

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora* sp., EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr).
DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

OSCAR ALEJANDRO DE LEÓN MEDINA

GUATEMALA, JULIO DE 2021

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL
DE *Phytophthora* sp., EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr).
DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO
SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

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

**POR
OSCAR ALEJANDRO DE LEÓN MEDINA
EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA
EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, JULIO DE 2021

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

RECTOR EN FUNCIONES

LICENCIADO M.A. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL PRIMERO	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL SEGUNDO	Dra. Griselda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Agr. Marlon Estuardo González Álvarez
VOCAL QUINTO	Br. Sergio Wladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, JULIO DE 2021

Guatemala, julio de 2021

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: **“EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora* sp., EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr). DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Oscar', with a large, sweeping flourish underneath.

Oscar Alejandro de León Medina

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Que nunca me ha soltado de mi mano derecha.

A MI PADRE

Fredy Herald de León Barrios quien me ha enseñado a enfrentar la vida con amor y gallardía.

A MI MADRE

A mi pilar, Carmen Olimpia Medina Medina mi amorosa madre, gracias por guiar mi camino, sos mi ejemplo de superación, honestidad y perseverancia.

A MI HERMANO

Fredy Gerardo de León Medina la persona más valiente y noble que conozco, con quien estoy en deuda gracias por hacer por mi más de lo que te correspondía, más de lo que cualquier hermano hace.

A MI HERMANA

Alis Carmen Andrea de León Medina quien ha sido mi mayor cómplice desde la niñez, mi consejera que me ha apoyado siempre.

Gracias por tanto amor, nada sería posible sin ustedes.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

MI QUERIDA PATRIA

Guatemala, País de la Eterna Primavera, Nación de hombres y mujeres inteligentes y trabajadores.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Mi casa de estudio, alma mater.

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por formarme académicamente.

PUEBLO DE GUATEMALA

Como San Carlitas nos debemos al pueblo.

CAMPESINOS GUATEMALTECOS

Quienes aportan conocimientos con su valiosa experiencia.

AGRADECIMIENTOS

Mi casa de estudios, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, por brindarme los conocimientos necesarios para superarme y contribuir con el desarrollo del país.

Mis catedráticos, por su paciencia, esmero y dedicación para educar y formar mejores profesionales.

Mi supervisor, Ing. Agr. Boris Méndez Paiz por todo su apoyo durante el proceso.

Mi asesor, Ing. Agr. Filadelfo Guevara, gracias por su apoyo, colaboración y paciencia.

Ing. Agr. Abelardo Melgar Pérez, por brindarme la oportunidad de realizar mi EPS en tan honorable empresa.

Ing. Agr. Mario Rene de León Beltetón, por el apoyo y consejos brindados en la finca San Luis – El Manguito-San Rafael.

P. Agr. Willian Mazariegos, por el apoyo durante la investigación.

P. Agr. Abner Lemus, por su colaboración y apoyo a lo largo del EPS.

A la Corporación Agropecuaria Popoyán S, A. y la empresa Operaciones del Campo, S.A. por el apoyo durante el EPS.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
CAPÍTULO I: DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE PIÑA (<i>Ananás comosus</i> (L.) <i>MERR</i>) <i>Hibrido MD2</i>) EN FINCA SAN LUIS DE LA EMPRESA OPERACIONES DEL CAMPO, EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	1
1.1 PRESENTACIÓN	3
1.1.1 Ubicación	4
1.1.2 Extensión	5
1.1.3 Temperatura	6
1.1.4 Precipitación pluvial	6
1.1.5 Humedad relativa	6
1.2 OBJETIVOS	7
1.2.1 General	7
1.2.2 Específicos	7
1.3 METODOLOGÍA	8
1.3.1 Plan de diagnóstico	8
1.3.2 Información primaria	8
1.3.3 Información secundaria	9
1.3.4 Observación	9
1.3.5 Triangulación de datos	10
1.3.6 Análisis de datos	10
1.4 RESULTADOS	10
1.5 CONCLUSIONES	17
1.6 RECOMENDACIONES	17
1.7 BIBLIOGRAFÍA	18

	Página
1.8ANEXOS	19
CAPÍTULO II: EVALUACIÓN DE <i>Bacillus pumilus</i> Y <i>Trichoderma harzianum</i> PARA EL CONTROL DE <i>Phytophthora</i> sp., EN EL CULTIVO DE PIÑA (<i>Ananas comosus</i> L. Merr) EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	17
2.1 PRESENTACIÓN	19
2.2 MARCO TEÓRICO	21
2.2.1 Marco conceptual.....	21
2.2.2 Taxonomía y morfología de la piña	21
2.2.3 Raíz	22
2.2.4 Tallo.....	22
2.2.5 Hojas	22
2.2.6 Variedades.....	22
2.2.7 Características morfológicas de la variedad MD-2	23
2.2.8 Requerimientos climáticos y edáficos	23
2.2.9 Microbiota del suelo	24
2.2.10 Enfermedades que afectan a la piña.....	27
2.2.11 <i>Phytophthora</i> sp. en piña	29
2.2.12 Problemas fisiológicos de la piña	31
2.3 MARCO REFERENCIAL	34
2.3.1 Ubicación.....	34
2.3.2 Suelos y ecología.....	35
2.3.3 Condiciones climáticas.....	35
2.3.4 Uso actual de la tierra	35
2.4 OBJETIVOS	38
2.4.1 Objetivo general.....	38

	Página
2.4.2 Objetivos específicos.....	38
2.5 HIPÓTESIS.....	38
2.6 METODOLOGÍA.....	39
2.6.1 Tratamientos y descripción de los tratamientos	39
2.6.2 Unidad experimental.....	40
2.6.3 Distribución espacial.....	40
2.6.4 Modelo estadístico.....	41
2.6.5 Variables de respuesta	42
2.6.6 Metodología experimental	42
2.6.7 Análisis estadístico	46
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
2.7.1 Determinación de eficacia de <i>Bacillus pumillus</i>	53
2.7.2 Contraste de la eficacia de la mezcla de <i>T. harzianum</i> con <i>B. pumillus</i>	54
2.7.3 Determinación de la eficacia de <i>Trichoderma harzianum</i>	55
2.8 CONCLUSIONES.....	57
2.9 RECOMENDACIONES	58
2.10 BIBLIOGRAFÍA	59
2.11 ANEXOS	65
CAPÍTULO III: SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA OPERACIONES DEL CAMPO, S.A.TAHUEXCO, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.....	67
3.1 PRESENTACIÓN.....	69
3.2 SERVICIO 1: CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO RADICULAR	70
3.2.1 Objetivos	70
3.2.2 Metodología.....	70
3.2.3 Resultados	72

	Página
3.2.4 Conclusiones	84
3.2.5 Recomendaciones	84
3.2.6 Evaluación	84
3.2.7 Bibliografía.....	85
3.3 SERVICIO 2: ELABORACIÓN DE MAPA DIGITAL DE LA FINCA.....	85
3.3.1 Objetivos.....	85
3.3.2 Metodología	85
3.3.3 Resultados.....	86
3.3.4 Conclusiones	89
3.3.5 Recomendaciones	89
3.3.6 Evaluación	89
3.3.7 Bibliografía.....	89
3.4 ANEXOS.....	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Ubicación de la finca San Luis - El Manguito.....	4
Figura 2. Actividades generales realizadas para el diagnóstico..	8
Figura 3. Árbol de problema de daños en las plantas por hongo <i>Phytophthora</i>	15
Figura 4. Árbol de problema de ataque de plagas.....	15
Figura 5A. Fotografías del daño por hongo <i>Phytophthora</i> en la planta.....	19
Figura 6A. Plantas del cultivo de piña dañadas por el hongo <i>Phytophthora</i>	19
Figura 7. Plantas de piña muertas por <i>Phytophthora</i> sp.....	30
Figura 8. Ubicación geográfica de la Finca San Luis – El Maguito.	34
Figura 9. Vista aérea de las fincas San Luis El Manguito.....	35
Figura 10. Esquema de la unidad experimental.	40
Figura 11. Distribución espacial de los tratamientos.....	41
Figura 12. Elaboración de camas y establecimiento del sistema de riego.	42
Figura 13. Aplicación del producto..	43
Figura 14. Establecimiento del cultivo.	44
Figura 15. Aplicación de microorganismos.....	45
Figura 16. Gráfica del porcentaje de incidencia total de <i>Phytophthora</i> sp..	48
Figura 17. Gráfica de la media de plantas enfermas quincenal de <i>Phytophthora</i> sp.	50
Figura 18. Dispersión de datos obtenidos de plantas muertas.	51
Figura 19. Gráfica del porcentaje de incidencia acumulada de <i>Phytophthora</i>	53
Figura 20A. Número de plantas muertas en la repetición 1.....	65
Figura 21A. Número de plantas muertas en la repetición 2.....	65
Figura 22A. Número de plantas muertas en la repetición 3.....	66
Figura 23A. Productos utilizados para la investigación.....	66
Figura 24. Proceso de caracterización de las raíces..	71
Figura 25. Toma de datos para el registro mensual de las raíces de la piña..	72
Figura 26. Raíz expuesta de una planta de piña extraída del suelo.	73
Figura 27. Crecimiento de las raíces por mes, pre fuerza y cosecha del mismo pante.	74
Figura 28. Crecimiento de las raíces del mes 1 y mes 2 del mismo pante.	75

	Página
Figura 29. Crecimiento de las raíces mes 2 y mes 3 del mismo pante.....	76
Figura 30. Crecimiento de las raíces del mes 3 y mes 4 del mismo pante.	76
Figura 31. Crecimiento de las raíces del mes 4 al mes 5 del mismo pante.	77
Figura 32. Crecimiento de las raíces del mes 5 y mes 6 del mismo pante.	78
Figura 33. Crecimiento de las raíces del mes 6 y del mes 7 del mismo pante.	78
Figura 34. Crecimiento de las raíces del mes 7 y mes 8 del mismo pante.....	79
Figura 35. Comparación de raíces de los meses 2 y 3..	80
Figura 36. Comparación de raíces de los meses 4 y 5..	80
Figura 37. Comparación de raíces de los meses 6 y 8..	81
Figura 38. Larvas de gallina ciega encontradas en el suelo.....	82
Figura 39. Raíces de pante 282 pre forza y pante 276 en cosecha.	83
Figura 40. Mapa de Uso de San Luis, perteneciente a Operaciones del Campo, S.A.....	87
Figura 41. Mapa de Uso de San Luis, perteneciente a Operaciones del Campo, S.A.....	88
Figura 42 A. Vehículos de transporte para Totem de 1000 L.	90
Figura 43 A. Aplicaciones de producto en el cultivo de piña.	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Análisis FODA de la empresa Operaciones del Campo.....	13
Cuadro 2. Problemáticas en el cultivo de piña.	14
Cuadro 3. Clasificación botánica del cultivo de piña.....	21
Cuadro 4. Clasificación taxonómica de <i>Phytophthora</i>	29
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos.....	39
Cuadro 6. Resultados de las plantas enfermas por tratamiento.	47
Cuadro 7. Porcentaje de incidencia de <i>Phytophthora</i> sp.....	48
Cuadro 8. Porcentaje de incidencia de la enfermedad cada 15 días.	49
Cuadro 9. Análisis de Varianza del porcentaje de incidencia de la enfermedad.	52
Cuadro 10. Prueba de comparación múltiple de medias Scott & Knott.....	52

RESUMEN

La empresa Operaciones del Campo, S.A. ubicada al sur del país de Guatemala, situada en jurisdicción de la aldea Tahuexco, del municipio de Santo Domingo, del departamento de Suchitepéquez, es una de las empresas de La Corporación Agropecuaria Popoyán S.A. que se dedica a la producción y comercialización del cultivo de piña (*A. comosus*, (L.) MERR) Híbrido MD2, cultivo en el cual se realizó la investigación, esto como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el periodo comprendido de febrero de 2018 a noviembre de 2018.

La empresa Operaciones del Campo, a 178 km de distancia de la Ciudad de Guatemala, actualmente lleva a cabo su trabajo en las fincas: San Rafael, El Manguito y finca San Luis, manejando así una extensión territorial de aproximadamente 450 ha, del total unas 337.5 ha son destinadas principalmente para la producción del cultivo de piña (*A. comosus*, (L.)). Las temperaturas promedio en esta zona están entre los 20°C y 34°C con una precipitación promedio anual de 1500 mm (García, 2015).

En el Capítulo I se presenta el diagnóstico realizado en la empresa Operaciones del Campo S.A. quienes tienen un mercado enfocado principalmente a la exportación de fruta fresca hacia los Estados Unidos Americanos con un 75 % del total de su producción por medio de la empresa Dole, un 20 % está destinado al procesamiento mientras que el 5% restante se comercializa en el mercado local o se vende hacia El Salvador. El suministro de agua con el cual se abastece la finca, para llevar a cabo las labores de riego y todo lo que implica el manejo del cultivo de piña es a través de la extracción de agua de cuatro pozos mecánicos que se encuentran ubicados y distribuidos en áreas de Finca El Manguito.

En el Capítulo II se presenta la investigación, que consistió en la evaluación de *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* para el control de *Phytophthora* sp., en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr). Debido a que la producción de piña representa una actividad económica de suma importancia para Guatemala, el lograr la mejora en las características organolépticas es un reto para la agroindustria piñera por lo cual se buscan tratamientos

alternativos para el control de plagas y enfermedades que afectan al cultivo que pueden llegar a producir pérdidas del 15 al 20% de la producción y en casos extremos hasta el 100% de muerte de la fruta. Para esto se planteó la aplicación de tres tratamientos biológicos que permitieran controlar ataques de este hongo fitopatógeno y reducir pérdidas permitiendo mejorar su sistema productivo a corto y largo plazo.

Los microorganismos evaluados fueron *Bacillus pumilus*, *Trichoderma harzianum* y una aplicación de ambos productos juntos, sumados al testigo absoluto bajo un diseño de bloques al azar. De los tratamientos evaluados se determinó que bajo las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento ninguno presentó eficacia en el control del hongo *Phytophthora* sp., en el suelo con relación al testigo absoluto. *Bacillus pumilus* a dosis completa presentó una incidencia 2.2 % de *Phytophthora* sp., mientras que a media dosis la incidencia fue de 2.3 %. La combinación de los dos microorganismos *Trichoderma harzianum* y *Bacillus pumilus* formaron un tratamiento que presentó a dosis completa una incidencia de 3.25% y a media dosis una incidencia de 4.38 %. *Trichoderma harzianum* a dosis completa presentó una incidencia de 2.48 % de *Phytophthora* sp., mientras que a media dosis se elevó a un 4.04 %.

En el Capítulo III se describen los servicios prestados a la empresa Operaciones del Campo, S.A. el primer servicio sobre la caracterización del comportamiento del desarrollo radicular de las plantas de piña, estableciendo en qué etapas se acelera su crecimiento y cuál es su desarrollo a diferentes edades. Y el segundo servicio prestado fue la elaboración de un mapa digital de la finca en el que se proyecten las parcelas experimentales.



CAPÍTULO I

**DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE PIÑA (*Ananás comosus* (L.) MERR)
Híbrido MD2) EN FINCA SAN LUIS DE LA EMPRESA OPERACIONES DEL
CAMPO, EN EL MUNICIPIO DE SANTO DOMINGO, SUCHITEPÉQUEZ,
GUATEMALA, C.A.**

1.1 PRESENTACIÓN

La corporación agropecuaria Popoyán S.A. cuenta con diversas empresas con enfoque agronómico, entre las cuales se encuentra Operaciones del Campo S.A. La empresa se enfoca a la producción y comercialización del cultivo de piña (*A. comosus*, (L.) MERR) Híbrido MD2, su potencial de mercado está enfocado principalmente a la exportación de fruta fresca hacia los Estados Unidos Americanos con un 75 % del total de su producción por medio de la empresa Dole, un 20 % está destinado al procesamiento mientras que el 5% restante se comercializa en el mercado local o se vende hacia El Salvador.

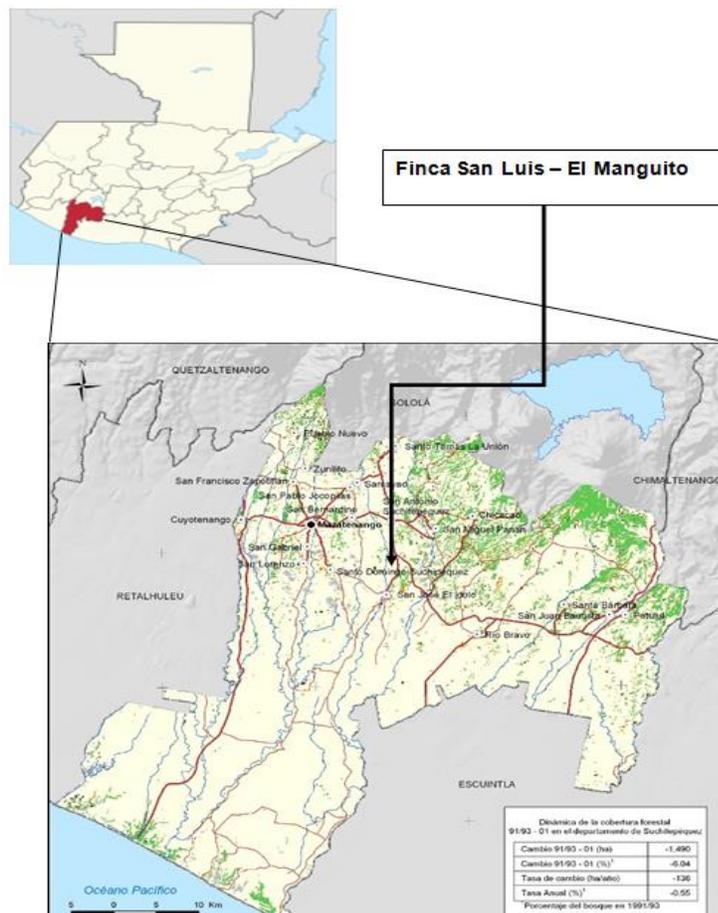
Como parte de la formación académica la Facultad de Agronomía de la USAC (Universidad de San Carlos de Guatemala) los estudiantes que aprueban los cursos del pensum inician la etapa de EPSA (Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía) donde se realizan una serie de actividades en el campo de la docencia, la investigación y extensión, con la finalidad de ejercer la profesión con base en la realidad nacional y promoción del desarrollo de los sectores de manera integral y equitativa.

El periodo del EPSA comprende desde el mes de febrero de 2018 a noviembre de 2018 para su ejecución. Está dividido en tres fases las cuales son: Inducción y planificación, ejecución de la investigación y de los servicios y por último elaboración y evaluación de informes finales.

En el presente documento se presenta el plan de diagnóstico para la empresa Operaciones del Campo en el municipio mencionado anteriormente, que permitió recopilar y analizar la información para identificar las limitantes y oportunidades que existan en la empresa y poder así proponer soluciones a problemas y optimización de procesos productivos.

1.1.1 Ubicación

La empresa Operaciones del Campo se ubica en la parte sur del país de Guatemala, situada en jurisdicción de la aldea Tahuexco, del municipio de Santo Domingo, del departamento de Suchitepéquez, a 178 km de distancia de la Ciudad de Guatemala; localizada entre las coordenadas 14°29'45" latitud norte y 91°29'57" longitud oeste, a una altura promedio 40 msnm; su zona territorial colinda al norte con la finca Las Marías y la aldea San Mauricio, al sur con aldea Lupita, al este con la aldea San Mauricio y finca Las Pilas, y al oeste con la finca San Rafael y con la finca Covadonga.



Fuente: www.mayasautenticos.com (2018)

Figura 1. Ubicación de la finca San Luis - El Manguito.

