar) con el fin de permitir el desarrollo de colonias puras del patógeno. Esto se logró con la ayuda de estereoscopio que permitió la visualización de las áreas más desarrolladas, de las cuales se tomó sección de aproximadamente 5 mm, que fue colocada en el centro de la placa (figura 12).

Las placas se sellaron con parafilm y se incubaron a 25 °C.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 12. Purificación de medios. **A:** Selección y corte de secciones de *Phytophthora sp.* desarrollado. **B:** Siembra de sección en medio PDA.

2.5.2.5 Observación y caracterización de *Phytophthora sp.*

Se observaron las muestras en el laboratorio, en el estereoscopio para ubicar las estructuras del agente. Se realizaron montajes para la observación del patógeno: micelio y estructuras para su identificación. La identificación se realizó por medio de claves taxonómicas. Se observó el desarrollo del micelio y estructuras de reproducción y/o resistencia. Esta observación permitió la caracterización del agente causal de la enfermedad Pata negra.

2.5.2.6 Inoculación de *Phytophthora sp.*

Es necesaria la verificación de síntomas que presenta la planta de ajonjolí en campo, en comparación con el patógeno aislado. Por lo tanto, se procedió a inocular las colonias puras en suelo donde previamente se sembró ajonjolí para la confirmación del mismo como causante de la enfermedad Pata Negra.

Para la inoculación fue necesaria la esterilización del suelo que se utilizó. Se utilizaron 30 macetas debido a la cantidad de muestras procesadas en el laboratorio. Se sembraron 10 plantas de ajonjolí sanas en cada maceta, de las mismas variedades de las que se recolecto en el campo.



Fuente: elaboración propia, 2017.

Figura 13. Procedimiento de inoculación. **A:** Esterilización de suelo. **B:** Siembra de plantas de ajonjolí. **C:** Se corta la cepa en secciones. **D:** Las secciones son colocadas en el suelo para que pueda desarrollarse el patógeno.

Para las muestras del parcelamiento Caballo Blanco y parcelamiento La Máquina se utilizó la variedad R-198. Para las muestras recolectadas en la aldea Las Pilas se utilizó la variedad Cebo. El procedimiento de inoculación consistió en cortar los medios de cultivo en secciones de 1 cm de los cuales se mezclaron con el suelo cerca de la base del tallo de cada planta. La inoculación se realizó 15 DDS (figura 13).

Las plantas se regaron cada dos días, manteniendo el suelo en con humedad, para el desarrollo del agente.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

2.6.1 Síntomas de la enfermedad

En el parcelamiento Caballo Blanco, existían focos de infección únicamente en donde anterior a la siembra, se colocaba material fermentado (alimento de ganado, ensilado). Esto se pudo observar ya que existían otras áreas de siembra cercanas que no presentaban plantas enfermas. 28 DDS únicamente 4 surcos estaban afectados por la enfermedad pata negra (figura 14).



Figura 14. Área de focos de infección en el parcelamiento Caballo Blanco.

En el parcelamiento La Máquina no existían focos de infección, en este caso las plantas enfermas se encontraban dispersas. En la mayoría de los casos las plantas adyacentes no presentaron daño. En esta área de cultivo se sembró en el ciclo anterior tabaco, *Phytophthora parasítica* era antes conocida como *P. nicotianae* (Doñas Uclés, 2014) por ser patógeno procedente del tabaco, lo cual explica la infección en el área descrita, ya que demuestra que el suelo posee gran cantidad de inoculo (figura 15).



Figura 15. Área de muestreo en parcelamiento La Máquina.

La enfermedad Pata Negra afecta a la planta en casi cualquier etapa del cultivo, especialmente antes y durante la floración. Según la recolección de muestras, los síntomas se empezaron a visualizar desde los 28 DDS. El desarrollo del patógeno en cada localidad se desarrolla, según las condiciones ambientales, cantidad de inóculo existente en el suelo y falta de resistencia del hospedero ante la enfermedad (variedad que se siembra). Cuando las condiciones ambientales de humedad y temperatura son altas, existen pérdidas mayores dentro de las plantaciones de ajonjolí. Esto se debe a que el inóculo en el suelo es suficiente para desarrollarse al presentarse condiciones favorables (humedad y temperatura altas), que son características de estas zonas donde se siembra el cultivo de ajonjolí.

Las muestras fueron recolectadas cuando el daño dentro de las parcelas era mínimo, ya que después de la fecha de recolección la precipitación pluvial fue mayor, aumentando la incidencia de la enfermedad dentro de las plantaciones. Tal como lo menciona Rojas (2000): La susceptibilidad es mayor a los 40 DDS, a mayor edad de la planta habrá aparición más rápida de los síntomas.

En parcelamiento Caballo Blanco y aldea Las Pilas las lluvias empezaban a ser constantes, por lo que los síntomas de la infección empezaron a ser visibles en ciertas áreas, dentro del terreno muestreado. En el Parcelamiento Caballo Blanco, en la Finca María del Carmen se registraron 26 mm de precipitación desde el inicio del desarrollo de la enfermedad hasta la fecha de recolección de las muestras.

En el parcelamiento La Máquina, a pesar de no existir precipitación pluvial elevada, el inoculo se encontraba en cantidad considerable para infectar a las plantas más debilitadas. Tres muestras de esta área no presentaron presencia de *Phytophthora*.

Desde el inicio de la observación de síntomas (la coloración café de la base del tallo), hasta el desarrollo completo de la enfermedad sucedió en intervalo de tiempo de alrededor de 5 a 7 días (figura 16).

La coloración café rojiza en la base del tallo y el decaimiento de las hojas (marchitez) son los síntomas característicos de la enfermedad.



Figura 16. Síntomas provocados por la enfermedad Pata Negra. **A:** Plantas enfermas de parcelamiento La Máquina. **B:** Plantas enfermas de parcelamiento Caballo Blanco.

La coloración café de la raíz, indica la pudrición de la misma, lo cual causa la marchitez y la muerte prematura. Cuando *Phytophthora sp.* infecta la planta detiene su crecimiento por completo, lo cual es lo que causa reducciones en el rendimiento del cultivo.

En la figura anterior, se observa estrangulamiento del tallo, que es mencionado en la revisión bibliográfica como característica de la enfermedad. La pudrición en el tallo progresa rápidamente y la coloración avanza de la base del tallo hacia arriba. La enfermedad ataca en cualquiera de sus etapas fenológicas causando la muerte (figura 17).



Figura 17. Marchitez de la planta causado por *Phytophthora sp.* en el cultivo de ajonjolí, en aldea Las Pilas.

Dependiendo de la edad de la planta infectada en comparación con plantas sanas también existe receso en el crecimiento de las raíces, lo que también impide el crecimiento de las plantas. Todas las plantas infectadas muestran sistema radicular poco desarrollado. En algunas de las muestras recolectadas ya existía micelio visible en la base de los tallos (figura 18).



Figura 18. Sistema radicular poco desarrollado como síntoma de la enfermedad Pata negra provocada por *Phytophthora sp.*

2.6.2 Nematodos

En cuanto a las poblaciones de nematodos asociados al cultivo se estableció la prevalencia de los géneros asociados al cultivo. En el cuadro 4 se muestra el resumen por localidad, género, densidad (poblaciones detectadas en el estudio) y en las figuras 19, 20 y 21 se muestran fotografías de los nematodos encontrados.

Cuadro 4. Resultados de lecturas de nematodos del suelo.

| No. de Muestra | Localidad | Variedad | Genero | Población/100 cc suelo Nematodos Fitoparasíticos |
|----------------|----------------|----------|---|--|
| 1 | Caballo Blanco | R-198 | <i>Pratylenchus</i> | 20 |
| 2 | Caballo Blanco | R-198 | <i>Pratylenchus</i> | 10 |
| 3 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 4 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 5 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 6 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 7 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 8 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 9 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 10 | Caballo Blanco | R-198 | | 0 |
| 11 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 12 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 13 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 14 | La Máquina | R-198 | <i>Helicotylenchus</i> | 10 |
| 15 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 16 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 17 | La Máquina | R-198 | <i>Rotylenchulus</i> | 10 |
| 18 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 19 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 20 | La Máquina | R-198 | | 0 |
| 21 | Las Pilas | Cebo | <i>Pratylenchus</i> | 10 |
| 22 | Las Pilas | Cebo | | 0 |
| 23 | Las Pilas | Cebo | <i>Pratylenchus</i> | 10 |
| 24 | Las Pilas | Cebo | | 0 |
| 25 | Las Pilas | Cebo | | 0 |
| 26 | Las Pilas | Cebo | <i>Pratylenchus:2</i> <i>Rotylenchulus:1</i> | 30 |
| 27 | Las Pilas | Cebo | | 0 |
| 28 | Las Pilas | Cebo | <i>Pratylenchus:1</i> <i>Rotylenchulus:2</i> | 30 |
| 29 | Las Pilas | Cebo | | 0 |
| 30 | Las Pilas | Cebo | <i>Pratylenchus</i> | 10 |



Figura 19. *Rotylenchulus* encontrado en muestra de parcelamiento La Máquina.



Figura 20. *Pratylenchus* muestra de la aldea Las Pilas.



Figura 21. *Helicotylenchus* muestra de parcelamiento La Máquina.

Las especies encontradas en las muestras recolectadas en las diferentes localidades fueron: *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, *Helicotylenchus*. De las muestras tomadas en parcelamiento Caballo Blanco únicamente se encontró la especie *Pratylenchus*. En el parcelamiento La Máquina se encontró a *Helicotylenchus* y *Rotylenchulus*, mientras que en la aldea Las Pilas se encontró a *Pratylenchus* y *Rotylenchulus*.

Los géneros de nematodos fitoparasíticos encontrados en las muestras están relacionados con los cultivos anteriormente sembrados en cada localidad. Los géneros *Pratylenchus* y *Helicotylenchus* son considerados de bajo riesgo. El 70 % de las muestras de suelo no presentan existencia de nematodos fitoparasíticos. Por los bajos niveles detectados y sintomatología observada se determina que no causan daños considerables en las áreas muestreadas.

La cantidad máxima de nematodos fitopatógenos encontrados en 100 cm³ de suelo es 30 en 2 muestras recolectadas en la aldea Las Pilas. Estos resultados se deben a que la planta de ajonjolí es catalogada como un no hospedero de nematodos, incluso se utilizan plantaciones del cultivo para el Manejo Integrado de nematodos. Meredith, JA y Pérez, G. (1975) en su estudio de nematodos asociados al ajonjolí encontraron 7 géneros de nematodos fitoparásitos en 101 muestras representativas sin embargo se indica que estos no actúan como factores limitantes en el cultivo.

La baja cantidad de nematodos fitoparasíticos permite mayor población de nematodos de vida libre, esto se refleja en los resultados, mostrados en el cuadro 4.

Se procesaron varias muestras mezcladas debido a la cantidad de raíz que se necesita para el estudio. En las raíces únicamente se encontraron nematodos de vida libre. Tanto en suelo como en raíz se presentó mayor densidad de nemátodos saprofitos que fitoparásitos.

Cuadro 5. Resultados de lecturas de nematodos de raíz

| Muestras procesadas | Localidad | Variedad | Nematodos Fitoparasíticos |
|---------------------|----------------|----------|---------------------------|
| 1 – 4 | Caballo Blanco | R-198 | 0 |
| 5 – 7 | Caballo Blanco | R-198 | 0 |
| 8 – 10 | Caballo Blanco | R-198 | 0 |
| 11 – 14 | La Máquina | R-198 | 0 |
| 15 – 17 | La Máquina | R-198 | 0 |
| 18 – 20 | La Máquina | R-198 | 0 |
| 21 – 23 | Las Pilas | R-198 | 0 |
| 24 - 27 | Las Pilas | R-198 | 0 |
| 28 - 30 | Las Pilas | R-198 | 0 |

Es posible que esto se deba a que la planta de ajonjolí no sea buen hospedero, presentando exudados que no son atractivos a los nematodos. Los nematodos fitoparasíticos encontrados existen en estas áreas por los cultivos sembrados con anterioridad en las áreas de muestreo (maíz, tabaco, pasto y caña de azúcar) y por las malezas existentes dentro del cultivo que interactúan como hospederos.

Meredith & Pérez (1975) Indican que son pocos los géneros de nematodos fitoparasíticos asociados con el ajonjolí por las propiedades del cultivo como hospedero. Fernández (1992) en su estudio de efectividad del uso del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) como cultivo intercrocha contra *Meloidogyne incognita*, existieron reducciones del nivel de infestación del tomate superiores al 50 % en el área donde se utilizó ajonjolí, en relación con el área testigo, obteniendo incremento del rendimiento.

La rotación con el cultivo de ajonjolí es mencionada en varios documentos aun como técnica efectiva del Manejo Integrado de Nematodos. En el Manual del cultivo de soya del INIAP y en otras investigaciones generalmente recomiendan en la siembra de maíz y soya, rotar con arroz, ajonjolí o marigold debido a que reducen las poblaciones de nematodos fitoparásitos. El ajonjolí es utilizado en la rotación de cultivos debido a que es de ciclo corto.

