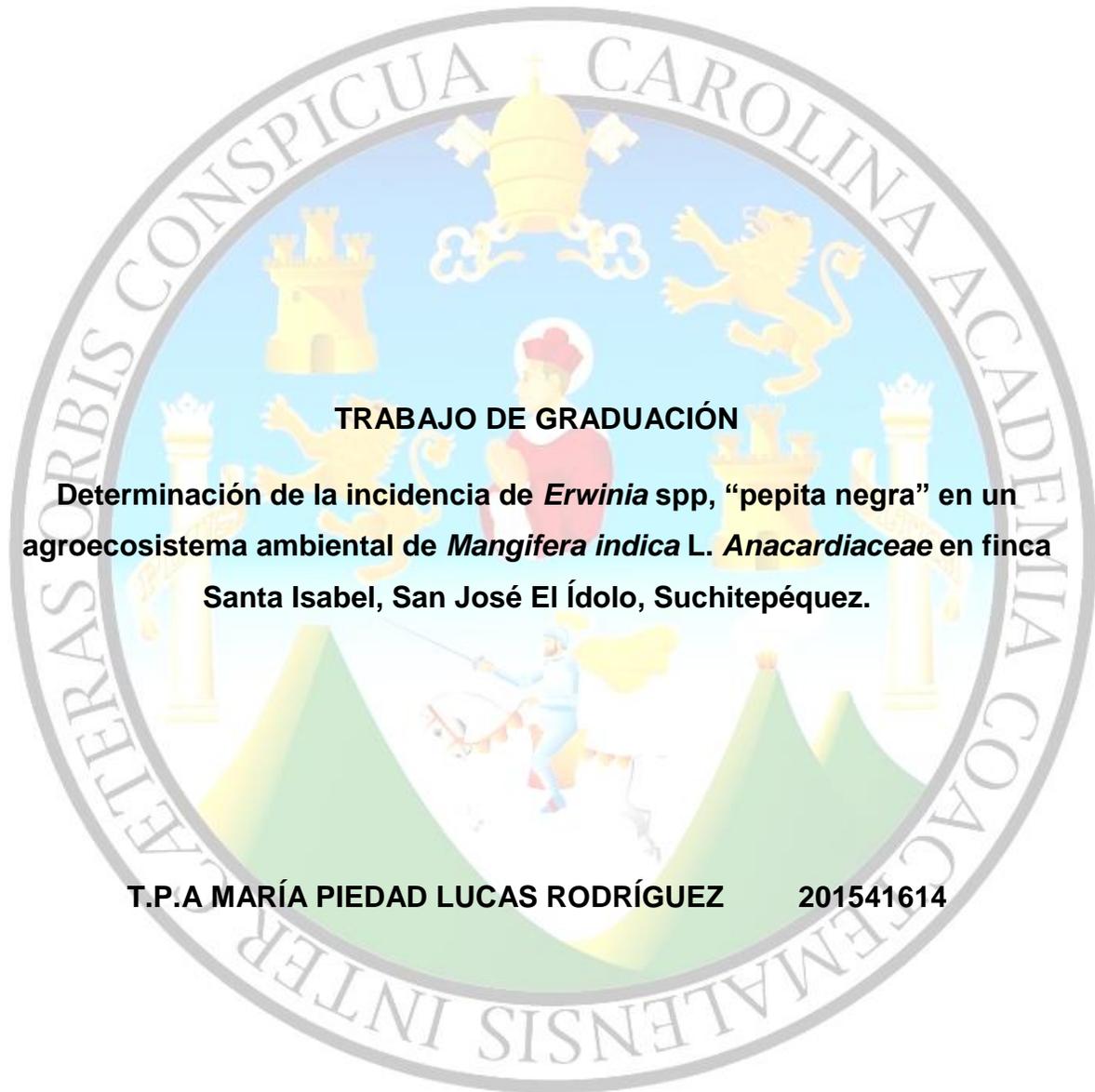


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Determinación de la incidencia de *Erwinia* spp, “pepita negra” en un agroecosistema ambiental de *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae* en finca Santa Isabel, San José El Ídolo, Suchitepéquez.**

**T.P.A MARÍA PIEDAD LUCAS RODRÍGUEZ**

**201541614**

**MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, ABRIL DE 2024.**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
CARRERA DE AGRONOMÍA TROPICAL



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**Determinación de la incidencia de *Erwinia* spp, “pepita negra” en un agroecosistema ambiental de *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae* en finca Santa Isabel, San José El Ídolo, Suchitepéquez.**

**T.P.A María Piedad Lucas Rodríguez**

**Carné 201541614**

**Correo electrónico: [marialucas16@gmail.com](mailto:marialucas16@gmail.com)**

**M. Sc. MARTÍN SALVADOR SÁNCHEZ CRUZ**

**MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, ABRIL DE 2024.**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis Rector

Lic. Luis Fernando Cerdón Lucero Secretario General

**MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López Director en Funciones

**REPRESENTANTE PROFESORES**

M.Sc. Edgar Roberto Del Cid Chacón Vocal

**REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles Vocal

**REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel Vocal

PEM Y TAE. Rony Roderico Alonzo Solis Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutiérrez Gamboa  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edin Aníbal Ortiz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

M.Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Oztzy Rosales  
Coordinador Carrera Ingeniería en Agronomía Tropical

M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

M. Sc. Tania María Cabrera Ovalle  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales, Abogacía y  
Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador Área

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos  
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.Sc. Juan Pablo Ángeles Lam  
Coordinador Carrera Licenciatura Periodista Profesional y Licenciatura en en  
Ciencias de la Comunicación

## ACTO QUE DEDICO

- A Dios: Por ser mi compañía incondicional, por darme la vida, sabiduría y bendiciones.
- Mis padres: Lázaro Lucas y María Rodríguez, eternamente agradecida por su amor, sus consejos y apoyo incondicional.
- Mis hermanos: Lázaro, Josefa, Pablo y William por su apoyo, aprecio y amor.
- Mi abuela: Piedad Castillo, por su inmenso amor y apoyo.
- Mi familia: Mis abuelos maternos, tías y tíos, primos y primas, que de una u otra manera contribuyeron en mi formación.
- Mis amigos: Candelaria Lancerio, Juan Torres, José Sosof, Elí Castillo, Ángel Ávila, Melvin Gómez, Julián Chun, Abelardo Guarchaj, Fernando Xum, Pilar Tezó, Antonio Carrillo, Fernanda Soto, Byron Pérez, Adrián Xicay, entre otros, porque de alguna manera se han convertido en mi familia.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A:**

Definitivamente a Dios por esta meta cumplida, porque siempre ha estado en cada paso de mi vida.

Mis padres por el apoyo, los consejos, la confianza y por darme la oportunidad de seguir estudiando.

Mi estimado Asesor Ing. Agrónomo Martín Sánchez que me brindó su tiempo, apoyo y valiosa asesoría a mi trabajo de graduación.

Al Ing. Agrónomo Edgardo Negro por su apoyo, dedicando su tiempo en las labores que realicé dentro del Laboratorio de este centro universitario.

Al Ing. Agrónomo Jorge Rubén Sosof por su apoyo incondicional, que dedicó su tiempo y conocimiento en asesorarme en múltiples ocasiones.

Al Ing. Agrónomo José Sosof García por sus consejos, apoyo y amistad, dedicando su tiempo y paciencia en asesorarme en múltiples ocasiones.

La Carrera de Agronomía. A cada uno de mis catedráticos, por esa formación de calidad que me brindaron.

Mis compañeros de promoción por su apoyo en cada proceso de mi carrera.

Al Centro Universitario de Sur Occidente y a su personal administrativo por ser parte de mi formación y profesión académica.

La Finca Santa Isabel y el personal, por el apoyo brindado a mí persona.

## INDICE GENERAL

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
RESUMEN.....	X
SUMMARY .....	XI
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. JUSTIFICACIÓN.....	2
III. MARCO TEÓRICO .....	3
1. Marco conceptual .....	3
1.1 Aspectos técnicos.....	3
1.1.1 Clasificación taxonómica del cultivo de <i>M. indica</i> .....	3
1.2 Descripción botánica .....	3
1.2.1 Raíz.....	4
1.2.2 Tronco.....	4
1.2.3 Hojas.....	4
1.2.4 Flor.....	4
1.2.5 Fruto.....	4
1.2.6 Semilla .....	5
1.3 Fenología del cultivo de <i>M. indica</i> .....	5
1.3.1 En el desarrollo de las yemas .....	5
1.3.2 En el desarrollo del órgano floral (inflorescencia): .....	6
1.3.3 Durante el desarrollo del fruto: .....	6
1.4 Variedad de <i>M. indica</i> Tommy Atkins.....	7
1.4.1 Descripción del fruto de <i>M. indica</i> Tommy Atkins .....	7
1.5 El origen del mango en Guatemala.....	7
1.5.1 Situación del cultivo de <i>M. indica</i> L. en Guatemala .....	8
1.6 Características climáticas para el cultivo de <i>M. indica</i> .....	10
1.6.1 Temperatura .....	10
1.6.2 Humedad Relativa .....	10
1.6.3 Altitud .....	10
1.6.4 Luminosidad .....	11
1.6.5 Viento.....	11

1.6.6	Precipitación pluvial .....	11
1.6.7	Características edáficas .....	11
1.6.8	Requerimiento nutricional.....	12
1.7	Plagas y enfermedades.....	13
1.7.1	Plagas.....	14
1.7.2	Enfermedades .....	15
1.8	Definición y características de un agroecosistema .....	17
2.	Marco Referencial.....	18
2.1	Localización geográfica .....	18
2.1.1	Vías de acceso .....	21
2.1.2	Zona de vida y clima.....	21
2.1.3	Temperatura .....	21
2.1.4	Suelo.....	22
2.2	Trabajos realizados para el control de <i>Erwinia</i> spp. ....	24
IV.	OBJETIVOS.....	26
1.	General .....	26
2.	Específicos.....	26
V.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	27
1.	Materiales .....	27
1.1	Recursos físicos .....	27
1.2	Recursos humanos.....	28
1.3	Recursos financieros .....	28
2.	Metodología .....	29
2.1	Alcanzar el objetivo específico uno referente a describir los síntomas o signos que manifiesta <i>Erwinia</i> spp., “pepita negra” en los frutos de <i>Mangifera indica</i> . ....	29
2.1.1	Descripción de la metodología: .....	29
2.1.2	Variables de respuesta:.....	29
2.1.3	Modo de análisis:.....	30
2.2	Determinar la distribución de la incidencia de la enfermedad de <i>Erwinia</i> spp., “pepita negra” .....	30

2.2.1	Descripción de la metodología: .....	30
2.2.2	Variables de respuesta: .....	34
2.2.3	Modo de análisis: .....	34
2.3	Caracterizar los factores abióticos y determinar los microambientes en la finca. ....	35
2.3.1	Descripción de la metodología .....	35
2.3.2	Variables de respuesta: .....	38
2.3.3	Modo de análisis: .....	38
2.4	Relacionar los factores abióticos con la incidencia de <i>Erwinia</i> spp., y elaboración del mapa de distribución en la finca Santa Isabel. ....	38
2.4.1	Metodología .....	38
2.4.2	Variables de respuesta .....	39
2.4.3	Análisis de la información .....	39
2.5	Proponer un plan de manejo de enfermedad causada por <i>Erwinia</i> spp, en el cultivo de <i>Mangifera indica</i> .....	40
2.5.1	Metodología. ....	40
2.5.2	Variables de respuesta .....	40
2.5.3	Modo de análisis .....	40
VI.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	41
1.	Descripción de los síntomas o signos que manifiesta <i>Erwinia</i> spp, “pepita negra” en los frutos de <i>M. indica</i> Tommy Atkins. ....	41
1.1	Color externo del fruto .....	41
1.2	Forma de la lesión externa .....	42
1.3	Color de la lesión .....	42
1.4	Diámetro de la lesión causada por “pepita negra” .....	43
1.6	Tipo de síntoma .....	45
1.7	Tipo de signo .....	46
1.8	Daño en la fibra .....	46
1.9	Daño en la semilla .....	47
1.10	Grado de daño de la enfermedad .....	47
1.11	Desarrollo fisiológico del fruto .....	48

2.	Determinación de la distribución de la incidencia de la enfermedad de <i>Erwinia</i> spp., “pepita negra”.....	52
2.1	Etapa de desarrollo de los árboles de <i>M. indica</i> Tommy Atkins, en cada lote.....	52
2.2	Porcentaje de los árboles de <i>M. indica</i> afectados por <i>Erwinia</i> spp, “pepita negra” .....	53
2.3	Nivel de daño de “pepita negra” en frutos de <i>M. indica</i> Tommy Atkins. ....	56
3.	Caracterización de los factores abióticos y determinación de microambientes en la finca Santa Isabel. ....	59
3.1	Descripción de las variables climáticas.....	59
3.1.1	Temperatura .....	59
3.1.2	Humedad relativa.....	60
3.1.3	Lluvia .....	61
3.2	Descripción general de los suelos y unidades determinadas .....	62
3.2.1	Cobertura.....	65
3.2.2	Pedregosidad.....	65
3.2.3	Descripción general de los perfiles de los suelos .....	67
3.2.4	Características químicas de los suelos .....	77
3.2.5	Propiedades físicas .....	84
3.3	Determinación de grupos agroambientales en finca Santa Isabel. ....	87
3.3.1	Análisis y discusión de los grupos agroambientales formados en finca Santa Isabel.....	92
4.	Relación de factores abióticos con la incidencia de <i>Erwinia</i> spp. y mapa de distribución de <i>M. indica</i> en finca Santa Isabel. ....	94
4.1	Distribución del porcentaje de Incidencia en la clase textural de los suelos de finca Santa Isabel. ....	94
4.2	Análisis de relación del porcentaje de incidencia con factores abióticos. ...	96
4.2.1	Análisis del factor suelo con la incidencia de “pepita negra” .....	96
4.2.2	Análisis del factor temperatura con la incidencia de “pepita negra”. ....	98
4.2.3	Análisis del factor humedad relativa con la incidencia de “pepita negra” ...	99
4.2.4	Análisis del factor lluvia con la incidencia de “pepita negra”.....	101