El departamento de Suchitepéquez se encuentra en la región suroccidental de la República de Guatemala. La cabecera departamental es el municipio de Mazatenango, cuenta con una extensión territorial de 2,510 km². Una distancia de 160 km separa la cabecera departamental con la ciudad capital, trayecto que dura aproximadamente 3 horas (SEGEPLAN, 2010).

El municipio de Santo Domingo Suchitepéquez se encuentra situado en la parte Sureste del departamento de Suchitepéquez en la Región VI o Región Suroccidental. Se localiza en la latitud 14° 28' 43" y en la longitud 91° 29' 06". Limita al Norte con los municipios de San Bernardino, San Antonio Suchitepéquez y San Gabriel (Suchitepéquez); al Sur con el Océano Pacífico; al Este con los municipios de Río Bravo, San José El Ídolo, San Antonio Suchitepéquez (Suchitepéquez) y Tiquisate (Escuintla); y al Oeste con los municipios de San Gabriel, San Lorenzo y Mazatenango (Suchitepéquez). Cuenta con una extensión territorial de 242 km² y se encuentra a una altura de 213 msnm por lo que generalmente su clima es cálido. La distancia de esta cabecera municipal a la cabecera departamental de Mazatenango es de 7 km.

1.1.2 Extensión

Actualmente el área de trabajo de la empresa Operaciones del Campo S.A. se realizan en tres fincas las cuales son finca San Rafael, El Manguito y finca San Luis anteriormente llamada finca Sol del Campo. La empresa maneja una extensión de aproximadamente 450 ha, de este total el 75 % que equivale a 337.5 ha son destinadas principalmente para la producción del cultivo de piña (*A. comosus*, (L.) MERR) Híbrido MD2, el 24.95 % que equivale a un total de 112.27 ha se encuentra destinada para calles y cabeceras de los pantes del cultivo y un 0.05 % que equivale a 0.225 ha destinada a infraestructura.

Como se mencionó anteriormente, la totalidad del área con que cuenta la empresa se conforma de tres fincas, dentro de las cuales está distribuida el área neta de siembra del cultivo de la siguiente manera, finca El Manguito con 180 ha, San Luis con 140.5 ha y San Rafael con 17 ha Del total mencionado aproximadamente 200 ha se programan para estar

en la fase de cosecha por año, mientras que las 250 ha restantes se ocupan en distintas labores necesarias para completar el ciclo de la piña, como mecanización, área de semillero etc.

1.1.3 Temperatura

Finca San Luis, El manguito y San Rafael de acuerdo con su ubicación geográfica mantiene temperaturas promedias entre los 20°C y 34°C, generalmente se mantiene una media anual de 31°C (García, 2015).

1.1.4 Precipitación pluvial

La precipitación promedio anual es de 1500 mm siendo las mayores precipitaciones entre los meses de junio a septiembre (García, 2015).

1.1.5 Humedad relativa

La humedad relativa promedio anual es de 70 % (García, 2015).

1.1.6 Zona de vida

La zona de vida según la ubicación de la finca se encuentra en un Bosque muy húmedo Sub tropical (cálido) (BMHSC) (Trabanino, 2017).

1.1.7 Fuente hídrica

El suministro de agua con el cual se abastece la finca, para llevar a cabo las labores de riego y todo lo que implica el manejo del cultivo de piña, específicamente durante su ciclo de producción y luego en el manejo post cosecha y empaque, es a través de la extracción de agua de 4 pozos mecánicos que se encuentran ubicados y distribuidos en áreas de Finca El Manguito contando esta con dos de los pozos mencionados, uno ubicado próximo a la empacadora y el otro encontrándose en la parte central de la Finca El Manguito.

Cada uno de estos cuenta con una capacidad de caudal de 7570 L / min y una profundidad de excavación de 116 m; Finca San Luis cuenta con otro pozo con un caudal de 7570 L / min y una profundidad de perforación de 116 m y la Finca Rafael con el ultimo pozo que cuenta con una capacidad de caudal de 4509 L / min y una profundidad de 91.46 m el agua que se extrae de los pozos cuenta con un pH que oscila entre 6.5 a 7.

En los alrededores de la finca se cuenta con dos ríos el Nagualate e Iacán, de los cuáles actualmente no se obtiene ningún beneficio directo en la producción del cultivo de piña (*A. comosus* L. (MERR)) Hibrido MD2 (Contreras, 2017).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

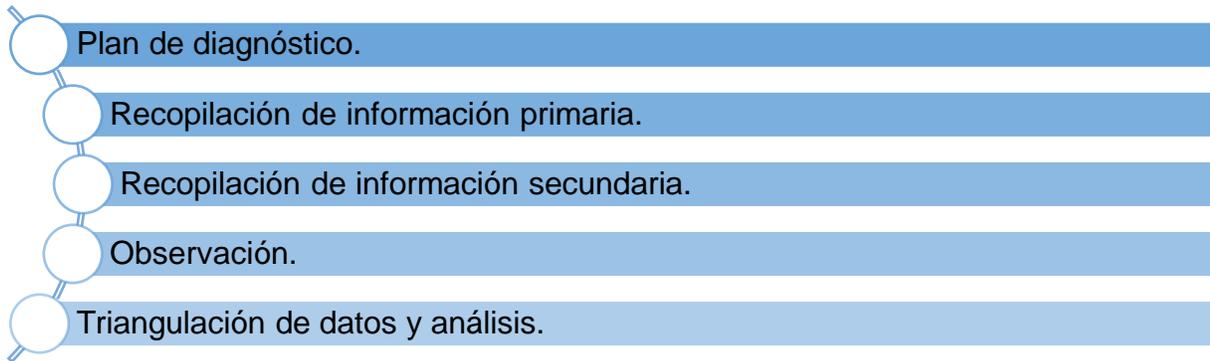
Conocer las principales prácticas agrícolas en la plantación de piña (*A. comosus*) en la empresa Operaciones del Campo, S.A. ubicada en el parcelamiento San Mauricio, jurisdicción de Santo Domingo, Suchitepéquez. Guatemala. C.A.

1.2.2 Específicos

1. Diagnosticar los principales problemas presentes en la plantación de piña (*A. comosus*) en la empresa para identificar la problemática actual y áreas de potencialidad de la zona.
2. Enlistar y jerarquizar los problemas según el grado de repercusión en la plantación de piña (*A. comosus*) en Santo Domingo Suchitepéquez.
3. Conocer las causas que originan problemas que aquejan el cultivo de piña (*A. comosus*) en empresa Operaciones del Campo S.A.

1.3 METODOLOGÍA

Las actividades generales que se realizaron para el diagnóstico de la empresa Operaciones del Campo se muestran en la figura 2.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 2. Actividades generales realizadas para el diagnóstico.

1.3.1 Plan de diagnóstico

El diagnóstico se realizó durante los meses de febrero de 2018 a marzo del mismo año. Durante este lapso de tiempo se procedió a reunir información primaria y secundaria, toda la información fue recabada de personas y zonas de mayor importancia y participación como parte de los objetivos para obtener un diagnóstico lo más apegado a la realidad de la empresa Operaciones del Campo. Se realizó una serie de pasos preestablecidos para poder obtener un análisis que resalte los diferentes problemas y oportunidades, que sirvieron de base para proponer acciones que busca erradicar los problemas y a la vez promover mejoras dentro de la empresa.

1.3.2 Información primaria

La información primaria se obtuvo directamente de las personas o de la zona que conocen la realidad y actualidad de la comunidad, con este tipo de información se pudo caracterizar por ser reciente y que es proporcionada por personas que están involucradas de una manera directa de los problemas que se presentan.

1.3.3 Información secundaria

Este tipo de información se conformó de la consulta de documentos o investigaciones que se han realizado en la empresa o áreas cercanas de una manera organizada, elaborada y analizada, que ha sido originada de información primaria. Los documentos, artículos e investigaciones de la región sirvieron como información secundaria, pero fue importante que fueran publicaciones recientes para tener validez y relación con la actualidad de una determinada ubicación.

1.3.4 Observación

La observación fue un proceso fundamental para el diagnóstico en la cual se apoyó del mismo para obtener la mayor cantidad de datos, se debe de tener buen criterio para identificar elementos que conforman un sistema, así como las interacciones que resultan de los diferentes factores presentes para dar un panorama general pero apegado a la realidad.

A. Observación directa

Es una técnica basada en observar detalladamente las actividades realizadas para posteriormente, transformar la información y registrarla como datos que deben ser posteriormente analizados.

B. Observación indirecta

Este tipo de observación se fundamenta en el criterio de observación de otras personas que han empleado su capacidad de observadores con el fin de apoyarse en otros criterios previos. Este tipo de observación puede apoyarse de personas que observaron y plasmaron su trabajo en libros, revistas, fotografías, videos, informes, etc.

1.3.5 Triangulación de datos

La triangulación de datos hace referencia a la utilización de varios métodos, clases de información y tipos de datos (cuantitativos y cualitativos), con el objetivo en común de relacionarlos y de verificar que tengan congruencia entre sí.

1.3.6 Análisis de datos

Para el análisis de la información se realizó una triangulación, que consiste básicamente en la comparación de la información para determinar si la misma está relacionada y es válida. Si la información coincide se puede asegurar que existe consistencia en los datos. Luego se procedió a realizar un árbol de problemas para la identificación de las causas y efectos de los principales problemas de la empresa Operaciones del Campo.

Por último, se realizó una priorización de los problemas existentes para poder proponer soluciones. El análisis de información realizó también mediante la generación de un árbol de problemas, cuadros, estadísticas y el análisis FODA hecho por los agricultores.

1.4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos del diagnóstico realizado a la empresa Operaciones del Campo se desglosan en este apartado.

El área de Santo Domingo Suchitepéquez es un municipio con suelos y clima adecuados para una amplia variedad de cultivos, entre los cuales se encuentra el cultivo de piña, debido a estas condiciones favorables se ha producido piña por más de 14 años en la empresa operaciones del campo, llegando a ser premiada en el año 2010 por parte de la Asociación de exportadores de Guatemala (AGEXPORT) con el galardón al “Mejor exportador del año” en conjunto con otras dos fincas pertenecientes a Popoyán S.A, las cuales son finca Popoyán y la Potra, al mismo tiempo obtuvo la certificación “Global G.A.P.” que la avala como una compañía que cumple con los más exigentes estándares de calidad.

La variedad utilizada por excelencia es el híbrido MD2 del resultado de la selección del cruce de los híbridos 58-1184 por 59-443, dando como consecuencia el híbrido 73-114, que luego se llamó MD2. Las principales características de esta fruta es que la cáscara tiene una pigmentación amarilla y la pulpa es firme y amarilla. Es una piña de buen tamaño, dulce y tiene excelente aceptación en los mercados de Europa, y Estados Unidos. Sin embargo, este híbrido es más susceptible en cuanto a otras semillas ante el ataque de hongos fitopatógenos principalmente del género *Phytophthora* sp. que atacan principalmente tallos y raíces, causan pudriciones que conducen a la muerte de la planta.

Realizando recorridos por las instalaciones de la empresa Operaciones del Campo comprendiendo áreas de cultivo, calles y también realizando una revisión de la información de la finca, se identificaron algunos problemas que afectan la producción de piña (*Ananás comosus*), trayendo como consecuencia mermas en cuanto a la productividad y calidad de la fruta, afectando directamente la relación inversión/retorno que maneja la empresa.

Según manifiesta el personal de la empresa, los efectos que causan estos problemas son básicamente tres, los cuales por orden de importancia los enumeran de la siguiente manera:

- 1) Mortalidad de un 15% de la plantación.
- 2) Des uniformidad de la fruta.
- 3) Fruta muy pequeña que no llena los requisitos para ser exportada.

Dentro de las problemáticas que se observaron en la plantación de piña (*Ananás comosus*) de la empresa operaciones del campo, se identificaron agresiones a la plantación por parte de hongos específicamente del género *Phytophthora parasítica* y *P. cinnamomi*. Ocasionando daños a las plantas y en algunos casos la muerte. Esto se traduce a un elevado costo de producción al tener que realizar aplicaciones de fungicidas para recuperar las plantas afectadas al mismo tiempo prevenir que el porcentaje de plantas afectadas aumente.

Por otro lado la piña es susceptible al ataque de ciertas plagas como sinfílidos (*Scutigerella* spp.), gallina ciega (*Phyllophaga* spp.) que afectan las raíces de la planta y otros como el gusano soldado (*Elaphria nucicolora*) que afecta el fruto, entre algunos otros, mientras que el follaje no presenta mayores ataques en cuanto a plagas, el ataque de estas plagas se controla básicamente por medio de productos químicos y en bajo porcentaje por medio de control biológico.

La plaga a la que se le da mayor importancia se encuentran los artrópodos sinfílidos (*Scutigerella* spp.) de tal manera la empresa cuenta con un umbral económico para los sinfílidos el cual es de 0.5 individuos por planta, el cuál fue determinado en base a una relación de costos de aplicación de productos para su control versus perdida por daño ocasionado por este artrópodo (Beltetón, 2016).

Ambos problemas tanto hongos como plagas en el caso del ronrón que afecta a la planta de piña en su estado larvario se hacen más notorios y agresivos durante el invierno por verse favorecidos por el exceso de humedad, en estas condiciones de alta humedad y temperatura relativamente alta las esporas de hongos como *Phytophthora* pueden germinar mucho más fácil.

Otro problema común en la gran mayoría de cultivos son las distintas malezas que aparecen compitiendo por nutrientes y sirviendo como foco de contaminación y enfermedades. Dentro de las tres fincas que trabajan bajo control de Operaciones del campo existen aproximadamente 43 especies de malezas, pertenecientes a veinte familias botánicas, dentro de las cuales las familias botánicas que sobresalen por presentar mayor cantidad de especies son: Graminae (*Poaceae*) con once especies, Euphorbiaceae con seis especies, Cyperaceae con cuatro especies y Compositae (*Asteraceae*) con tres especies.

La presencia de estas malezas no representa un problema grave gracias al manejo que se lleva a cabo con control químico por medio de herbicidas, que resultan un eficiente método de control para las distintas especies de malezas en las fases de pre-siembra, crecimiento y semillero del cultivo de piña; además los subprocesos de preparación de suelo (subsulado,

arado, rastreo, encamado y acolchado plástico), suprimen de manera eficaz las distintas especies de malezas antes de que se lleve a cabo el proceso de siembra.

1.3.7 Análisis de problemas encontrados

Se realizó un análisis FODA de la empresa Operaciones del Campo con base en la metodología descrita anteriormente, en donde los resultados se observan en el siguiente cuadro de análisis.

Cuadro 1. Análisis FODA de la empresa Operaciones del Campo.

ANÁLISIS FODA	
<p>FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> -Recursos naturales y humanos abundantes. - Certificación Global GAP. 	<p>DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> -Restringida gama de productos químicos. -Precio inestable de la fruta.
<p>OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> -Situarse como una de las empresas más productivas del país en cuanto al cultivo de piña. -Explorar nuevos mercados. -Lograr un manejo sostenible y amigable con el medio ambiente. 	<p>AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Alta competencia de otros países productores. -Presencia de enfermedades y plagas alta en los últimos años -Cambio climático.

Fuente: elaboración propia, 2018.

Al reconocer la situación dentro de la empresa se identificaron algunas problemáticas que se resumen en:

- Daños en las plantas por hongo *Phytophthora*.
- Ataque de plagas en las raíces y los frutos.
- Presencia de malezas dentro del cultivo.

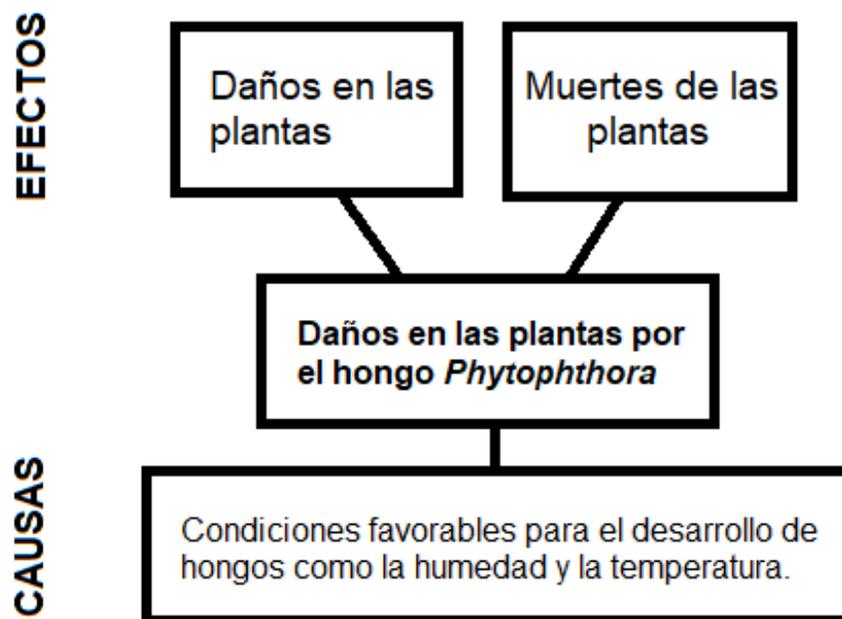
Estos problemas se describen a continuación en el cuadro 2.

Cuadro 2. Problemáticas en el cultivo de piña.

PROBLEMÁTICA	CAUSA	EFEECTO
Daños en las plantas por hongo <i>Phytophthora</i> .	Condiciones favorables para su desarrollo.	Daño y hasta muerte de las plantas.
Ataque de plagas en las raíces y los frutos.	Condiciones climáticas favorables para su desarrollo.	Daños en raíces y frutos.
Presencia de malezas dentro del cultivo.	Buenas condiciones para su crecimiento.	Robo de espacio, nutrientes y foco de enfermedades para el cultivo de piña.

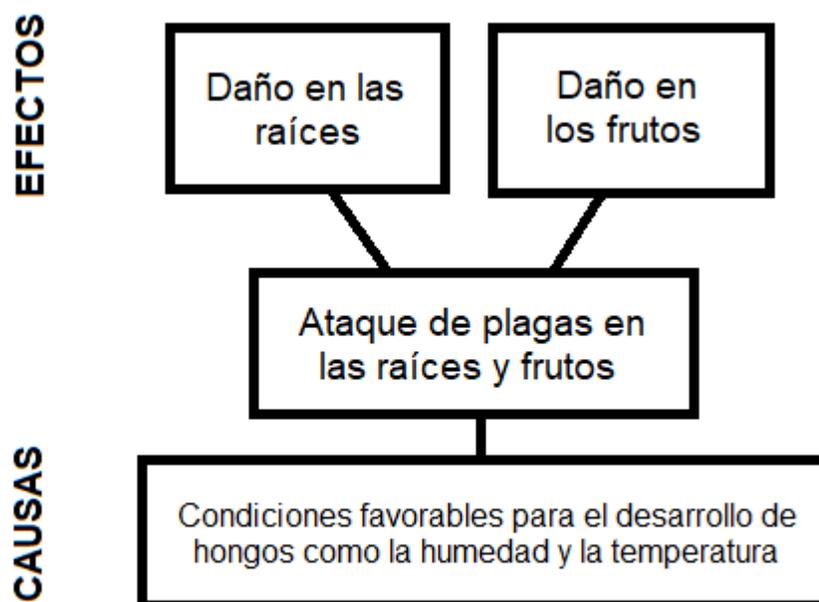
Fuente: elaboración propia, 2018.

La tercera problemática se ha logrado controlar gracias al manejo agronómico del cultivo en donde se realizan aplicaciones de herbicidas, evitando así la competencia por espacio y por nutrientes y evitando ser foco de enfermedades. Las otras primeras dos problemáticas se analizaron en árboles de problema desglosando las causas y efectos, como se muestran en las siguientes figuras.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 3. Árbol de problema de daños en las plantas por hongo *Phytophthora*.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 4. Árbol de problema de ataque de plagas.