2.6.3 Interpretación de análisis de suelo

Los niveles adecuados de P, K, Ca, Mg, Zn, Fe y Mn permiten hasta cierto punto inhibir el crecimiento del patógeno, lo cual ayudara a reducir perdidas. Según los resultados de los análisis de suelo Figuras 33A a 35A, todos estos elementos exceptuando el P se encuentran en niveles altos dentro de las localidades de muestreo.

Serrano y Sánchez (2011) encontraron que ciertos productos de calcio y potasio inhibieron la producción de esporangios, clamidosporas, reduciendo la cantidad de otras estructuras infectivas, por lo que la aplicación de los mismo es recomendada como tratamiento para el control de *Phytophthora cinnamomi*.

El pH en el parcelamiento Caballo Blanco y La Máquina están dentro del rango medio lo cual permite el desarrollo de las plantas. El pH en la aldea Las Pilas es de 5.6. pH acido debajo de 4 inhibe el desarrollo de estructuras infectivas del agente. El pH en las áreas de muestreo no es factor determinante en la incidencia de la enfermedad. Sin embargo, según lo informado por Gallup & Shew (2006) pH arriba de 6.2, en el caso del parcelamiento La Máquina, las condiciones favorecen el desarrollo de la enfermedad.

Es importante recalcar que a pesar de que los valores de magnesio son altos, existe antagonismo cuando existe cantidad elevada de manganeso soluble, que reduce la absorción de magnesio por las plantas, lo cual es importante tomar en cuenta.

Los niveles de la mayor parte de elementos en las diferentes localidades son elevados. Es necesario recordar que, a pesar de esto, en ocasiones se encuentran en formas no asimilables para las plantas. Por lo que si la planta no presenta síntomas de toxicidad (en las hojas), los niveles altos de los elementos en el suelo no causaran anomalías en el desarrollo de las mismas.

2.6.4 Datos climáticos

En el departamento de Retalhuleu, el INSIVUMEH únicamente cuenta con 2 estaciones para la toma de datos. El parcelamiento Caballo Blanco y La aldea Las Pilas se encuentran cercanos a las estaciones ubicadas en Champerico y en Retalhuleu respectivamente. A pesar de esto los datos no son específicos para las áreas de muestreo (cuadro 5). Se observa en el cuadro 8 A y 10 A que a finales de agosto las precipitaciones

empezaron a ser más constantes y elevadas, esto y temperatura mayor en septiembre proveyó las condiciones favorables para el desarrollo de *Phytophthora sp.* debido a la humedad relativa que para el mes de septiembre se encontraba bastante elevada (Ver Cuadro 8 A al Cuadro 11 A)

Cuadro 6. Medias de datos climáticos del municipio de Retalhuleu y Champerico

| Estación | Mes | Temperatura Máxima (°C) | Humedad Relativa | Viento (km/h) | Precipitación pluvial (mm) |
|------------|------------|-------------------------|------------------|---------------|----------------------------|
| Retalhuleu | Agosto | 33.6 | 67.4 | 6.2 | 357.8 |
| | Septiembre | 33.0 | 98 | 7.3 | 253.5 |
| Champerico | Agosto | 33.6 | 79.9 | 3.2 | 133.2 |
| | Septiembre | 33.7 | 80.7 | 3.6 | 89.7 |

2.6.5 Aislamiento del patógeno

De las 30 muestras recolectadas y procesadas se obtuvieron 27 cepas de *Phytophthora sp.* A continuación, se enlistan detalles importantes de las muestras recolectadas. Los aislamientos de las muestras 11, 12 y 14 del parcelamiento La Máquina dieron resultado negativo ya que no hubo desarrollo fúngico. Por lo que se descartaron estas muestras en el análisis (figura 22).

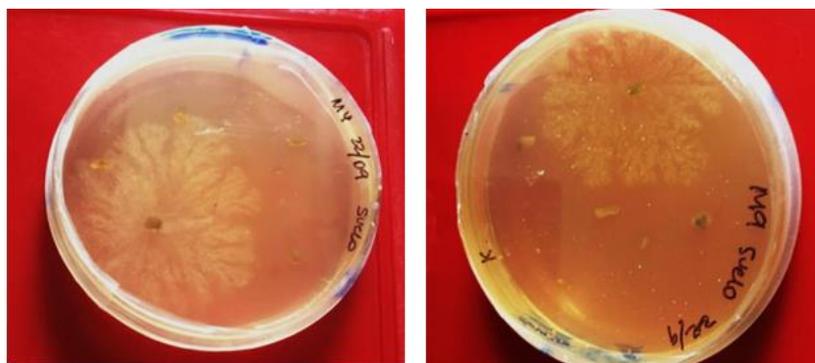


Figura 22. Patrones de crecimiento de los aislamientos realizados de *Phytophthora sp.*

En la figura 23 se observa el crecimiento micelial y los patrones de crecimiento del micelio que presentó *Phytophthora sp.* en los medios selectivos. En el cuadro 5 se observan los resultados y los patrones de crecimiento de las muestras procesadas 27 de ellas fueron

positivas identificándose la presencia de *Phytophthora sp.* Únicamente 3 muestras del parcelamiento La Máquina no mostraron presencia de *Phytophthora*. De las 27 cepas que se utilizaron para el posterior análisis, 24 fueron aislamientos realizados con el suelo infectado y 3 de las raíces de las muestras recolectadas. Esto es debido a que las estructuras reproductivas se encuentran abundantemente en el suelo y por esto se considera la principal fuente de inóculo.

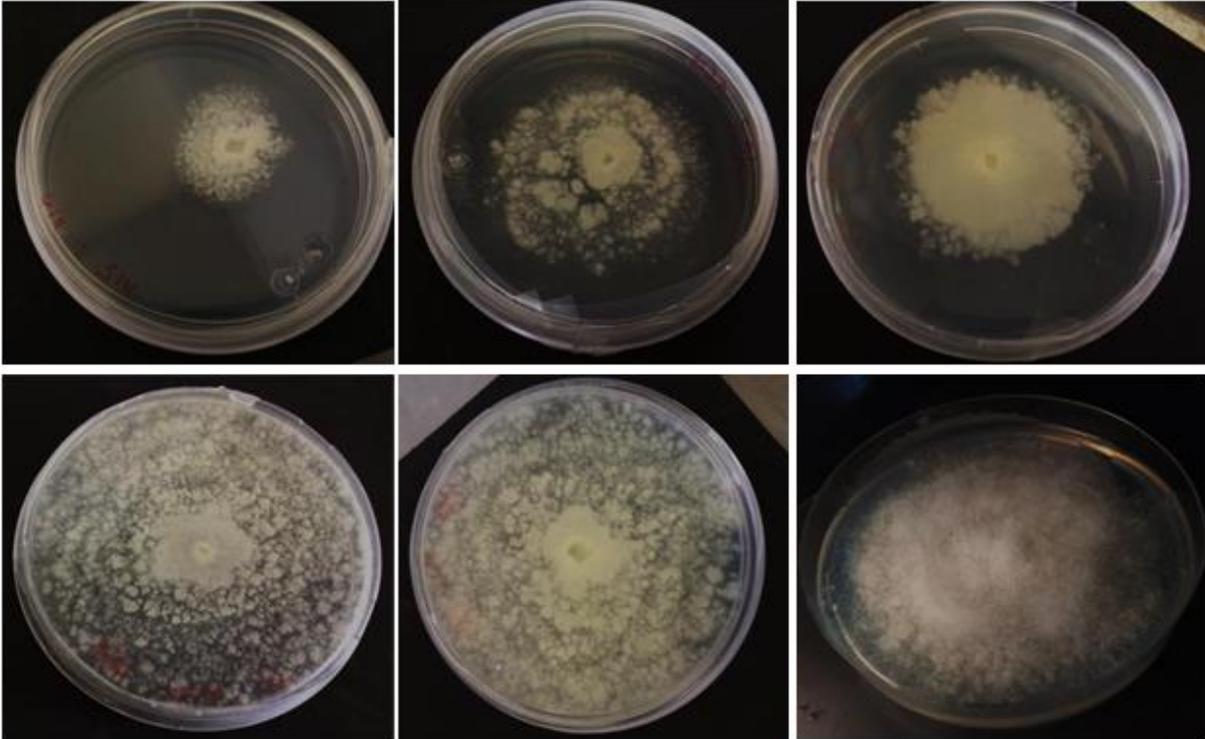


Figura 23. Desarrollo y crecimiento de *Phytophthora sp.* (colonias puras)

En la figura 23 se observa el crecimiento de *Phytophthora sp.* Según la especificación pictográfica (Figura 31 A) hecha por Erwin y Ribeiro (1996) las colonias puras de *Phytophthora sp.* siguen patrón de crecimiento estolonífero. Colonias lanosas-esponjosas. Las colonias son densas en algunas se distingue la forma de roseta y otras no poseen patrón de crecimiento según la clasificación de (Erwin y Ribeiro, 1996).

Cuadro 7. Datos y resultados de las muestras recolectadas.

| No. de Muestra | Localidad | Variedad | Coordenadas | | Patógeno aislado |
|----------------|----------------|----------|-------------|-----------|-------------------------|
| | | | Latitud | Longitud | |
| 1 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'51" | 91°57'39" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 2 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'51" | 91°57'39" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 3 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'52" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 4 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'52" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 5 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'52" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 6 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'52" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 7 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'53" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 8 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'53" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 9 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'53" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 10 | Caballo Blanco | R-198 | 14°29'53" | 91°57'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 11 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'32" | ----- |
| 12 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | ----- |
| 13 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 14 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | ----- |
| 15 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 16 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 17 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 18 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'33" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 19 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'34" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 20 | La Máquina | R-198 | 14°15'23" | 91°42'34" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 21 | Las Pilas | Cebo | 14°26'23" | 91°44'35" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 22 | Las Pilas | Cebo | 14°26'33" | 91°44'38" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 23 | Las Pilas | Cebo | 14°26'24" | 91°44'37" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 24 | Las Pilas | Cebo | 14°26'22" | 91°44'36" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 25 | Las Pilas | Cebo | 14°26'22" | 91°44'36" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 26 | Las Pilas | Cebo | 14°26'17" | 91°44'41" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 27 | Las Pilas | Cebo | 14°26'19" | 91°44'20" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 28 | Las Pilas | Cebo | 14°26'23" | 91°44'36" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 29 | Las Pilas | Cebo | 14°26'23" | 91°44'36" | <i>Phytophthora sp.</i> |
| 30 | Las Pilas | Cebo | 14°26'23" | 91°44'36" | <i>Phytophthora sp.</i> |

2.6.6 Estructuras de *Phytophthora sp.*

El micelio es grueso, cenocítico (no septado) y presenta hifas ramificadas. Las zoosporas son las principales estructuras de *Phytophthora* que infectan las raíces. Estas son ovaladas y achatadas en el centro (Figura 24).

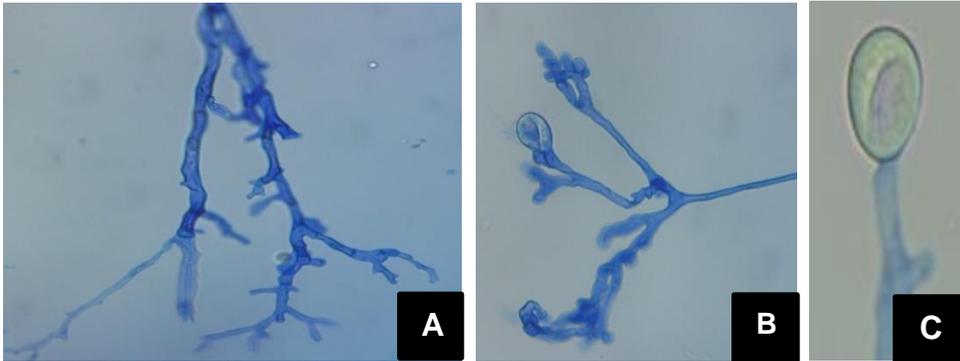


Figura 24. Micelio y Zoosporas de *Phytophthora sp.*

Las clamidosporas son esféricas y ovales. Poseen diámetro entre 22 – 30 μm . Como se observan en la figura 25B y 25C existen clamidosporas terminales o intercalares y normalmente las paredes son bastante gruesas.

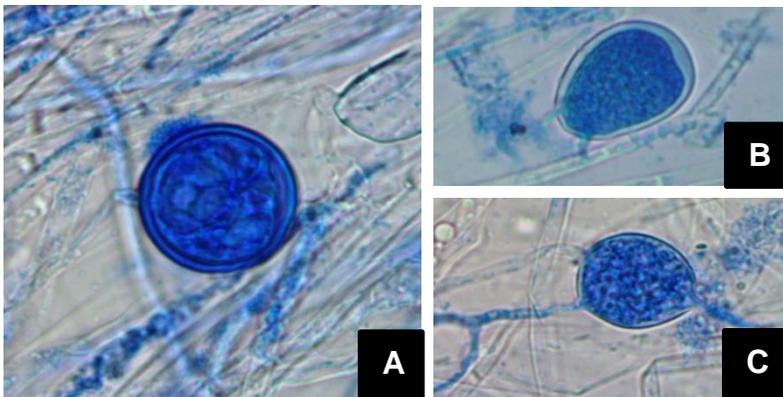


Figura 25. Clamidosporas *Phytophthora sp.*

Los esporangios son ovoides no papilados, con el poro de salida amplia. Algunos esporangios poseen morfología limoniforme (Figura 26B y 26C). Las oosporas son esféricas y el oogonio globoso. Poseen diámetro entre 20 μm – 26 μm .