4.2.5	Análisis de los grupos agroambientales con la incidencia de “pepita negra” .....	102
5.	Propuesta de plan de manejo de “pepita negra” en <i>M. indica</i> L. ....	106
5.1	Manejo agronómico actual en <i>M. indica</i> en la finca .....	106
5.2	Propuesta del Plan de manejo de la enfermedad de la “pepita negra” .....	108
VII.	CONCLUSIONES .....	111
VIII.	RECOMENDACIONES .....	113
IX.	REFERENCIAS .....	115
X.	ANEXOS .....	124

## INDICE DE CUADROS

Número de cuadro	Contenido	Página
1:	Sistemática de <i>M. indica</i> .....	3
2:	Área y variedades de <i>M. indica</i> en Guatemala .....	9
3:	Temperaturas para las etapas del cultivo de <i>M. indica</i> .....	10
4:	Requerimientos fisicoedáficos .....	12
5:	Fertilización sugerida para el cultivo de <i>M. indica</i> .....	13
6:	Total de árboles de <i>M. indica</i> por lotes y sectores. ....	20
7:	Grado de severidad de “pepita negra” en <i>M. indica</i> .....	32
8:	Valores del diámetro de la lesión de la “pepita negra” .....	43
9:	Porcentaje y frecuencia del tipo de síntoma de “pepita negra” . ....	45
11:	Resumen de variables cualitativas y cuantitativas de la descripción sintomatológica de la “pepita negra” . ....	51
12:	Incidencia de la “pepita negra”, en <i>M. indica</i> Tommy Atkins .....	53
13:	Severidad de la “pepita negra” en <i>M. indica</i> Tommy Atkins. ....	56
14:	Unidades de suelo y áreas que abarcan. ....	62
15:	Descripción de los estratos de la calicata, lote San Anselmo 1. ....	68
16:	Descripción de los estratos de la calicata, lote Victoria.....	70
17:	Descripción de los estratos de la calicata, lote San Anselmo pila.....	72
18:	Descripción de los estratos de la calicata, lote Cocal.....	74
19:	Descripción de los estratos de la calicata, lote Montañita Vega. ....	76
20:	Resultado de análisis químico de los suelos de finca Santa Isabel. ....	77
21:	Resultado de análisis físico de los suelos de finca Santa Isabel. ....	84
22:	Características físicas de las áreas con <i>M. indica</i> en finca Santa Isabel. ....	88
23:	Codificación y estandarización de las características físicas de las áreas con <i>M. indica</i> en finca Santa Isabel. ....	89
24:	Matriz de similitud y distancias entre los lotes de finca Santa Isabel. ....	90
25:	Grupos de ambientes e incidencia de “pepita negra”, finca Santa Isabel. ....	102
26:	Etapas fenológicas de los árboles de <i>M. indica</i> .....	124
27 :	Formato para evaluación del grado de severidad de la “pepita negra” .....	125

28: Registros climáticos del año 2021 de finca Santa Isabel .....	126
29: Promedio de datos climáticos en finca Santa Isabel .....	130
30: Determinación de clase textural y pH del suelo de finca Santa Isabel.....	133
31: Datos de pendientes de los suelos de la finca Santa Isabel. ....	134
32: Boleta para la descripción del perfil de los suelos.....	135
33 Características de signos y síntomas de la “pepita negra” .....	142
34: Variables cualitativas y cuantitativas de la descripción sintomatológica de la “pepita negra”.....	143
35: Etapa fenológica de los árboles de <i>M. indica</i> .....	144
36: Características observadas en submuestreo de suelo en cada lote de finca Santa Isabel.....	145
37: Clases texturales del suelo, según el USDA .....	146

## INDICE DE FIGURAS

Número de figura	Contenido	Página
1:	Modelo conceptual de un agroecosistema. ....	17
2:	Mapa de localización geográfica finca Santa Isabel, San José El Ídolo, Suchitepéquez.....	18
3:	Mapa de ubicación y señalización de la finca Santa Isabel. ....	19
4:	Daños externos en frutos de <i>M. indica</i> Tommy Atkins por “pepita negra”. ....	33
5:	Gráfica del color externo de los frutos muestreados con “pepita negra”.....	41
6:	Gráfica de la forma de la lesión de “pepita negra” en frutos de <i>M. indica</i> . ....	42
7:	Color de la lesión causada por “pepita negra” en <i>M. indica</i> . ....	42
8:	Tamaño de diámetro de la lesión de “pepita negra” en frutos de <i>M. indica</i> . ....	43
9:	Gráfica de la parte atacada por “pepita negra” en el fruto de <i>M. indica</i> . ....	44
10:	Gráfica del tipo de lesión de la “pepita negra” en <i>M. indica</i> . ....	45
11:	Tipo de signo de “pepita negra” en frutos de <i>M. indica</i> . ....	46
12:	Daño en la fibra del fruto de <i>M. indica</i> causado por “pepita negra”.....	46
13:	Lesión en la semilla de <i>M. indica</i> causado por “pepita negra”. ....	47
14:	Nivel de daño de la enfermedad de la “pepita negra” en <i>M. indica</i> . ....	47
15:	Gráfico del desarrollo fisiológico del fruto de <i>M. indica</i> . ....	48
16:	Síntomas y signos de “pepita negra”, en <i>M. indica</i> Tommy Atkins.....	50
17:	Mapa de incidencia de “pepita negra” en finca Santa Isabel.....	55
18:	Desarrollo de la “pepita negra” en <i>M. indica</i> Tommy Atkins.....	57
19:	Gráfico de promedio de temperatura, en finca Santa Isabel.....	59
20:	Gráfico de promedio de humedad relativa, en finca Santa Isabel.....	60
21:	Gráfico de promedio de precipitación, en finca Santa Isabel. ....	61
22:	Mapa de textura de los suelos de finca Santa Isabel. ....	64
23:	Mapa de curvas a nivel de finca Santa Isabel .....	66
24:	Dendrograma de grupos de ambientes en finca Santa Isabel. ....	91
25:	Mapa de distribución de incidencia “pepita negra” en cada textura de suelos de finca Santa Isabel. ....	95

26: Gráfica de incidencia “pepita negra” de abril y mayo de 2021 y textura de suelos de finca Santa Isabel.....	96
27. Gráfico de comparación de incidencia de “pepita negra” con promedio de temperatura en abril y mayo de 2021.....	98
28: Gráfico de incidencia de “pepita negra” con el porcentaje promedio de humedad relativa en abril y mayo de 2021.....	99
29: Gráfico de comparación de incidencia de “pepita negra” con el promedio de lluvia de abril y mayo del año 2021. ....	101
30: Mapa de incidencia de “pepita negra” en abril y mayo de 2021, en finca Santa Isabel. ....	104
31: Mapa de severidad de <i>Erwinia</i> spp., en abril y mayo de 2021, en finca Santa Isabel. ....	105
32: Climograma de San José el Ídolo, Suchitepéquez. ....	124
33: Preparación de muestras de suelo en el laboratorio del Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC/USAC). ....	131
34: Triángulo de texturas. ....	132
35: Observaciones y toma de muestras de los perfiles encontrados en las calicatas realizadas en finca Santa Isabel.....	136
36: Datos tomados en campo de calicata 1.....	137
37: Datos tomados en campo de calicata 2.....	138
38: Datos tomados en campo de calicata 3.....	139
39: Datos tomados en campo de calicata 4.....	140
40: Datos tomados en campo de calicata 5.....	141

## RESUMEN

En finca Santa Isabel, San José El Ídolo, Suchitepéquez, se llevó a cabo la investigación en *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae* Tommy Atkins con la incidencia de *Erwinia* spp. “pepita negra”, tomando en cuenta los antecedentes de las enfermedades registradas en el año 2017 a 2020, según los archivos de finca Santa Isabel (2018). En el año 2020 se encontraron incidencias de hasta 20 por ciento, lo que afectaron aproximadamente a 12,500 frutos en total, por lo que se procedió a caracterizar el ambiente del agroecosistema de *Mangifera indica*, con la finalidad de determinar la relación de los factores abióticos con la incidencia de *Erwinia* spp., “pepita negra”, dentro de la finca. Se realizaron muestreos y submuestreos de suelo, recopilación de datos climáticos como temperatura, lluvia y humedad relativa. Se realizaron calicatas y descripción de las características del suelo (pendiente, pH, pedregosidad, color, área y textura). Se muestrearon un total de 320 árboles de *M. indica*, para la determinación de la incidencia y severidad de la enfermedad, y luego se elaboraron mapas de distribución de la incidencia. Se formaron grupos ambientales y se correlacionaron los datos edafoclimáticos con la incidencia.

Según los análisis físicos y químicos de suelos, la textura franco arcillo-arenosa tienen valores mayores de incidencia de “pepita negra”, ya que los suelos están compactados por su uso y con mal drenaje. Los factores climáticos (temperatura, lluvia y humedad relativa) son condiciones aptas para el desarrollo de la enfermedad. La incidencia de la “pepita negra” no es homogénea en los grupos ambientales que se formaron en la finca,

Es necesario realizar una observación más extensa del comportamiento de los factores edafoclimáticos y la incidencia de la “pepita negra” en cada grupo ambiental, así también realizar estudios más detallados sobre esta enfermedad que permitan evaluar otros órganos de la planta que sean infectados, así tomar medidas de control pertinente.

## SUMMARY

In Santa Isabel farm, San José El Ídolo, Suchitepéquez, the investigation was carried out in *Mangifera indica* L. Anacardiaceae Tommy Atkins with the incidence of *Erwinia* spp. "black nugget", taking into account the history of the diseases registered in the year 2018 to 2020, (Finca Santa Isabel, 2018). In 2020, incidences of up to 20 percent were found, which affected approximately 12,500 fruits in total, so we proceeded to characterize the environment of the Agroecosystem of *Mangifera indica*, in order to determine the relationship of abiotic factors with the incidence of *Erwinia* spp., "black pip", within the Santa Isabel farm. Soil sampling and subsampling were carried out, as well as collection of climatic data such as temperature, rainfall and relative humidity. Pit pits and a description of the soil characteristics (slope, pH, stoniness, color, area and texture) were made. A total of 320 M. *indica* trees were sampled to determine the incidence and severity of the disease, and then incidence distribution maps were prepared. Environmental groups were formed and edaphoclimatic data were correlated with incidence.

According to the physical and chemical analyzes of soils, the clay-sandy loam texture has higher incidence values of "black seed", since the soils are compacted due to their use and with poor drainage. Climatic factors (temperature, rain and relative humidity) are suitable conditions for the development of the disease. The incidence of the "black seed" is not homogeneous in the environmental groups that were formed on the farm,

It is necessary to carry out a more extensive observation of the behavior of the edaphoclimatic factors and the incidence of the "black seed" in each environmental group, as well as to carry out more detailed studies on this disease that allow evaluating other plant organs that are infected, thus taking relevant control measures.

## I. INTRODUCCIÓN

En finca Santa Isabel se tiene establecido el cultivo de *M. indica* L. *Anacardiaceae* “Mango”, desde hace 25 años, con una extensión de 280 hectáreas. El área total está dividida en ocho sectores y subdividido en 33 lotes, se aprovecha el 97% del área en la producción de *M. indica* Tommy Atkins, y 3% de *M. indica* Ataulfo. Se ubica a 68 msnm, con registros de dos estaciones (seca y lluviosa), con temperatura máxima de 36°C y una mínima de 19°C, un promedio de humedad relativa de 77% y una precipitación anual de 1,510 milímetros. En la temporada de precosecha y cosecha, se ha mostrado incidencia hasta de 20% de la enfermedad de “pepita negra”, que ha afectado hasta 12,500 frutos de *M. indica* Tommy Atkins, mostrando lesiones necróticas en el pedúnculo y ápice del fruto.

La “pepita negra” es provocada por la bacteria *Erwinia* spp., actúa individualmente o en asociación (Palacios, 1999). Externamente, causa una infección en la base del peciolo o en la piel y una pudrición interna en el fruto de *M. indica* Tommy Atkins (Guevara *et al*, 2002). Además, esta enfermedad ataca a las ramas, inflorescencias, pedúnculo y troncos de los árboles (Coto & Wang, 1995).

Para la ejecución de esta investigación se recopilaron datos de temperatura, humedad relativa y lluvia. Se tomaron muestras y submuestras de suelo, se realizaron calicatas y se describieron las características del suelo (pendiente, pH, pedregosidad, color, área y textura). Se tomaron datos de frutos de una muestra de 320 árboles de *M. indica* L., en donde se determinó la incidencia, severidad, signos y síntomas de la enfermedad, elaborándose mapas de distribución de la incidencia en el software Qgis, luego se formaron grupos ambientales en el software Infostat, y se correlacionaron los datos edafoclimáticos con la incidencia en el programa Microsoft Excel. En vista que la “pepita negra” afecta en la producción de *M. indica* en la finca, el estudio que se presenta es de gran importancia para determinar las características agroambientales de *M. indica* y su relación con la incidencia de la enfermedad.

## II. JUSTIFICACIÓN

En finca Santa Isabel, la “pepita negra” es un problema de mayor importancia en el cultivo de *M. indica* sin embargo los niveles de incidencia no son homogéneos en todos los lotes de la finca. La justificación de esta investigación es encontrar las características ambientales que se relacionan con la incidencia de la enfermedad. Por lo tanto, se estudió la variabilidad ambiental del agroecosistema de *M. indica* L. Tommy Atkins en finca Santa Isabel y la relación con su incidencia.

La información obtenida será de gran utilidad para la finca, ya que le ayudará a identificar y conocer las áreas más afectadas y buscar alternativas que contribuyan a controlar los efectos producidos por la enfermedad.