El ataque de insectos se ha logrado mantener dentro de un umbral permitido al realizar distintas aplicaciones de fungicidas en combinación con control biológico, del mismo modo se han controlado las malezas en base a fungicidas y mecanización de tierras, mientras que el ataque de hongos del género *Phytophthora* a pesar de ser tratado y haber mejoras en cuanto el control de los mismos actualmente siguen generando aproximadamente un 15 % de mortalidad, que al compararlo con la cantidad de área sembrada se traduce a pérdidas económicas bastante considerables.

Un obstáculo presente ante el control de hongos fitopatógenos, deriva de una limitada gama de fungicidas permitidos, velando que no atenten contra la salud humana, ni la biodiversidad benéfica presente en el suelo y los alrededores, como consecuencia que la mayor cantidad de producción de la empresa se destina a la exportación hacia los Estados Unidos Americanos y los altos estándares de calidad exigidos por el mercado del país. De tal manera al analizar lo pernicioso de estos males para la producción de piña (*Ananás comosus*) en Operaciones del Campo, S.A. prevalece el perpetrado por el ataque de hongos fitopatógenos entre otros.

1.5 CONCLUSIONES

1. Los principales problemas presentes en la plantación de piña (*A. comosus*) en la empresa que se diagnosticaron fueron daños en las plantas a causa del hongo *Phytophthora*, el ataque de plagas que ocasionan daños principalmente en las raíces y en los frutos de la piña y en menor grado de problemática la aparición de las malezas dentro del cultivo.
2. Los problemas que repercuten en la plantación de piña en Santo Domingo Suchitepéquez son: datos de mortalidad de un 15 % de la plantación, un desarrollo no uniforme de las frutas y también un tamaño de la fruta muy pequeño que no logra llenar los requisitos para ser exportada.
3. Las causas encontradas que originan los problemas que aquejan el cultivo de piña dentro de la empresa Operaciones de Campo, S.A. son enfermedades como el hongo fitopatógeno *Phytophthora* y plagas como la gallina ciega y el gusano soldado.

1.6 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda coordinar en el manejo agronómico según el clima las aplicaciones pertinentes a cada problemática que se tiene registrado que afecta el cultivo de piña en cada época del año y realizar investigaciones que ayuden a evaluar productos que sean eficientes para contrarrestar y atacar a las plagas o enfermedades que se presenten.
2. Seguir de una forma rigurosa el plan de manejo agronómico del cultivo dentro de la finca para cumplir con las aplicaciones de los productos y así evitar la presencia de malezas, plagas y enfermedades que disminuyen la calidad de la fruta para la exportación respetando las normas del comprador.

1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. IPN (Instituto Politécnico Nacional, México). 2012. Metodología para análisis FODA. México. Consultado 11 feb. 2018. https://cursos.campusvirtualesp.org/pluginfile.php/36541/mod_page/content/11/M209_IPNST_2002.pdf
2. FAUSAC (Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Guatemala). 2005. Normativo del Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía. Guatemala. Consultado 14 feb. 2018. <http://fausac.gt/wp-content/uploads/2016/10/02-NORMATIVO-DEL-EJERCICIO-PROFESIONAL-SUPERVISADO.pdf>
3. García y García, WJ. 2016. Evaluación de tratamientos microbiológicos para el control de sinfilidos (*Scutigerella* spp.), en el cultivo de piña (*Ananás comosus* L.) en Operaciones del Campo S.A., ubicada en Santo Domingo, Suchitepéquez, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 157 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10138/1/T-03517.pdf>



1.7ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 5A. Fotografías del daño por hongo *Phytophthora* en la planta. A) Tallo con daño por hongo. B) Pudrición por hongo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 6A. Plantas del cultivo de piña dañadas por el hongo *Phytophthora*.



CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* Y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora* sp., EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr) EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

Guatemala es un país que produce piña (*Ananas comosus* L. (MERR) Híbrido MD2) en 11 regiones tropicales y subtropicales y exporta en fresco hacia Estados Unidos, Alemania, México, El Salvador, Honduras y Nicaragua. Del 2008 hacia el 2015 la producción de kilogramos cosechados aumentó 23.58 % siendo uno de los rubros frutícolas más importantes de la nación (León, 2015).

Debido a que la producción de piña representa una actividad económica de suma importancia para Guatemala, el lograr la mejora en las características organolépticas es un reto para la agroindustria piñera por lo cual se buscan tratamientos alternativos para el control de plagas y enfermedades que afectan al cultivo. Algunos hongos presentes en el suelo como el Chromista *Phytophthora* sp., produce pudrición del corazón de la piña o pudrición del cogollo, produciendo pérdidas del 15 % al 20 % de la producción y en casos extremos hasta el 100 % de muerte de la fruta (León, 2015).

Condiciones ambientales como la alta humedad en el suelo y ambiente produce una mayor diseminación del hongo ya que *Phytophthora* sp. se reproduce por zoosporas dispersadas por el viento y salpicaduras ocasionadas por la lluvia, llegando a inocularse en plantas sanas que están alrededor.

La empresa agroindustrial Operaciones del Campo, S.A. se dedica a la producción de piña y una de sus fincas llamada San Luis en el departamento de Suchitepéquez, en su producción de piña buscan ofrecer al mercado una piña de calidad que presente buen tamaño y sea de sabor dulce, pero esto se ha visto afectado al tener problemas dentro del cultivo tales como mortalidad de un 15 % aproximadamente a causa de la aparición del hongo *Phytophthora* sp., la des uniformidad de la fruta y frutos que no cumplen con los requisitos o características para ser exportadas, por eso se vio la necesidad de investigar sobre tratamientos que logren contrarrestar el daño ocasionado por *Phytophthora* sp.

Para esto se planteó la aplicación de tres tratamientos biológicos que permitieran controlar ataques de este hongo fitopatógeno y reducir pérdidas permitiendo mejorar su sistema productivo a corto y largo plazo.

Los microorganismos evaluados fueron *Bacillus pumilus*, *Trichoderma harzianum* y una aplicación de ambos productos juntos, sumados al testigo absoluto bajo un diseño de bloques al azar. Como variable de respuesta se usó el número de plantas muertas, posteriormente se efectuaron los ANDEVAS correspondientes y se determinó que no existe diferencia significativa sobre el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña con ninguno de los tratamientos.

La investigación se realizó como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el período de febrero a noviembre 2018.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 Marco conceptual

La piña es una planta de originaria del continente americano, específicamente en la cuenca superior del Paraná, entre Brasil, Paraguay y la Argentina. El nombre piña fue asignado por los españoles ya que le recordaba al fruto del pino, La piña fue introducida en la península Ibérica en el siglo XVI por los conquistadores del nuevo mundo, aunque su verdadero nombre, de origen guaraní es *Ananá*, de donde proviene su nombre científico (Umaña, 2013). En el siglo XVIII de las islas Hawái, se exportó una forma original de conservar esta fruta, a través de preparaciones en almíbar. En el siglo XX la producción de piña se duplicó a nivel mundial y desde esa fecha el aumento en la producción ha sido continuo. Se clasifica en el orden de Poales, en la familia de las Bromeliáceas. Su cultivo se limita a la región tropical (Guzmán, 1984).

2.2.2 Taxonomía y morfología de la piña

La piña pertenece a la familia de las Bromeliáceas (subclase de monocotiledóneas) y con más precisión al género *Ananas* que, con el género vecino *pseudoananas*, se distingue de los otros de la familia por el hecho de que el fruto es un sincarpo (compuesto por la coalescencia de los frutos individuales, de las brácteas subyacentes y del eje de la inflorescencia) al paso que en los otros géneros los frutos individuales quedan libres (cuadro 3) (Leal, 1989).

Cuadro 3. Clasificación botánica del cultivo de piña.

Reino	Plantae
División	Magnoliphyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Bromeliaceae
Género	Ananas
Especie	Ananas Comosus (L) Merr.

Fuente: Infoagro (2017).

2.2.3 Raíz

Las raíces de la planta son cortas y gruesas. Se considera que la mayor concentración de raíces se encuentra en los primeros 30 cm de profundidad y muy excepcionalmente a los 60 cm. El conjunto de raíces en la planta adulta es muy superficial, pero su distribución depende esencialmente de las características físicas del suelo, textura, estructura, aireación y humedad (Guido, 1983).

2.2.4 Tallo

El tallo tiene la típica forma de una maza de 25 cm – 30 cm de largo por 2.5 cm - 3.5 cm., en su base y de 5.5 cm - 6.5 cm. Por debajo del meristemo terminal, los entrenudos están muy próximos y su distancia no excede de los 10 cm (Leal, 1989).

2.2.5 Hojas

*La planta adulta presenta de 70 a 80 hojas, dispuestas en rosca con las hojas más jóvenes en el centro y las más antiguas en el exterior siguiendo la filotaxia 5/13 (es preciso seguir cinco espiras para encontrar dos yemas en un mismo vertical y al seguirlas –antes de llegar al segundo vertical- se encuentran trece yemas). La forma de las hojas es variable, según su posición en la planta, por ejemplo: Las hojas “D”, traducen el estado fisiológico de la planta durante el período en que su crecimiento ha sido más activo y son útiles para estimar las necesidades de la planta y para “seguir” su crecimiento y desarrollo (Leal, 1969).

2.2.6 Variedades

Existen diversas variedades de piña, las cuales varían en tamaño, color, sabor, y grados brix. Las variedades cultivadas en Guatemala son: Cayena Lisa, Española Roja y el híbrido MD-2 (Campos, 2005).

2.2.7 Características morfológicas de la variedad MD-2

Las características principales que presentan las piñas de la variedad MD-2 son las siguientes:

- El color externo del fruto es verde con amarillo.
- La forma del fruto es cilíndrica.
- Cuello leve.
- La pulpa es de color amarillo oro.
- Jugosidad intermedia.
- Fibra cruda menor cantidad (0.31 %).
- Índice de grados brix 12-15.
- Color de hojas verde esmeralda (Campos, 2005).

2.2.8 Requerimientos climáticos y edáficos

A. Clima

El clima afecta la calidad de la fruta, tanto en la composición de azúcares y ácidos como en la susceptibilidad al daño por frío. Este cultivo se desarrolla bien de 50 m a 600 m.s.n.m., a mayores altitudes la fruta tiende a ser más ácida; el rango favorable de temperatura oscila entre los 20 °C a 30 °C (Cappa, 2014).

B. Precipitación

El óptimo de precipitación se estima entre 1,200 mm – 2,000 mm bien distribuidas en el año. Los requerimientos mensuales mínimos de agua son de 50 mm por planta (Cappa, 2014).

C. Luminosidad

La luminosidad ejerce una acción muy marcada en el rendimiento (Pretelt, 2003), las plantas que crecen con limitaciones de luz producen frutas opacas y poco atractivas; las plantas que se desarrollan con una luminosidad favorable son brillantes y atractivas al

consumidor. Sin embargo, una exposición frecuente a intensidades lumínicas muy fuertes causa quemaduras externas e internas en la fruta. En el FUSADES, se menciona que la planta de piña se desarrolla mejor en días cortos siempre y cuando se alcance la cantidad de 100 horas luz como promedio mensual y 1,200 a 1,500 horas luz por año (Cappa, 2014).

D. Viento

La piña es una planta susceptible al efecto de los vientos fuertes dado que permite que la fruta sea tumbada con facilidad. Si el viento es muy seco, activa la transpiración y se produce entonces un desecamiento en los extremos de las hojas. En tal sentido las plantaciones afectadas por fuertes vientos deben ser protegidas con cortinas rompe vientos (Guido, 1983).

E. Suelo

Los mejores suelos para este cultivo son aquellos que son permeables, franco limosos y con un pH de 5 a 6. En suelos arcillosos se debe hacer énfasis en un buen drenaje, ya que estos tienden a retener mayor cantidad de agua, situación que propicia el desarrollo de enfermedades fungosas (Cappa, 2014).

2.2.9 Microbiota del suelo

En el suelo se encuentran bacterias, hongos, protozoarios, ácaros, coleópteros, hormigas, nematodos, miriápodos, colémbolos, rotíferos, larvas, lombrices y otros microorganismos que participan en fenómenos de increíble complejidad, dentro de redes tróficas, para la transformación de la materia orgánica e inorgánica. La actividad de los microorganismos es muy importante para la transformación y la vida de los suelos.

Las bacterias y los hongos participan en los ciclos del carbono, nitrógeno, azufre, fósforo y en la incorporación del potasio y el magnesio, entre otros, para su asimilación por los vegetales. Los procesos biológicos más importantes que se desarrollan en el suelo son: humificación (descomposición de la materia orgánica por hongos, bacterias, actinomicetos,

lombrices y termitas), transformaciones del nitrógeno: amonificación, nitrificación, fijación) y mezcla-desplazamiento (lombrices y termitas principalmente (Guzmán, 1984).

A. Microorganismos del suelo

a. *Bacillus*

Este género de bacterias descrito en 1872 por Ferdinand Cohn, un contemporáneo de Robert Koch, se encuentra dentro de la familia *Bacillaceae* e incluye 51 especies válidas (Pettersson, 1999). Son bacterias Gram-positivas que poseen una morfología alargada simulando un bastón, son ubicuas en la naturaleza, se encuentran en suelo, agua, polvo, etc., pueden ser aerobias estrictas o anaerobias facultativas; incluyen tanto especies de vida libre como especies patógenas y varias especies son parte natural de la flora intestinal humana.

La característica única de estas bacterias es su habilidad para producir endosporas bajo condiciones ambientales de estrés (físicas o químicas), capacidad que les permite mantenerse inactivas por largos períodos de tiempo; esta característica definió al género durante mucho tiempo, pero no todas las especies estaban estrechamente relacionadas, y muchas han sido reubicadas en otros géneros (Pettersson, 1999). Las únicas bacterias no incluidas en este género, capaces de producir esporas son las pertenecientes al género *clostridium* (Todar, 2006).

- *Bacillus pumilus*

Es una bacteria esporulante, aerobia o anaerobia facultativa, Gram-positiva, con bajo contenido en Guanina y Citosina en su genoma. Es una especie considerada mesófila, aunque también existen cepas que pueden ser termófilas y alcalófilas (Moallic, 2006). Hasta el momento se han descrito 395 cepas pertenecientes a esta especie. Morfológicamente, *B. pumilus* crece como una colonia lisa que se vuelve amarilla conforme avanza el tiempo de incubación (Porwal, 2009). Es una especie móvil pues posee flagelo, es β -hemolítica en agar sangre, catalasa positiva, tolerante a las sales y susceptible a la penicilina, y no crece bajo estrictas condiciones anaeróbicas (Porwal, 2009). Mantiene relaciones ecológicas en los diversos hábitats con las plantas. Esta especie bacteriana es

frecuentemente encontrada en las raíces de plantas, a las que provee protección previniendo la germinación de las esporas de algunos grupos de hongos como *Rhizoctonia* y *Fusarium* (Gnanamanickam, 2002).

La especie *B. pumilus* posee un amplio rango de actividades, importantes desde un punto de vista biotecnológico e industrial. Algunas cepas de *Bacillus pumilus* tienen actividad fungicida y han sido usadas como agentes de control biológico de hongos fitopatógenos (Reynaldi, 2004). Se describe un compuesto producido por *Bacillus pumilus* denominado MSH que inhibe especies de *Mucoraceae* y *Aspergillus*.

El compuesto activo aislado inhibe la germinación de las esporas de estos dos géneros de hongos, y evita la elongación de las hifas, posiblemente produciendo una lesión en la pared celular. También se conoce la actividad fungicida de *Bacillus pumilus* y de otras especies de *Bacillus* y *Paenibacillus* contra *Ascosphaera apis*, el hongo causante de la enfermedad de la cría yesificada, que causa enormes pérdidas económicas a los apicultores en todo el mundo (Reynaldi, 2004).

b. Trichoderma harzianum

Es un hongo anaerobio facultativo que se encuentra de forma natural en los suelos y otros hábitats. Se han descubierto más de 30 especies de este microorganismo, las cuales todas presentan un efecto benéfico para la agricultura (Sajquim, 2014). Estos microorganismos degradan a los hongos fitopatógenos tomando sus nutrientes y con ayuda de materiales orgánicos aceleran su descomposición, es por tal que las incorporaciones de materia orgánica y compostaje lo favorecen, así mismo requiere de humedad para poder germinar, la velocidad de crecimiento de este microorganismo es alta.

Actualmente no se conoce que *Trichoderma* sea patógeno de alguna planta, sin embargo, sí es capaz de parasitar, controlar y destruir muchos fitopatógenos que atacan y destruyen muchos cultivos. Al mismo tiempo indica que los mecanismos de acción que presenta *Trichoderma* spp., pueden ser por antibiosis, competencia o micoparasitismo (Grondona, 1997). Existe información que asevera que *Phytophthora* sp. puede ser controlada por

Trichoderma harzianum, evaluando la inoculación de semillas de pimienta y tratamientos de raíz, indicando en sus resultados que el daño por *Phytophthora capsici* disminuyó significativamente (Ahmed, 2001). También se encuentra un estudio en el cual indica que realizaron cultivos aislados *in vitro* de patógenos para evaluarlos con *Trichoderma harzianum*, determinando que la existencia de antagonismo para *Phytophthora* sp. (Bell, 2009).

2.2.10 Enfermedades que afectan a la piña

A. Pudrición del cogollo (*Phytophthora cinnamomi*)

Históricamente ésta ha sido la enfermedad más dañina en el cultivo de la piña, ampliamente diseminada y comúnmente presente en las plantaciones. *Phytophthora* es un hongo imperfecto, oomycete, saprofito, que se reproduce mediante clamidiosporas, esporangios (zoosporas) y oosporas. Los síntomas se presentan generalmente en parches, principalmente en bordes de camino, bordes de cunetas y microollas, es muy común en sitios donde se maltrata más la plantación, por donde pasa la maquinaria o el personal (Martínez, 2006).

B. Fusarium (*Fusarium* sp.)

Es el hongo fitopatógeno de mayor dispersión mundial, recientemente se identificó en el cultivo de la piña en Costa Rica, aunque aún no se indica la especie específica que ataca este cultivo. Se presenta en muy alta incidencia en las plantaciones y a nivel mundial existen especies muy agresivas para la piña. Es un hongo ascomiceto, saprofito, capaz de ingresar a la planta aún en ausencia de heridas.

Este hongo se caracteriza por producir tres tipos de esporas: las micronidias, macronidias y clamidiosporas, estas últimas tienen paredes muy gruesas, lo cual las hace muy resistentes a condiciones ambientales desfavorables, y a la ausencia de hospederos. La presencia de la enfermedad en campo se relaciona con condiciones que ocasionan problemas en la raíz,

ya sea por hipoxia o anoxia o daño mecánico ocasionado al sistema radical (Hernández, 2000).

C. Hoja de tamal (*Erwinia*)

Producida por *Erwinia carotovora* y la pudrición bacterial del fruto por *Erwinia chrysanthemi*. Es una bacteria gram negativa, flagelada y móvil. Se considera la segunda enfermedad más conocida de la piña, después de *Phytophthora* sp. Su incidencia puede ser de leve a moderada y generalmente se presenta en puntos de maltrato mecánico de las plantaciones como son: bordes, sitios de ingreso de personal o de maquinaria.

Esta enfermedad afecta a la piña en los momentos de transición climática, con humedad suficiente y altas temperaturas (por ejemplo, cuando se realiza riego en verano). Inicialmente se presenta un ablandamiento leve del tallo con una muy leve decoloración. Conforme avanza la enfermedad los tejidos se ablandan (licuados) hasta su descomposición (Yang, 1992).

D. Pudrición del tallo

El agente causal de esta enfermedad se considera que es una bacteria, pero no se conoce clasificación taxonómica. Dentro de la plantación es mucho más común encontrar plantas afectadas en puntos de depresión del terreno, donde existe mal drenaje y exceso de agua (Chinchilla, 1979).