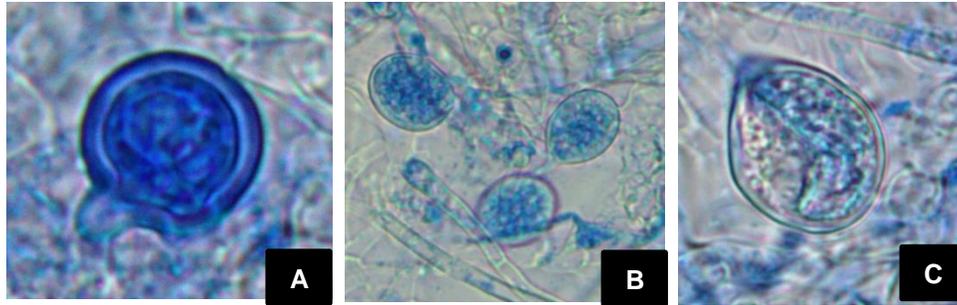


Figura 26. Oospora y esporangios de *Phytophthora sp.*

2.6.7 Pruebas de patogenicidad en ajonjolí

Al realizar la inoculación de suelo con los 27 aislamientos de las muestras tomadas en 3 diferentes localidades; de 27 de las muestras inoculadas se obtuvieron resultados positivos de 24 (al menos 5 plantas infectadas de 10 plantas sembradas) por lo que confirma que la presencia de *Phytophthora sp.* es el agente causal de la enfermedad conocida como Pata Negra en ajonjolí, en las áreas de cultivo en Guatemala.

Es importante mencionar que debido a la diferencia climática y las condiciones ambientales (especialmente temperatura) de la fase de laboratorio a comparación de la fase de campo, la agresividad con la que el patógeno afecta a las plantas fue menor, sin embargo, los síntomas visibles que se presentaron son los mismos que los que se identificaron en campo. Debido a estas diferencias la infección se desarrolló entre los 20 días y el crecimiento de las plantas fue bajo.

En la figura 27 se observa que los síntomas que se presentan en esta fase son: Necrosamiento en la base del tallo, estrangulamiento inicial del tallo, poco desarrollo radicular, poco desarrollo foliar, marchitez en algunas de las plantas infectadas y bajo crecimiento.

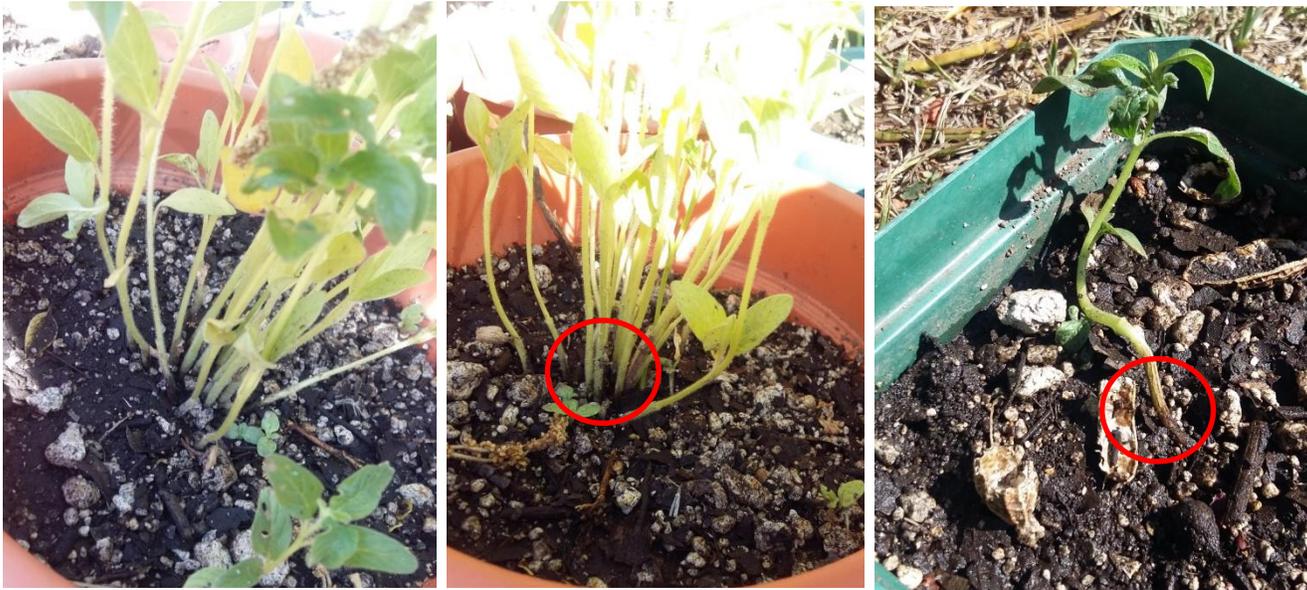


Figura 27. Plantas en suelo inoculado de aislados de *Phytohthora sp.*

Se observa en la figura 27 los síntomas que presentaron las plantas sembradas en suelo inoculado con aislamientos de *Phytophthora sp.* El crecimiento de las plantas fue bajo y se observó poco desarrollo radicular debido a la infección del patógeno la cual es característica que se presenta en el campo, cuando las plantaciones son afectadas por esta enfermedad en las primeras etapas del cultivo.



Figura 28. Plantas inoculadas con *Phytophthora sp.* de aislamientos de la localidad Caballo Blanco.

De las muestras inoculadas con los aislamientos de la localidad Caballo Blanco, más de la mitad de las plantas inoculadas en la muestra 8 no presentaron síntomas relacionados con la enfermedad Pata Negra y algunas de las muestras como se observa en la figura 28 muestra 6 los síntomas que se presentan son del inicio de la infección del patógeno.



Figura 29. Plantas inoculadas con *Phytophthora sp.* de aislamientos de la localidad La Máquina.

De las muestras inoculadas con aislados de la localidad La Máquina, en 2 de las muestras no se desarrolló la infección del patógeno (muestra 16 y 18) no presentando los síntomas de la enfermedad Pata Negra. Aunque es necesario recalcar que las muestras con resultado positivo demuestran agresividad mayor del patógeno que las de los aislados de las otras dos localidades, por lo que los síntomas se presentaron de manera completa con inicio de estrangulamiento en la base del tallo.



Figura 30. Plantas inoculadas con *Phytophthora sp.* de aislamientos de la localidad Las Pilas.

Únicamente las plantas de la muestra 25 no presentó síntomas de infección del patógeno. La infección del patógeno mediante los aislamientos realizados de esta localidad fue menor en comparación con las plantas inoculadas con aislados de las otras localidades, es decir menor número de plantas fue infectada y los síntomas observados fueron leves.

2.7 CONCLUSIONES

1. La Pata Negra en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum*) es enfermedad cuyo síntoma principal se caracteriza por coloración marrón en la base del tallo. La enfermedad se desarrollo de 5 a 7 días. Existe pudrición del tallo y raices, marchitez de las plantas y muerte prematura. La Pata Negra enfermedad provocada por *Phytophthora sp.* se desarrolla bajo las condiciones de alta temperatura (optima 27 °C a 32 °C) y alta humedad, lo cual es característico en las diferentes localidades en la época de siembra de ajonjolí.
2. El agente causal de la pata negra en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum*) es *Phytophthora sp.* El 90 % de las muestras procesadas dieron resultado positivo y presentaron a *Phytophthora sp.* como el agente causante de la enfermedad Pata Negra.
3. Se descarta que exista algún tipo de fisiopatía asociada a la enfermedad denominada pata negra en el departamento de Retalhuleu.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Se debe aplicar tratamiento químico preventivo específico de *Phytophthora* especialmente en las áreas que anteriormente fueron utilizadas en el cultivo de tabaco, por ser patógeno procedente del tabaco.
2. Realizar programas de fertilización foliar que incluyan los elementos Ca y K que permitan el desarrollo de plantas sanas, además de controlar e inhibir la propagación de estructuras reproductivas.
3. Evaluar métodos culturales para *Phytophthora*.
4. Evaluar programas integrados de cultivo en relación a *Phytophthora*.
5. Evaluar de método de control como las variedades resistentes a *Phytophthora*.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Abdel-Fattah Khalifa, M.M. 2003. Pathological studies on charcoal rot disease of sesame (en línea). Egipto. Consultado 19 mar. 2017. Disponible en http://www.bu.edu.eg/portal/uploads/discussed_thesis/finalabsrtract/11573167.pdf
2. Almeida Rivero, A. 2015. Influencia de la distancia de siembra sobre las plagas y el rendimiento agrícola en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Tesis Ing. Agr. Santa Clara, Cuba, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias Carrera, Ingeniería Agrónoma. p. 13.
3. Arauz Cavallini, L.F. 1998. Fitopatología un enfoque agroecológico. San José, Costa Rica, Editorial de la universidad de Costa Rica. p. 230-252.
4. Ardón Paredes, E.; Pérez García, N.L.; Contreras Dávila, S.C.; Rodríguez Chang, C.; Pineda Reyes, H.A.; Fuentes, S. 2016. Planeamiento del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (en línea). Guatemala, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Dirección de Planificación. p. 20. Consultado 10 ene. 2019. Disponible en <http://web.maga.gob.gt/download/EI%20agro16.pdf>
5. Arroyo, C.; Mora, J.; Salazar, L.; Quesada, M. 2004. Dinámica poblacional de nemátodos fitoparásitos en pejibaye (*Bactris gasipaes* K) para palmito (en línea). Costa Rica. Agronomía Mesoamericana 15(1):53-59. Consultado 9 nov. 2017. Disponible en <http://www.redalyc.org/html/437/43715108/>
6. Ayala A., L.; Cantúa A., J.A. 2013. Manual técnico sobre manejo de enfermedades en sésamo: *Macrophomina* y virosis. Asunción, Paraguay, DVZ Estudio Creativo p. 4-5, 14-15.
7. Cazón F., M.A.; Anzoategui L., T. 2012. Identificación de enfermedades en cultivo de sésamo en zonas productoras del departamento de Santa Cruz (Campaña

- verano 2012). Santa Cruz, Bolivia, CABEXSE. 17 p. Disponible en <http://marcaymercado.info/websites/CABEXE/imagen/documentos/8.pdf>
8. Céspedes, E.; Valda, S. 2009. Manual del cultivo de sésamo y fréjol. Santa Cruz de la Sierra, AgroExport & SNV/Diseño & Publicidad. p. 9-10.
 9. Chacón Pérez, J.J. 2007. Evaluación agronómica de 14 cultivares de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) con fines de selección de materiales promisorios en Las Cruces, La Libertad, Petén. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 7-8. Consultado 8 mar. 2017. Disponible en biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0034.pdf
 10. De León, R. 2014. Producción de ajonjolí en Guatemala (en línea). Consultado 19 mar. 2017. Disponible en <http://www.deguate.com/artman/publish/produccion-guatemala/produccion-de-ajonjolien-guatemala.shtml#.WJouLo-cHIU>
 11. Doñas Uclés, F. 2014. Búsqueda de resistencia a *Phytophthora capsici* y *Phytophthora parasitica* en cultivares comerciales de pimiento (en línea). España, Universidad de Almería, Escuela Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Experimentales. p. 16-17. Consultado 21 nov. 2017. Disponible en <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/3230/Trabajo211.pdf?sequence=1>
 12. El-Bramawy, M.A.S.; El-Hendawy, S.E.-S.; Amin Shaban, W.I. 2008. Assessing the suitability of morphological and phenological traits to screen *Sesame* genotypes types for *Fusarium* wilt and charcoal rot disease resistance (en línea). Ismailia, Egipto. p. 398, 402, 407. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/jppr.2008.48.issue-4/v10045-008-0049-y/v10045-008-0049-y.pdf>
 13. El-Bramawy, M.A.S.; Wahid Abdul, O.A. 2006. Field resistance of crosses of sesame (*Sesamum indicum* L.) to charcoal root rot caused by *Macrophomina phaseolina* (Tassi.) Goid (en línea). Ismailia, Egipto, FAO. p. 66-68. Consultado 18 mar.