De esta manera la información obtenida podrá ser utilizada para nuevas investigaciones o darle un seguimiento más detallado, a manera de generar más datos e información relacionados a la enfermedad causada por *Erwinia* spp. en el cultivo de *M. indica* Tommy Atkins. Así también, servirá como base para los nuevos agricultores que deseen sembrar esta variedad, en condiciones similares (zona de vida y clima), a las de la finca.

Este estudio es un aporte para la región suroccidental de Guatemala, el cual busca generar y contribuir con información de un problema fitosanitario poco investigado en el cultivo de *M. indica* Tommy Atkins, ya que es el primer estudio en donde se relaciona el ambiente y la incidencia de *Erwinia* spp., además, será un apoyo específico para la finca Santa Isabel con la obtención de información relacionada con dicha enfermedad que se encuentra afectando a los frutos de este cultivo.

### III. MARCO TEÓRICO

#### 1. Marco Conceptual

##### 1.1 Aspectos técnicos

##### 1.1.1 Clasificación taxonómica del cultivo de *M. indica*

Cronquist (1981), menciona que está clasificado dentro del grupo de las Magnoliopsida, pertenece a la familia de las *Anacardiaceae*. El género está constituido por 69 especies; aproximadamente 16 de estas tienen frutos comestibles:

Cuadro 1: Sistemática de *M. indica*

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Embryobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Orden:	<i>Sapindales</i>
Familia:	<i>Anacardiaceae</i>
Género:	<i>Mangifera</i>
Especie:	<i>M. indica</i> L.

Fuente: Cronquist, A. (1981).

##### 1.2 Descripción Botánica

El porte del árbol puede ser mediano a grande, de diez a más de 20 m de altura, simétrico, copa redondeada, siempre verde (hoja perenne), de raíces fuertes, de savia irritante y tóxica que puede causar lesiones en la piel. Se considera un árbol vigoroso, que permite se desarrolle en suelos poco profundos, relativamente pobres ya hasta cierto punto impermeables (Mora *et al*, 2002).

### **1.2.1 Raíz**

La raíz principal penetra de seis a ocho metros, mientras que las superficiales se extienden en un radio de hasta 10 metros del tronco. Esta distribución le permite resistir condiciones de baja humedad. (Rodríguez *et al*, 2002).

### **1.2.2 Tronco**

El árbol típico de mango es de porte mediano, de 10-20 m de altura. El tronco es más o menos recto, cilíndrico y de 75-100 cm de diámetro, cuya corteza de color gris- café tiene grietas longitudinales o surcos retículas poco profundos que a veces contienen gotitas de resina. (Vargas V. , 2012).

### **1.2.3 Hojas**

Las hojas aparecen al final de las ramillas. Su distanciamiento es muy irregular y lo determinan los períodos de crecimiento; al iniciarse éstos, las hojas aparecen muy juntas y al final más espaciadas, peciolo hinchados en la base, la lámina es por lo general oblonga o lanceolada. Su tamaño varía de cinco a 35 centímetros de largo y 2 a 10 cm de ancho (Rodríguez *et al*, 2002).

### **1.2.4 Flor**

Se dan en panículas terminales ramificadas, un árbol puede tener de 2000 a 4000 panículas, entre 400 y 5000 flores cada una; la mayoría son masculinas o estaminadas y unas pocas flores perfectas. La polinización es básicamente cruzada, realizada principalmente por insectos, especialmente moscas (dípteros), las abejas tienen relativa poca importancia en la polinización. Se considera normal que el cuaje sea de 0.1% de las flores (Mora *et al*, 2002).

### **1.2.5 Fruto**

El fruto es una drupa, de tamaño variable. Su color va de amarillo hasta rojo o morado, pasando por distintos grados de coloración dependiendo de la variedad. La fruta tarda de 100 a 120 días, en términos generales, de floración a cosecha (Mora *et al*, 2002).

### 1.2.6 Semilla

Cada fruto de *M. indica*, consta de una sola semilla, de forma ovoide u oblonga y están rodeadas por un endocarpio fibroso cuando maduran; la testa es fina y permeable. (Rodríguez *et al*, 2002).

## 1.3 Fenología del Cultivo de *M. indica*

El ciclo fenológico de *M. indica* está controlado fundamentalmente por el clima. Dependiendo del ambiente, el mango puede o no presentar crecimiento sincronizado, existiendo entre tanto, periodos distintos entre los crecimientos vegetativos y reproductivos, (Galán, 2009). Tal como ocurre en la plantación de finca santa Isabel.

*M. indica* presenta diferentes tipos o estadios de crecimiento en una misma planta. La ocurrencia de estos estadios varía con las condiciones de clima, suelo y manejo del cultivo. Como es sabido, el crecimiento vegetativo es muy importante para la producción, pues cuanto más abundante es la vegetación, mayor es la fructificación. El florecimiento ocurre en ramas con un mínimo de edad de tres a cuatro meses. El conocimiento de las respuestas del mango a las variaciones ambientales es de fundamental importancia para el establecimiento de un manejo adecuado a las condiciones existentes, maximizando la productividad y obteniendo buenas cosechas (Galán, 2009).

Según Corredor y García (2011), mencionan que los cambios fenológicos que se presentan en la fase reproductiva del mango son: desarrollo de la yema, desarrollo del órgano floral y desarrollo de fruto; y cada uno de ellos está comprendido por cuatro estadios:

### 1.3.1 En el desarrollo de las yemas

**Estadio 1. Yema en reposo:** Las yemas vegetativas y de inflorescencias están indiferenciadas, cerradas y totalmente cubiertas por escamas, las cuales se encuentran entrecruzadas o en punta.

**Estadio 2. Comienzo de la hinchazón de las yemas:** Yema hinchada e inicio de la separación de escamas que cubren la yema, hasta quedar ligeramente separadas.

**Estadio 3. Abultamiento de las yemas:** apariencia abultada por el incremento en el tamaño (diámetro y longitud) de las yemas con separación de las escamas que cubren los meristemas.

**Estadio 4. Ápices visibles:** Incremento en el tamaño de la yema que presenta forma redonda y con escamas separadas. Primeros ápices verdes visibles.

### **1.3.2 En el desarrollo del órgano floral (inflorescencia):**

**Estadio 1:** Las escamas se separan y se hacen visibles los primordios florales.

**Estadio 2:** Arranca la elongación del eje de la inflorescencia con las flores que se hacen visibles, pero están todavía cerradas (botón verde).

**Estadio 3:** Apertura de las primeras flores individuales y ramificación de la inflorescencia. Aún continúa la elongación de la inflorescencia.

**Estadio 4:** Total desarrollo de la inflorescencia. Inflorescencia con la mayoría de sus flores abiertas a punto del amarre de frutos.

### **1.3.3 Durante el desarrollo del fruto:**

**Estadio 1:** La inflorescencia tiene sus flores abiertas y algunas de ellas ya han sido fecundadas. Se encuentran los primeros frutos visibles, apenas del tamaño de una cabeza de alfileres. Las flores comienzan a marchitar y caer.

**Estadio 2:** Diámetro del fruto alcanza hasta los diez milímetros. Las flores están marchitas y la mayoría ya han caído.

**Estadio 3:** Diámetro del fruto hasta dos centímetros. Todas las flores ya han caído y se inicia la caída fisiológica de algunos frutos.

**Estadio 4:** Se da un aumento de peso y dimensiones en los frutos.

## **1.4 Variedad de *M. indica* Tommy Atkins**

*M. indica* Tommy Atkins se caracteriza por presentar un porte alto, fruto de buena calidad, de color rojo intenso, su época de cosecha es intermedia, de buen tamaño, resistente al manejo de la fruta en plantación y pos cosecha, algo tolerante a la antracnosis y al ataque de *Frankliniella* spp., *Thripidae* “trips”, pero susceptible a la pudrición interna de la fruta, ataque de bacteria en el tronco y de producción muy irregular y alternante lo que ha provocado la búsqueda de nuevas variedades (Mora *et al*, 2002).

### **1.4.1 Descripción del fruto de *M. indica* Tommy Atkins**

Para Larios *et al* (2016), el fruto de *M. indica* Tommy Atkins es de forma oval a oblonga, base redonda, de 12.0 a 14.5 centímetros de largo, su peso oscila de 250 gramos con una media de 390 gramos; madura en color amarillo naranja con chapeo rojo a rojo oscuro en la base; su piel es gruesa, pulpa firme, jugosa con poca fibra y de color amarillo, la semilla representa del 12.5 al 13.5 por ciento del peso de la fruta.

## **1.5 El origen del mango en Guatemala**

El cultivo comercial de mango se inicia en Guatemala en la década de los 1970 como una iniciativa de la Asociación Nacional del Café –ANACAFE–, dentro de la estrategia de diversificación del área cafetalera. Los esfuerzos anteriores no fueron exitosos debido a que la región mencionada tiene condiciones de clima que favorecen la incidencia de plagas y enfermedades que afectaron significativamente el cultivo. De las plantaciones establecidas en dicho periodo, son muy pocas las que mostraron un desempeño aceptable, salvo aquellas que están más cercanas al litoral del Pacífico y Nororiente de Guatemala, estimándose que para el año 1990 existían 1,200 y 1,300 hectáreas de mango (Navas, 2004).

### 1.5.1 Situación del cultivo de *M. indica* L. en Guatemala

En nuestro país se cultiva actualmente 5,000 hectáreas de *M. indica*, de los cuales se desconoce el área que abarca *M. indica* Tommy Atkins (Bolaños, 2019), sin embargo, el 97% de mango exportado en el año 2018 corresponde a la variedad de *M. indica* Tommy Atkins (AGEXPORT, 2018).

Según el MAGA (2014), Guatemala posee grandes extensiones ecológicamente aptos para el cultivo de *M. indica*, principalmente en la faja costera del pacífico. Los departamentos donde se centra la producción de *M. indica*, son: Retalhuleu, Santa Rosa, Suchitepéquez, Escuintla, San Marcos y Jutiapa, entre otros con menor producción (Zacapa, El Progreso, Jutiapa y Chiquimula). La época en que se cosecha los frutos de *M. indica* cubre los meses de febrero a junio, y de la producción total, se estima que el 80% se exporta al mercado de Estados Unidos, y solo el 20% restante se destina al mercado regional y a la Unión Europea.

Con datos del Proyecto Desarrollo de la Fruticultura y Agroindustria –PROFRUTA- de Guatemala, en el cuadro dos, se muestra la distribución del cultivo del mango en 396 fincas de productores individuales y de varias comunidades agrarias, siendo un total aproximado de unos 600 productores. Las variedades principales plantadas son *M. indica* Tommy Atkins y *M. indica* “Mango de Pashte” con 6,761.5 y 1,165.9 hectáreas y 192.6 hectáreas de otras, lo que representa un 83.3%, 14.4% y un 2.4% respectivamente. Las otras variedades constituían una mayor cantidad de hectáreas (*M. indica* Hadden, *M. indica* Irwin, *M. indica* Keit y *M. indica* Kith), pero por problemas de mercado fueron sustituidas aproximadamente en un 90% con *M. indica* Tommy Atkins (Navas, 2004).

Con base a las liquidaciones de exportación los aportes de la producción de *M. indica* han sido aproximadamente de \$25 millones de dólares en un período de 10 años. Las exportaciones se han incrementado en un 66.0% durante el período 1,994-1,998 y un 27.4% durante el período de 1,999-2,003 (Navas, 2004). En el cuadro dos se observan las áreas productoras de *M. indica* en Guatemala.

Cuadro 2: Área y variedades de *M. indica* en Guatemala

Zona Geográfica	Número de fincas	Hectáreas			Total	% Departamentos	% Región
		Tommy Atkins	Amatillo	Otras			
<b>Nororiental</b>							
Chiquimula	12.0	46.8	0.0	0.5	47.3	0.6	8.17
El Progreso	34.0	233.1	0.0	3.0	236.1	2.9	
Zacapa	75.0	349.6	11.2	19.1	379.8	4.7	
<b>Suroriental</b>							
Escuintla	68.0	949.4	29.0	0.0	978.4	12.05	34.78
Jutiapa	37.0	165.6	78.5	29.0	271.1	3.34	
Santa Rosa	64.0	465.0	1,038.5	71.5	1,575.0	19.40	
<b>Suroccidental</b>							
Quetzaltenango	6.0	446.9	0.0	0.0	446.9	5.50	56.94
Retalhuleu	41.0	2,977.4	10.0	42.9	3,030.3	37.32	
San Marcos	18.0	485.5	0.0	0.0	485.5	5.98	
Suchitepéquez	37.0	634.3	0.0	26.7	661.0	8.14	
<b>Occidental</b>							
Huehuetenango	3.0	8.0	0.0	0.0	8.0	0.10	0.10
<b>Norte</b>							
Petén	0.10	0.0	0.7	0.0	0.7	0.01	0.01
Total	396.0	6,761.6	1,165.9	192.7	8,120.2	100.00	100.00
% por variedad		83.3	14.4	2.4	100.0		

Fuente: Navas, F. (2004).

Según los datos que se presentan, se observa que la región suroccidental del Guatemala presenta una mayor área establecida de *M. indica*, abarcando así el 56.94 % del área en total que se tiene cultivada en todo el país.

## 1.6 Características climáticas para el cultivo de *M. indica*

### 1.6.1 Temperatura

El cultivo de *M. indica* está limitado a zonas de clima tropical y subtropical, debido a la susceptibilidad al frío. (Mora *et al*, 2002). Las temperaturas para las diferentes etapas de desarrollo del cultivo se presentan:

Cuadro 3: Temperaturas para las etapas del cultivo de *M. indica*

Etapa	Crecimiento		
	Mínimo	Óptimo	Máximo
Vegetativo	18	25	35
Floración	12	25	35
Maduración	20	25	30

Fuente: Mora *et al*, (2002).

Se puede observar que la temperatura óptima es de 25°C para las tres etapas fenológica de la planta de *M. indica*. Las temperaturas mínimas de cada etapa fenológica son limitadas, ya que a menor temperatura (heladas) causa daño de hasta la muerte a la planta (Vargas, 2012).