E. Pudrición acuosa

Conocida también como fruta bofa es producida por *Thelaviopsis paradoxa*, es un hongo que produce dos tipos de esporas: conidioesporas y clamidoesporas, estas últimas pueden sobrevivir durante mucho tiempo en el suelo.

Se puede presentar en el campo, pero principalmente es un problema de post cosecha donde se pueden presentar pérdidas de hasta el 70% de las frutas para exportación en fresco. El inicio de la enfermedad se relaciona directamente con la presencia de heridas en

las plantas o frutas, y en el caso de post cosecha con temperaturas muy altas de almacenamiento (Bartholomew, 2003). En campo se presenta la enfermedad cuando hay heridas en las frutas o estas están muy maduras (Chinchilla, 1979).

2.2.11 *Phytophthora* sp. en piña

Es un Chromista que causa varias enfermedades en el cultivo de la piña, este microorganismo es el responsable de la pudrición del corazón de la piña, también conocida como la pudrición del cogollo (cuadro 4) (Cappa, 2014).

Cuadro 4. Clasificación taxonómica de *Phytophthora*.

Reino	Chromista
Filo	Oomycota
Clase	Oomicetos
Orden	Peronosporales
Familia	Pythiaceae
Género	Phytophthora
Especie	<i>Phytophthora</i> sp.

Fuente: Inglis (1996).

A. Reproducción del microorganismo

Posee una estructura reproductiva masculina conocida como Anteridio, y una estructura femenina conocida como Oogonio, que al momento de ponerse en contacto emiten Oosferas, mientras que en su reproducción asexual emiten zoosporas flageladas (Jaramillo, 2003).

B. Estructuras reproductivas del microorganismo

Las estructuras reproductivas de los hongos pueden ser sexuales, asexuales y con modificaciones específicas, estas se describen a continuación:

- Oospora: Es una espora sexual que se produce a razón de la unión entre el Anteridio y el Oogonio. Las cuales son esporas en reposo que pueden sobrevivir varios años inoculados en el suelo sin presencia del hospedero (Doster, 1988).
- Zoospora: Es una espora flagelada producto de la reproducción asexual, la cual puede movilizarse en el agua (Morris, 1992).
- Esporangio: Es la estructura reproductora asexual de este microorganismo, la cual puede ser producida abundantemente en plantas hospederas, llegando a producir hasta 300000 esporangios en una sola noche (Martínez, 2010).
- Clamidiospora: Es una espora asexual formada por la modificación de una célula de las hifas de los microorganismos (Alva, 2006).

C. Sintomatología

Las plantas de piña dañadas por *Phytophthora* sp., van muriendo gradualmente (figura 7) conforme avanza la enfermedad, presentando un descoloramiento amarillento, el cual inicia desde la base cuello de la planta hacia sus hojas. Otro de los síntomas que presenta, es el fácil desprendimiento de hojas en plántulas jóvenes, mientras que en plantas adultas puede pudrir el corazón y por tanto pudrir la inflorescencia sin ocasionar la muerte de la planta (Cappa, 2014).



Fuente: Operaciones del Campo, S.A. (2018).

Figura 7. Plantas de piña muertas por *Phytophthora* sp.

La sintomatología que se presenta en cada parte de la planta es:

a. Follaje

Clorosis o amarillamiento progresivo, hasta necrosis de las puntas de las hojas apicales, desprendimiento fácil de las hojas del centro de la planta, halo necrótico de 1 a 2 pulgadas, superior al punto del desprendimiento, corte de desgarre marcado, olor fuerte a descomposición del material vegetal necrótico (Cali, 1986).

b. Fruta

Poca ocurrencia de esta enfermedad en fruta, necrosis basal progresiva y halo necrótico al partirla (Cali, 1986).

c. Tallo

El corte longitudinal del tallo presenta un halo en la periferia del punto de emergencia de las hojas, avance progresivo muy acelerado del daño en este punto, llega a pudrir (Ferreira, 2001).

d. Raíz

Comúnmente se desprende al intentar sacar la planta, raíz necrótica no funcional (Aguiar, 2008).

2.2.12 Problemas fisiológicos de la piña

Las plantas de piña, como cualquier organismo vivo son susceptibles al medio que las rodea. Estas están expuestas a una serie de factores ambientales y de manejo que pueden originar serias alteraciones en sus funciones vitales; estas alteraciones se conocen con el nombre de enfermedades fisiológicas o no parasitarias; siendo las más importantes: la toxicidad por aplicaciones mal realizadas, las carencias de elementos nutritivos, la falta o exceso de agua, o las temperaturas extremas (Rodríguez, 2016).

A. Quema por sol

En épocas de mucha radiación solar se produce la quema externa en las hojas y los frutos, de la planta de piña. Este daño se evidencia en los bordes de la plantación, en bandas de amarillamiento marcadas, generalmente localizadas en una misma dirección, en función de la posición del sol, generalmente las hojas con exposición del haz hacia el oeste son las que suelen mostrar estos problemas, esta característica también se puede observar en la fruta (Rodríguez, 2016).

B. Toxicidad

La más común se da por agroquímicos, ya sea por sobredosis, incompatibilidades o momentos de aplicación inadecuados. Los síntomas más comunes son: amarillamientos o quemaduras en las plantaciones, quema en las puntas, o manchas en las plantas. Cuando el origen de la toxicidad es la fertilización excesiva, es común. Figura 4. Fruta afectada por quema de sol. Las toxicidades por herbicidas tienden a presentar amarillamientos más generalizados, o en forma de salpique en el follaje. La distribución en el campo es en parches marcados (Ebel, 2016).

C. Estrés hídrico

Esta condición puede observarse en condiciones de anegamiento o deshidratación. En el primer caso (hipoxia), es muy común encontrarse plantaciones con amarillamiento generalizado en parches, decaimiento de la planta, escaso o nulo desarrollo radical, condición muy favorable para el desarrollo de enfermedades como *Phytophthora*, muy relacionado con la calidad de la preparación de terreno. El déficit hídrico (anoxia), suele originar enrollamiento y decaimiento del follaje, muchas espigas en sus hojas, escaso desarrollo radical, mayor susceptibilidad a quema por sol, *Fusarium* y *Phytophthora* en tallo. En ambos casos, el desarrollo de la plantación es inferior a una plantación bajo condiciones de humedad adecuadas (Ebel, 2016).

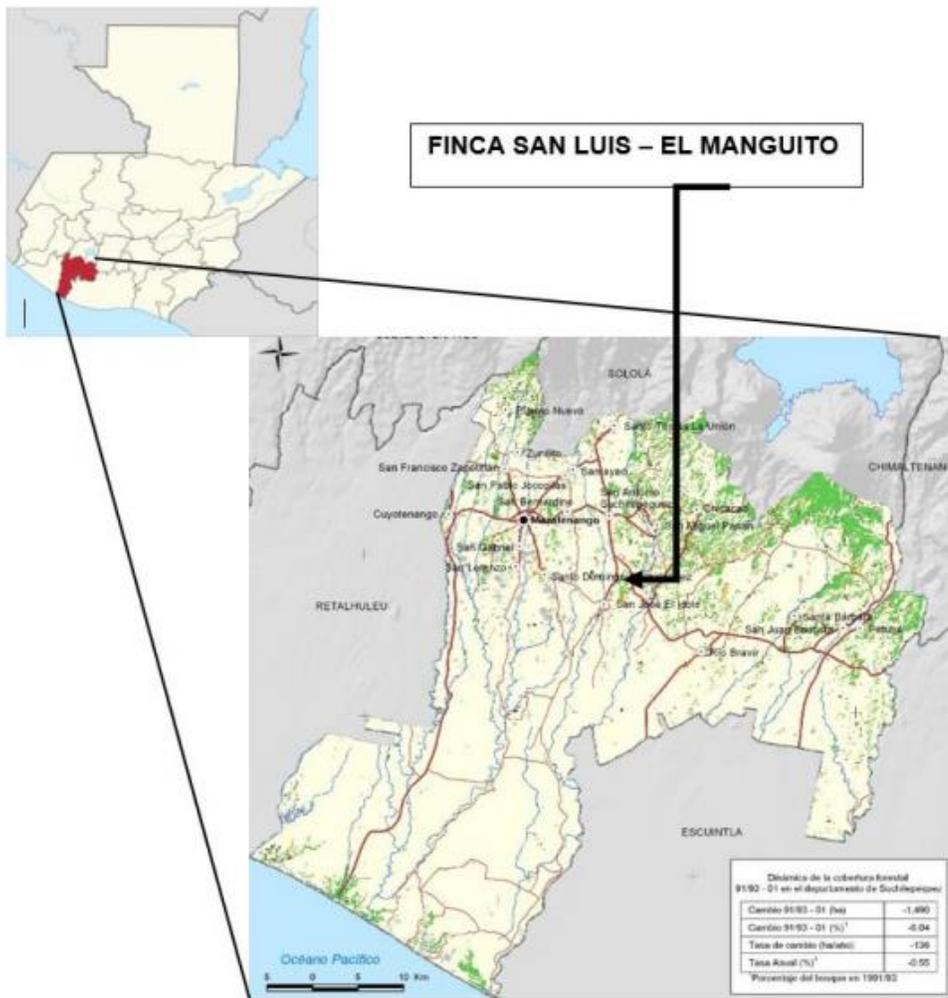
D. Deficiencia o exceso de nutrientes

Es posible que se produzcan efectos en las plantas por el déficit o exceso de elementos nutricionales, y su identificación requiere de conocimiento específico de los diferentes elementos. Los elementos presentes en el suelo para un adecuado desarrollo del cultivo de piñas son el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, zinc, boro, hierro, manganeso y aluminio (Ebel, 2016).

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.2.13 Ubicación

La Finca San Luis - El Manguito-San Rafael, se encuentra situada en jurisdicción de la aldea Tahuexco, Municipio de Santo Domingo, Suchitepéquez a 178 km de la ciudad de Guatemala, a una altura promedio 40 m s.n.m. Colinda al Norte con la finca Las Marías y el Parcelamiento San Mauricio, al Sur con el Parcelamiento Lupita, al Este con el Parcelamiento San Mauricio y finca Las Pilas, y al Oeste con la finca San Rafael y con la finca Covadonga (figuras 8-9).



Fuente: www.mayasautenticos.com (2018).

Figura 8. Ubicación geográfica de la Finca San Luis – El Maguito.



Fuente: www.mayasautenticos.com (2018).

Figura 9. Vista aérea de las fincas San Luis El Manguito.

2.2.14 Suelos y ecología

Los suelos que poseen la finca por lo general son suelos francos, ricos en materia orgánica, con un pH que oscila entre 5.5 a 6.5. Según Holdridge, la zona de vida según la ubicación de la finca se encuentra en un bosque muy húmedo subtropical cálido (Trabanino, 2017).

2.2.15 Condiciones climáticas

La precipitación promedio anual es de 1500 mm, siendo las mayores precipitaciones entre los meses de junio a septiembre. La humedad relativa promedio anual es de 70 % y la temperatura promedio de la finca es de 31 °C.

2.2.16 Uso actual de la tierra

El uso principal que se le da a esta área es para el cultivo de piña y se podría considerar como conservación ecológica áreas limitantes (cercos) de especies maderables como la Teca (*Tectona grandis*).

2.2.17 Antecedentes

- a) En un estudio publicado en 2014 por La Universidad Nacional de Colombia dirigido por Ramírez Gil titulado Alternativas microbiológicas para el manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands, en *Persea americana* Mill., bajo condiciones de casa malla se establecieron metodologías de manejo amigables con el medio ambiente y de bajo costo para el control de la enfermedad a través de microorganismos como *Phytophthora*, *Trichoderma*, etc.
- b) Existen precedentes en el cultivo de aguacate al sur de España, en el uso de *Trichoderma* sp. como uso de control biológico ante podredumbres en raíces ocasionadas por *Phytophthora cinnamomi* y por *Rosellinia necatrix* siendo estas últimas las principales enfermedades que atacan los cultivos de aguacate en España.
- c) La Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA) reporta en diversos estudios realizados en conjunto con la Universidad Autónoma de Honduras que varias especies de hongos y bacterias documentadas son organismos efectivos para el control de enfermedades del suelo.
- d) Cali (1989) para obtener el título académico de Ingeniero Agrónomo presentó como trabajo final un estudio sobre Evaluación del control químico del Tizón Tardío (*Phytophthora infestans* De Bary) en papa (*Solanum tuberosa*) en dos localidades del departamento de Chimaltenango dejando pauta a que la utilización de microorganismos (*Bacillus* sp. y *Trichoderma* sp) resulta ser un tratamiento de bajo costo para el control de hongos.
- e) Fernández de la Universidad Autónoma Chapingo, del Depto. de Parasitología Agrícola dirigió un proyecto de investigación en 2007 sobre el Manejo Biológico de *Phytophthora capsici* Leo, *Fusarium oxysporum* Schlechtend y *Rhizoctonia solani*

Kühn en tomate, evidenciando la aplicación de organismos microbiológicos para contrarrestar los efectos ocasionados por hongos frecuentes en cultivos de tomate.

- f) Cappa (2014) documentó los resultados del Control de *Phytophthora* sp. en el híbrido MD2 del fruto de piña, donde calificó la efectividad del tratamiento microbiano en el producto agrícola, se determinó que *Bacillus subtilis* actuó como mejor tratamiento para el control de *Phytophthora* sp.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar la efectividad de tres tratamientos biológicos compuestos por los microorganismos *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* para el control del hongo *Phytophthora* sp. presente en el suelo de la plantación de piña (*Ananas comosus* (L.) MERR) en Santo Domingo Suchitepéquez, Guatemala, C.A.

2.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la eficacia de *Bacillus pumilus* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. MERR) en Santo Domingo Suchitepéquez, Guatemala C.A. utilizando una dosis completa del tratamiento y otra a la mitad de la concentración de dosis.
2. Contrastar la eficacia de la mezcla de *Trichoderma harzianum* con *Bacillus pumilus* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña en dos concentraciones.
3. Determinar la eficacia de *Trichoderma harzianum* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña a dosis completa y a la mitad de esta.

2.4 HIPÓTESIS

Los efectos fúngicos de la bacteria *Bacillus pumilus* ofrece un mejor control del hongo *Phytophthora* sp. en el suelo donde se cultiva piña, en comparación con el control brindado por *Trichoderma harzianum* y la combinación de ambos tratamientos *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum*.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Tratamientos y descripción de los tratamientos

Los productos biológicos evaluados fueron *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum*, ambos en dos diferentes dosis, además de los productos de forma individual, se realizó una mezcla de ambos productos que se aplicaron también en dos diferentes dosis (cuadro 5) obteniendo un total de 7 tratamientos al contar el testigo absoluto.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos.

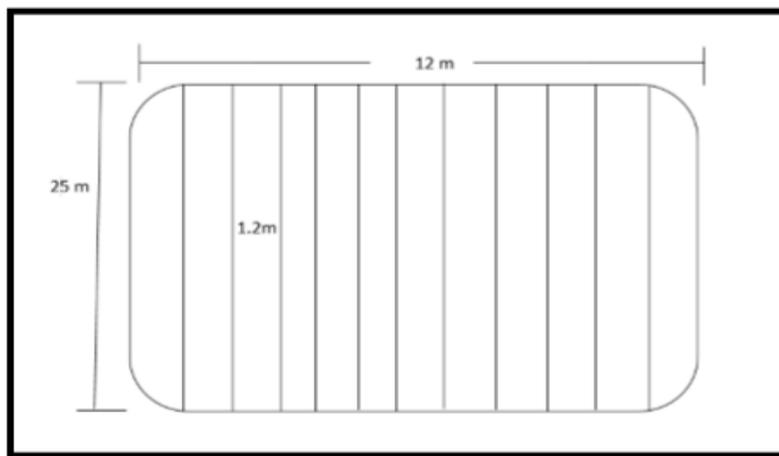
TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS (g/ha)
T1	<i>Bacillus pumilus</i>	12.50
T2	<i>Bacillus pumilus</i>	25.00
T3	<i>Trichoderma harzianum</i>	12.50
T4	<i>Trichoderma harzianum</i>	25.00
T5	<i>Bacillus pumilus</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	12.50
T6	<i>Bacillus pumilus</i> + <i>Trichoderma harzianum</i>	25.00
T7	Testigo (sin producto)	0

Fuente: elaboración propia, 2018.

Los productos biológicos utilizados se obtuvieron en la empresa MICSA. Las dosis empleadas fueron aquellas que recomienda la casa comercial y se hizo un duplicado por debajo de la dosis recomendada, haciendo así dos tratamientos por producto microbiológico, sin embargo, para el testigo se hizo una sola repetición.

2.5.2 Unidad experimental

Cada unidad experimental correspondió a las dimensiones de 12 m x 25 m, dando un total de 300 m², a una densidad de siembra de 60,000 plantas por hectárea, dando un resultado de 1,800 plantas por cada unidad experimental. La unidad experimental estuvo compuesta por 11 surcos a doble hilera, con una distancia promedio entre camas de 1.2 m, 0.4 m entre hileras y 0.28 m (figura 10).

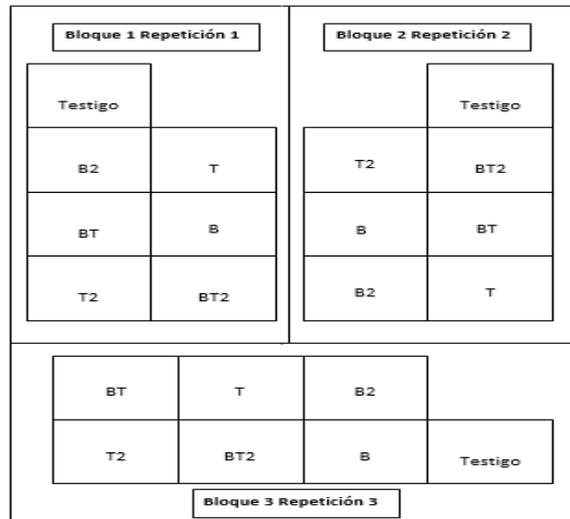


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 10. Esquema de la unidad experimental.

2.5.3 Distribución espacial

La distribución espacial en campo de los 7 tratamientos se realizó en tres bloques al azar (figura 11).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 11. Distribución espacial de los tratamientos.

2.5.4 Modelo estadístico

El experimento contó de 7 tratamientos, con 3 repeticiones cada uno, con un total de 21 unidades experimentales. Para la evaluación se utilizó el diseño bloques al azar (DBA), por considerarse el grado de pendiente donde se estableció el ensayo y la distribución de los hongos en el suelo provocados por la erosión del suelo. El modelo estadístico para el diseño es:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, 5t$$

$$j = 1, 2, 3r$$

Donde:

Y_{ij} = Variable de respuesta de ij -ésima unidad experimental.

μ = Valor de la media general.

T_i = Efecto de la i -ésima tratamiento de control de *Phytophthora* sp.

B_j = Efecto de la j -ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental asociado a la ij -ésima unidad experimental.

2.5.5 Variables de respuesta

La variable de respuesta evaluada en los 7 tratamientos fue el número de plantas afectadas por *Phytophthora* sp., se tomaron en consideración las plantas enfermas y/o muertas que presentaron los síntomas particulares de la enfermedad en el cultivo de la piña como muerte gradual, decoloración amarillenta y desprendimiento de hojas, pudrición del cogollo y olor fétido ya que no existe manera de recuperar la planta cuando ya está infectada.

2.5.6 Metodología experimental

La fase inicial en campo para los siete tratamientos fue la misma porque el manejo del cultivo estuvo sujeto al programa que posee la finca para fertilización, aplicación de herbicidas, insecticidas y preparación del suelo (figura 12), desde el proceso de siembra hasta la producción de fruto y semilla del cultivo de piña.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 12. Elaboración de camas y establecimiento del sistema de riego.