2017. Disponible en agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ2006000684

14. EOL (Encyclopedia of Life). 2013. *Sesamum indicum* (en línea). Consultado 26 abr. 2017. Disponible en <http://www.eol.org/pages/484896/overview>
15. Erwin, D.; Ribeiro, O. 1996. *Phytophthora* diseases worldwide. US, American Phytopathological Society. 456 p.
16. Fernández, E.; Púrez, A.; Lorenzo, E.; Vinent, E. 1992. Efectividad del uso del ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) como cultivo intercrosecha contra *Meloidogyne incognita*. Revista de Protección Vegetal 7(1):39-42.
17. Fernández, P; Hernán, L. 2015. Sesame (*Sesamum indicum* L.) ethanolic extracts effect on *Fusarium oxysporum* f. sp. *sesami* (en línea). Barquisimeto, Lara, Venezuela, ResearchGate. p. 51-53. Consultado 18 mar 2017. Disponible en https://www.researchgate.net/profile/Hernan_Laurentin2/publication/274070767_EFECTO_DE_EXTRACTOS_ETANOLICOS_DE_AJONJOLI_Sesamum_indicum_L_SOBRE_Macrohomina_phaseolina_Sesame_Sesamum_indicum_L_ethanolic_extract effect on Macrohomina_phaseolina/links/551
18. Gallup, C.A.; Sullivan, M.J.; Shew, H.D. 2006. Black shank of tobacco. The Plant Health Instructor. Consultado 27 nov. 2017. Disponible en <https://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/fungi/Oomycetes/Pages/BlackShank.aspx>
19. Gilchrist-Saavedra, L.; Fuentes-Dávila, G.; Martínez-Cano, C.; López-Atilano, R.M.; Duveiller, E.; Singh, R.P.; Henry, M.; García, I. 2005. Guía práctica para la identificación de algunas enfermedades de trigo y cebada (en línea). 2 ed. México, CIMMYT. 75 p. Consultado 10 set. 2018. Disponible en <https://ageconsearch.umn.edu/bitstream/56185/2/guiaTrigoCebada.pdf>
20. Gokulakumar, B.; Narayanaswamy, R. 2008. Fourier transform– infrared spectra (FT-IR) analysis of root rot disease in sesame (*Sesamum indicum*) (en línea).

Romanian J. Biophys. 18(3):217–223. Consultado 17 mar. 2017. Disponible en <http://www.rjb.ro/articles/213/bgoku.pdf>

21. Herrera, I.; Hérrnan, L. 2012. Evaluación de la esporulación de *Fusarium oxysporum* f. sp. *sesami* en dos medios de cultivo y dos metodologías de inoculación en ajonjolí (*Sesamum indicum*) (en línea). Revista Científica UDO Agrícola 12(3):639-643. Consultado 18 mar. 2017. Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4689960>
22. Hidalgo Portillo, I.A. 2000. Análisis y priorización de recomendaciones técnicas generadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) durante el periodo 1975-1988, en cinco parcelamientos agrarios de la costa sur de Guatemala (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 13, 23-35. Consultado 7 mar. 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1909.pdf
23. IICA, Costa Rica. 2006. Guía práctica para la exportación a EE.UU. ajonjolí (en línea). Managua, Nicaragua. p. 4-6. Consultado 8 mar. 2017. Disponible en www.bio-nica.info/biblioteca/iica2006ajonjoliexportacion.pdf
24. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Ecuador). 1996. Manual del cultivo de soya (en línea). Ecuador, INIAP, Estación Experimental Boliche. 111 p. Manual no. 32. Consultado 9 nov. 2017. Disponible en <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2076/1/iniaplsm32.pdf>
25. INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, México). 2017. Agenda técnica agrícola Guerrero. México, INIFAP, Delegación Coyoacán. 120 p. Disponible en http://www.inifap.gob.mx/Documents/inicio/Agendas_Tec/2017/Agenda%20T%C3%A9cnica%20Guerrero%20OK.pdf

26. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica, Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola. 560 p.
27. Maheshwari, D.K.; Abhinav Aeron, M.S. 2011. Bacteria in Agrobiology (en línea). Ahmedabad, Gujarat, India, Springer. p. 387-389. Consultado 20 mar. 2017. Disponible en libcatalog.cimmyt.org/download/general/98495.pdf
28. Meredith, J.A.; Pérez, G. 1975. Géneros de nematodos fitoparásitos asociados al cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) en Venezuela (en línea). *Nematropica* 5(2):46. Consultado 9 nov. 2017. Disponible en <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/viewFile/63592/61260>
29. Navarro Cerrillo, N.M.; Gallo Ibáñez, L.; Sánchez Hernández, M.E.; Fernández Rebollo, P.; Trapero Casas, A. 2004. Efecto de distintas fertilizaciones de fósforo en la resistencia de brinzales de encina y alcornoque a *Phytophthora cinnamomi* Rands (en línea). *Investigación Agraria: Sistemas de Recursos Forestales* 13(3):550-558. Consultado 15 nov. 2017. Disponible en <https://recyt.fecyt.es/index.php/IA/article/view/2394/1790>
30. Path, P. 2012. Disease of field crop and their management (en línea). India, Tamilnadu Agricultural University, Development of e-Courses for B.Sc. (Agriculture) Degree Program. Consultado 2 mayo 2017. Disponible en <http://eagri.tnau.ac.in/eagri50/PATH272/lecture12/005.html>
31. Pineda Coronado, M.R. 2009. Respuesta del cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L, Pedaliaceae) a la fertilización al suelo y foliar en aldea El Paredón, Buena Vista, La Gomera, Escuintla, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar. 62 p. Disponible en <http://biblio3.url.edu.gt/Tesario/2009/06/04/Pineda-Mynor.pdf>
32. Ramakrishna, B. 1988. VII seminario cosecha mecánica del ajonjolí. Acarigua, Venezuela, Programa Cooperativo de Investigación Agrícola para la Subregión Andina –PROCIANDINO-. 22 p.

33. Rivas Figueredo, E.; De Armas Vargas, Y.; Elías Barreto, R.R.; Alonso Hernández, L.; Ramírez Medina, M.V.; Drake Espinosa, L.; Medina Salas, R. 2008. El diagnóstico y su papel en la fitoprotección. La Habana, Cuba, Laboratorio Provincial de Sanidad Vegetal de Matanzas, Temas de Ciencia y Tecnología 12(35):47-54. Disponible en http://www.utm.mx/edi_anteriores/temas035/3%20nota-35.pdf
34. Rojas Cáceres, L.J. 1998. Epidemiología de la pata negra y sus efectos en la producción de ajonjolí *Sesamum indicum* L. Tesis Ing. Agr. León, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Desarrollo Rural. p. 2-4, 21-25. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/731/1/tnh20r741.pdf>
35. Rojas Mairena, K.M. 2000. Determinación de los agentes causales de la pata negra en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. p. 3-8, 17-19. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1776/1/tnh20r741d.pdf>
36. Saharan, G.S.; Mehta, N.; Sangwan, M.S. 2005. Diseases of oilseed crops. Hisar, India, Haryana Agricultural University, Department of Plant Pathology CCS. p. 271-273.
37. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo San Felipe, Retalhuleu, Guatemala. Guatemala.
38. _____. 2011. Plan de desarrollo Retalhuleu, Retalhuleu, Guatemala. Guatemala.
39. Serrano, M.S.; De Vita, P.; Fernández-Rebollo, P.; Sánchez, M.E. 2011. Control de la podredumbre radical de encinas mediante fertilizantes inorgánicos II: efecto *in vitro* del Ca y el K en las capacidad infectiva de *Phytophthora cinnamomi* (en línea). España. Bol. San. Veg. Plagas 37:111-117. Consultado 15 nov. 2017. Disponible en http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/Biblioteca/Revistas/pdf_Plagas/BSV_P_37_01_109_118.pdf

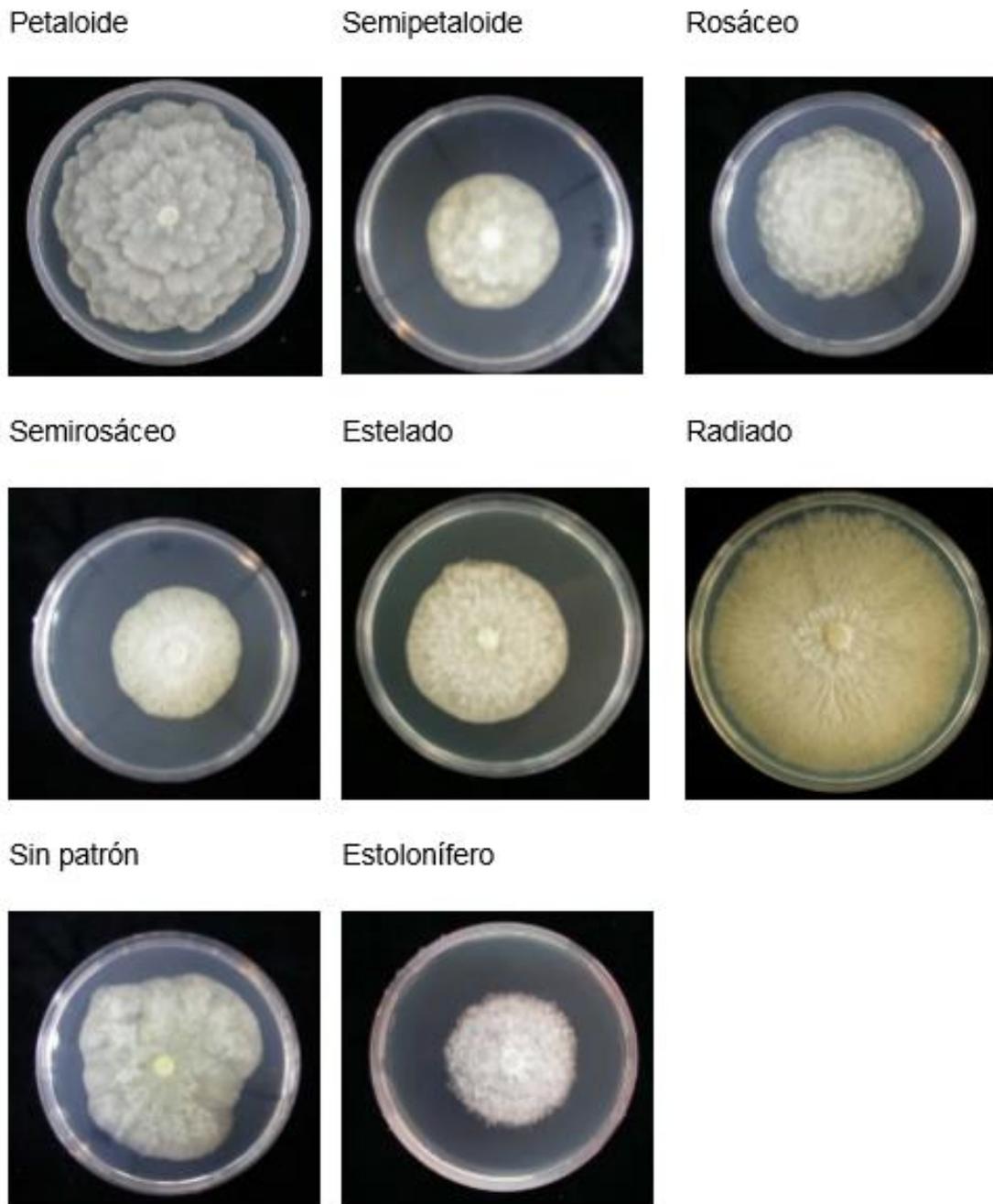
40. Vaca Moran, F.; Vásquez Galán, J.; Vásquez Granda, V.; Vásquez Guillen, J. 2001. Manual del cultivo de ajonjolí (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 19-24. Consultado 7 mar. 2017. Disponible en https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf

2.10 ANEXOS

Cuadro 8A. Fórmulas de medios de cultivo utilizados

| Medios utilizados | Fórmulas de medios |
|--|---|
| Medio de cultivo PDA (Papa Dextrosa Agar) | Para 350 ml de agua destilada: 10.5 g de PDA |
| Medio PARP | Para 350 ml de agua destilada: Pimaricina: 0.14 ml Ampicilina: 0.0525 g Rifampicina: 0.007 g PCNB: 0.035 g Benomil: 0.007 g |
| Medio PARPB | Para 350 ml de agua destilada: 5.95 g de Cornmeal agar Pimaricina: 0.14 ml Ampicilina: 0.0525 g Rifampicina: 0.007 g PCNB: 0.035 g Benomil: 0.007 g Hymexazol: 0.2415 ml |

Fuente: elaboración propia, 2017.



Fuente: Erwin y Riveiro, 1996.

Figura 31A. Especificación pictográfica para identificación de especies de *Phytophthora*, características de crecimiento en medio PDA.

Cuadro 9A. Datos climáticos en la estación sinóptica de Retalhuleu

| Estación sinóptica: INSIVUMEH Retalhuleu | | | Mes: Agosto | |
|--|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------|
| Día | Temperatura máxima (°C) | Humedad relativa (%) | Precipitación pluvial (mm) | Viento (Km/h) |
| 1 | 30.6 | 80 | 41.5 | 3.7 |
| 2 | 33.2 | 77 | 9.9 | 7.4 |
| 3 | 34 | 70 | 8.9 | 10.2 |
| 4 | 35 | 77 | 0 | 7.4 |
| 5 | 35 | 66 | 50.6 | 6.1 |
| 6 | 31 | 81 | 0 | 6.1 |
| 7 | 33.4 | 78 | 5.7 | 2.4 |
| 8 | 31.2 | 78 | 41.3 | 7.4 |
| 9 | 33.4 | 67 | 0 | 9.8 |
| 10 | 32 | 68 | 0 | 9.6 |
| 11 | 32.2 | 68 | 1.4 | 9.3 |
| 12 | 34 | 57 | 10.4 | 8.3 |
| 13 | 34.2 | 72 | 0 | 6.1 |
| 14 | 31.2 | 77 | 30 | 4.9 |
| 15 | 33.2 | 71 | 10 | 10.8 |
| 16 | 34 | 66 | 1.5 | 6.1 |
| 17 | 34 | 73 | 16 | 7.1 |
| 18 | 34 | 67 | 0.4 | 4.6 |
| 19 | 35 | 61 | 0.2 | 3.7 |
| 20 | 34.2 | 73 | 0 | 8.3 |
| 21 | 33.4 | 79 | 66.3 | 7.4 |
| 22 | 33.1 | 73 | 14.6 | 4.6 |
| 23 | 33 | 65 | 4.5 | 7.1 |
| 24 | 32.2 | 74 | 18 | 9.8 |
| 25 | 31 | 79 | 5 | 8.6 |
| 26 | 32 | 70 | 2.4 | 8.6 |
| 27 | 34.2 | 67 | 0 | 6.1 |
| 28 | 34.4 | 61 | 2 | 4.9 |
| 29 | 34 | 63 | 0 | 4.9 |
| 30 | 34.2 | 67 | 15.6 | 6.1 |
| 31 | 33.2 | 74 | 1.6 | 3.7 |
| Medias | 33.6 | 67.4 | 5.2 | 6.2 |

Fuente: elaboración propia, 2017.