### 1.6.2 Humedad Relativa

El efecto de la humedad relativa ha sido poco estudiado, se conoce que tiene un efecto directo en el intercambio gaseoso de las hojas e indirecto en crecimiento, floración y fructificación dado la influencia que tiene en el desarrollo de plagas y enfermedades (Mora *et al*, 2002).

### 1.6.3 Altitud

Las plantaciones productoras están limitadas a zonas que se encuentran por debajo de los 800 metros de elevación en clima tropical. Esto puede variar un poco dependiendo de la latitud y las condiciones de microclima (Mora *et al*, 2002).

#### **1.6.4 Luminosidad**

*M. indica* no responde a las diferencias en la longitud del día, en cuanto a la diferenciación floral. Pero si necesita de buena luminosidad para crecimiento, desarrollado reproductivo y rendimiento. Es poco tolerante a la sombra. Los frutos expuestos a la luz desarrollan un mejor color. (Gamboa *et al*, 2010).

#### **1.6.5 Viento**

Vientos fuertes (mayores de 20 km/hora) pueden causar problemas como volcamiento de plantas, deformación de plantas, daños mecánicos en hojas, flores y frutos, secamiento de flores, reducción de la viabilidad del polen y caída de flores y frutos. También puede afectar la actividad de los insectos polinizadores (Gamboa *et al*, 2010).

#### **1.6.6 Precipitación pluvial**

La distribución anual de la lluvia es muy importante, sobre todo en zonas tropicales, puesto que el mango requiere de un clima que se alternen la época lluviosa con la época seca (Mora *et al*, 2002), es decir, con 1,200 mm de agua en el periodo de brotación vegetativa y de 1,000 a 2,000 litros de agua de riego por árbol en el periodo de floración y formación de fruto (Chávez *et al*, 2001).

- **Requerimiento de Sequía**

Se recomienda un periodo de deficiencia de agua de 2 a 3 meses para propiciar una floración fuerte y uniforme en el cultivo de *M. indica* (Chávez *et al*, 2001).

#### **1.6.7 Características edáficas**

Los suelos para el cultivo de *M. indica* son aquellos de textura limosa, profundos y con una capa mínima de 75 cm de profundidad, aunque lo ideal serían suelos de 1.0 a 1.5 m de profundidad y un pH entre 5,5 y 7,0. Puede desarrollarse bien en suelos arenosos, ácidos o alcalinos moderados, siempre y cuando se fertilicen adecuadamente (Mora *et al*, 2002).

El árbol de *M. indica* no es muy afectado por el tipo de suelo; sin embargo, en suelos mal drenados no crece ni fructifica lo suficiente (Mora *et al*, 2002). Se describen los requerimientos fisicoedáficos para el cultivo de *M. indica*.

Cuadro 4: Requerimientos fisicoedáficos

Variable	Pendiente (%)	Profundidad efectiva (m)	Textura	Fertilidad aparente	Pedregosidad %	pH (acidez)	Drenaje
Apto	Plano a moderadamente ondulado 0 a 5	Muy profundos >1.2	Medianas a moderadamente finas	Alta a media	Sin pedregosidad <10	5.5 – 7.0	Bueno
No apto	Fuertemente ondulado >30	Moderadamente >0.9	Muy finas > 60% de arcilla	Muy baja	Muy pedregoso >30	<4.5 >7.5	Drenaje lento o excesivo

Fuente: Mora *et al*, (2002).

Se puede observar las cuales son aptas para el buen desarrollo de *M. indica*, estas condiciones (pendiente, profundidad efectiva, textura, fertilidad, pedregosidad, pH y drenaje) son esenciales para el desarrollo y crecimiento del sistema radicular de la planta ya que es ahí en donde ingresan los nutrientes de las plantas. Al presentarse condiciones no aptas, el desarrollo de la planta es deficiente.

### 1.6.8 Requerimiento Nutricional

Los elementos mayores se deben adecuar según los análisis de suelo y foliar. En el cuadro cinco se muestran los requerimientos nutricionales sugeridos (gramos/árbol/año) para una plantación de *M. indica* con un distanciamiento de siembra de 9x6 metros y una densidad de 185 plantas/ha (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 2009).

Cuadro 5. Fertilización sugerida para el cultivo de *M. indica*

Edad (Años)	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
(Kg/Ha/año)			
1	5.55 a 9.25	5.55	0
2 a 4	11.1 a 29.6	14.8 a 18.5	18.5
5 a 10	55.5 a 74.0	14.8 a 18.5	55.5 a 74.0
10 a 15	74.0 a 111	18.5 a 37.0	74.0 a 111.0
15 a 20	92.5 a 129.5	37.0	92.5 a 129.5
Más de 20	111 a 129.5	37.0	111 a 129.5

Fuente: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (2009).

Se presentan los nutrientes básicos necesarios para el desarrollo de la planta en las diferentes etapas de crecimiento, se puede observar que en todas las edades de las plantas el suelo necesita de elementos mayores de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), en grandes cantidades, sin embargo también es indispensable la aplicación del elemento de calcio (Ca) y en menor cantidad de microelementos como el hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), boro (B), molibdeno (Mo) y cloro (Cl), (Vargas, 2012). El manejo nutricional de los cultivos es una herramienta útil para el manejo de las enfermedades (Munévar, F. 2004).

### 1.7 Plagas y enfermedades

Para Reddy *et al* (2018), la situación fitosanitaria *M. indica* se ha vuelto más compleja debido a la expansión del cultivo a nuevas zonas, la introducción de cambios en el manejo del cultivo, el aumento de aplicaciones químicas y el cambio climático.

### 1.7.1 Plagas

**a) *Anastrepha obliqua* Macquart *Tephritidae* “Mosca del mango”**

El daño inicia cuando las hembras ponen sus huevecillos por debajo de la cáscara de los frutos. Luego se forma un gusano que se alimenta de la pulpa del fruto. Después el gusano sale del fruto, se entierra en el suelo, se convierte en pupa y de ésta sale una mosca adulta (Comité Estatal de Sanidad Vegetal, 2015).

**b) *Selenothrips rubrocinctus*, Giad *Thripidae* “Trips”**

Para Mora *et al* (202), los insectos miden cerca de uno a dos mm. Raspan las hojas, también atacan inflorescencias, flores y frutos recién formados.

**c) *Planococcus citri*, Risso *Pseudococcidae* “Cochinilla harinosa”**

Según Palma *et al* (2019), los daños y síntomas se manifiestan como un debilitamiento en la planta, también se puede observar decoloraciones de las hojas, acompañadas de necrosis en los bordes.

**d) *Chrysomphalus aonidium* Linnaeus, *Diaspididae* “Escamas”**

Para Chávez *et al* (2001), el daño lo producen en las hojas, frutos y ramitas, causando manchas amarillas al follaje, así como disminución de la calidad del fruto y debilitamiento del árbol.

**e) *Lepturges sp.* *Curculionidae* “Barrenador de tronco y ramas”**

Según Chávez *et al* (2001), en México son importantes porque sus larvas se alimentan de la madera.

## 1.7.2 Enfermedades

### a) *Erwinia* spp., *Erwiniaceae* “pepita negra”

Mora *et al* (2002), mencionan que es una enfermedad muy grave, debido a que provoca la muerte de los árboles. Por ser de carácter sistémico ataca prácticamente todo el árbol mostrando sus síntomas mediante un exudado resinoso en las ramas y tronco. Su principal daño se presenta en los frutos, los cuales sufren de una pudrición interna. Mientras que Coto y Wang (1995), señalan que en los estadios iniciales de la enfermedad el fruto presenta un aspecto externo normal, mientras que al avanzar las lesiones es posible observar, sobre la superficie de la fruta, manchas de tamaño y forma variable, mostrándose como manchas negras, hundidas, húmedas en la superficie de la fruta en estados avanzados. Su incidencia se incrementa cuando se inician las lluvias y especialmente en *M. indica* Tommy Atkins.

Guevara *et al* (1985), señalan que la bacteriosis es causada por *Erwinia* spp. En Costa Rica se considera que este problema está presente en la mayoría de las zonas productoras e indican que más del 60% de los árboles del Pacífico Central están infectados (Coto & Wang, 1995).

Guevara *et al* (2002), mencionan que las bacterias sobreviven en forma epífita en varios órganos de la planta, cuando las condiciones ambientales son desfavorables al desarrollo de la enfermedad o el árbol está en período vegetativo. Las bacterias se diseminan por la lluvia, viento, esquejes infectados o por insectos, aumentando sus niveles poblacionales cuando se presentan condiciones de humedad relativa superior al 80%, temperaturas entre 24 a 32°C y precipitación superior a los 850 mm anuales (o riego por aspersión) (Rondón & Guevara, 1998).

Quesada y Wang (1992), determinaron que las especies de insectos, que actúan como vectores, para la transmisión de la bacteria *Erwinia* spp. son: *Dysdercus* sp. *Pyrrhacaridae* “Chinche”, *Trigona* sp. *Apidae* “Avispa arragre” *Apis melífera* Linnaeus *Apidae* “Abeja”, *Diabrotica* sp *Chrisomelidae*, “vaquita de san Antonio”, *Nezara viridula* Linnaeus *Pentatonidae* “Chinche verde”, *Anastrepha* sp. *Tephritidae*

“Mosca de la fruta” y *Ceratitis capitata* Wiedemann *Tephritidae* “Mosca mediterránea de la fruta”, son portadores de la bacteria fitopatógena.

Los frutos de *M. indica*, la infección puede ocurrir a través de heridas o aberturas naturales como hidátodos, lenticelas y estomas. Además, como la bacteria se encuentra epifíticamente sobre los órganos de la planta, se cree que ésta queda atrapada desde que ocurre la polinización y la fecundación y se mantiene latente, activándose cuando se ocurre la transformación de almidón en azúcares y el pH se torna más básico (Wang, s.f).

Los síntomas de la enfermedad se manifiestan externamente como una mancha negra irregular y hundida en la región peduncular, (aunque también puede aparecer en otros sectores de la fruta), e internamente se observa necrosis alrededor de la semilla. Además, puede causar la caída prematura de frutos recién cuajados (Jimenez & Mora, 2003).

Existen otras enfermedades que atacan al cultivo de *M. indica*, las cuales son: *Colletrotrichum gloeosporioides*, (Penz.) Penz. & Sacc. In Penz. Anamorfo de *Glomerella cingulata* (Stoneman) Spauld. & H. Schrenk *Glomerellaceae* “Antracnosis del mango”; *Oidium mangiferae* Berthet *Erysiphaceae* “Mildiu polvoso”; *Ceratocystis fimbriata* Ellis & Halst. *Ceratocystidaceae* “Cáncer del tronco”; *Rosellinia* De Not. *Xylariaceae* “Pudrición basal”; *Elsinoe mangífera* Bitanc. & Jenkins *Elsinoaceae* “Roña” (Perera & Méndez, 2007).

## 1.8 Definición y características de un agroecosistema

Para Hart (1985), un agroecosistema es un subsistema de una finca. Los componentes de esta unidad son las poblaciones de plantas (incluyendo malezas, cultivos, pastos, entre otros.), población de animales (incluyendo animales con valor agrícola, insectos, microorganismos, entre otros.) y el ambiente físico que interactúa con la comunidad biótica de plantas y animales. Zerbino (2004), considera que un agroecosistema son unidades geográficas más o menos completas, donde se manejan recursos naturales, ingresan insumos y dan como resultados productos, y que, en ellos, al igual que en cualquier ecosistema terrestre se producen los procesos del flujo de energía, el ciclo de nutrientes, el ciclo hidrológico, procesos sucesiones de vegetación y de regulación biótica:

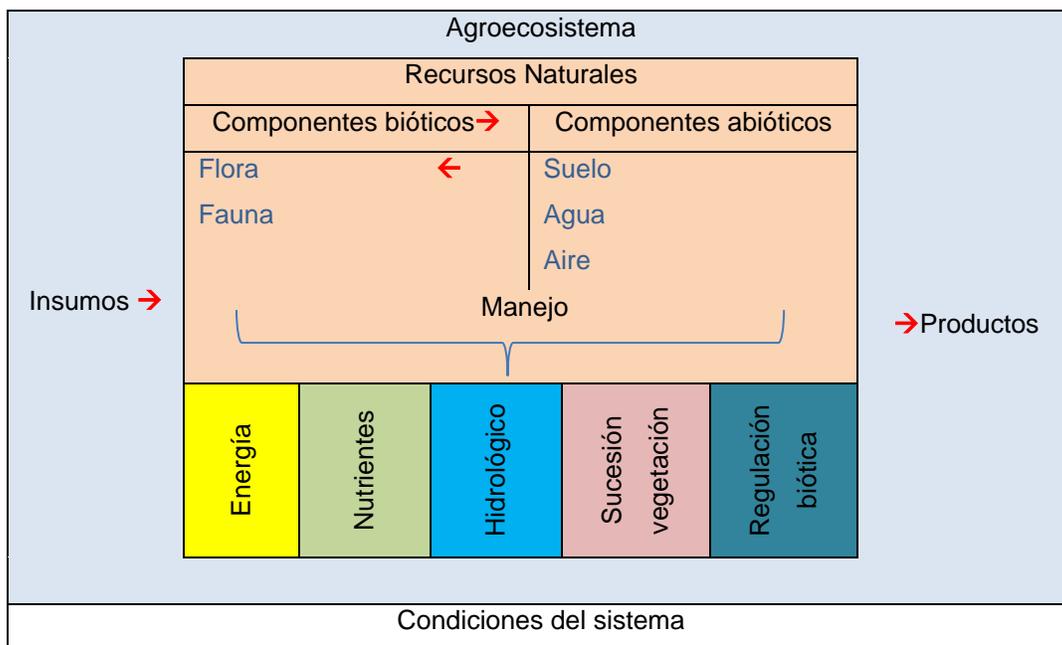


Figura 1: Modelo conceptual de un agroecosistema.

Fuente: Zerbino (2004).