A. Determinación de eficacia de *Bacillus pumilus* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. MERR) utilizando una dosis completa del tratamiento y otra a la mitad de la concentración de dosis

Se aplicó la primera dosis de productos microbiológicos antes de la siembra, específicamente antes de la colocación del mulch, de los tratamientos 1 y 2 que contienen *Bacillus pumilus* en dosis 12.50 g/ha (T1) y 25.00 g/ha (T2), para esta aplicación fue necesario el uso de pantallas que evitaron que los productos aplicados afectaran los tratamientos vecinos (figura 13).



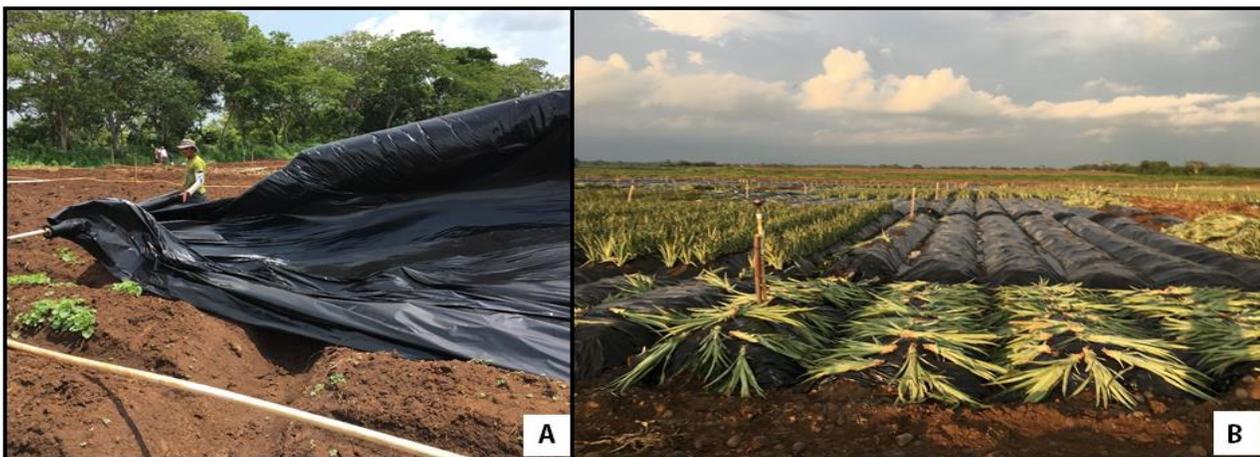
Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 13. Aplicación del producto. A) Medición del pH del agua para la difusión de los microorganismos. B) Uso de pantallas como barrera. C) Primera aplicación de los microorganismos.

Después de la primera aplicación de microorganismos se procedió a la colocación de mulch en las camas para luego realizar la siembra de la piña. Posteriormente a la siembra y colocación de mulch, las siguientes aplicaciones se realizaron a una frecuencia de 15 días bajo la técnica de drench, asegurando que los productos microbiológicos disueltos en agua se aplicaran en su totalidad sobre la superficie del suelo (por debajo del mulch), al utilizar esta técnica ya no fue necesario el uso de pantallas.

B. Contraste de la eficacia de la mezcla de *Trichoderma harzianum* con *Bacillus pumilus* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña en dos concentraciones

Para contrastar la eficacia de la mezcla de los dos microorganismos *Trichoderma harzianum* con *Bacillus pumilus* se aplicaron los tratamientos 5 y 6, con la dosis de *Bacillus pumilus* + *Trichoderma harzianum* de 12.50 g/ha (T5) y *Bacillus pumilus* + *Trichoderma harzianum* de 25.00 g/ha (T6). Para estas aplicaciones también fue necesario el uso de pantallas que evitaron que los productos aplicados afectaran los tratamientos vecinos (figura 7). Luego de la primera aplicación de microorganismos se procedió a la colocación de mulch para realizar la siembra de la piña (figura 14).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 14. Establecimiento del cultivo. A) Colocación del mulch. B) Siembra del cultivo de piña.

Antes de realizar la siembra y la colocación de mulch, las aplicaciones de T5 y T6 se realizaron a una frecuencia de 15 días bajo la técnica de drench, asegurando que los productos microbiológicos disueltos en agua se aplicaran en su totalidad sobre la superficie del suelo (por debajo del mulch), al utilizar esta técnica ya no fue necesario el uso de pantallas.

C. Determinación de la eficacia de *Trichoderma harzianum* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña a dosis completa y a la mitad de la dosis

Para la determinación de la eficacia del microorganismo *Trichoderma harzianum* se aplicaron los tratamientos 3 y 4, con las dosis de 12.50 g/ha (T3) y de dosis completa 25.00 g/ha (T4) antes de la siembra para luego proceder a la colocación del mulch, fue necesario el uso de pantallas que evitaron que los productos aplicados afectaran los tratamientos vecinos. Al finalizar la aplicación de los tratamientos y la colocación de mulch en las camas para luego realizar la siembra de la piña (figura 8). Las siguientes aplicaciones se realizaron a una frecuencia de 15 días, bajo la técnica de drench, asegurando que los productos microbiológicos disueltos en agua se aplicaran en su totalidad sobre la superficie del suelo (por debajo del mulch), al utilizar esta técnica ya no fue necesario el uso de pantallas para estos tratamientos (figura 15).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 15. Aplicación de microorganismos. A) Aplicaciones quincenales de los microorganismos. B) Parcelas identificadas para la investigación.

Para todos los tratamientos la lectura de datos fue realizada cada dos semana después de la siembra con el objetivo de cuantificar la presencia de *Phytophthora* sp. La evaluación tuvo una duración de cuatro meses (03 de junio de 2018 - hasta el 01 de octubre de 2018). Ya contabilizadas las plantas enfermas por unidad experimental, se retiraron de la parcela,

con el fin de evitar que una planta enferma se volviese a contar en la siguiente recolección de datos.

Respecto al cálculo de incidencia, el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. en el cultivo de la piña se estableció utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de incidencia} = \frac{\text{Número de plantas enfermas}}{\text{Número total de plantas por unidad experimental}} \times 100$$

2.5.7 Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) al 5 % de probabilidad para la variable de respuesta de cantidad de plantas afectadas por la enfermedad y se procedió a realizar prueba post-ANDEVA Scott & Knott de comparación múltiple de medias para determinar cuál de los tratamientos evaluados presento mayor diferencia significativa. Los datos obtenidos fueron analizados en el software estadístico InfoStat.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvo un porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. en los siete tratamientos, previamente se hicieron conteos de las plantas con la presencia de la enfermedad. Los organismos muestreados fueron seleccionados de plantas madres (productoras de hijuelos para siembra), que estuvieran enfermas y establecidas en la zona. Se realizó un promedio por las tres repeticiones de las plantas enfermas contabilizadas por cada tratamiento (cuadro 6).

El porcentaje de incidencia (cuadro 7) se obtuvo dividiendo el número total de plantas enfermas y/o muertas en el número total de plantas por unidad experimental, multiplicando el resultado por cien (figura 16).

Cuadro 6. Resultados de las plantas enfermas por tratamiento.

TRATAMIENTO	Promedio de plantas enfermas
T1	41.33 (124 de 1800)
T2	39.66 (119 de 1800)
T3	72.66 (218 de 1800)
T4	44.66 (134 de 1800)
T5	78.00 (234 de 1800)
T6	58.66 (176 de 1800)
T7	37.00 (111 de 1800)

Cuadro 7. Porcentaje de incidencia de *Phytophthora sp.* acumulado de los siete tratamientos.

Tratamiento	Descripción del tratamiento	Abreviatura	Porcentaje de incidencia (%)
T1	<i>Bacillus pumilus</i> 1/2	B	2.29
T2	<i>Bacillus pumilus</i>	B	2.20
T3	<i>Trichoderma harzianum</i> 1/2	T	4.04
T4	<i>Trichoderma harzianum</i>	T	2.48
T5	<i>Bacillus pumilus</i> - <i>Trichoderma harzianum</i> 1/2	Bt	4.38
T6	<i>Bacillus pumilus</i> - <i>Trichoderma harzianum</i>	BT	3.25
T7	Testigo sin producto	Tx	2.05

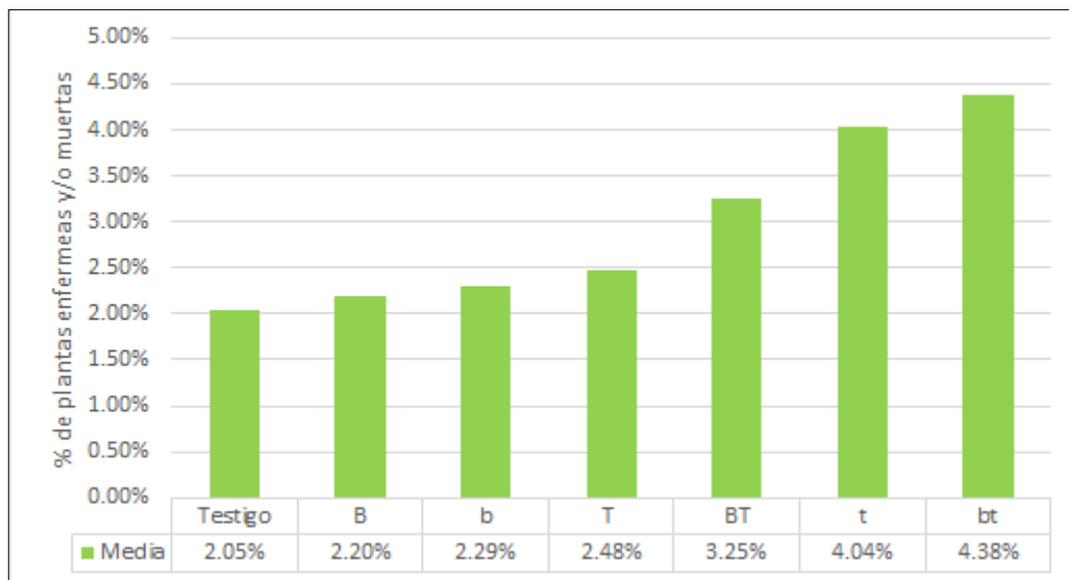


Figura 16. Gráfica del porcentaje de incidencia total de *Phytophthora sp.* en los siete tratamientos.

El tratamiento 5 de *Bacillus pumilus* + *Trichoderma harzianum* en media dosis obtuvo el promedio más alto de plantas enfermas (234 plantas), siguiéndole el tratamiento 3 (218 plantas). El tratamiento 7 que es el testigo con el promedio más bajo (111 plantas). Esto se refleja en el cuadro 5 en donde el porcentaje de incidencia de *Phytophthora sp.* acumulado de los siete tratamientos el más alto es el T5 (4.38 %) y el más bajo el T7 (2.05 %). En la figura 16, la gráfica demuestra que los tratamientos con mayor porcentaje de plantas enfermas o muertas, son aquellos a los que se les aplicó la mitad de las dosis.

Los resultados obtenidos a cada quince días del porcentaje de incidencia de *Phytophthora sp.* en el cultivo de piña de los siete tratamientos evaluados (cuadro 8, figura 17).

Cuadro 8. Porcentaje de incidencia de la enfermedad cada 15 días.

Tratamiento	Abreviatura	15d	30d	45d	60d	75d	90d	105d	120d
T2	B	0.13	0.66	1.52	1.77	1.88	2.03	2.16	2.2
T4	T	0.14	0.79	1.62	1.96	2.11	2.27	2.38	2.48
T6	BT	0.33	0.77	1.75	2.5	2.72	2.9	3.11	3.25
T1	b	0.29	1.01	1.50	1.81	1.86	2.03	2.2	2.29
T3	t	0.48	1.37	2.59	3.38	3.52	3.77	3.94	4.04
T5	bt	0.4	1.52	2.9	3.68	3.54	4.11	4.3	4.38
T7	Tx	0.29	0.7	1.38	1.65	1.74	1.9	2	2.05

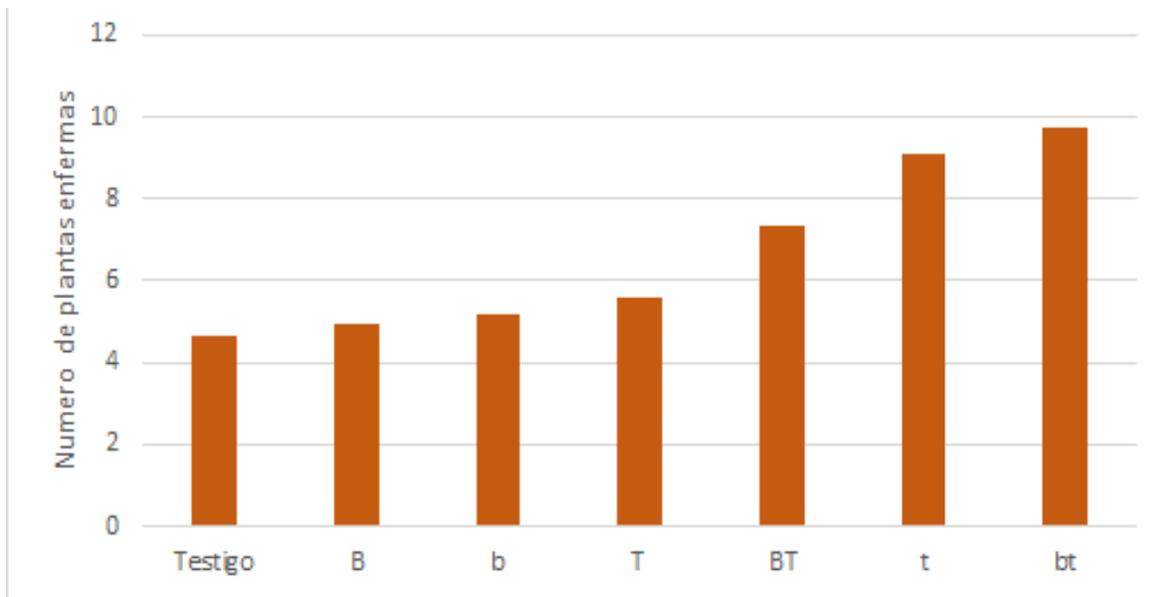


Figura 17. Gráfica de la media de plantas enfermas quincenal de *Phytophthora* sp.

Acorde a los datos de incidencia de la enfermedad tomados cada quince días, en todos los tratamientos aumentó el porcentaje de incidencia tendiendo los datos mayores de los 105 días a los 120 días (figuras 20A, 21A, 22A). En la figura 17, la gráfica demuestra el número de plantas enfermas que se muestrearon cada quince días, los tratamientos con los que se aplicaron la dosis completa fueron los más bajos en tener incidencia de *Phytophthora* sp.

La dispersión de los datos obtenidos de los siete tratamientos sigue la tendencia de la curva (figura 18), esto manifiesta que no existen datos atípicos o muy alejados a la relación que guardan entre sí, estos resultados ratifican que los datos del experimento siguen una tendencia en sus rendimientos lo que da confiabilidad para el análisis de los datos obtenidos de los siete tratamientos.

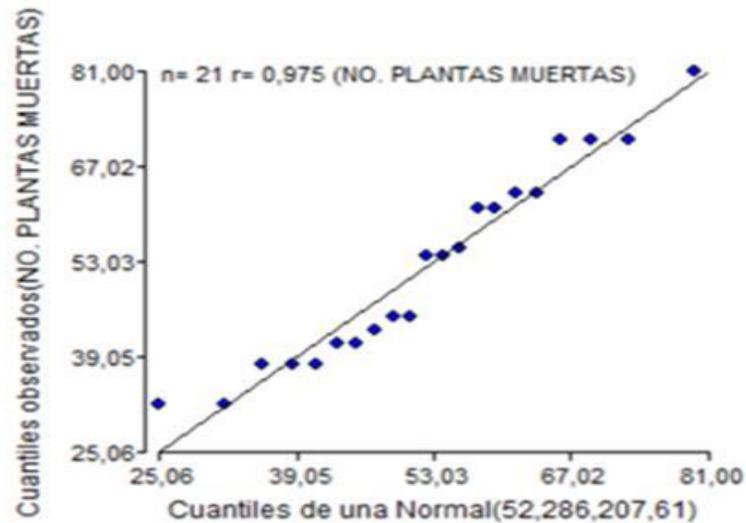


Figura 18. Dispersión de datos obtenidos de plantas muertas.

De acuerdo al análisis de varianza al 5 % de probabilidad sobre los porcentajes totales de *Phytophthora* sp., se determinó que sí existen diferencias estadísticas significativas sobre el porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña. Según el concepto estadístico respaldado en el cuadro de distribución F 0.05 de Fisher, P fue menor a 0.05 por lo que se rechaza la hipótesis nula, indicando que los tratamientos producen diferente efecto, además el valor F (8.10) fue mayor que P (0.0012).

El valor P es una probabilidad que mide la evidencia en contra de la hipótesis nula. Las probabilidades más bajas proporcionan una evidencia más fuerte en contra de la hipótesis nula. Así mismo el coeficiente de variación fue de 20.13, estando en el rango de 20 % e indicando que la operación estadística es confiable. Dado que existe diferencia estadística significativa se pudo aplicar en su totalidad el modelo estadístico ANDEVA (cuadro 9).

Cuadro 9. Análisis de Varianza del porcentaje de incidencia de la enfermedad.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Por m	21	0.80	0.67	20.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	17.99	8	2.25	6.08	0.0029
Tratamiento	17.99	6	3.00	8.10	0.0012
Bloques	0.01	2	2.8E-03	0.01	0.9924
Error	4.44	12	0.37		
Total	22.43	20			

* = Existen diferencias estadísticamente significativas al 5 % de probabilidad.

Posterior al análisis ANDEVA y constatar que existe diferencia significativa dentro de los tratamientos se procede a la prueba post-andeva (cuadro 10), Scott & Knott de comparación múltiple de medias para determinar cuál de los tratamientos evaluados presento mayor diferencia significativa en el porcentaje de incidencia de *Phytophthora sp.* en el cultivo de piña.

Cuadro 10. Prueba de comparación múltiple de medias Scott & Knott.

Test: Scott & Knott Alfa=0.05

Error: 0.3699 gl:12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Testigo sin producto (T7)	2.06	3	0.35	A
<i>Bacillus pumilus</i> (T2)	2.20	3	0.35	A
<i>Trichoderma harzianum</i> (T4)	2.30	3	0.35	A
<i>Bacillus pumilus</i> 1/2 (T1)	2.48	3	0.35	A
<i>Trichoderma harzianum</i> 1/2 (T3)	3.52	3	0.35	B
<i>Bacillus pumilus</i> - <i>Trichoderma harzianum</i> (T6)	4.03	3	0.35	B
<i>Bacillus pumilus</i> - <i>Trichoderma harzianum</i> 1/2 (T5)	4.50	3	0.35	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

2.6.1 Determinación de eficacia de *Bacillus pumilus* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. MERR) utilizando una dosis completa del tratamiento y otra a la mitad de la concentración de dosis

Las medias de los tratamientos *Bacillus pumilus* a dosis completa, *Bacillus pumilus* a media dosis, con T3 y T4 presentan la misma literal, por lo que se concluye que son estadísticamente iguales difiriendo de los tratamientos restantes.

El hongo *Phytophthora* sp. se presenta con mayor vigor en etapas de aceleración de crecimiento de la planta (Escuadero, 2009), por lo que se percibió un aumento en su incidencia en la tercera toma de datos que corresponde a los 45 y 60 días después de la siembra (Figura 19). Debido a la duración de la investigación de cuatro meses este fenómeno se pudo observar solamente una vez, ya que otra etapa de crecimiento donde la planta se vuelve vulnerable a *Phytophthora* sp. es entre los 5 y 7 meses, tiempo en el cual la investigación ya ha concluido.