 $\Sigma=357.8$

Cuadro 10A. Datos climáticos en la estación sinóptica de Retalhuleu

| Estación sinóptica: INSIVUMEH Retalhuleu | | | | |
|---|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|
| Mes: Septiembre | | | | |
| Día | Temperatura máxima (°C) | Humedad relativa (%) | Precipitación pluvial (mm) | Viento (Km/h) |
| 1 | 33.0 | 92 | 28.8 | 8.6 |
| 2 | 33.2 | 84 | 0.0 | 7.4 |
| 3 | 35.0 | 91 | 0.0 | 8.3 |
| 4 | 33.0 | 90 | 49.0 | 4.6 |
| 5 | 34.2 | 91 | 29.2 | 4.6 |
| 6 | 34.4 | 91 | 3.2 | 6.1 |
| 7 | 34.0 | 95 | 2.5 | 4.9 |
| 8 | 34.2 | 95 | 0.5 | 3.7 |
| 9 | 34.0 | 95 | 26.4 | 6.1 |
| 10 | 33.2 | 95 | 4.2 | 7.1 |
| 11 | 31.4 | 96 | 39.0 | 11.1 |
| 12 | 32.8 | 95 | 18.3 | 8.6 |
| 13 | 33.6 | 96 | 45.9 | 8.3 |
| 14 | 33.4 | 96 | 10.8 | 8.3 |
| 15 | 33.0 | 96 | 18.6 | 4.6 |
| Media | 33.0 | 98 | 22.9 | 7.3 |
| | | | $\Sigma=253.5$ | |

Fuente: elaboración propia, 2017.

Cuadro 11A. Datos climáticos en la estación meteorológica de Champerico

| Estación metereológica: INSIVUMEH Champerico | | | | Mes: Agosto |
|--|-------------------------|----------------------|----------------------------|---------------|
| Día | Temperatura máxima (°C) | Humedad relativa (%) | Precipitación pluvial (mm) | Viento (Km/h) |
| 1 | 32.4 | 86 | 18.3 | 5 |
| 2 | 32.8 | 84 | 4.7 | 4 |
| 3 | 34.6 | 78 | 0 | 3 |
| 4 | 34 | 77 | 0 | 3 |
| 5 | 34.4 | 76 | 0.7 | 3 |
| 6 | 31.8 | 82 | 5.2 | 3 |
| 7 | 32.8 | 82 | 4.1 | 4 |
| 8 | 33 | 82 | 7.1 | 2 |
| 9 | 34 | 78 | 0 | 2 |
| 10 | 33.4 | 83 | 0 | 5 |
| 11 | 33.2 | 82 | 0 | 1 |
| 12 | 33.8 | 81 | 5.1 | 2 |
| 13 | 33.8 | 80 | 0 | 4 |
| 14 | 32.4 | 85 | 23 | 1 |
| 15 | 34 | 79 | 0.2 | 4 |
| 16 | 34.4 | 81 | 0 | 3 |
| 17 | 34.6 | 75 | 0 | 3 |
| 18 | 34 | 79 | 0 | 4 |
| 19 | 34 | 76 | 0 | 3 |
| 20 | 34.2 | 76 | 0 | 2 |
| 21 | 34.2 | 81 | 24.2 | 2 |
| 22 | 33.6 | 79 | 3 | 2 |
| 23 | 33.6 | 76 | 0.3 | 2 |
| 24 | 31.6 | 83 | 27.2 | 3 |
| 25 | 32.8 | 82 | 0.5 | 5 |
| 26 | 33 | 80 | 9.6 | 5 |
| 27 | 33.6 | 75 | 0 | 5 |
| 28 | 34.2 | 80 | 0 | 3 |
| 29 | 34.2 | 78 | 0 | 4 |
| 30 | 33.8 | 81 | 0 | 2 |
| 31 | 34.6 | 79 | 0 | 4 |
| Medias | 33.6 | 79.9 | 4.3 | 3.2 |

Fuente: elaboración propia, 2017.

 $\Sigma=133.2$

Cuadro 12A. Datos climáticos del mes de septiembre en la estación metereológica de Champerico

| Estación meteorológica: INSIVUMEH Champerico | | | | |
|---|--------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|
| Mes: Septiembre | | | | |
| Día | Temperatura máxima (°C) | Humedad relativa (%) | Precipitación pluvial (mm) | Viento (Km/h) |
| 1 | 33.4 | 81 | 8.7 | 5.0 |
| 2 | 33.4 | 78 | 0.0 | 3.0 |
| 3 | 33.8 | 81 | 0.0 | 4.0 |
| 4 | 34.0 | 79 | 5.0 | 5.0 |
| 5 | 34.6 | 78 | 0.0 | 4.0 |
| 6 | 34.4 | 80 | 0.0 | 4.0 |
| 7 | 34.4 | 81 | 0.0 | 2.0 |
| 8 | 32.2 | 80 | 0.3 | 3.0 |
| 9 | 34.0 | 78 | 0.0 | 3.0 |
| 10 | 33.8 | 82 | 0.0 | 3.0 |
| 11 | 32.2 | 90 | 0.0 | 4.0 |
| 12 | 33.2 | 82 | 5.9 | 2.0 |
| 13 | 33.4 | 81 | 27.8 | 3.0 |
| 14 | 34.6 | 81 | 0.5 | 5.0 |
| 15 | 34.0 | 79 | 18.6 | 4.0 |
| Media | 33.7 | 80.7 | 3.2 | 3.6 |
| | | | $\Sigma=89.7$ | |

Fuente: elaboración propia, 2017.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE AGRONOMÍA
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: NELLY CRISTINA GONZALEZ
PROCEDENCIA: LA MAQUINA CENTRO 2, RETALHULEU
FECHA DE INGRESO: 13/10/2017

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO

| Identificación | pH | ppm | | Meq/100gr | | ppm | | | |
|--------------------|-------|-------|---------|-----------|---------|------|------|-------|-------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe | Mn |
| RANGO MEDIO | 6-6.5 | 12-16 | 120-150 | 6-8 | 1.5-2.5 | 2-4 | 4-6 | 10-15 | 10-15 |
| M-2 | 6.4 | 5.81 | 445 | 13.42 | 3.86 | 3.00 | 5.00 | 11.00 | 36.00 |



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 32 A. Análisis químico de suelo, La Máquina Centro 2, Retalhuleu



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: NELLY CRISTINA GONZALEZ
PROCEDENCIA: PARCELAMIENTO CABALLO BLANCO, RETALHULEU
FECHA DE INGRESO: 13/10/2017

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELO

| Identificación | pH | ppm | | Meq/100gr | | ppm | | | |
|--------------------|-------|-------|---------|-----------|---------|------|-------|-------|-------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe | Mn |
| RANGO MEDIO | 6-6.5 | 12-16 | 120-150 | 6-8 | 1.5-2.5 | 2-4 | 4-6 | 10-15 | 10-15 |
| M-1 | 6.1 | 42.15 | 1,288 | 14.04 | 4.83 | 2.00 | 17.50 | 31.50 | 62.00 |



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
 CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 33A. Análisis químico de suelo, Parcelamiento Caballo Blanco, Retalhuleu



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



INTERESADO: NELLY CRISTINA GONZALEZ
PROCEDENCIA: ALDEA LAS PILAS, RETALHULEU
FECHA DE INGRESO: 13/10/2017

ANALISIS QUIMICO DE SUELO

| Identificación | pH | ppm | | Meq/100gr | | ppm | | | |
|--------------------|-------|-------|---------|-----------|---------|------|------|-------|-------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe | Mn |
| RANGO MEDIO | 6-6.5 | 12-16 | 120-150 | 6-8 | 1.5-2.5 | 2-4 | 4-6 | 10-15 | 10-15 |
| M-3 | 5.6 | 6.16 | 370 | 10.30 | 3.29 | 3.50 | 8.00 | 39.00 | 39.50 |



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA
CODIGO POSTAL 01012, APARTADO POSTAL 1545, TEL: (502)24189308, (502) 24188000 EXT 1562 Ó 1769

Figura 34A. Análisis químico de suelo, Aldea Las Pilas, Retalhuleu



3.1 PRESENTACIÓN

Es necesario brindar a los productores información del manejo que contribuya a aumentar el rendimiento. Los agricultores no reciben una asistencia técnica formal que les brinde información de técnicas y métodos que podrían implementar para aumentar la producción de esta semilla oleaginosa.

Según revisión bibliográfica Ayala A & Cantúa A, 2013; Vaca Moran & Vasquez Guillen, 2001; MAG, Costa Rica. 1991 entre otros reportan que en estudios realizados se ha determinado que hongos como *Macrophomina phaseolina* y *Fusarium oxysporum* se transmiten por semillas provenientes de plantas enfermas.

Por lo que se hizo necesario realizar un análisis de sanidad de semillas y verificar si las semillas de Guatemala están infectadas por algún hongo. Generalmente los agricultores tienden a almacenar la mejor semilla de la cosecha anterior para utilizarla para la siembra y no se utilizan tratamientos de semillas con fungicidas protectantes.

Asimismo, se realizó un libro que organiza y proporciona información del manejo del cultivo y permita el conocimiento de las prácticas culturales adecuadas para el cultivo, así como recomendaciones de los productos fitosanitarios que pueden utilizarse para el manejo integrado de las principales plagas y enfermedades que atacan el cultivo de forma tal que puedan brindar un control efectivo que permita un rendimiento mayor.

Además, enlista las Buenas Prácticas Agrícolas que deben llevarse a cabo durante todo el proceso para obtener semilla de alta calidad cumpliendo los requisitos necesarios para la exportación. Así como programas de fertilización y otras herramientas que permiten darle a las plantaciones un manejo adecuado y un aumento en el rendimiento.

3.2 PRIMER SERVICIO: ANÁLISIS DE SANIDAD DE SEMILLAS DE CINCO VARIEDADES DE AJONJOLÍ

3.2.1 Objetivos

3.2.1.1 Objetivo general

Determinar la presencia de hongos en las semillas en diferentes variedades de ajonjolí.

3.2.1.2 Objetivos específicos

1. Detectar presencia de patógenos asociados a la semilla.
2. Identificar los hongos que se desarrollen en las semillas y determinar incidencia.
3. Elaborar un folleto con los resultados obtenidos.

3.2.2 Metodología

Todo el material y equipo utilizado se esterilizo por medio de la autoclave, se utilizo medio de cultivo PDA y la siembra se realizó en cajas de Petri. Igualmente se utilizo papel filtro y agua debidamente esterilizado para la siembra en papel.

3.2.2.1 Preparacion de medios de cultivo

Se peso 5.95 g de PDA y se diluyo en 350 ml de agua destilada. Esta solución se autoclaveo por 20 minutos tras lo cual se colocó 10 ml en cada caja de Petri.



Figura 35. Preparación de medios de cultivo PDA.

3.2.2.2 Siembra de semillas en medios de cultivo

Para la siembra en papel filtro, se colocó por unos segundos las semillas en agua estéril, tras lo cual se procedió a la siembra y a la incubación bajo el esquema 12 horas luz/12 horas oscuras.

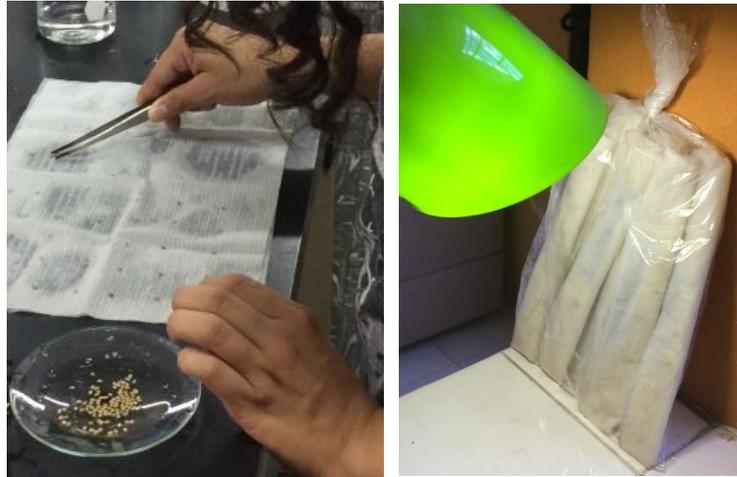


Figura 36. Siembra de semillas en papel filtro.