Se observan los componentes básicos que forman un agroecosistema (componentes bióticos y abióticos) y la interacción de estos componentes que son necesarios para la obtención de productos agrícolas.

## 2. Marco Referencial

### 2.1 Localización geográfica

La finca se encuentra ubicada en latitud norte a catorce grados, diecisiete minutos y cuarenta y cuatro, punto trece segundos ( $14^{\circ}17'44.13''$ ) y en longitud oeste de noventa y un grados, veintiocho minutos y once, punto ochenta y nueve segundos ( $91^{\circ}28'11.89''$ ), y una altitud de 68 metros sobre el nivel del mar. Se simbolizan con un punto rojo.

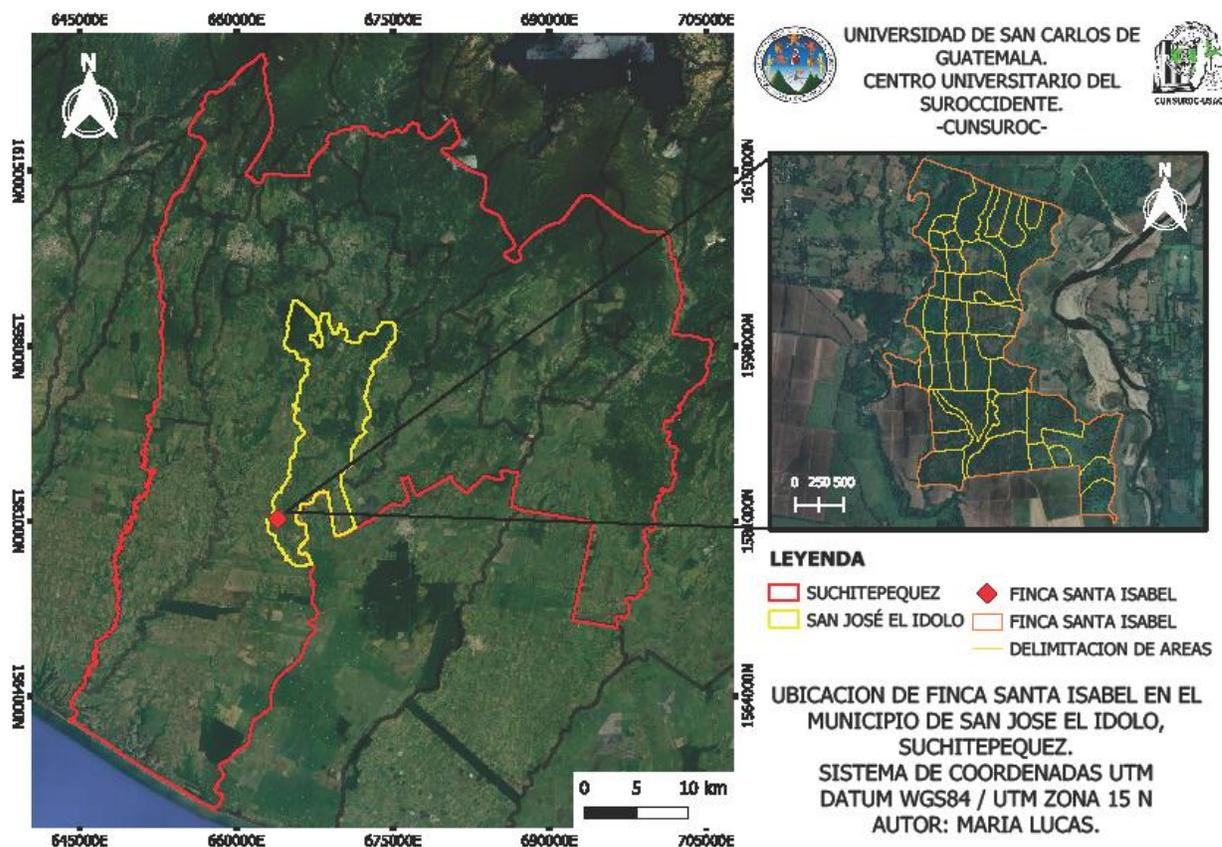


Figura 2: Mapa de localización geográfica finca Santa Isabel, San José El Ídolo, Suchitepéquez.

Fuente: Google Maps (2021).

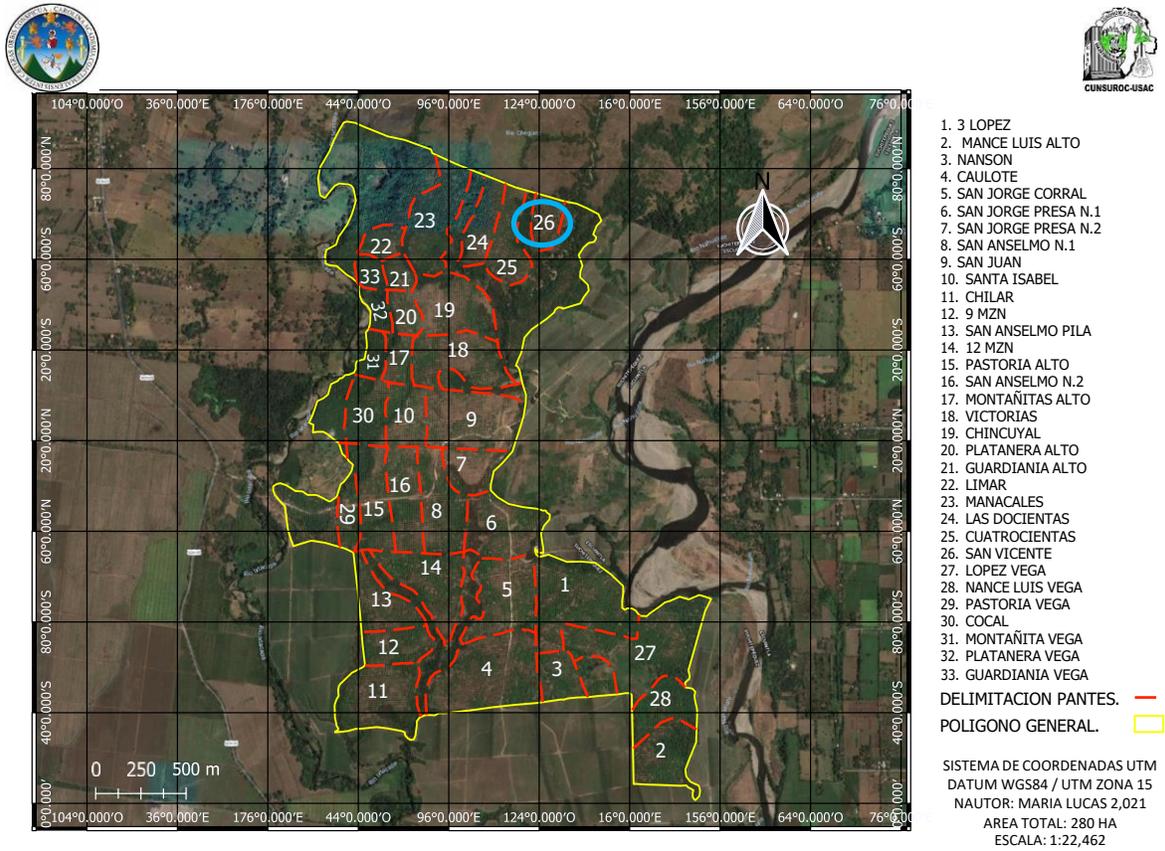


Figura 3: Mapa de ubicación y señalización de la finca Santa Isabel.

Fuente: Google Maps (2021).

Se observa el mapa de la finca con sus respectivas divisiones de áreas (lotes), conformando un total de 33 lotes, de los cuales 32 se encuentra establecido el cultivo de *M. indica* Tommy Atkins, y uno se encuentra establecido con *M. indica* "Ataulfo", (numeral 26 de la figura tres).

A continuación, se muestra la cantidad total de árboles de *M. indica* en la finca, en el año 2018

Cuadro 6: Total de árboles de *M. indica* por lotes y sectores.

lote	Área	Cantidad de árboles	Área (Ha)	Sectores
3 López	1	1207	16.1	01 agrícola G. Fuentes
Nance Luis alto	2	683	11.2	
Nansón	3	521	4.9	
total		2411	32.2	Lado sur
Caulote	4	1358	21	02 san Jorge
San Jorge corral	5	1090	14	
San Jorge presa No.1	6	490	7	
		2938	42	Lado sur
San Jorge Presa No.2	7	215	3.5	03 San Juan
San Anselmo No.1	8	912	14	
San Juan	9	801	16.1	
Santa Isabel	10	873	13.3	Lado centro
		2801	46.9	
Chilar	11	797	11.2	04 Santa Isabel
9 MZN	12	407	6.3	
San Anselmo Pila	13	531	9.1	
12 MZN	14	601	8.4	
Pastoría Alto	15	214	3.5	
San Anselmo No.2	16	531	9.8	
		3081	48.3	
Montañitas Alto	17	482	6.3	05 Victorias
Victorias	18	1105	16.1	
Chincuyal	19	981	19.6	
Platanera Alto	20	202	2.1	
Guardianía Alto	21	228	2.1	
		2998	46.2	
Limar	22	410	6.3	06 Doscientas
Manacales	23	931	11.2	
Las Doscientas	24	607	8.4	
Cuatrocientas	25	406	4.9	
San Vicente	26	1032	9.8	
		3386	40.6	Lado norte
López Vega	27	669	9.1	07 huerto Santa Isabel
Nance Luis vega	28	228	2.1	
		897	11.2	
Pastoría vega	29	266	2.1	Lado sur vega
Cocal	30	561	6.3	08 agrícola Ixtacapa
Montañita vega	31	257	2.1	
Platanera vega	32	168	2.1	
Guardianía vega	33	286	2.1	
		1538	14.7	
TOTAL	33	20050	282	Lado centro vega

Fuente: Finca Santa Isabel (2018).

Se muestra la cantidad de árboles que se contabilizaron por medio de un censo en el 2018, realizado por colaboradores de la finca, el cual obtuvieron un total de 20,050 plantas en total.

### **2.1.1 Vías de acceso**

Las principales rutas de acceso a la finca son: una es la que conduce desde la Ciudad Capital al municipio de San Antonio Suchitepéquez, por la aldea Palo Gordo, carretera asfaltada, la segunda sobre la carretera CA-2, pasando por el municipio de Santo Domingo Suchitepéquez, la carretera hacia el municipio está asfaltada mientras para llegar a la finca es de terracería, y la tercera es sobre el kilómetro 127 carretera CA-2 pasando por Tiquisate y aldea Bolivia para finalmente salir a los sectores Canales y las Delicias, esta carretera es de terracería.

### **2.1.2 Zona de vida y clima**

Según IARNA-URL (2018), basado en el Sistema de Clasificación de zonas de vida de Holdridge, mencionan que el municipio de San José El Ídolo se encuentra dentro de la zona de vida de bosque húmedo tropical (bh-T). Se registran dos estaciones, seca y lluviosa; la primera inicia en enero hasta abril aproximadamente, y la segunda en mayo hasta diciembre (véase figura 32 en anexos). La finca Santa Isabel se encuentra a una altitud media de 68 msnm. Según la clasificación climática de Köppen, la finca posee un clima tropical Monzónico (grupo Am), ya que la temperatura media mensual más fría es superior a los 18°C y la precipitación es mayor que la evapotranspiración. Es cálido todo el año, con una estación seca que es corta seguida por una húmeda con fuertes lluvias.

### **2.1.3 Temperatura**

La finca se caracteriza por tener un clima cálido la mayor parte del año con valores de temperatura que aumentan a medida que se desciende al litoral del Pacífico, hasta una máxima de 29°C y una mínima de 26°C, y un promedio de 77% de Humedad relativa, según datos meteorológicos obtenidos de los registros de la finca (Finca Santa Isabel, 2020). La precipitación media anual según la estación meteorológica Petén Oficina del Instituto Privado de Investigación sobre Cambio

Climático (ICC, 2021) menciona que la precipitación acumulada anual fue de 1,510 mm.

#### **2.1.4 Suelo**

Según López *et al* (2012), Charles Simons determinó que en el municipio de San José El Ídolo existen seis series de suelos, siendo el área de la finca Santa Isabel correspondiente a la serie Ixtán Franco Limoso y serie Tiquisate franco-arenosa, las cuales se describen a continuación:

**Ixtán Franco Limoso (It):** Son suelos pertenecientes a los órdenes Mollisol y Vertisol, el cual se encuentran secos durante 90 a 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad (MAGA, 2000).

Los Vertisoles son suelos arcillosos con anchas y profundas grietas en alguna época del año y presencia de microrelieve gilgai, constituyen un orden relativamente homogéneo en el sentido morfológico. Sin embargo, presentan variaciones en el régimen de humedad y en el color de los suelos, desde muy oscuros a pálidos. Hay también diferencias en la saturación en bases, contenido en carbonatos, entre otros. Presentan grandes diferencias en la estructura del horizonte superficial, algunos tienen una cubierta superficial (mulch) de cinco a diez cm de espesor constituida por gránulos finos y medios (Fadda, s.f).

Por sus características físicas, químicas y por la disponibilidad de humedad en el año, son los suelos más adecuados para el manejo agropecuario, sin embargo, se ven limitados por la deficiencia de humedad, factor que se debe de considerar la suplementación del agua para actividades productivas en la mayor parte del año.

Su principal problema es la falta de humedad en la mayor parte del año, por lo que, si se quieren manejar agronómicamente, se debe considerar este factor, lo que además implica que sean muy duros y difíciles de penetrar con instrumentos de labranza. Si se planifica la suplementación de agua con riego, debe estimarse convenientemente las láminas o volúmenes de riego, ya que, si el riego es excesivo, se corre el riesgo de salinización (MAGA, 2000).

Los cambios en los contenidos de humedad parecen ser esenciales en la génesis de los Vertisoles. Al secarse las grietas, se abren. Son de más de 1 cm de ancho y pueden extenderse hasta más de 100 cm de profundidad. (Fadda, s.f).