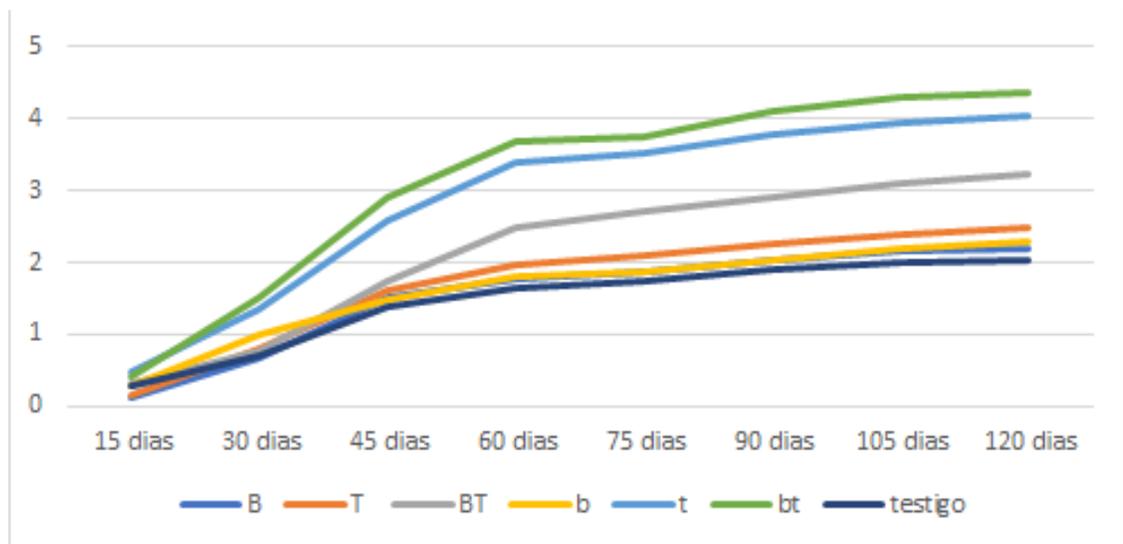


Figura 19. Gráfica del porcentaje de incidencia acumulada de *Phytophthora* en el tiempo.

Se observó que la cepa de *Bacillus pumilus* redujo la incidencia y severidad de la marchitez ocasionada por dicho fitopatógeno, lo cual se atribuyó a que la bacteria no presentó suficiente producción de sustancias antagónicas o éstas se produjeron, pero fueron

degradadas o quedaron adsorbidas en las partículas del suelo. *Bacillus pumilus* quien también es una bacteria muy agresiva, previene la germinación de esporas de algunos hongos mediante la formación de una barrera entre la planta y las esporas para luego colonizar la bacteria a las esporas.

2.6.2 Contraste de la eficacia de la mezcla de *Trichoderma harzianum* con *Bacillus pumilus* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña en dos concentraciones

Las medias de los tratamientos de *Bacillus pumilus*, *Trichoderma harzianum* y el testigo, presentan la misma literal, por lo que se concluye que son estadísticamente iguales difiriendo de los tratamientos restantes que son la combinación de *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* a dosis completa, *Trichoderma harzianum* a media dosis y por último la combinación de *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* a media dosis, que presentaron mayores índices de incidencia de *Phytophthora* sp.

Los productos microbiológicos combinados *Trichoderma harzianum* – *Bacillus pumilus* a media dosis y en dosis completa presentaron las mayores incidencias de *Phytophthora* sp. En el primer y tercer lugar respectivamente, por lo que se puede establecer una relación antagonista entre ambos productos microbiológicos, debido a que *Trichoderma harzianum* es un hongo muy agresivo que compite por espacio y nutrientes, de esta manera puede inhibir el desarrollo de otros organismos.

El fundamento científico de la aplicación de estos microorganismos *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* como controladores biológicos producidas por el hongo *Phytophthora* sp. en las plantaciones de piña es que en estudios previos se ha demostrado que hongos del género *Trichoderma* son antagonistas con algunos patógenos, tanto compitiendo por espacio físico en la raíz como a través de la producción de compuestos bioquímicos que afectan negativamente el desarrollo de otros hongos como *Phytophthora cinnamomi* y *Rosellinia necatrix*.

Algunas posibles explicaciones sobre el hecho de que ninguno de los productos biológicos utilizados en este bioensayo haya superado la incidencia del testigo en cuanto a disminuir o erradicar la marchitez ocasionada por *Phytophthora* sp. es que son productos evaluados a base de microorganismos benéficos, promueven principalmente el crecimiento y desarrollo de las plantas, y que probablemente no tienen propiedades contra *Phytophthora* sp.; en el caso de *Trichoderma harzianum* está comprobado que tiene propiedades positivas sobre el desarrollo radicular de algunas plantas. Las condiciones fisicoquímicas del suelo no fueron las óptimas para el crecimiento de dichos microorganismos, tanto para *Bacillus pumilus* como para *Trichoderma harzianum*, ya que su funcionalidad está basada en ser antagonistas del hongo, al no proliferar en el suelo no pudieron competir por nutrientes presentes en el suelo contra *Phytophthora* sp.

2.6.3 Determinación de la eficacia de *Trichoderma harzianum* en el control del hongo *Phytophthora* sp. del suelo en el cultivo de piña a dosis completa y a la mitad de la dosis

Las medias de los tratamientos *Trichoderma harzianum* a dosis completa y por último el testigo, presentan la misma literal que *Bacillus pumilus* por lo que se concluye que son estadísticamente iguales difiriendo de los tratamientos restantes que son la combinación de *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* que presentaron mayores índices de incidencia de *Phytophthora* sp.

Estos microorganismos no disminuyeron o erradicaron la marchitez ocasionada por *Phytophthora* sp. puede ser que la cepa *T. harzianum* por ser una especie introducida, no haya colonizado eficientemente la rizósfera de las plantas de piña, y por lo tanto, no existió parasitismo sobre el fitopatógeno o bien, la producción de sustancias antagónicas de *T. harzianum* no fueron suficientes para reducir el impacto de *Phytophthora* sp. en las plantas.

Los tratamientos microbiológicos donde se realizaron aplicaciones quincenales existió mayor roce que originó lesiones que le facilitaron al agente patógeno ingresar en las plantas

ocasionando la enfermedad y posteriormente la muerte en mayor cantidad en relación al testigo que al no aplicar ningún tratamiento en el testigo se evitó el exceso de fricción que ocasiona el tránsito de personas con bombas de aspersion entre las calles.

La canícula que afectó a la región seis del país, es decir la región suroccidente en donde se encuentra el departamento Suchitepéquez, la falta de humedad en el suelo limitó la movilidad de los microorganismos en el suelo, creando estrés hídrico. Los suelos en donde se realizó el estudio son ligeramente ácidos y la bacteria *Bacillum* sp., es alcalinófila, por lo que la acidez del suelo se convirtió en una limitante a la hora de su proliferación y funcionalidad en el tratamiento antagonista contra el hongo.

En algunas áreas de suelo, probablemente existe una población nativa de microorganismos benéficos que no se tomó en cuenta, debido a que no se realizó un análisis de suelo previo a la investigación que permitiera descubrir la cantidad de microorganismos presentes en el suelo. *Trichoderma harzianum* presentó los índices más altos de mortandad y al no tener un análisis de microorganismos previo de suelo no se puede determinar si pudo encontrar antagonismo con más de un microorganismo.

Basados en los porcentajes de incidencia de cada tratamiento, se puede constatar que el testigo presentó el menor porcentaje de incidencia de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña con 2.05 %, al compararse con los tratamientos de control microbiológicos aplicados: *Bacillus Pumilus* presentó una media de 2.20 %, mientras que *Trichoderma harzianum* presentó una incidencia 2.48 % a dosis completas ambas (25 g / ha), al analizar las medias de estos mismos tratamientos pero en la dosis media se observó que el porcentaje de incidencia sobre *Phytophthora* sp. fue mayor proyectando la poca efectividad de este sobre la erradicación o control del hongo que afecta el cultivo.

2.7 CONCLUSIONES

1. De los tratamientos microbiológicos evaluados se determinó que bajo las condiciones en las cuales se desarrolló el experimento ninguno presentó eficacia en el control del hongo *Phytophthora* sp., en el suelo con relación al testigo absoluto.
2. *Bacillus pumilus* a dosis completa presentó una incidencia 2.2 % de *Phytophthora* sp., mientras que a media dosis la incidencia fue de 2.3 %.
3. La combinación de los dos microorganismos *Trichoderma harzianum* y *Bacillus pumilus* formaron un tratamiento que presentó a dosis completa una incidencia de 3.25% y a media dosis una incidencia de 4.38 %.
4. *Trichoderma harzianum* a dosis completa presentó una incidencia de 2.48 % de *Phytophthora* sp., mientras que a media dosis se elevó a un 4.04 %.

2.8 RECOMENDACIONES

1. Antes de realizar cualquier investigación relacionada con el uso de microorganismos del suelo, analizar la existencia de microorganismos nativos, para conocer la diversidad presente.
2. Realizar investigaciones tanto de *Bacillus pumilus* como de *Trichoderma harzianum*, para el control de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.), a mayor concentración de dosis y menor número de aplicaciones.
3. Evitar el uso combinado de *Bacillus pumilus* con *Trichoderma harzianum*, para el control de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.).
4. Realizar investigaciones sobre aplicaciones alternadas de *Bacillus Pumilus* con *Trichoderma harzianum*, para el control de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.).
5. Al usar microorganismos como *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* para el control de *Phytophthora* sp. en el cultivo de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) garantizar condiciones de humedad en el suelo que faciliten la movilidad de los microorganismos.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Agredo, CE; Chaparro, E; Zuluaga, JI. 1988. Observaciones sobre características, distribución y daños de sinfilidos (*Symphyla*) y otros organismos del suelo en cultivos de piña, *Ananas comosus*, del Valle. *Acta Agronómica* 38(2):65-73. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15370/16161
2. Ahmad, JS; Baker, R. 1987. Competencia de la rizosfera de *Trichoderma harzianum*. *Fitopatología*, 77(2),182-189. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1987Articles/Phyto77n02_182.PDF
3. Alva, J; Mattos, L. 2006. Nuevo método para aislar "*Phytophthora parasitica*" Dastur de raicillas de limonero patrón Rugoso "*Citrus jambhiri*" Lush bajo riego por aspersión. *Universalia* 11(1):19-31. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2916267.pdf>
4. Bartholomew, D; Paull, RE; Rohrbach, KG. 2003. The pineapple: Botany, production and uses. 2 ed. New York, US, CAB International. p. 301-305. <https://www.cabi.org/ISC/ebook/20023183451>
5. Bell, DK; Wells, HD; Markham, CR. 1982. *In vitro* antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. *Phytopathology* 72(4):379-382. https://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1982Articles/Phyto72n04_379.PDF
6. Cali Bala, EA. 1986. Evaluación del control químico del tizón tardío (*Phytophthora infestans* De Bary) en papa (*Solanum tuberosum*) en dos localidades del departamento de Chimaltenango, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 79 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0834.pdf
7. Cappa Aquino, MI. 2014. Control de *Phytophthora* sp. en piña (*Ananas comosus* L. Merr.) híbrido MD2, diagnóstico y servicios realizados en Finca San Luis-El Manguito, ubicada en Santo Domingo Suchitepéquez, Guatemala, C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 153 p. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/2811/1/MYNOR%20ISAIAS%20CAPPA%20AQUINO.pdf>
8. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales, Costa Rica (CATIE).1993. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de chile dulce. Costa Rica, CATIE. 143 p. (Serie Técnica, Informe Técnico no. 201). <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/handle/11554/2261?show=full>

9. Chinchilla, CM; González, L; Morales, F. 1979. Pudrición bacteriana del cogollo de la piña en Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 3:183-185. https://www.mag.go.cr/rev_agr/v03n02_183.pdf
10. Crozzoli, R. 2002. Especies de nematodos fitoparasíticos en Venezuela. *Interciencia* 27(7):354-364. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33907004.pdf>
11. Doster, MA; Bostock, RM. 1988. El efecto de la temperatura y el tipo de medio sobre la producción de oosporas por *Phytophthora syringae*. *Mycologia* 80(1):77-81. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00275514.1988.12025501?needAccess=true>
12. Ebel, AI; Itati Giménez, L; González, AM; Alayón Luaces, P. 2016. Evaluación morfoanatómica de hojas " D" de piña (*Ananas comosus* (L.) Merr. var. *comosus*) en respuesta a la implantación de dos sistemas de cultivo en Corrientes, Argentina. *Acta Agronómica* 65(4):390-397. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/50560/54925
13. Escudero Ramírez, M; Marín Montoya, M; Jaramillo Villegas, S; Cotes Torres, JM. 2009. A methodology of evaluation sensitivity to QoI fungicides-fenamidone: a case study of *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 62(1):4773-4782 https://www.researchgate.net/publication/262457777_A_METHODODOLOGY_OF_EVALUATION_SENSITIVITY_TO_QoI_FUNGICIDES_-_FENAMIDONE_A_CASE_STUDY_OF_Phytophthora_infestans_Mont_de_Bary
14. Fernández Herrera, E; Acosta Ramos, M; Ponce González, F; Pinto, VM. 2007. Manejo biológico de *Phytophthora capsici* Leo., *Fusarium oxysporum*. Schlechtend.: Fr. y *Rhizoctonia solani* Kühn en jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Revista Mexicana de Fitopatología* 25(1):35-42. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rmfi/v25n1/v25n1a5.pdf>
15. Ferreira, RA; Botelho, SA; Davide, AC; Malavasi, MDM. 2001. Morfología de frutos, semillas, plântulas e plantas jovens de *Dimorphandra mollis* Benth.-faveira (Leguminosae-Caesalpinioideae). *Revista Brasileira de Botânica* 24(3):303-309. <http://www.scielo.br/pdf/rbb/v24n3/6738.pdf>

16. Gnanamanickam, SS. 2002. Control biológico de enfermedades de cultivos. New York, US, Prensa CRC. 203 p.
[https://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=&id=4yyzY17RhrEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=19.+Gnanamanickam,+SS+\(Ed.\).+\(2002\).&ots=9COu4bDCkf&sig=VSkoeSVtzABYdFfBxlp-6nT6LMc#v=onepage&q=19.%20Gnanamanickam%2C%20SS%20\(Ed.\).%20\(2002\).&f=false](https://books.google.com.gt/books?hl=es&lr=&id=4yyzY17RhrEC&oi=fnd&pg=PA1&dq=19.+Gnanamanickam,+SS+(Ed.).+(2002).&ots=9COu4bDCkf&sig=VSkoeSVtzABYdFfBxlp-6nT6LMc#v=onepage&q=19.%20Gnanamanickam%2C%20SS%20(Ed.).%20(2002).&f=false)

17. Grondona, I; Hermosa, R; Tejada, M; Gomis, MD; Mateos, PF; Bridge, PD; García Acha, I. 1997. Caracterización fisiológica y bioquímica de *Trichoderma harzianum*, un agente de control biológico contra patógenos de plantas fúngicas transmitidas por el suelo. *Applied Environmental Microbiology* 63(8):3189-3198.
<https://aem.asm.org/content/63/8/3189.short>

18. Guzmán Moncada, GH. 1984. Medidas de combate de la pudrición negra (*Phytophthora palmivora* Butl.) de la mazorca del cacao (*Theobroma cacao* L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 90 p. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0501.pdf

19. Hernández, A; Muiño, B; Martín, A. 2000. Epifitología de las enfermedades fúngicas presentes en la fase de viveros en el cultivo de la piña en Cuba. (No. 3194). <http://www.fitosanidad.cu/index.php/fitosanidad/article/view/967>

20. Hernández, R. 2003. Los nemátodos parásitos de la piña, opciones de manejo. Habana, Cuba, Instituto de Investigaciones en Fruticultura Tropical, Departamento de Ecología y Manejo de Plagas. 5 p.
<https://docplayer.es/20744571-Los-nematodos-parasitos-de-la-pina-opciones-para-su-manejo.html>

21. Inglis, DA; Johnson, DA; Legard, DE; Fry, WE; Hamm, PB. 1996. Relative resistances of potato clones in response to new and old populations of *Phytophthora infestans*. *Plant Disease* 80(5):575-578.
https://www.apsnet.org/publications/plantdisease/backissues/Documents/1996Articles/PlantDisease80n05_575.PDF

22. Jaramillo, S. 2003. Monografía sobre *Phytophthora infestans* (Mont) de Bary. Medellín, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 141 p.
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31207012/Monografia_3.pdf?1367433838=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DNitrogen_phosphorus_ratio_and_trophic_dy.pdf&Expires=1620327442&Signature=VQrw7qIMuJ-jntfjlX6kkg~72Ub7VJgTac3p3kbElj5FGZY0fuaXAs1JE8fS-0i5HuUyuaxxQHc4D3BIN7apIBuz45fNpvhGU6YLjTjptgr~SiDwbzj5yBtkAkXpHsX04yl69BbWfue6TnJ31UAbqQjD28Cr1QzT1AVpR47C4mxtbyW0YjzRBeIRV2q~cSsZyp1oilyuNhtK0q~mW~1H0mnNq8ReO3F2vXJiJK8~SBSJBcyWY3V2geQNhW9tsykzyj1A-MJdYLFAXMM3ZLTPCaEbrGevbgLdxl0V-X~NKOrEytVzQo0BT81qHpdq5afCXKPnjShClcefxjUBjubw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
23. Leal, N; Piña, K; Berrío, T; Cáseres, E. 1989. Comparación morfológica de frutos y semillas de auyama (*Cucurbita moschata* Duch. ex Lam). Revista Unellez de Ciencia y Tecnología 28:32-36.
<http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/ruct/article/download/142/136/547>
24. León Beltetón, LR. 2015. Hongos que afectan al cultivo de la piña (*Ananas comosus* L. Merr.) híbrido MD2 en finca San Luis-El Manguito (entrevista). Santo Domingo Suchitepéquez, Guatemala, Finca San Luis-El Manguito, Gerente
25. Martínez, G; Sarria, GA; Torres, GA; Varón, F. 2010. *Phytophthora palmivora* es el agente causal de la pudrición del cogollo de la palma de aceite. Palmas 31:334-344.
<https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/download/1538/1538>
26. Martínez, I; Lumaret, JP. 2006. Las prácticas agropecuarias y sus consecuencias en la entomofauna y el entorno ambiental. Folia Entomológica Mexicana, 45(1), 57-68.
https://www.researchgate.net/publication/26460880_Las_practicas_agropecuarias_y_sus_consecuencias_en_la_entomofauna_y_el_entorno_ambiental
27. Moallic, C; Dabonne, S; Colas, B; Sine, JP. 2006. Identificación y caracterización de una gamma-glutamyl transpeptidasa de una cepa termo-alcalófila de *Bacillus pumilus*. Protein Journal 25(6):391-397.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17043758/>
28. Morris, PF; Ward, EW. 1992. Chemoattraction of zoospores of the soybean pathogen, *Phytophthora sojae*, by isoflavones. Physiological and Molecular Plant Pathology 40(1):17-22.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0885576592900676>