Para la siembra en medios de cultivo PDA se realizó una esterilización superficial de las semillas con solución hipoclorito de sodio (1% de Cl-) por aproximadamente 3 a 5 minutos. Después de colocar las semillas en cajas Petri se incubaron a 20°C

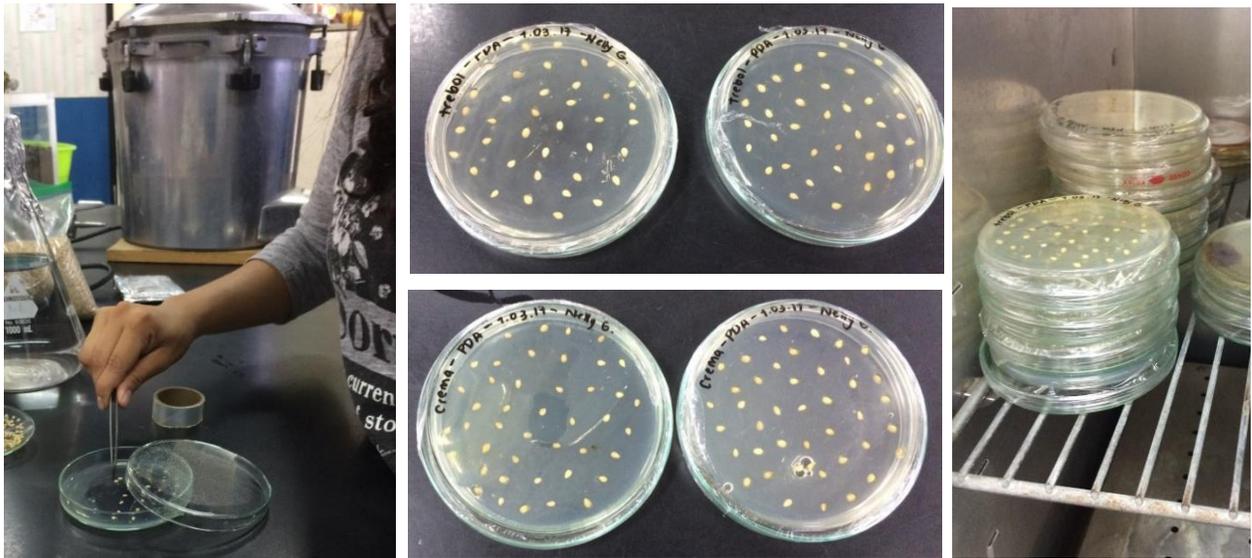


Figura 37. Siembra de semillas en medios de cultivo.

Después de 2 semanas de incubación se realizaron montajes de los micelios desarrollados para la observación e identificación de estructuras.

3.2.3 Resultados

Ayala A & Cantúa A, 2013 informa que el Servicio de Calidad y Sanidad Vegetal y de Semillas (SENAVE), menciona a enfermedades transmitidas por semillas a *Cercospora sesami*, *Alternaria sesami* (manchas foliares), *Fusarium oxysporum* (pudrición del tallo y raíz), *Macrophomina phaseolina* (pudrición carbonosa del tallo), Virus (enanismo, deformaciones y arrugamiento de las hojas, clorosis), *Pseudomonas syringae* (tizón bacteriano) y *Xanthomonas campestris* (pústula bacteriana)

Rojas Mairena, 2000 indica que una de las condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad "Pata Negra" es el uso de semilla no certificada o tratada. Cuando se siembra una semilla infectada, se presentará una lesión negra y hundida cerca de la base del cotiledón a nivel del talluelo que avanza hacia la raíz y tallo.

Macrophomina phaseolina uno de los patógenos conocido en algunos lugares como el agente causal de la pata negra es un patógeno considerado capaz de diseminarse a través de la semilla, siendo este un vehículo eficiente de diseminación y fuente de inóculo. Rojas Mairena, 2000 indica que los esclerocios y esporas son diseminados con los cultivos enfermos, semillas y agua de lluvia o riego. Ayala A & Cantúa A, 2013 citan que en estudios realizados se ha determinado que este hongo se transmiten por semillas provenientes de plantas enfermas.

Cuando se tiene una semilla libre de patógenos, garantiza la sanidad del cultivo y mayor producción.

Es por lo tanto necesario realizar un análisis de sanidad de semilla que nos indique si la semilla que se utiliza para la siembra se encuentra contaminada por patógenos capaces de transmitir enfermedades a nivel de campo y recomendar métodos preventivos para tener semilla libre de patógenos que nos garantice la sanidad del cultivo y mayor producción.

Es importante mencionar que el análisis de sanidad de semilla se realizó para las siguientes variedades: R-198, Cebo, Trébol, Escoba y Crema. A continuación, se presentan los resultados obtenidos. En general la mayor parte de las plántulas se encontraron sanas.

3.2.3.1 Variedad R-198

En el papel filtro las plantas y sus raíces estaban sanas. Solo una semilla presento micelio como se puede observar en la imagen.

En el medio PDA igualmente solo una de las plántulas presento micelio como puede observarse en la imagen, a pesar de efectuarse un reaislamiento, no hubo desarrollo de estructuras tras varios días de incubación.

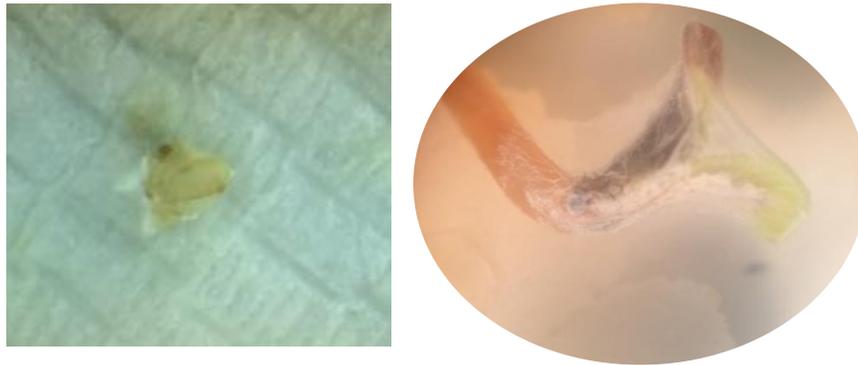


Figura 38. Semilla y plántula rodeada de micelio.

El hecho de que solo se encontrara en una semilla y una planta, nos indica que la incidencia es baja por lo cual no es necesario aplicar un tratamiento preventivo a las semillas, sino más bien aplicar un producto preventivo a las plantas ya desarrolladas en el campo.



Figura 39. Plántulas de R-198 sanas.

3.2.3.2 Variedad Cebo

En la variedad cebo se encontró una incidencia de *Fusarium* de 36% en la siembra realizada en medio de cultivo PDA. Es necesario evaluar el comportamiento de esta variedad en campo en comparación con otras variedades para determinar si la incidencia es mayor y si es necesario aplicar algún tratamiento preventivo a las semillas para que exista un mejor desarrollo de las plantas.



Figura 40. *Fusarium* en variedad cebo.

En el papel filtro las plantas estaban sanas, sin embargo, se observó que el 6% en la base del tallo y partes de la raíz se encontraba lastimado y poseía una coloración rojiza, este es un síntoma de la enfermedad "Pata Negra" que se desarrolla en el campo. A pesar de ser baja la incidencia que se encontró, esta es la variedad con mayor incidencia en el análisis, tras realizar una comparación en el campo se podría recomendar o no el utilizar tratamiento preventivo aplicado a las semillas.

Si fuese necesaria la aplicación de un fungicida preventivo como tratamiento aplicado a las semillas, por ser *Fusarium* el hongo que se determinó el cual es transmitido en las semillas. Muchos autores incluyendo Hidalgo, I. 2000 recomiendan la prevención evitando el encharcamiento, con rotación de cultivos y tratando la semilla antes de la siembra, con fungicidas a base de tiram, captan, benomil o ethazol.

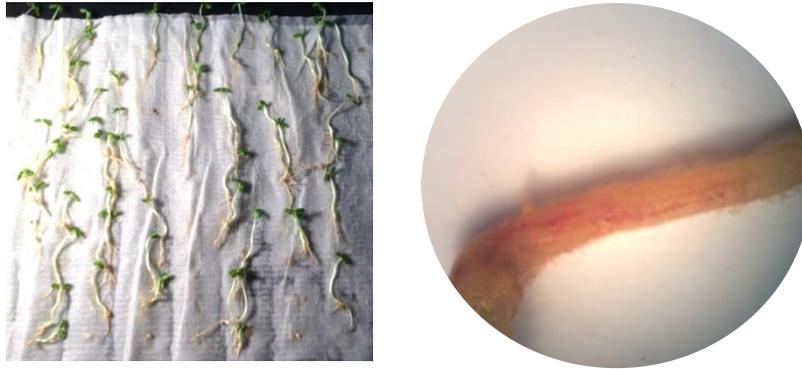


Figura 41. Plántulas de la variedad cebo.

3.2.1.3 Variedad Trébol

Para esta variedad en papel filtro todas las plantas se encontraron totalmente sanas y ninguna presento presencia de micelio o síntomas. En la siembra hecha en el medio de cultivo PDA se encontraron 2 colonias: Aspergillus y Cladosporium que son hongos fitopatógenos de granos almacenados por lo que no es necesario aplicar un tratamiento preventivo.

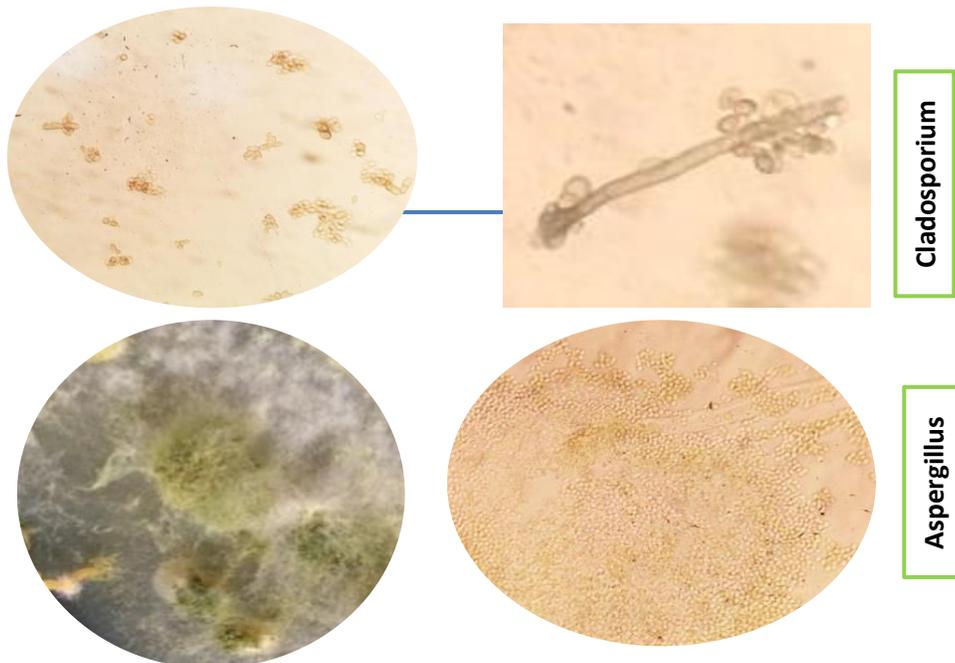


Figura 42. Cladosporium y Aspergillus en variedad trébol, patógenos de granos almacenados

3.2.1.4 Variedad Escoba

En los medios de cultivo PDA se encontró a los hongos: *Aspergillus* y *Cladosporium*. En el papel filtro las plantas se encontraron sanas. Únicamente una de las semillas se observó infectada, con una coloración negruzca y puntos negros. Se realiza un aislamiento de la semilla en medio de cultivo PDA, para el desarrollo de estructuras y se determinó a *Curvularia*.

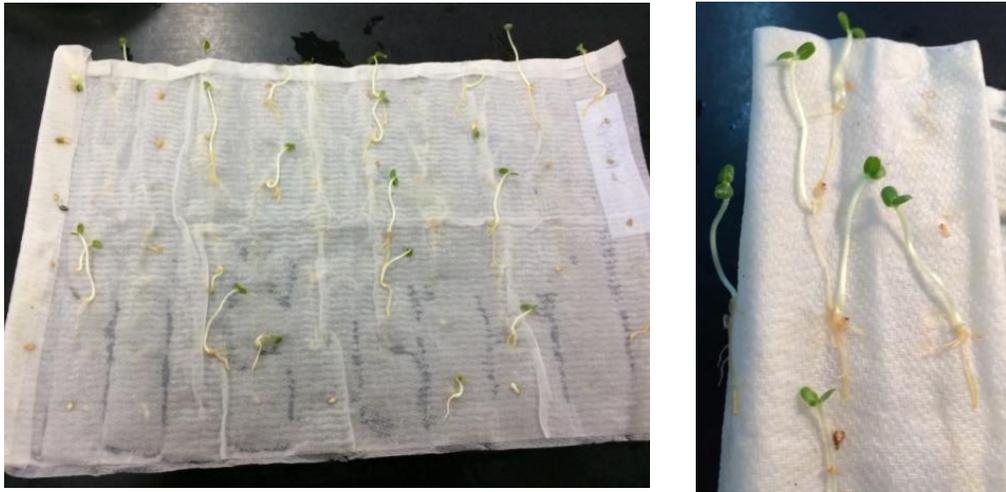


Figura 43. Plántulas de la variedad escoba sanas.