**Tiquisate franco-arenosa (Ti):** Pertenecen al orden Mollisol y Entisol. Se encuentran superficies poco inclinadas y con menos del 35% de fragmentos rocosos. Generalmente se encuentran en las áreas más cercanas a los ríos o en áreas de actividades volcánicas muy reciente, estos no tienen capas deposicionales de materiales minerales en su interior. En muchas áreas, están cubiertos con bosque de galería, y en otro caso están cultivados y forman parte de lo que los agricultores llaman suelos de vega (MAGA, 2000).

Estos suelos no están secos por más de 90 días en su interior. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Al igual que los suelos de serie Ixtán franco limoso, esta serie de suelos, tienen características físicas químicas y disponibilidad de humedad en el año, lo cual son aptos para el manejo agropecuario (MAGA, 2000).

Los Entisoles, es un orden de suelos que tienen pequeña o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes genéticos y la naturaleza mineral de los suelos. Los Molisoles comprenden a un orden de suelos que presentan un grado variable de desarrollo del perfil, desde poco a bien evolucionados, con una alteración baja a media. La mayoría de los Molisoles han evolucionado bajo una vegetación de pastos, aunque algunos lo han hecho bajo bosque (Fadda, s.f).

Según los resultados obtenidos de los análisis físico-químicos de las muestras de los suelos de la finca, realizados en el año 2019, corresponden a que la finca posee suelos de la clase textural franco-arenosa, franca y franco-limosa.

## 2.2 Trabajos realizados para el control de *Erwinia* spp.

Coto & Wang (1995) en el trabajo de investigación titulada “Evaluación de cinco tratamientos químicos para el combate de la “bacteriosis” *Erwinia* spp., en frutos de *M. indica* L. Tommy Atkins, en Turribares, Costa Rica”, mencionan que la bacteria aumenta sus niveles poblacionales cuando se presentan humedad relativa superior al 80%, temperaturas entre 24 y 32°C y precipitación superior a los 850 mm anuales (o riego por aspersion). En donde obtuvieron resultados con menores porcentajes de incidencia con el tratamiento de Caldo bordelés (80% PM) y Phyton-27.

En Guatemala, Palacios, (1999), realiza una investigación titulada “Identificación de la Bacteria causal de la “pepita negra” en *M. indica* L. Variedad Tommy Atkins en Guatemala”, el cual por medio de algunas pruebas de aislamiento del patógeno pudo determinar que el agente causal es una bacteria del género *Erwinia* y menciona que en el año 1995 en algunas plantaciones del área de Suchitepéquez se reportan niveles de incidencia del 20% de “pepita negra”.

El profesor de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Orozco, (2018), realizó una práctica de laboratorio titulado “Las bacterias fitopatógenas, aislamiento y caracterización”, en la que describe algunas características de los principales géneros de las bacterias que ocasionan enfermedades en las plantas, tales como *Clavibacter* spp. *Microbacteriaceae*, *Pectobacterium* spp. *Enterobacteriaceae*, *Erwinia* spp. *Erwiniaceae*, *Ralstonia* spp. *Burkholderia*, *Xanthomonas* spp. *Xanthomonadaceae*, *Pseudomonas* spp. *Pseudomonadaceae*, *Rhodococcus* spp. *Corrynebacteraceae*, *Xylella* spp. *Xanthomonadaceae*, *Leifsonia* spp. *Microbacteriaceae*, y *Streptomyces* spp. *Streptomycetaceae*, el cual hace alusión que en el país guatemalteco no se cuenta con datos sobre las pérdidas ocasionadas por enfermedades bacterianas.

Según Vargas, V. (2012), menciona que en la finca El Tintero ubicada en el Progreso, Guatemala, durante el proceso de selección de la fruta de *M. indica* Tommy Atkins descartan los frutos que poseen deformidad, “pepita negra” y rayado por viento ya que son causas de rechazo en la exportación de los frutos.

## IV. OBJETIVOS

### 1. General

Determinar la incidencia de *Erwinia* spp, “pepita negra” en un agroecosistema ambiental de *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae* en finca Santa Isabel, San José el Ídolo, Suchitepéquez.

### 2. Específicos

2.1 Describir los síntomas o signos que manifiesta *Erwinia* spp., “pepita negra” en los frutos de *Mangifera indica*.

2.2 Determinar la distribución de la incidencia de la enfermedad de *Erwinia* spp., “pepita negra”.

2.3 Caracterizar los factores abióticos y determinar microambientes.

2.4 Relacionar los factores abióticos con la incidencia de *Erwinia* spp., “pepita negra” y elaboración de un mapa de distribución.

2.5 Proponer un plan de manejo de la enfermedad causada por *Erwinia* spp., en el cultivo de *Mangifera indica*.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 1. Materiales

#### 1.1 Recursos físicos

- Libreta de campo.
- Mapa del terreno.
- Tablas Munsell Digital.
- Teléfono celular.
- Bolígrafo.
- Termómetro circular en forma de reloj.
- Pluviómetro.
- Higrómetro circular en forma de reloj marca Springfield.
- Pala.
- Azadón.
- Bolsas de polietileno.
- Regla graduada de 30 cm.
- Cinta métrica.
- Cubetas de plástico.
- Guantes de látex.
- Lupa.
- Coba.
- Hojas de papel.
- Marcador permanente.
- GPS.
- Computadora.
- Machete.
- Balanza.
- Espátula.
- Beakers de 250 mL.
- Mezclador eléctrico (licuadora).

- Cilindro de precipitado.
- Hidrómetro de Bouyoucos (Densímetro).
- Termómetro.
- Pipeta.
- Cronómetro o un reloj con segundero.
- Calculadora.
- Medidor de pH.
- Muestras de suelo.
- Muestras de frutos de mango.
- Vinagre.
- Pulverizador.
- Cinta adhesiva.
- Boletas de perfil de suelos.
- Cuchillo.
- Cajas de plástico.

### **Reactivos**

- Agua destilada.
- Hidróxido de Sodio (NaOH) al 5%.
- Oxalato de Sodio al 10%.

### **1.2 Recursos humanos**

- 2 encargados de la finca Santa Isabel.
- 15 jornales.
- 1 practicante de EPSAT.
- Supervisor- Asesor de EPSAT.

### **1.3 Recursos financieros**

Algunos recursos financieros que se utilizaron en la investigación fueron cubiertos por la finca y la mayoría fueron cubiertos por la practicante de EPSAT.

## **2. Metodología**

Para alcanzar los objetivos planteados en la investigación se procedió a realizar lo siguiente:

**2.1 Para alcanzar el objetivo específico uno referente a describir los síntomas o signos que manifiesta *Erwinia* spp., “pepita negra” en los frutos de *Mangifera indica*, se procedió de la siguiente forma:**

### **2.1.1 Descripción de la metodología:**

Para la toma de las muestras se realizaron los caminamientos correspondientes, así mismo se reconocieron las plantas que presentaban manifestaciones severas de la enfermedad. Luego se colectaron los frutos que presentaban los síntomas de “pepita negra”, y se colocaron dentro de una caja de plástico. Se procedió a tomar algunos datos de las muestras, tales como:

- Número de colecta.
- Fecha de adquisición.
- Nombre del Pante.
- Coordenadas.
- Edad del árbol muestreado.
- Labores culturales.

### **2.1.2 Variables de respuesta:**

Se procedió a observar las características que muestra *Erwinia* spp. en *M. indica* a nivel de campo, los cuales fueron basados por las descripciones de la enfermedad realizadas por la Fitopatóloga Vargas R., (2005), y de diagnóstico en campo por Riley, Williamson, & Maloy, (2002) y Coto & Wang, (1995). por lo tanto, se observaron y anotaron las siguientes características físicas de los signos y síntomas de “pepita negra” en los frutos.

- Color externo del fruto.
- Forma de la lesión externa.

- Color de la infección.
- Parte atacada del fruto.
- Tipo de síntoma.
- Tipo de signo.
- Daño en la fibra.
- Daño en la semilla.
- Grado de daño de la enfermedad.
- Desarrollo fisiológico del fruto.

### 2.1.3 Modo de análisis:

Los datos obtenidos a nivel de campo, de los síntomas y signos observados, fueron anotados en hojas adicionales, posteriormente se tabularon y codificaron en una hoja electrónica en el programa Excel, luego se calculó el promedio de cada variable en cada lote. Se midieron los porcentajes de los rangos de cada variable y se graficó para realizar un análisis descriptivo.

## 2.2 Para determinar la distribución de la incidencia de la enfermedad de *Erwinia* spp., “pepita negra” en finca Santa Isabel, se hizo lo siguiente:

### 2.2.1 Descripción de la metodología:

- **Tipo de muestreo y tamaño de la muestra**

El método de muestreo sistemático, fue el utilizado para las evaluaciones de la enfermedad de la “pepita negra”. Para el cálculo del tamaño de la muestra se utilizó un nivel de confianza del 95% y se empleó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{N \times P \times Q \times Z^2}{E^2(N - 1) + P \times Q \times Z^2}$$

Dónde:

N= Tamaño total de la población.

P= Probabilidad de éxito.

Q= Probabilidad de fracaso.

e= Error permitido.

n= Tamaño o número de muestras.

Z= Nivel de confianza (valor tabla de “Z”).

Por lo tanto:

N= 19018

P=0.5

Q= 0.5

E= 5.5%= 0.055

n= Tamaño o número de muestras.

Z= 95% = (1.96)

$$n = \frac{19018 \times 0.5 \times 0.5 \times 1.96^2}{0.055^2 (19018 - 1) + 0.5 \times 0.5 \times 1.96^2}$$

$$n = 313$$

Se procedió a determinar y marcar los puntos de evaluación de la enfermedad, se distribuyó el tamaño de la muestra entre los lotes de la finca. Se apoyó con la metodología propuesta por Sermeño & Rivas, (2004), con respecto al muestreo de plagas y enfermedades en cultivos agrícolas. El registro de las variables se llevó a cabo durante la época de cosecha (comprendida del mes de abril a mayo de 2021). El muestreo se realizó a cada mes. De la siguiente manera se obtuvieron los datos para cada variable:

**a. Estado fenológico de los árboles de *M. indica***

Se procedió a marcar los árboles a evaluar en cada lote de la finca Santa Isabel, en donde se realizó la observación directa en cuanto a las características fenológicas que presenta cada árbol, anotando en hojas adicionales los datos.

**b. Incidencia:**

Para esta variable se realizaron los monitoreos a cada 30 días en donde se utilizó una tabla de escala descriptiva de presencia (1) o ausencia de enfermedad (0) en el fruto de *M. indica* Tommy Atkins, a partir de ello y de la siguiente fórmula se determinó la incidencia de la enfermedad en porcentaje.

$$I = (ni/N) \times 100$$

Dónde:

I: Incidencia de la enfermedad.

ni: Número de Unidades afectadas.

N= Número total de Unidades evaluadas.

### c. Severidad:

Se consideró el daño total del fruto, referido a las lesiones por la enfermedad de “pepita negra”, utilizando una escala cuantitativa de severidad consistiendo en 4 grados, según el progreso que presenta la enfermedad. Se empleó la siguiente fórmula:

$$S(\%) = \frac{\sum i}{N(V_{\max})} \times 100$$

Dónde:

S= Porcentaje de severidad.

$\sum i$  = Sumatoria de valores observados.

N= Número total de unidades enfermas evaluados.

Vmax= Valor máximo de la escala.

El grado de severidad de “pepita negra” fue determinado por medio del uso de los valores de signos y síntomas evaluados por Guevara *et al*, (2002), en frutos de *M. indica* Haden, por lo que fue adaptado y modificado para evaluar en *M. indica* Tommy Atkins. Tal como se presenta a continuación.

Cuadro 7: Grado de severidad de “pepita negra” en *M. indica*

Grado	Característica
0	Fruto sano
1	Ligera pudrición (<0.5 cm de pudrición)
2	Enfermedad moderada (0.5 a 1 cm pudrición)
3	Enfermedad severa (>1 cm de pudrición)
4	Enfermedad muy severa (> 2.5 cm de pudrición)

Fuente: Guevara *et al*, (2002).

Se muestra la escala de severidad, según la escala de la clasificación del grado del fruto de acuerdo al daño presentado. Los frutos sin síntomas en estado de mancha se consideraron como sanos y se registraron como cero. Para una mejor interpretación, se ilustró la misma escala, utilizando y modificando la guía de las figuras del daño de la “pepita negra” en frutos de *M. indica* Tommy Atkins proporcionado por Gamboa *et al*, (2010), para facilitar la determinación del grado de daño en los frutos:

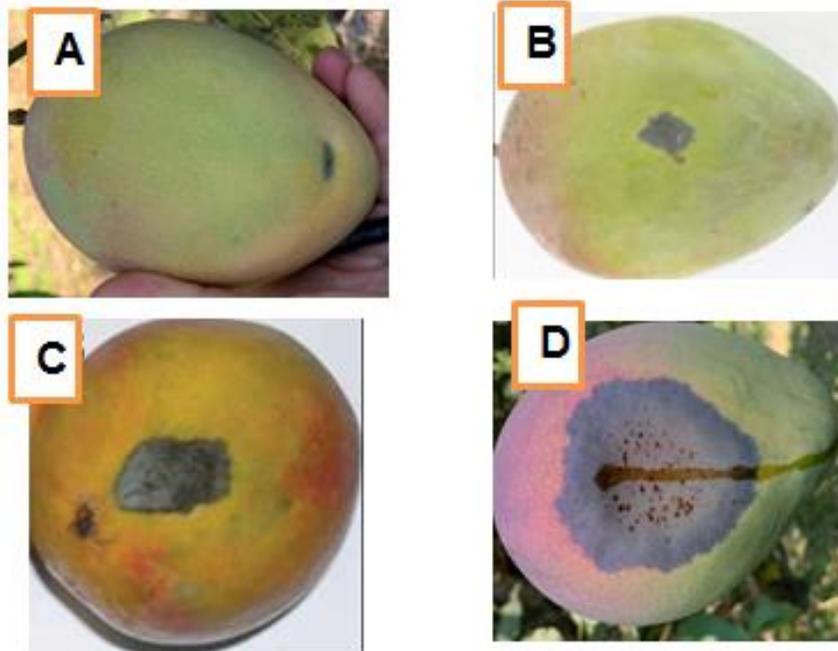


Figura 4: Daños externos en frutos de *M. indica* Tommy Atkins por “pepita negra”.