29. Pettersson, B; Lembke, F; Hammer, P; Stackebrandt, E; Priest, FG. 1999. *Bacillus sporothermodurans*, una nueva especie que produce endosporas altamente resistentes al calor. *Revista Internacional de Microbiología Sistemática y Evolutiva* 46(3):759-764.
<https://researchportal.hw.ac.uk/en/publications/bacillus-sporothermodurans-a-new-species-producing-highly-heat-re>
30. Porwal, S; Lal, S; Cheema, S; Kalia, VC. 2009. Phylogeny in aid of the present and novel microbial lineages: Diversity in *Bacillus*. *PLoS One* 4(2),e4438.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19212464/>
31. Ramírez Gil, JG; Sánchez Castañeda, DA; Morales Osorio, JG. 2014. Alternativas microbiológicas para el manejo de *Phytophthora cinnamomi* Rands., en *Persea americana* Mill. bajo condiciones de casa-malla. *Cultivos Tropicales* 35(4):19-27. <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v35n4/ctr03414.pdf>
32. Reynaldi, FJ; De Giusti, MR; Alippi, AM. 2004. Inhibición del crecimiento de *Ascosphaera apis* por cepas seleccionadas de especies de *Bacillus* y *Paenibacillus* aisladas de la miel. *Revista Argentina de Microbiología* no. 36:52-55. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27123>
33. Rodríguez C; Rodríguez, ID; Lorente, GY; López, D; Izquierdo, RE; Borroto, LS; González, JL. 2016. Efecto del déficit hídrico sobre cambios morfo-fisiológicos y bioquímicos en plantas micropropagadas de piña MD-2 en la etapa final de aclimatización. *Cultivos Tropicales* 37:64-73.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362016000500009
34. Sajquim, PJ. 2005. Experiencias en el cultivo de piña (*Annanas comosus* (L) Merr.) con el híbrido MD2 en finca La Plata, Coatepeque, Quetzaltenango, Guatemala C.A. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2161.pdf
35. Saucedo Aguiar, SG; Ramos Gavilanes, LE; Giler, EV; Castro, FC. 2008. Propagación clonal *in vitro* de piña (*Ananas comosus* L. Merr.) variedades Champaka y Hawaiana. *Ciencia y Tecnología* 1(1);49-54.
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4045256.pdf>
36. Saunders, JL; Coto, DT; King, AB. 1998. Plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. 2 ed. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 324 p.
http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/3346/Plagas_invertebradas_de_cultivos_anuales.pdf?sequence=1&isAllowed=y
37. Slepecky, RA; Hemphill, HE. 2003. The genus *Bacillus*. *The Prokaryotes* 4:530-556.
<https://link.springer.com/referencework/10.1007/0-387-30744-3>

38. Tapia Campos, E; Guillén Andrade, H; Espinosa, MA. 2005. Caracterización genética de materiales de piña (*Ananas spp.*) mediante RAPD e ISSR. *Revista Fitotecnia Mexicana* 28(3):187-194. <https://www.redalyc.org/pdf/610/61028302.pdf>
39. Trabanino, F. 2017. Sistema de manejo del bosque tropical en Chinikihá a través de la etnoecología y la paleoetnobotánica. *In* Simposio de Investigaciones Arqueológicas en Guatemala (25., 2017, Guatemala). Guatemala, Asociación Tikal. p. 815-821. http://www.asociaciontikal.com/wp-content/uploads/2017/03/068_Trabanino.pdf
40. Yang, Z; Cramer, CL; Lacy, GH. 1992. *Erwinia carotovora* subsp. *Carotovora* pectic enzymes: In planta gene activation and roles in soft-rot patogénesis. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 5(1):104-112. https://www.apsnet.org/publications/mpmi/BackIssues/Documents/1992Articles/Microbe05_104.pdf



2.10 ANEXOS

FECHA	18/06/1	03/07/1	18/07/1	02/08/1	17/08/1	01/09/1	16/09/1	01/10/1
	8	8	8	8	8	8	8	8
TRATAMIE N	1	2	3	4	5	6	7	8
B	2	7	10	7	5	3	2	0
T	2	10	8	3	2	4	2	2
BT	6	11	22	11	6	3	5	3
B	6	11	14	7	1	5	3	2
T	7	13	27	21	4	9	4	1
BT	5	21	25	13	1	10	6	1
TESTIGO	2	3	6	2	2	4	4	2

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 20A. Número de plantas muertas en la repetición 1.

FECHA	18/06/18	03/07/18	18/07/18	02/08/18	17/08/18	01/09/18	16/09/18	01/10/18
TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8
B	3	10	18	2	1	2	2	0
T	4	17	22	10	3	3	2	2
BT	6	6	13	19	2	3	3	2
B	7	14	2	4	0	2	2	1
T	9	17	18	7	2	3	3	2
BT	12	14	23	15	0	4	2	1
TESTIGO	2	14	13	8	1	3	0	0

Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 21A. Número de plantas muertas en la repetición 2.

FECHA	18/06/2	03/07/2	18/07/2	02/08/2	17/08/2	01/09/2	16/09/2	01/10/2
	018	018	018	018	018	018	018	018
TRATAMIENTO	1	2	3	4	5	6	7	8
B	2	12	17	6	0	3	3	2
T	2	8	15	5	3	2	2	1
BT	6	7	18	10	4	4	3	3
B	3	14	10	6	2	2	4	2
T	10	18	21	15	1	2	2	2
BT	5	27	25	14	2	3	2	3
TESTIGO	12	5	18	4	2	2	1	1

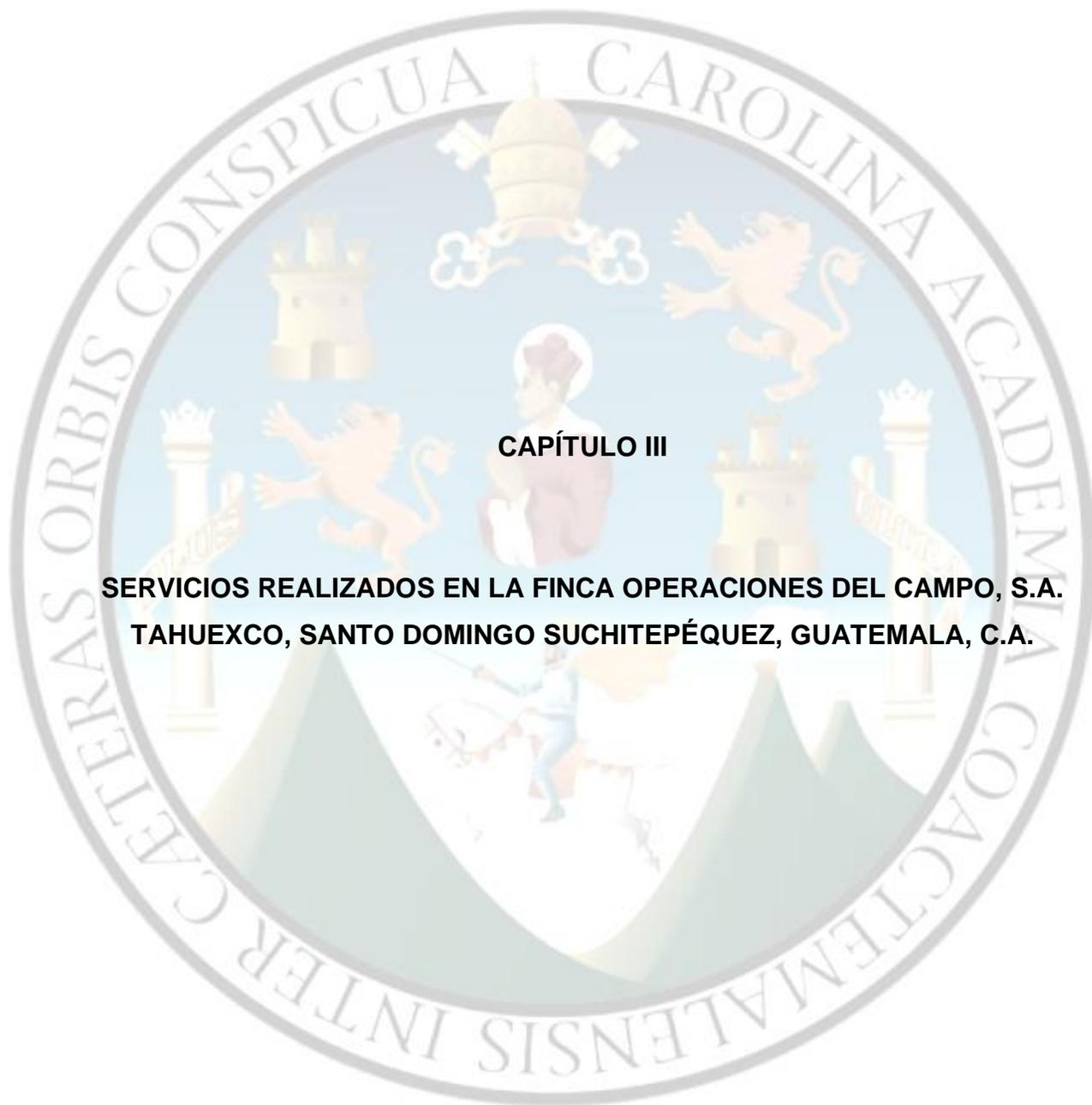
Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 22A. Número de plantas muertas en la repetición 3.



Fuente: Elaboración propia, 2018.

Figura 23A. Productos utilizados para la investigación.



CAPÍTULO III

**SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA OPERACIONES DEL CAMPO, S.A.
TAHUEXCO, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.**

3.1 PRESENTACIÓN

Dentro de las actividades contempladas a desarrollar por parte del Ejercicio Profesional Supervisado, EPS, de la Facultad de Agronomía de la universidad de San Carlos de Guatemala, se encuentra la prestación de servicios en la finca Operaciones del Campo S.A., en Aldea Tahuexco, Santo Domingo Suchitepéquez que comprendió 10 meses; de febrero a noviembre de 2018, estos servicios profesionales destinados a un mejoramiento en el funcionamiento de la empresa, donde se pudo detectar una serie de problemas que afectan el desarrollo productivo, se dará solución a los mismos a través de la aplicación de conocimientos adquiridos en la academia con el objetivo mejorar la producción en algunas áreas específicas.

En la finca, el cultivo de piña MD2 conforma una de las unidades productivas de mayor importancia y está compuesta por actividades administrativas y agrícolas, el fruto de este cultivo posee dos tipos de raíces: primarias y adventicias, las adventicias son cortas y bastante superficiales, pues la mayor parte de ellas se desarrollan en la base del tallo en los primeros 15 cm del horizonte del suelo, en cambio, las raíces primarias de la piña que son las primeras en emerger, son más largas y pueden llegar a profundidades de hasta 60 cm o más.

El cultivo de piña tiene una característica peculiar, a determinada edad sustituye sus raíces primarias las cuales funcionan como su principal fuente de absorción de nutrientes por las raíces adventicias, dejando a las raíces primarias básicamente como anclaje al sustrato o suelo donde está cultivado. Es de suma importancia conocer el comportamiento de este fenómeno a lo largo de la vida de las plantas y en qué momento comienza a darse ese desplazamiento de funciones de raíces primarias a adventicias.

De igual manera a partir del sexto mes del ciclo de cultivo de la piña, es casi imposible realizar aplicaciones agrícolas al suelo porque las hojas de la planta crecen y se vuelven rígidas, limitando el paso entre hileras, de tal manera a partir de este mes las aplicaciones se vuelven posibles únicamente de manera foliar utilizando spray boom.

3.2 SERVICIO 1: CARACTERIZACIÓN DEL DESARROLLO RADICULAR DEL CULTIVO DE LA PIÑA (*Ananas comusus* L. Merr)

3.2.1 Objetivos

A. General

Conocer el comportamiento del desarrollo radicular de las plantas de piña, estableciendo en qué etapas se acelera su crecimiento y cuál es su desarrollo a diferentes edades.

B. Específicos

- Comparar el rendimiento radicular en diferentes suelos encontrados en la finca.
- Contrastar el desarrollo radicular, en qué edad sustituye sus raíces primarias y secundarias por adventicias.
- Identificar si existe relación entre la fuerza (etileno) con la pérdida de raíces primarias.

3.2.2 Metodología

El proceso realizado para la caracterización del desarrollo radicular del cultivo de la piña (*Ananas comusus* L. Mer) se describe a continuación:

- Se reconocieron algunos pantes dentro de las fincas El manguito- San Luis- San Rafael que fueran de interés a evaluar, tomándose en consideración algunas características tales como edad de las plantas y los tipos de suelos en lo que se encontraban los pantes. Se dio seguimiento a los pantes seleccionados previo a la fuerza y después de esta.
- Al ubicar los lotes o pantes con las características a evaluar, se procedía a despojar las hojas de la planta de piña con ayuda de machete, esto para mayor facilidad de

obrar y evitar daños en la persona en el área de la cara por la rigidez de las hojas y las espinas que presenta.

- Al retirar las hojas, con mayor facilidad se pudo aplicar el agua que se vertía sobre el suelo con suficiente presión para lavar el suelo de manera más fuerte, rápida y fácil y así obtener las raíces sin lastimarlas o dejar porciones de ella en el suelo.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 24. Proceso de caracterización de las raíces. A) Corte de hojas. B) Aplicación de agua. C) Plantas de piñas despojadas de sus hojas.

- En cada pante seleccionado se tomaron en promedio 4 plantas para muestrear sus raíces. Los registros de los pantes se llevaron a cabo de forma mensual. Las plantas con sus raíces expuestas se almacenaban en cubetas de agua para que no se deshidrataran previo a la toma de medidas en el cuadro guía con medidas (figura 25).



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 25. Toma de datos para el registro mensual de las raíces de la piña. A) Toma de datos de la longitud de las raíces. B) Raíces de las plantas en cubetas con agua.

3.2.3 Resultados

En este servicio se conoció el comportamiento del desarrollo radicular de la piña, la cual a partir del octavo y noveno mes después de siembra, las raíces primarias se tornaron leñosas, este fue un indicador de que cumplen con la función de anclaje de la planta, en el caso de las raíces adventicias, estas tomaron la función de absorción de nutrientes. A partir de sexto mes deja de ser aplicaciones directas al suelo y comienzan a ser aplicaciones foliares.

A. Comparación del rendimiento radicular en diferentes suelos de la finca

El desarrollo radicular depende en gran cantidad del tipo de suelo en donde se encuentre la planta, en los suelos franco arcillosos o duros las raíces se desarrollan de manera más lenta y su crecimiento se hace de manera horizontal en los primeros centímetros del horizonte del suelo, es decir a poca profundidad a partir de la superficie. Al presentar ese tipo de crecimiento, las raíces llegan a mezclarse y a enredarse con las raíces de las plantas vecinas. Caso contrario ocurre cuando los suelos más suaves de tipo arenosos y francos arenosos las raíces se desarrollan de manera vertical alcanzando mayores profundidades,

incluso mayores a un metro. Al crecer de manera vertical sus raíces tiene poco contacto con raíces de plantas vecinas y no compiten por espacio y nutrientes.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 26. Raíz expuesta de una planta de piña extraída del suelo.

B. Desarrollo radicular, registro de la edad en que la planta sustituye sus raíces primarias y secundarias por adventicias

Las raíces se desarrollan más rápido del mes 2 al 3 creciendo longitudinalmente, y del mes 3 al 4 aumenta su densidad, posterior a estos meses su desarrollo es más lento pero aun constante hasta llegar al mes 7 o el mes 8, en donde los suelos son benevolentes el crecimiento cesa hasta el mes número 9, el desarrollo radicular está condicionado por factores de textura de suelo y de plagas en el suelo, también por factores de lluvia, en inviernos muy copiosos, en donde el exceso de agua hacer perder raíces a la planta por falta de oxígeno.

Las raíces primarias y secundarias empiezan a tornarse leñosas a partir del mes número siete (figura 27) en donde son sustituidas por raíces adventicias que se encuentran superficiales al suelo, en forma de espiral en la base de las plantas alrededor de sus hojas, al crecer las hojas de la planta de piña estas funcionan como receptoras del recurso hídrico

y también como receptoras de las aplicaciones foliares, guiando todo lo que sobre ellas caen a la base de la planta donde estas raíces adventicias se encuentran, asimilando de esta manera agua y los elementos químicos necesarios para su sano crecimiento.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 27. Crecimiento de las raíces por mes, pre forza y cosecha en diferentes pantes.

Las raíces secundarias y terciarias se desarrollan en los primeros 20 cm de profundidad en donde pueden absorber la mayoría de sus nutrientes. Siendo únicamente las primarias que avanzan a mayor profundidad. De 30 cm de profundidad en adelante las raíces ya no se consideran funcionales en cuanto a la absorción de nutrientes si no más enfocadas al anclaje únicamente.

En base a los datos obtenidos se observó que el desarrollo radicular es mayor en las primeras etapas (figura 28), en el transcurso del mes uno al mes dos el desarrollo radicular es acelerado, midiendo en el primer mes de 4 inch a 5 inch y en el segundo mes de 7 inch a 12 inch, pudo influenciar que a los 7 días después del primer muestreo se aplicó la primera fertilización granulada.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 28. Crecimiento de las raíces del mes 1 y mes 2 del mismo pante.

Durante el mes uno al dos la raíz crece longitudinalmente, mientras que del mes dos al tres las raíces ganan volumen y densidad (figura 29). A los 10 días antes del primer muestreo tuvo lugar la primera fertilización granular, 15 días después del primer muestreo se realizó la segunda fertilización granular, es decir que el segundo muestreo se realizó con dos aplicaciones de fertilización, la mayor parte de raíz se encuentra en el estrato superior entre 15 cm - 20 cm de suelo, se observan pocas raíces de anclaje debido a lo compacto del suelo por debajo de 20 cm. La mayor parte de raíces secundarias se encuentran en la postura de la fertilización granular.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 29. Crecimiento de las raíces mes 2 y mes 3 del mismo pante.

Del mes tres al cuatro el crecimiento radicular es más lento (figura 30) pero siguen ganando volumen las raíces. Se conservan las raíces primarias de anclaje, pelos absorbentes bajo la postura de la fertilización granular.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 30. Crecimiento de las raíces del mes 3 y mes 4 del mismo pante.

Las raíces a pensar de llevar un buen crecimiento radicular en sus primeras etapas se pueden enfrentar con factores de plagas y anegamientos de agua en época de invierno que pueden disminuir sus raíces (figura 31). Raíces primarias de anclaje con raíces secundarias bajo la postura del fertilizante granulado.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 31. Crecimiento de las raíces del mes 4 al mes 5 del mismo pante.

El desarrollo radicular continúa progresivamente en el mes cinco al mes seis (figura 32). Raíces primarias de anclaje y secundarias bajo la postura de la fertilización granular.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 32. Crecimiento de las raíces del mes 5 y mes 6 del mismo pante.

Del mes seis al mes siete (figura 33) son los últimos meses en donde la raíz sigue creciendo en cuanto a longitud y volumen. Pocas raíces secundarias ubicadas bajo la postura de la fertilización granular, abundantes raíces de anclaje vivas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 33. Crecimiento de las raíces del mes 6 y del mes 7 del mismo pante.

Condiciones bastante similares en el transcurso del mes 7 al 8 (figura 34). Se nota un nuevo desarrollo de raíces en las primeras 5 inch de profundidad, y de raíces adventicias en las hojas bajas. 12 días después del primer muestreo se forzó, observando el nuevo desarrollo de raíces creo que el etileno no provoca muerte de las mismas.

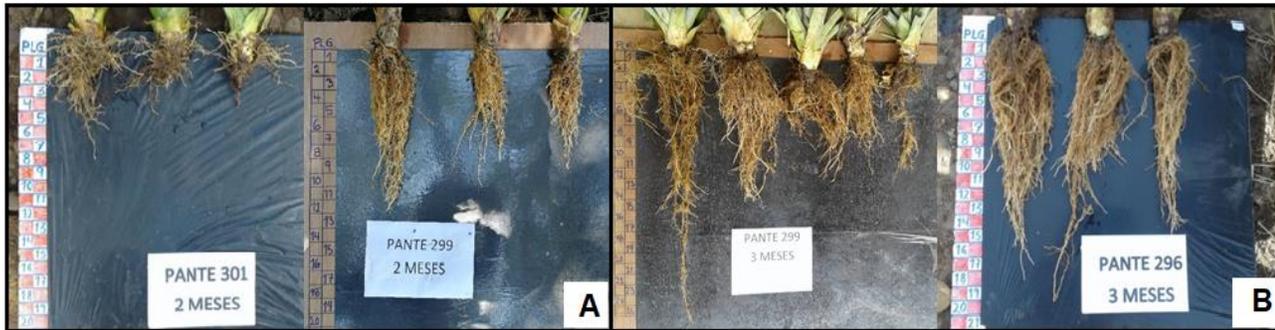


Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 34. Crecimiento de las raíces del mes 7 y mes 8 del mismo pante.