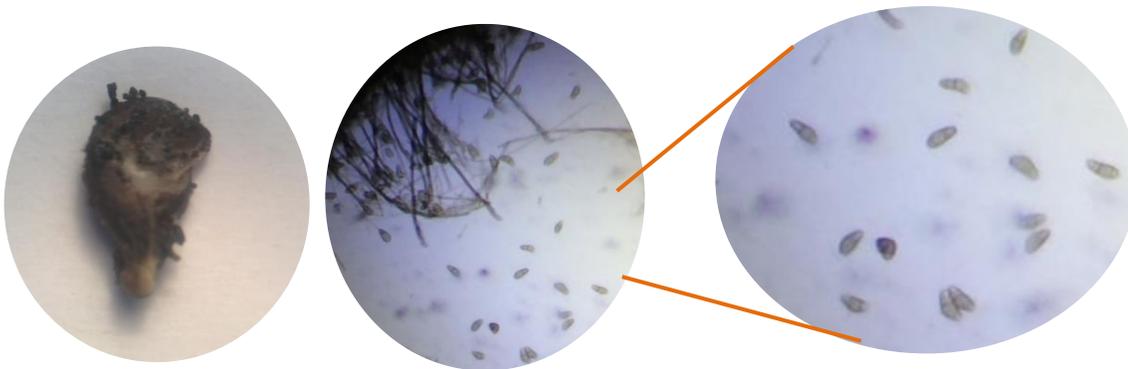


Figura 44. *Curvularia* en la variedad escoba.

3.2.1.5 Variedad Crema

En las siembras que se realizaron tanto en las cajas Petri, como en los medios de cultivo PDA se encontraron plántulas sanas, hubo baja germinación por que la viabilidad de la

semilla era baja, ya que solo se poseía de cosechas atrás, pero en general su desarrollo fue bueno. En la siembra realizada en PDA se encontró una colonia de *Penicillium*, otro hongo fitopatógeno de granos almacenados.

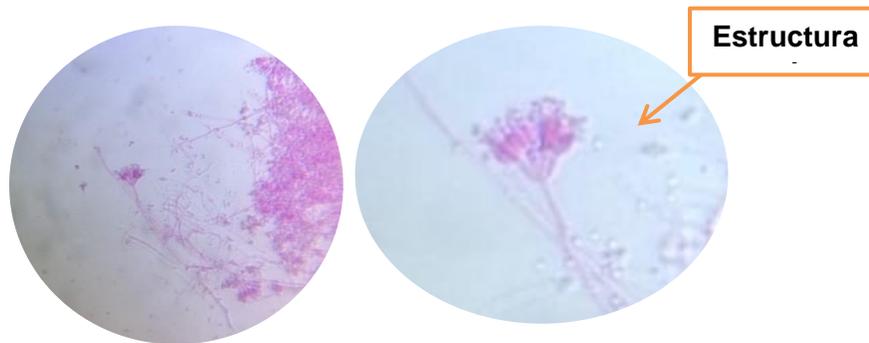


Figura 45. *Penicillium* en la variedad crema.

3.2.2 Evaluación

Se requería el análisis de sanidad de semillas de las diferentes variedades de ajonjolí con las que trabaja la empresa UNIEXPORT S.A., realizando dicho análisis a 5 de 6 variedades logrando un 83 % de lo esperado. No se realizó el análisis de sanidad de una de las variedades debido a que en el momento en que se realizó el análisis no se poseía muestra de la misma siendo la variedad Regional proveniente de México.

La mayoría de las semillas presento ausencia de los organismos patógenos que atacan en la fase de campo, lo cual determina que las enfermedades no son transmitidas desde las semillas, sino que los patógenos se encuentran mayormente en el suelo, plantas hospederas, rastrojo, etc.

La variedad que presento mayor incidencia fue cebo, en los aislamientos se encontró estructuras de *Fusarium*. Sin embargo, en Guatemala la incidencia que se presenta es demasiado baja, por lo que no es necesario aplicar fungicidas preventivos a la semilla antes de la siembra, sin embargo, si es importante realizar prácticas y aplicaciones preventivas para las enfermedades que disminuyen el rendimiento en el ajonjolí.

3.2.3 Bibliografía

1. Ayala A., L.; Cantúa A., J.A. 2013. Manual técnico sobre manejo de enfermedades en sésamo: *Macrophomina* y virosis. Asunción, Paraguay, DVZ Estudio Creativo p. 4-5, 14-15.
2. Céspedes, E.; Valda, S. 2009. Manual del cultivo de sésamo y fréjol. Santa Cruz de la Sierra, AgroExport & SNV/Diseño & Publicidad. p. 9-10.
3. Hidalgo Portillo, I.A. 2000. Análisis y priorización de recomendaciones técnicas generadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) durante el periodo 1975-1988, en cinco parcelamientos agrarios de la costa sur de Guatemala (en línea). Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. p. 13, 23-35. Consultado 7 mar. 2017. Disponible en http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1909.pdf
4. Rojas Mairena, K.M. 2000. Determinación de los agentes causales de la pata negra en ajonjolí (*Sesamum indicum* L.). Tesis Ing. Agr. Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía. p. 3-8, 17-19. Disponible en <http://repositorio.una.edu.ni/1776/1/tnh20r741d.pdf>
5. Vaca Moran, F.; Vásquez Galán, J.; Vásquez Granda, V.; Vásquez Guillen, J. 2001. Manual del cultivo de ajonjolí (en línea). Honduras, Escuela Agrícola Panamericana El Zamorano. p. 19-24. Consultado 7 mar. 2017. Disponible en https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf

3.3 SEGUNDO SERVICIO: ELABORACIÓN DE UN FOLLETO DEL MANEJO DEL AJONJOLÍ Y BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS

3.3.1 Objetivos

3.3.1.1 Objetivo general

Elaborar un folleto del Manejo del ajonjolí y Buenas Prácticas Agrícolas

3.3.1.2 Objetivos específicos

Detallar el proceso adecuado de cada una de las prácticas culturales que se deben llevar a cabo durante el manejo.

Enlistar los productos químicos que cumplan los requisitos y normas de exportación.

Enlistar las buenas prácticas agrícolas que deben implementarse especialmente en cuanto al almacenamiento de granos y los productos fitosanitarios.

3.3.2 Metodología

Se recopiló información sobre las labores culturales y otras prácticas que permitan el manejo integrado de plagas y enfermedades.

Se recopiló información de los productos que se utilizan en el manejo del ajonjolí y que cumplen con los requisitos y normas de exportación.

Se recopiló información sobre las buenas prácticas agrícolas que deben aplicarse en el cultivo de ajonjolí.

Se recopilaron fotografías de las prácticas culturales y otros procesos que se realizan durante el manejo del ajonjolí.

Se organizó la información recopilada.

Se crearon planes MIP para mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y tortuguilla (*Diabrotica balteata*) de información recopilada.

Se realizó un tríptico de las BPA's que proporciona la información necesaria simplificándola de manera breve y concisa facilitando la implementación de las mismas.

Se realizó una caracterización de las semillas de las diferentes variedades.

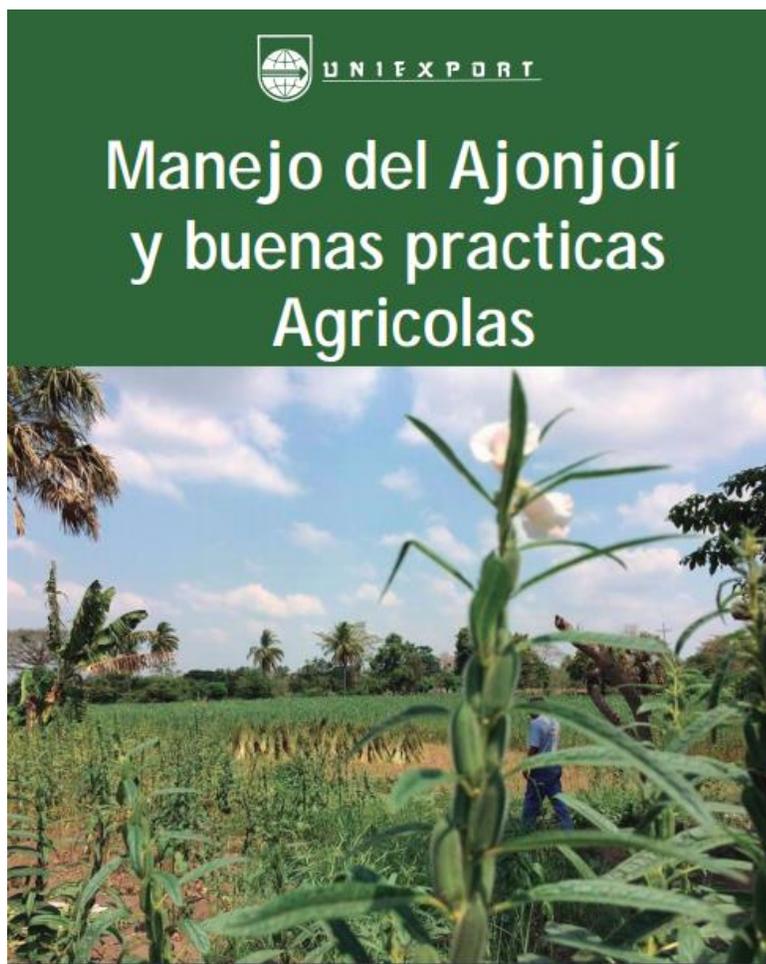


Figura 46. Portada del folleto.

3.3.3 Resultados

Guatemala ha producido y exportado ajonjolí de alta calidad por más de 40 años. Este cultivo es de suma importancia para los productores de la Costa Sur, ya que es una de las principales fuentes ingreso.

Los departamentos productores de ajonjolí en Guatemala son: Retalhuleu, Suchitepéquez, Quetzaltenango, San Marcos, Santa Rosa, Escuintla y Peten. Sembrándose en las localidades más cercanas al mar las cuales poseen las características que permiten el desarrollo óptimo del ajonjolí.

Las características edafoclimáticas varían de localidad en localidad. En general las áreas de producción se encuentran desde los 5 m a 500 m s.n.m., con temperaturas que oscilan entre 20 °C a 38 °C.

Los suelos en donde se siembra ajonjolí generalmente poseen textura franca-arenosa, arcillosa y franco-arcillosa, profundos, con buen drenaje.

El cultivo requiere de una precipitación de 400 mm a 900 mm distribuidos durante su ciclo vegetativo. Es necesario aplicar un control preventivo para las enfermedades que se desarrollan con alta humedad en años donde se supere este requerimiento.

3.3.3.1 Época de siembra

En Guatemala la siembra se inicia a finales de julio y a principios de agosto mayormente, meses antes de que finalice la época de invierno, dependiendo de las condiciones del invierno. La planta recibirá la cantidad de agua necesaria al inicio para la germinación y desarrollo vegetativo y después del tiempo de floración recibirá poca agua de acuerdo con el requerimiento hídrico de la planta. Aunque las condiciones climáticas han cambiado en los últimos años, aún se consideran adecuadas estas fechas de siembra para el cultivo de ajonjolí.

3.3.3.2 Preparación de la tierra

Comúnmente no se realiza una preparación de suelo, ya que se siembra entre las calles del maíz días después de que este se dobla. Esta práctica permite que los productores no tengan la necesidad de realizar un control de malezas previo a la siembra, y brinda una reducción en los costos de producción.

Cuando no se siembra en relevo con el maíz, es necesario pasar una aradura a 20 cm de profundidad y dos pases de rastra una semana antes de la siembra, ya que el suelo debe quedar bien mullido para facilitar el desarrollo radicular y poseer buena aireación.

Si el terreno no es plano deben construirse canales de drenaje para evitar el encharcamiento del terreno.

Se recomienda incorporar el rastrojo del maíz doblado al suelo, ya que al descomponerse constituirán abonos orgánicos.

3.3.3.3 Tratamiento de semillas

Se debe proteger la semilla cuando es depositada al suelo principalmente contra el daño de la hormiga con productos tratadores de semillas como Blindaje, Volaton y Gaucho.

En años donde las condiciones ambientales propicien la aparición de enfermedades, es necesario aplicar a las semillas fungicidas que prevengan la infección de patógenos.

Se recomienda tratar la semilla antes de la siembra, con fungicidas a base de tiram, captan, benomil o ethazol.



Figura 47. Semilla tratada.

3.3.3.4 Siembra

Se realiza de dos formas:

Mateado: por posturas se echan 7-10 semillas, con distancias de siembra de 30 cm entre postura y 50 cm entre surco.



Figura 48. Siembra de forma mateada.

A chorro: se realiza una abertura por la hilera a la profundidad deseada y simultáneamente se van echando las semillas por todo el camino, con una distancia entre surcos de 50 cm.



Figura 49. Siembra a chorro.