A) Mancha negra de menor tamaño en el ápice del fruto, B) Mancha negra, del tamaño de un pulgar, C) Mancha negra con puntos cenizos sobre ella, D) Mancha negra y cenizo, con exudados.

Fuente: Gamboa *et al*, (2010).

Para llevar el registro del grado de severidad, se utilizó una boleta, la cual indica el número de frutos y los grados en que se encuentra cada planta evaluada. (ver cuadro 26 en anexos)

### 2.2.2 Variables de respuesta:

Se procedió a tomar datos de las siguientes variables:

- Etapa de desarrollo de los árboles de *M. indica* en cada lote.
- Porcentaje de árboles afectados por *Erwinia* spp., “pepita negra”.
- Nivel de daño presente en el fruto utilizando la metodología establecida por (Guevara *et al*, 2002), en el cual se tomaron los siguientes signos y síntomas: Fruto sano; ligera pudrición; enfermedad moderada; enfermedad severa y enfermedad muy severa, correspondientes al grado cero, uno, dos, tres y cuatro, respectivamente.

### 2.2.3 Modo de análisis:

Luego de obtener los datos en campo, se procedió a ordenar los datos de acuerdo a cada variable.

- **Estado fenológico de los árboles de *M. indica*.**

Para la observación fenológica se utilizó el Método de los estadios fenológicos en la cual se describieron los estadios de cada fase fenológica en una hoja adicional que se utilizó como material de apoyo en los muestreos (Corredor & García, 2011). (Ver en anexos, cuadro 34).

- **Incidencia.**

Los datos de árboles afectados por lote, obtenidos a nivel de campo se tabularon en una de hoja electrónica de Excel, los cuales por medio de la fórmula matemática  $I = (ni/N) \times 100$  fueron analizados, de esta manera se obtuvo el porcentaje de incidencia promedio por lote, luego se realizó un mapa de distribución de la incidencia.

- **Severidad.**

Los datos de la cantidad de frutos dañados por grado de severidad obtenido a nivel de campo, se tabularon en una hoja electrónica de Excel, los cuales por medio de la fórmula matemática  $S (\%) = \sum i/N (V_{max})_x 100$  fueron analizados, de esta manera se obtuvo el porcentaje de severidad promedio por lote en cada mes.

**2.3 Para alcanzar el objetivo específico tres, referente a caracterizar los factores abióticos y determinar los microambientes en la finca santa Isabel, se hizo lo siguiente:**

**2.3.1 Descripción de la metodología**

Se recopiló información de los datos edafoclimáticos que tuviera la finca a la disposición e informes de diagnóstico realizados con anterioridad en el área. Luego se procedió a anotar diariamente, durante los meses de febrero a agosto (ver cuadro 27 y 28 en anexos) los datos de los factores climáticos tales como (temperatura, humedad relativa y lluvia).

Posteriormente se realizó una descripción de los factores climáticos presentes en la finca, detallando toda la información. Para el factor suelo se procedió a realizar las siguientes fases:

- **Estudio de campo y diferenciación de las áreas**

Por medio de la ayuda y acompañamiento del encargado de la finca santa Isabel se procedió a recorrer cada uno de los pantes con la finalidad de realizar una exploración inicial de campo, para definir las unidades homogéneas existentes, se tomaron datos de acuerdo a las siguientes características:

- Coordenada Geográfica.
- Pendiente.
- Textura (Método de Bouyocus).

Para tener una mayor certeza de la textura en cada pante, se procedió a determinar por medio del método de Bouyocus (véase figura 33, en anexos). Se tomaron seis submuestras de suelo al azar, por cada pante. El tamaño del área y número de muestras se determinó de acuerdo a las recomendaciones hechas en la "Guía de muestreo de Suelo" de recolectar un mínimo de seis o doce submuestras para un 80% de precisión por cada tipo de suelo o manejo (Mendoza & Espinoza, 2017).

Para la profundidad de las submuestras de suelo, se tomó la metodología de la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, en donde recomienda que para la toma de la muestra de suelo se debe de hacer a una profundidad de 0 a 20 cm para cultivos de ciclo corto y/o anual, mientras que en cultivos perennes la muestra se debe de tomar de 0 a 30 centímetros de profundidad. Siendo el cultivo de *M. indica* de tipo perenne, se procedió a tomar la muestra de suelos a una profundidad de 30 centímetros (FHIA, 2007).

Para la submuestra de suelo se utilizó una pala, un machete y una piocha para realizar un hueco en forma de “V”, luego se tomó una rodaja de suelo de media pulgada de ancho. Cada una de las sub-muestras se colocó en una cubeta de plástico, se mezclaron y se obtuvo la muestra compuesta que fue representativa por cada lote.

Posteriormente se colocó dentro de una bolsa de nylon con su respectivo etiquetado. Las muestras de suelo se llevaron al Laboratorio del Centro Universitario de Suroccidente –CUNSUROC/USAC- para determinar su textura, por medio del método de Bouyocos.

Después de calcular los porcentajes de los tres separados, se llevaron al triángulo de texturas (véase figura 34) los valores obtenidos del % de arcillas, % de arenas, % de limos para determinar la clasificación textural de la muestra (ver cuadro 29 en anexos). Luego se realizó un mapa de texturas.

- **Determinación de pendientes y elaboración del mapa de curvas de nivel**

Se elaboró un mapa de curvas de nivel con la finalidad de conocer el relieve con el que cuenta la finca. Por medio de la siguiente fórmula se pudo determinar la pendiente de las áreas. (Ibañez *et al*, 2011). (ver cuadro 30 en anexos).

Pendiente (%) = (Diferencia de altura/Distancia horizontal) X100.

Recolectados los datos, se procedió a observar las características, encontradas y luego se definieron las unidades de suelo.

- **Construcción de Calicatas y lectura de perfiles**

El número de calicatas realizadas fueron cinco (ver figura 35 en anexos), dicho número fue determinado de acuerdo a las unidades definidas. Fueron de dimensiones de 1 m de ancho, 1 m de largo y 1 metro de profundidad, con la finalidad de realizar una descripción física del perfil del suelo. Las características observadas fueron las siguientes:

- Profundidad de cada horizonte.
- Textura.
- Pedregosidad.
- Estructura.
- Presencia de carbonatos.
- Consistencia en mojado.
- Presencia de raíces.
- Color en húmedo.

Las características tomadas en los perfiles de suelo, se tomaron en base a la metodología propuesta por (GLOBE, 2005). En esta etapa se utilizó una boleta para la descripción de los perfiles de los suelos, debidamente detallada, tal como se presenta en el cuadro 31 en anexos.

- **Muestreo de suelo**

Se colectaron muestras de suelo a cada horizonte presente en cada calicata, se tomó una cantidad de 0.5 kg de suelo aproximadamente por cada muestra, se guardó en una bolsa de polietileno y se procedió a etiquetar.

- **Envío de muestras de suelo al laboratorio**

Después de haber colectado las muestras de suelo se procedió a enviarlas al Laboratorio Castillo de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala para el análisis físico y químico.

### **2.3.2 Variables de respuesta:**

- Temperatura (Termómetro).
- Humedad relativa (Higrómetro).
- Lluvia (Pluviómetro).
- Clase textural de suelo.
- Formación de grupos agroambientales.

### **2.3.3 Modo de análisis:**

Por medio de la información obtenida, se procedió a realizar un mapa de textura en el programa de sistema de información geográfico (Qgis), además se realizó un mapa de curvas a nivel, este mapa fue elaborado con ayuda de los programas Google Earth y Qgis, los cuales sirvieron para determinar las alturas sobre el nivel del mar de diferentes puntos de la unidad.

Al contar con los datos de las alturas, se procedió a realizar el procesamiento del archivo “kml” que otorga el programa Google Earth y posteriormente se trabajó en Qgis, logrando así determinar las curvas a nivel con las que cuenta el terreno de la finca.

- Análisis físico y químico de suelos. Se les realizó el análisis de Bases, Capacidad de Intercambio Catiónico, pH, Densidad aparente, Humedad de campo, textura y Materia orgánica.
- Análisis de los grupos ambientales formados en la finca, por medio del programa estadístico Infostat.

## **2.4 Para alcanzar el objetivo específico cuatro, referente a relacionar los factores abióticos con la incidencia de *Erwinia* spp., y elaboración del mapa de distribución en finca Santa Isabel, se hizo lo siguiente:**

### **2.4.1 Metodología**

Por medio de los muestreos realizados, se obtuvieron los siguientes datos, de los cuales se realizó un análisis de conglomerados en el programa estadístico InfoStat y luego se procedió a correlacionar cada grupo agroambiental con la incidencia de

“pepita negra”, y por medio del Software Qgis se elaboró un mapa de distribución de la enfermedad, con los datos de la incidencia y severidad de la enfermedad.

- Coordenadas geográficas de cada pante muestreado.
- Área (Hectáreas).
- Edad de la plantación.
- Clase textural.
- Color del suelo.
- Pedregosidad.
- pH.
- Pendiente.

#### **2.4.2 Variables de respuesta**

Se midieron las siguientes variables para alcanzar este objetivo:

- Correlación de Incidencia de “pepita negra” con factores abióticos.
- Correlación de incidencia de “pepita negra” con grupo agroambiental formado en la finca.

#### **2.4.3 Análisis de la información**

Se interpretaron los resultados de las muestras de suelo que fueron sometidas para el análisis físico y químico. Por medio del uso del programa estadístico InfoStat, se realizó el análisis de grupos y de acuerdo a las variables correlacionadas, se realizó la selección de medición. Además, por medio del uso del programa Microsoft Excel se realizaron gráficas con respecto a los datos de temperatura, humedad relativa, lluvia y clase textural con relación a la incidencia de la “pepita negra”.

## **2.5 Para alcanzar el objetivo específico cinco, referente a proponer un plan de manejo de enfermedad causada por *Erwinia* spp., en el cultivo de *Mangifera indica* en finca Santa Isabel.**

### **2.5.1 Metodología.**

Por medio de la recopilación de información a cerca de las actividades agrícolas que se realizan actualmente en la finca y los resultados obtenidos en este estudio se procedió a proponer un plan de manejo de la enfermedad de la “pepita negra”, para que se ejecute en un futuro cercano.

### **2.5.2 Variables de respuesta.**

Los datos tomados fueron los siguientes:

- Número de podas de sanidad.
- Número de fertilizaciones.
- Tipo de control de maleza.
- Técnica de monitoreo de la enfermedad “pepita negra”.
- Número de aplicaciones para el control de plagas y enfermedades.
- Cantidad de área con mayor incidencia de “pepita negra”.

### **2.5.3 Modo de análisis.**

Por medio de la información obtenida del manejo actual del cultivo de *M. indica*, se elaboró una propuesta para el manejo de la enfermedad en la finca, para que se ejecute en un futuro cercano, en donde se recomienda mejorar cada una de las actividades que realizan actualmente, así también se considera que deberá ser evaluada por medio de muestreos de frutos en la época de cosecha (abril y mayo), para determinar la presencia de la incidencia y severidad de la enfermedad en los lotes de la finca.

## VI. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Finalizada la fase de campo y de recopilación de datos edafoclimáticos, la presentación de resultados y discusión se muestran a continuación:

### 1. Descripción de los síntomas o signos que manifiesta *Erwinia* spp, “pepita negra” en los frutos de *M. indica* Tommy Atkins.

Para la obtención de los resultados, se realizaron observaciones y mediciones de los signos y síntomas de la enfermedad (ver cuadro 32 y 33 en anexos). El cual por medio del programa Excel, se realizaron gráficos para representar los resultados de las variables. A continuación, se presentan los resultados.

#### 1.1 Color externo del fruto

Se muestra representada la variable color externo del fruto, la cual fue observada en los frutos de *M. indica* durante la época de cosecha, los criterios observados fueron: color verde, color verde con rojo, color verde con amarillo.

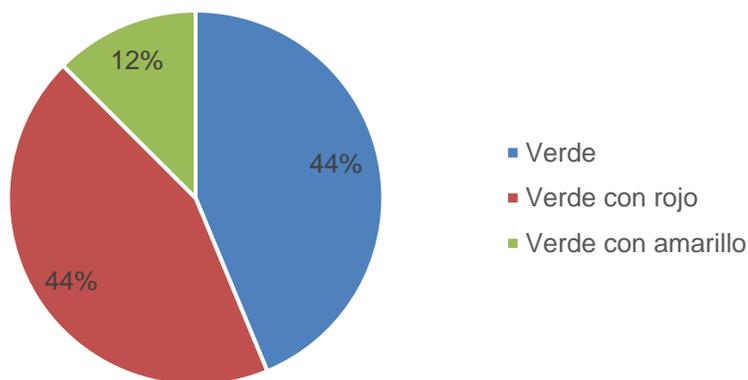


Figura 5: Gráfica del color externo de los frutos muestreados con “pepita negra”.

Se puede observar que en proporciones similares que lo abarcan el color verde y el color verde con rojo, lo que indica que, en la mayoría de los lotes muestreados, se presentaban frutos de esos colores.