Comparando las raíces de las plantas respecto a los diferentes pantes que se seleccionaron, las condiciones de suelo en el pante 299 son mejores a las del pante 301 (figura 35, A) en cuanto textura de suelo siendo en el pante 301 un suelo franco arenoso permitiendo que el desarrollo radicular sea más rápido en contraste al pante 299 con textura arcillosa.

Las condiciones de suelo en los pantes 299 y 296 son bastante similares (figura 35, B) y de igual manera el desarrollo radicular es parecido, aunque el pante 299 tiene una longitud máxima de 27 inch y el pante 296 de 19 inch. Sin embargo, el promedio denso de raíces se encuentra en las 13 inch de profundidad.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 35. Comparación de raíces de los meses 2 y 3. A) Raíces del mes 2 de diferentes pantes. B) Raíces del mes 3 de diferentes pantes.

Longitud máxima pante 295 de 24 pulgadas (figura 36), la mayoría ronda en las 14 pulgadas de longitud, el pante 296 tiene una longitud máxima de 22 inch y la mayoría ronda en las 13 inch.

A pesar de tener la misma edad el pante 295 con el pante 293 (figura 36), este último se encontraba en el límite de la finca San Rafael, con fincas aledañas donde sufría el efecto de borde al no tener un control de plagas en los terrenos aledaños, estos pantes colindantes tenían mayor incidencia de plagas en especial de gallina ciega, y estas larvas se alimentaban de la raíz del cultivo de piña. De tal manera estos pantes contaban con raíces escuetas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 36. Comparación de raíces de los meses 4 y 5. A) Raíces del mes 4 de diferentes pantes. B) Raíces del mes 5 de diferentes pantes.

El pante 290 con 22 pulgadas de longitud máxima, algunas raíces largas, pero poco densas, pante 295 longitud máxima de 31 pulgadas, con raíces densas y parejas en cuanto a longitud (figura 37). El pante 290 contaba con poca pendiente lo que afectaba en cuanto a anegamiento en el invierno por lo que el exceso de agua eliminaba las raíces de la planta por falta de oxígeno.

El suelo es más benevolente en el pante 290 (figura 37), aun teniendo grandes y relativamente densas raíces, a pesar de su gran cantidad y longitud de raíces, tienen un color leñoso, esto indica que esa raíz sirve de anclaje, pero su función de absorción de nutrientes es baja o nula, mientras que el pante 285 sus raíces en general llegan a las 9 pulgadas de longitud, debido a que el suelo es franco arcilloso en este pante dificultando el progreso profundo de las raíces.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 37. Comparación de raíces de los meses 6 y 8. A) Raíces del mes 6 de diferentes pantes. B) Raíces del mes 8 de diferentes pantes.

C. Relación entre la fuerza (etileno) con la pérdida de raíces primarias

La fuerza echa con gas etileno induce a la planta a la floración haciéndola sentir vieja, se inició el estudio porque en las últimas etapas del cultivo de piña las raíces primarias desaparecían prácticamente, siendo derribadas al suelo muy fácilmente, señal de que sus raíces primarias que servían de anclaje eran débiles.

Se estima que la pérdida de estas raíces no está relacionada a la inducción floral de la planta (forza) si no a la aparición de plagas en el suelo (figura 38), ya que en los últimos 4 meses previo a cosecha se dejan de aplicar insecticidas al suelo, generando mayor proliferación de plagas al suelo que debilita sus raíces primarias.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 38. Larvas de gallina ciega encontradas en el suelo.

Antes en la finca se usaba carbón activado o sustrato diatomita para que el etileno permaneciera por mayor tiempo a disposición de las plantas de piña, estas aplicaciones también se realizaban en las horas más frescas de la madrugada con el fin de evitar que el etileno se volatice.

Según estudios en el pante 282 previo a la aplicación de etileno (Forza) se identificó una pérdida de raíces (figura 39) llegando estas a estar solamente en los primeros centímetros de suelo, llegando a las seis pulgadas de profundidad, mientras se comparó con raíces ubicadas en el pante 276, al momento de la cosecha con una diferencia de 5 meses de edad y en donde estas últimas alcanzaban la longitud de hasta 20 inch, gracias a esta comparación se determinó que la pérdida de raíces en el cultivo de piña no está relacionada al a forza, si no este comportamiento de pérdida de raíz y anclaje esta en virtud de la proliferación de plagas, que se da en los últimos meses del cultivo de piña, cuando las aplicaciones contra insecto disminuyen, por concepto de que al estarse formando el fruto de piña, cesan aplicaciones contra las plagas.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 39. Raíces de pante 282 pre forza y pante 276 en cosecha.

3.2.4 Conclusiones

1. El rendimiento radicular en los diferentes suelos que se hallaron en la finca son diferentes, en los suelos franco arcillosos las raíces se desarrollan de manera más lenta y su crecimiento es de forma horizontal, en los suelos de tipo arenosos y francos arenosos las raíces se desarrollan de manera vertical alcanzando mayores profundidades.
2. Las raíces de las plantas de piña sustituyeron según los datos recolectados sus raíces primarias y secundarias por adventicias a los 7 meses después de siembra.
3. No se encontró relación entre la forza (etileno) aplicado a las plantas con la pérdida de raíces primaria, esa pérdida se puede dar por el ataque de plagas en el suelo.

3.2.5 Recomendaciones

Se recomienda realizar un documento con las fotografías de desarrollo de las raíces de las plantas de piña para poder mostrar su comportamiento a los trabajadores de la empresa y así puedan conocer mejor el crecimiento del cultivo debajo del suelo y prevenir ataques de plagas en el suelo y como ayuda en la fertilización del cultivo.

3.2.6 Evaluación

Se cumplió con el 100% de los tres objetivos específicos propuestos para este servicio de comparar el desarrollo radicular en diferentes suelos, de conocer que en el mes 7 existe la sustitución de raíces primarias y secundarias por adventicias y que la aplicación de etileno no afecta en la pérdida de raíces.



3.2.7 Bibliografía

1. Infoagro.com. 2018. EEUU mantiene la aprobación del uso de etileno para la producción de piña ecológica. España, Consultado 12 dic. 2018. https://www.infoagro.com/noticias/2018/eeuu_mantiene_la_aprobacion_del_uso_de_etileno_para_la_produccion_de_p.asp#:~:text=El%20gas%20de%20etileno%20se%20utiliza%20en%20el%20cultivo%20de,y%20atrae%20plagas%20al%20cultivo.

3.3 SERVICIO 2: ELABORACIÓN DE MAPA DIGITAL DE LA FINCA OPERACIONES DEL CAMPO, S.A.

3.3.1 Objetivos

A. General

Elaborar un mapa digital de la finca Operaciones del Campo, S.A. en el que se proyecten las parcelas experimentales.

B. Específicos

1. Elaborar el mapa digital de la finca para ubicar las parcelas experimentales con facilidad para los proyectos de investigación de nuevos productos.

3.3.2 Metodología

El proceso realizado para la elaboración de los mapas digitales de la finca Operaciones del Campo, S.A. se describe a continuación:

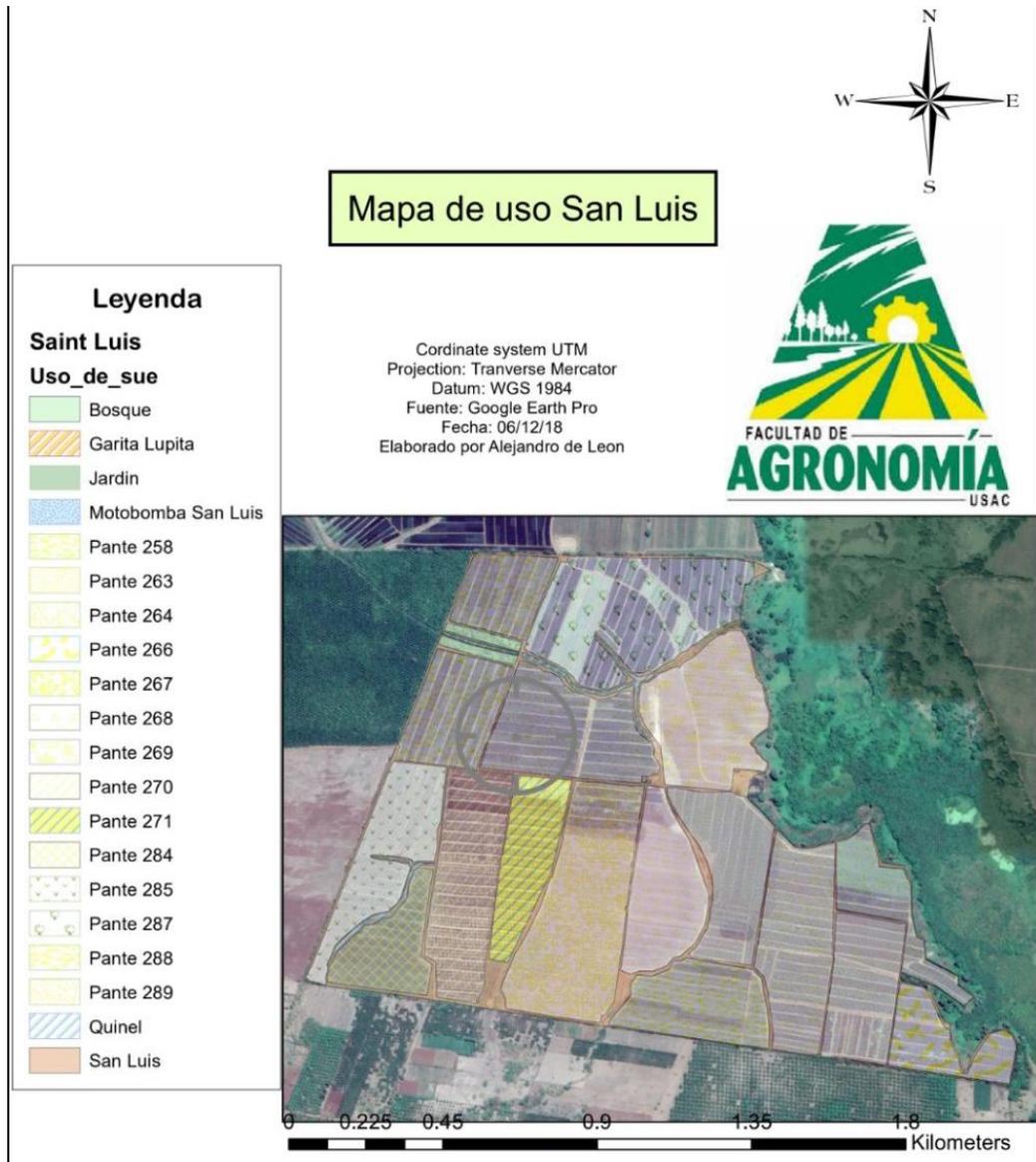
- Se realizaron caminatas en el área de estudio para corroborar los linderos de la finca.
- Con el apoyo de una computadora, el mapa base se realizó desde Google Earth Pro y se iba verificando si coincidían los polígonos delimitados el uso de la tierra.
- Finalmente se digitalizaron las áreas verificadas, para realizar el mapa con el Sistema de Coordenadas UTM.
- Se realizó un mapa digital de San Luis y de San Rafael utilizando el programa de ArcGIS 10.3v ®

3.3.3 Resultados

Los resultados obtenidos en este servicio fueron dos mapas donde se observa el Uso de la Tierra de la finca Operaciones del Campo, S.A.

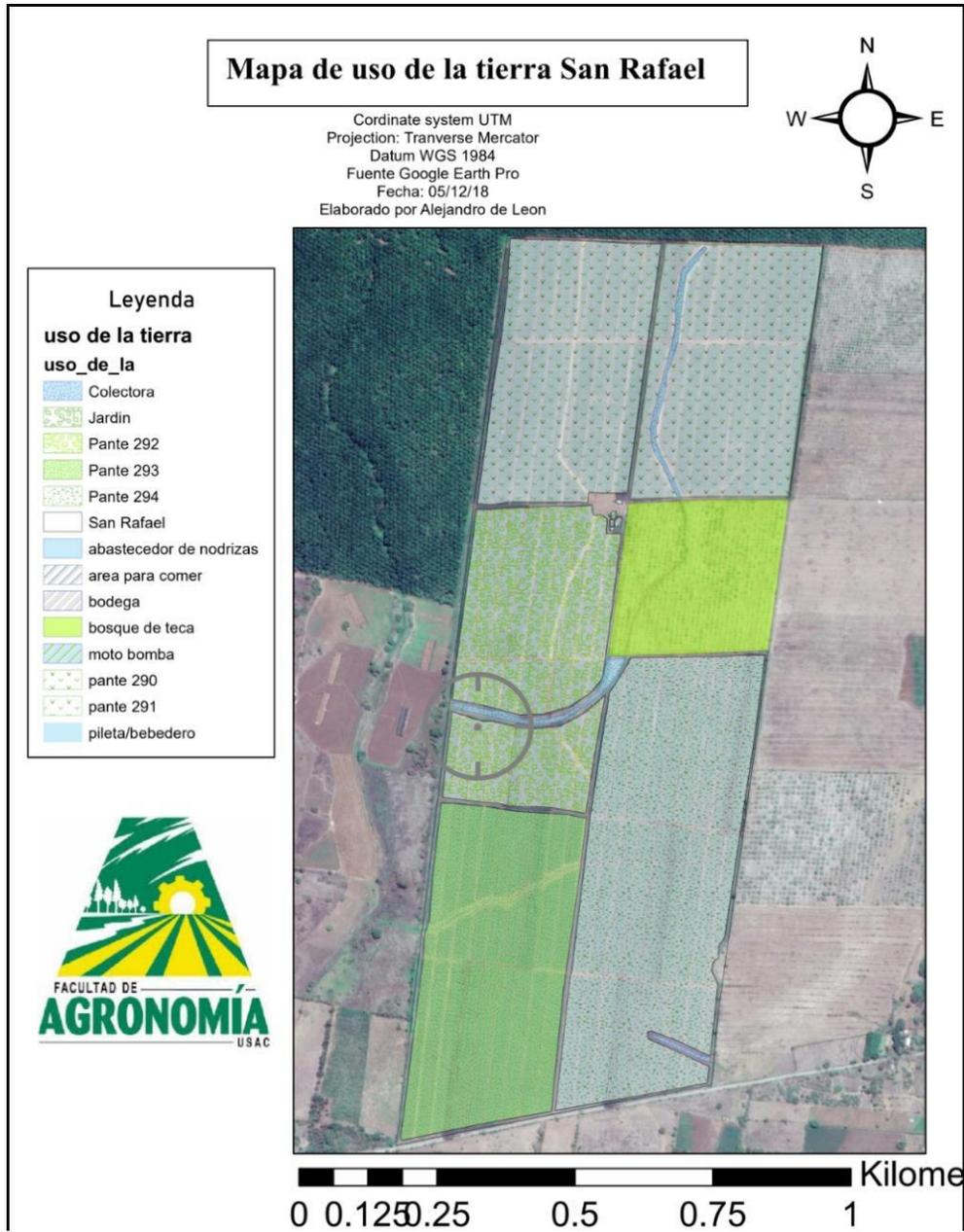
A. Elaboración del mapa digital

Se obtuvo el mapa de San Luis (figura 40) y de San Rafael (figura 41), en ellos se ubican las parcelas experimentales que tienen ambos lugares, así como bodegas, las motobombas, los bosques, jardines y garita de acceso.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 40. Mapa de Uso de San Luis, perteneciente a Operaciones del Campo, S.A.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 41. Mapa de Uso de San Luis, perteneciente a Operaciones del Campo, S.A.

3.3.4 Conclusiones

Al obtener los mapas de uso de la tierra se pudo delimitar de una manera eficiente cada pante para así facilitar el monitoreo de los trabajos de investigación y también son de gran ayuda para los operadores de spray boom para ubicar con mayor facilidad dichas parcelas y qué productos están evaluando en determinado pante.

3.3.5 Recomendaciones

Se recomienda realizar mapas de Uso de Tierra de todas las áreas, no solamente las de investigación. También se recomienda proporcionar los mapas a los operadores para una mejor movilización de la finca y mejor ubicación de los pantes que trabajan.

3.3.6 Evaluación

Se cumplió con el 100% del objetivo planteado al lograr plasmar mapas donde se limitan los pantes y otras áreas de la finca como bosques y bodegas.

3.3.7 Bibliografía

1. INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Argentina). 2015. La importancia de la utilización de los mapas de suelos. Argentina. Consultado 22 nov. 2018. <https://inta.gob.ar/noticias/la-importancia-de-la-utilizacion-de-los-mapas-de-suelos-primera-parte#:~:text=Estos%20mapas%20proveen%20informaci%C3%B3n%20de,%C3%A1reas%20para%20estudios%20m%C3%A1s%20detallados.>



Rolando Barrios

3.4 ANEXOS



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 42 A. Vehículos de transporte para Totem de 1000 L.



Fuente: elaboración propia, 2018.

Figura 43 A. Aplicaciones de producto en el cultivo de piña.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA -FAUSAC-
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS
Y AMBIENTALES -IIA-



REF. Sem. 16/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* Y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora sp.*, EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr) EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: OSCAR ALEJANDRO DE LÉON MEDINA

CARNE: 201021819

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Francisco Javier Vásquez
Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
Ing. Agr. Boris Méndez Paiz

Los Asesores y la Dirección del Instituto de Investigaciones Agronómicas y Ambientales de la Facultad de Agronomía, hace constar que ha cumplido con las Normas Universitarias y el Reglamento de este Instituto. En tal sentido pase a la Dirección del Área Integrada para lo procedente.

Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
ASESOR ESPECIFICO

Ing. Agr. Boris Méndez Paiz
DOCENTE-ASESOR EPS



Ing. Agr. Carlos Fernando López Búcaro
DIRECTOR DEL IIA

CFLB/nm
c.c. Archivo

Ref. SAIEPSA.48.2021

Guatemala, 16 junio de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* Y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora sp.*, EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr). DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: OSCAR ALEJANDRO DE LEÓN MEDINA

No. CARNÉ 201021819

Dentro del Trabajo de Graduación se presenta el Capítulo II que se refiere a la Investigación Titulada:

“EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* Y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora sp.*, EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr). EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Francisco Javier Vásquez
Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez
Dr. Boris Méndez Paiz

Los Asesores de Investigación, Docente Asesor de EPSA y la Coordinación del Área Integrada, hacen constar que ha cumplido con las normas universitarias y Reglamento de la Facultad de Agronomía. En tal sentido, pase a Decanatura.

“Id y Enseñad a Todos”



Vo. Bo. Ing. Agr. M.A. Pedro Peláez Reyes
Coordinador Area Integrada – EPS

No. 48.2021

Trabajo de Graduación: "EVALUACIÓN DE *Bacillus pumilus* y *Trichoderma harzianum* PARA EL CONTROL DE *Phytophthora* sp., EN EL CULTIVO DE PIÑA (*Ananas comosus* L. Merr). DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN FINCA SAN LUIS, SANTO DOMINGO SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Oscar Alejandro De León Medina

Carné: 201021819

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
DECANO