Es necesario a los 15 días después de la siembra realizar un raleo, eliminando de esta manera las plantas fuera de lugar y las enfermas, hasta lograr una densidad adecuada de plantas.

3.3.3.5 Control de malezas

En las calles del maíz se realiza un control de malezas antes de la siembra, mayormente con productos químicos. Durante el ciclo del ajonjolí se realizan 2 limpieas. Se realizan manualmente, comúnmente utilizando machete o azadón. En algunos sectores se utiliza la cultivadora. Es necesario realizar el control de malezas en los primeros 40 días después de la germinación.

Si se realiza un control de malezas químico se deben de escoger productos que cumplan con los requisitos y normas de exportación. Generalmente se utilizan: Ilustre y Flash (Sistémico) Ráfaga, Paraquat y Garmaxone (Quemante) Gesaprim, Tarea y Fusilade (Selectivo hoja ancha.



Figura 50. Control de malezas con cultivadora.

3.3.3.6 Control de plagas y enfermedades

- Plagas del cultivo

En algunas localidades el mayor problema son las tortuguillas (*Diabrotica* sp.), mientras que otras localidades sufren una reducción en el rendimiento por causa de la Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*).

- Plagas de suelo

Gallina Ciega: ataca al cultivo en sus primeras etapas de crecimiento, daña principalmente el sistema radicular afectando el crecimiento de las plantas.

- Plagas del follaje

Los insectos que causan mayor daño al follaje son gusanos cortadores *Agrotis* sp. y spodópteras. Poseen hábito alimenticio nocturno, cortan las plantas jóvenes y las defolían.

Para combatir esta plaga se puede utilizar Nomax, Triclorfón, Sevin, Lorsban y Nomolt

Diabrotica: Actúan como cortadoras de la base del tallo de las plántulas y se alimentan del follaje; hacen agujeros en forma de círculos irregulares en el follaje. (León, 2009)

El manejo se realiza a base de Malation, Diazinon, Sevin, Triclorfón y productos como Engeo y Proclaim.



Figura 51. Daño causado por tortuguillas en ajonjolí.

- Insectos Chupadores

Mosca Blanca: Es un insecto chupador de la savia de las hojas. Es necesario utilizar trampas amarillas que permitan la reducción de la plaga. Como tratamiento químico se recomiendan productos como, Confidor y productos a base de pimetrozine e imidacloprid. También es recomendable utilizar productos botánicos como el Neem que repelen la plaga.

- Plagas de la cápsula

Chinche hediondo (*Nezara viridula*) ataca directamente a la cápsula y chupan savia e inyectan saliva tóxica que causa necrosis local y marchitez en las cápsulas en desarrollo. (IICA, 2006)

- Araña Roja

Deforma las hojas y hay encrespamiento. Este insecto succiona la savia de la planta, debilitándola y haciendo que la producción disminuya ya que provoca raquitismo en las plantas. Normalmente se presenta debido a sequías prolongadas.

Ya que ataca en su estado de ninfa se deben utilizar productos a base de Abamectina como Cobra y Kumulus. Por ser traslaminar logra controlar la plaga y disminuir su población.

Para el control de pulgones y gusanos se recomienda utilizar productos como: Monarca y Muralla. Para el control de otros insectos utilizar Curyom o Cipermetrina.

3.3.3.7 MIP (Manejo Integrado de Plagas)

El Manejo Integrado de Plagas permite que exista una reducción en la proliferación de las plagas por un aumento en la población de los enemigos naturales aplicando prácticas como una buena preparación de suelo, control de malezas y eliminación de rastrojos. Lo más recomendable es realizar un control etológico por medio de trampas amarillas que si bien no reduce la población de todas las plagas, permite que se realice monitoreo que demuestren que insectos tienen una mayor población en las plantaciones para después aplicar productos químicos y tratamientos biológicos que brinden un control efectivo.



Figura 52. Trampa amarilla en plantación.

Fuente: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/supply-farm-and-garden-insect-trap-china-682188096.html>

3.3.3.8 Enfermedades

Por lo general se produce una pudrición acuosa en la base del tallo y las raíces, que producen el volcamiento de la planta.

- Ahogamiento o damping off

Cuando la enfermedad ataca en preemergencia emite un pequeño tallo de color café oscuro, que rápidamente muere a causa de la enfermedad. En postemergencia las plantulas más desarrolladas se observan con cierta flacidez, que se va acentuando hasta marchitar completamente la planta y en el cuello a la altura del nivel del suelo, se observara un estrangulamiento característico bien marcado de coloración café rojiza u oscura. (Hidalgo, I. 2000) Cuando se presenta el mal de talluelo, 10 días después de la siembra habrá defoliación.

El ataque de estos hongos se previene evitando el encharcamiento, con rotación de cultivos y tratando la semilla antes de la siembra, con fungicidas a base de tiram, captam o benomil.

Las enfermedades del follaje son de poca importancia en las regiones donde se planta ajonjolí. Se presenta la mancha angular de la hoja y alternaria pero las variedades cultivadas son tolerantes. (MAG, Costa Rica. 1991)



Figura 53. Plantas de ajonjolí afectadas por la pata negra.

- Macrophomina phaseolina

Ocasiona una pudrición carbonosa a nivel del tallo que provoca el acame de las plantas produce pudrición del tallo y ataca en condiciones secas. La planta adulta presenta marchitez y muerte prematura.

Se recomienda el tratamiento de la semilla con fungicidas tales como Ethazol, Benomyl y Captan. (Vaca, F. 2001)

Utilizar productos como: Antracol y Banrot.

***Raleo fitosanitario**

Eliminar plantas enfermas, con manchas, hundimiento o marchitez, para evitar contaminar otras plantas.

3.3.3.9 Programa de fertilización

Por las diferentes características en los suelos en donde se produce ajonjolí, no puede existir un programa de fertilización general. Especialmente se debe tener en cuenta que el requerimiento de nutrientes se distribuye de acuerdo al desarrollo vegetativo como sigue:

Días después de la siembra:

0-29: 3 %

30-47: 10 %

48-81: 58 %

82-110: 29 %

Por lo tanto, es recomendable realizar la fertilización al mes y medio después de la siembra y cuando tenga dos meses y medio.

El factor limitante para rendimientos altos de ajonjolí es la disponibilidad de fósforo. Importante es el calcio y magnesio. La aplicación de abono foliar es muy apta para el cultivo de ajonjolí. Puede cubrir gran parte del requerimiento de fertilización. (Vaca, F. 2001)

Los productos más utilizados son Nutrex, Bayfolan Forte, CalcionBor, Zinc-Boro, Completales, Humifert,

Es recomendable aplicar Sulfato de Amonio 8 y 45 días después de la siembra. A los 50 días después de la siembra la nutrición foliar se puede aumentar aplicando Energimax y Newfol k los cuales estimulan el desarrollo y crecimiento de las plantas favoreciendo el amarre de floración y peso en pocha.

3.3.3.10 Cosecha

Se realiza cuando las cápsulas bajas empiezan a secarse y han empezado a abrirse. Las plantas empiezan a ponerse amarillas.

3.3.3.11 Corte

Se realiza dependiendo de la altura de la primera capsula 25 cm debajo de la misma, dejándose en una misma dirección.

Se agrupa en manojos de diez a quince plantas, que se dejan sobre el terreno, hasta que se terminen de cortar todas las plantas.



Figura 54. Corte de ajonjolí.

3.3.3.12 Emparvado

Consiste en poner parado, los manojos de plantas amarradas.

3.3.3.13 Secado de las parvas

El secado se realiza por 15 días por medio de la exposición directa al sol. Por lo irregular de la lluvia en tiempo de cosecha se recomienda planificar el tiempo de secado y proteger en caso de lluvia.



Figura 55. Secado de parvas.

3.3.3.14 Aporreo

Consiste en golpear y sacudir las plantas sobre una lona o con un palo los manojos de las plantas secas, para sacar las semillas de las cápsulas.

3.3.3.15 Limpieza o zarandeo

se elimina la tierra y otros que queda después del aporreo, con una zaranda fina.



Figura 56: Limpieza del grano de ajonjolí en el campo

3.3.3.16 Transporte y comercialización

Los medios de transporte deben estar limpios, desinfectados y ventilados.

3.3.3.17 Buenas Prácticas Agrícolas (BPA's)

- **Plaguicidas...**

Lea y siga las instrucciones del fabricante, que están en la etiqueta de los productos químicos.

*Aplicar en el momento oportuno

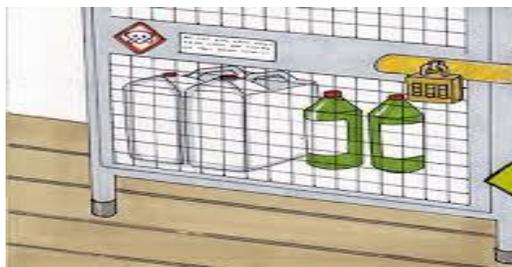
*Cambie los productos al menos cada dos ciclos.

Lleve un registro de aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas

Cuadro 13. Matriz de productos aplicados

| Producto aplicado | Dosis aplicada | Fecha de aplicación |
|-------------------|----------------|---------------------|
| | | |
| | | |

- **No aplique plaguicidas días antes de la floración.**
- **No aplique plaguicidas cuando llueve**
- **Almacenamiento de fertilizantes y plaguicidas...**



Fuente: <http://teca.fao.org/es/read/8354>

Figura 57. Almacenamiento correcto de productos fitosanitarios

Los plaguicidas deben estar separados de los fertilizantes

Es necesario disponer de un área destinada a la preparación de mezclas y un área de barbecho (donde se echa lo que no se usa)



Fuente: <https://diariocorreo.pe/ciudad/advierten-sobre-plaguicidas-usados-en-el-agr-3248>

Figura 58. Área de barbecho para residuos de productos.

Limpieza de equipo Triple lavado y perforación a los envases.

Después de utilizar el contenido del envase, adicione agua hasta $\frac{1}{4}$ de la capacidad del envase.

Cierre el envase y agite por 30 segundos.

Vacié el contenido en la bomba de mochila o la asperjadora a utilizar. Repita este procedimiento 2 veces más.

Perforar el envase.



Fuente: <https://es.slideshare.net/oscarreyesnova/5-manejo-de-empaques-y-embalaje>

Figura 59. Pasos del triple lavado.

- **Almacenamiento de semillas y granos**

Para mantener la calidad del ajonjolí, se debe evitar mezclar la semilla tratada para siembra, con ajonjolí de la nueva cosecha.

*No almacene el ajonjolí en el mismo lugar donde guarda su equipo para fumigar.

No utilice sacos de abono, alimento para animales o de agroquímicos para envasar el ajonjolí; de preferencia utilice sacos nuevos, limpios y sin ningún dibujo, letrero o marca.

No fumigue el ajonjolí cuando se esté secando, al sacudirlo o al estar almacenado.

No aplicar insecticidas ni fungicidas a su ajonjolí ya cortado, con la pochá abierta, sacudido y almacenado.

3.3.4 Evaluación

Se esperaba la edición de 1 folleto que permitiera a los productores poseer información acerca del manejo de ajonjolí, se cumplió esto un 200% ya que con los resultados del primer servicio también se realizó la edición de otro folleto en cuanto al análisis de sanidad de semilla.

En cuanto a los productos fitosanitarios utilizados en las plantaciones es necesario cumplir con los requisitos de exportación que indican que se aprueban productos de etiqueta verde y azul. Los productos de etiqueta amarilla deberán utilizarse únicamente los que presenten una residualidad baja.

Las Buenas Prácticas Agrícolas son aspectos durante todo el manejo del cultivo que permitirán un mejor control de los productos fitosanitarios y otras prácticas que permiten la producción segura. Además, garantizan que los productos, cumplan los requisitos mínimos de inocuidad y de calidad.

3.3.5 Bibliografía

1. Hidalgo Portillo, I. A. 2000. Análisis y priorización de recomendaciones técnicas generadas por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-en el cultivo de ajonjolí (*Sesamum indicum* L) durante el periodo 1975-1988, en cinco parcelamientos agrarios de la costa sur de Guatemala (en línea). Tesis Lic. Guatemala, Guatemala, USAC. 13, 23-35 p. Consultado el 7 mar 2017. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1909.pdf
2. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Costa Rica). 2006. Guía práctica para la exportación a EE.UU. Ajonjolí (en línea). Managua, Nicaragua. Representación del IICA en Nicaragua. 4-6 p. Consultado 8 mar 2017. Disponible en: www.bio-nica.info/biblioteca/iica2006ajonjoliexportacion.pdf
3. MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos Técnicos sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas de Costa Rica. San José, Costa Rica: Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola.
4. Vaca Moran, F; Vásquez Galán, J; Vásquez Granda, V; Vásquez Guillen, J. 2001. Manual del cultivo de Ajonjolí (en línea). Honduras. Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 19-24 p. Consultado 7 mar 2017. Disponible en: https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2550/1/210904_0325%20ajonjoli.pdf
5. Vides, A. 2015. Conozca sobre la adecuada manipulación del ajonjolí (en línea). Agexport. Consultado el 7 mar 2017. Disponible en: <http://agexporthoy.export.com.gt/2015/02/conozca-sobre-la-adecuada-manipulacion-del-ajonjoli/>