### 1.2 Forma de la lesión externa

Se presenta la forma en que se encontró la lesión causada por “pepita negra” en los frutos de *M. indica* Tommy Atkins:

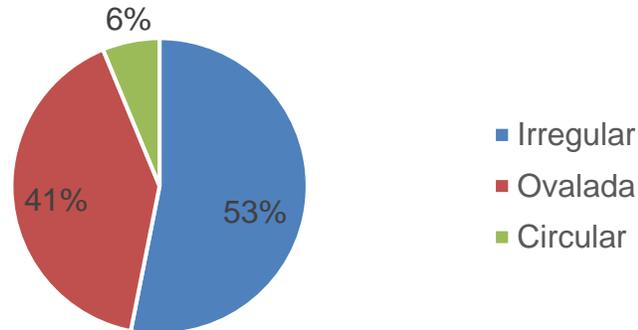


Figura 6: Gráfica de la forma de la lesión de “pepita negra” en frutos de *M. indica*.

Se muestra que la forma de la lesión causada por “pepita negra”, en los frutos muestreados es de forma irregular, tal como lo muestra la gráfica.

### 1.3 Color de la lesión

A continuación, se presentan los datos obtenidos de la variable color de la lesión causada por “pepita negra”, los cuales fueron observados en los frutos de *M. indica*

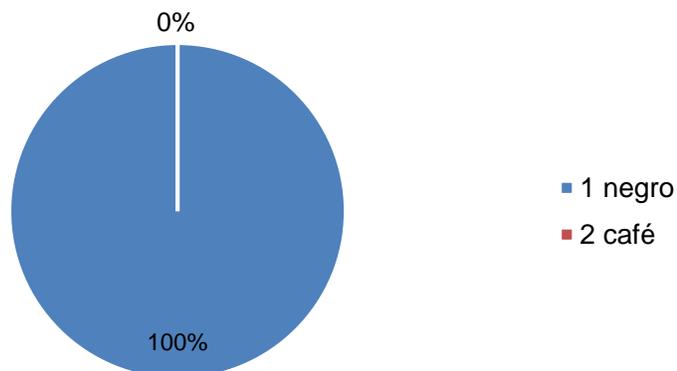


Figura 7: Gráfico del color de la lesión causada por “pepita negra” en *M. indica*.

En todos los frutos muestreados se presentaban manchas de color negro.

#### 1.4 Diámetro de la lesión causada por “pepita negra”

Se representa de manera gráfica el resultado de la medición del diámetro (en cm) de la lesión causada por “pepita negra”.

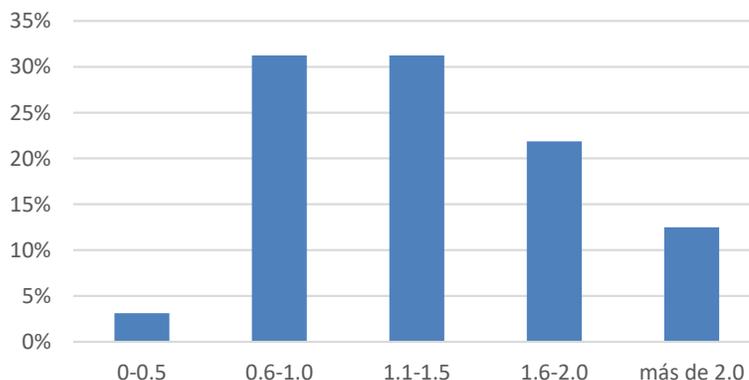


Figura 8: Tamaño de diámetro de la lesión de “pepita negra” en frutos de *M. indica*. El tamaño del diámetro encontrado en los frutos muestreados con signos y síntomas de “pepita negra, fue de 0.6 a 1.0 centímetros y de 1.1 a 1.5 centímetros, el cual, cada rango representa el 31 por ciento.

A continuación, se muestra el promedio del tamaño del diámetro del daño encontrado:

Cuadro 8: Valores del diámetro de la lesión de la “pepita negra”

Valor	Diámetro (cm)
medio	1.3
máximo	2.3
mínimo	0.4

Se observa que el valor medio del tamaño del diámetro encontrado fue de 1.3 centímetros, además se encontraron lesiones de menor tamaño, siendo el valor mínimo de 0.4 cm, y el valor máximo del tamaño de la lesión encontrado fue de 2.3 cm.

### 1.5 Parte atacada del fruto

Se presenta el porcentaje de cada criterio observados con respecto a la parte atacada en el fruto.

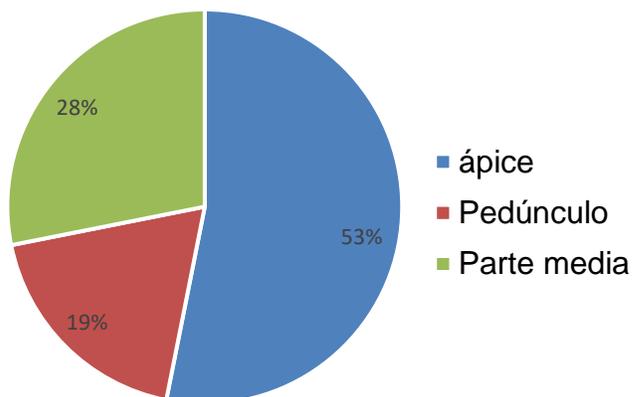


Figura 9: Gráfica de la parte atacada por “pepita negra” en el fruto de *M. indica*.

Por medio de la codificación en el programa Excel se pudo determinar gráficamente la parte atacada del fruto, el cual en un poco más de la mitad el ápice es la parte atacada del fruto por la lesión causada por “pepita negra”.

## 1.6 Tipo de síntoma

A continuación, se muestra el resultado del tipo de síntoma de la enfermedad de la “pepita negra”, que se observó en los frutos de *M. indica*.

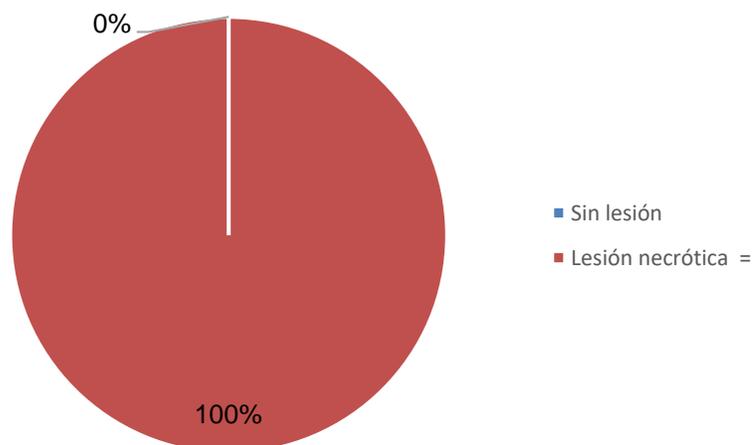


Figura 10: Gráfica del tipo de lesión de la “pepita negra” en *M. indica*.

Cuadro 9: Porcentaje y frecuencia del tipo de síntoma de “pepita negra”.

Tipo de síntoma		Frecuencia	Porcentaje
Sin lesión	0	0	0%
Lesión necrótica	1	32	100%

El total está representado en la gráfica anterior por el criterio lesión necrótica, ya que no se encontraron frutos sin ninguna lesión. En el cuadro anterior, se encuentra expresado el porcentaje de ambas características observadas en esta variable.

### 1.7 Tipo de signo

A continuación, se presenta el tipo de signo manifestado en los frutos de *M. indica* Tommy Atkins:

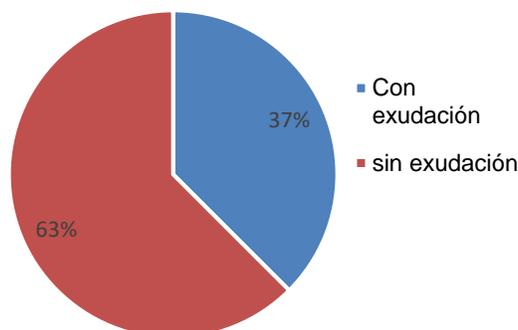


Figura 11: Tipo de signo de “pepita negra” en frutos de *M. indica*.

Se observa que los criterios observados en los frutos muestreados fueron con exudación y sin exudación, de los cuales se encontró que la mitad de los frutos mostraron signos sin exudación, siguiéndole los que presentaban exudación en el área de la lesión de la enfermedad de la “pepita negra”.

### 1.8 Daño en la fibra

Se presentan los criterios observados en los frutos de *M. indica* con respecto a la variable daño en la fibra del fruto.

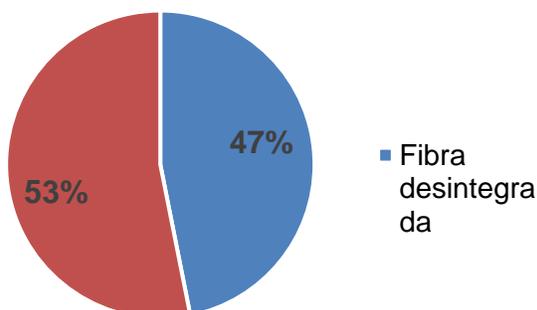


Figura 12: Daño en la fibra del fruto de *M. indica* causado por “pepita negra”.

Un poco más de la mitad de los frutos muestreados no presentaron lesiones en la fibra, ya que, al realizar un corte transversal, se observó que la fibra alrededor de la semilla se encontró firme, sin embargo, se encontró una gran cantidad de frutos con la fibra desintegrada, lo que corresponde el resto de los frutos muestreados.

### 1.9 Daño en la semilla

Se presenta el resultado de los criterios observados con respecto a la variable daño en la semilla:

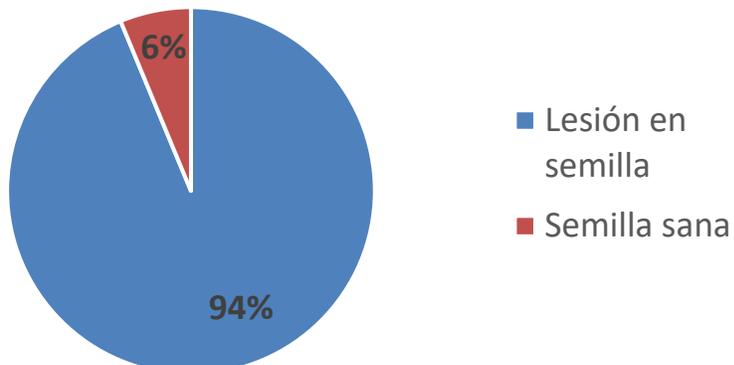


Figura 13: Lesión en la semilla de *M. indica* causado por “pepita negra”.

En casi el total de los frutos muestreados presentan daños en la semilla, ya que al realizar un corte transversal en el fruto se observó que la semilla presentaba una abertura y el color de la semilla era de color negro.

### 1.10 Grado de daño de la enfermedad

A continuación, se representa por medio de una gráfica el resultado de los criterios observados en esta variable.

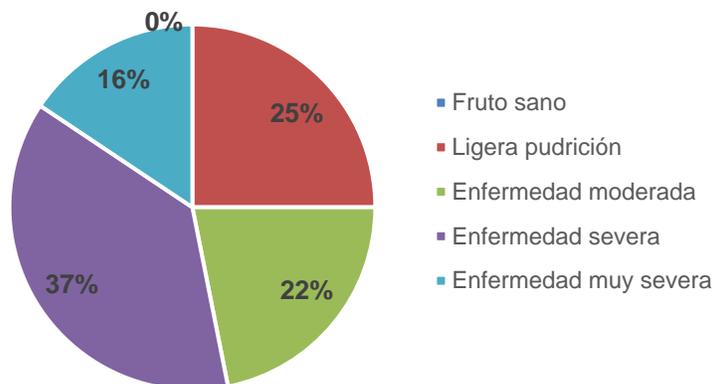


Figura 14: Nivel de daño de la enfermedad de la “pepita negra” en *M. indica*.

Se observa que el nivel de daño por la enfermedad de “pepita negra”, denominado enfermedad severa, es el grado que la mayoría de frutos se encontraban más afectados.

### 1.11 Desarrollo fisiológico del fruto

Se observa el resultado de los criterios observados:

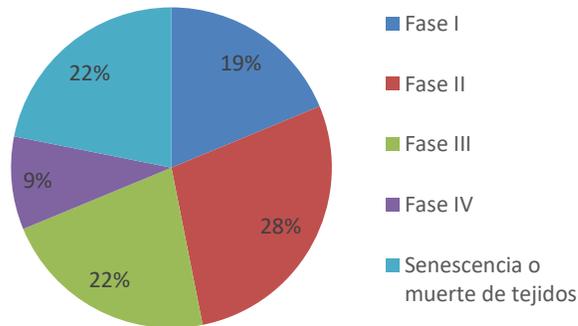


Figura 15: Gráfico del desarrollo fisiológico del fruto de *M. indica*.

La mayoría de los frutos muestreados se encontraban en la fase dos, el cual corresponde a la fase climatérica, en donde los frutos son de color verde con textura firme y empieza a disminuir la acidez.

Nota: se describen cada una de las fases de la siguiente manera, fase I: Prelimática, empieza a desaparecer la clorofila y disminuye el hueso en la pulpa; fase II: Climatérica, los frutos son verdes, con textura firme y disminuye acidez; fase III: Máximo climatérico. Los frutos presentan cambios de color de epidermis con textura suave; fase IV: Postclimatérica, los frutos tornan su coloración típica, su textura es blanda, maduración completa; después de la cuarta fase es la senescencia o muerte de tejidos, el cual se dan cambios en textura.

- **Descripción general de los síntomas y signos de “pepita negra” en frutos de *M. indica* Tommy Atkins, de finca santa Isabel.**

Después de haber medido las variables observadas en los frutos de *M. indica* sobre los síntomas y signos que presentan los frutos a nivel de campo se procedió a describir de la siguiente manera:

Se encontraron frutos con síntomas de lesiones necróticas formados en la parte externa, que van desde 0.4 cm hasta 2.3 cm de diámetro, aumentando de tamaño según el desarrollo o madurez fenológica de los frutos, coincidiendo así con Guevara *et al*, (2002), en donde mencionan que a medida que los frutos se acercan a la madurez fisiológica, el pH de la fruta se torna menos ácido lo que favorece el desarrollo del patógeno, en este órgano de la planta.

Las lesiones encontradas en su mayoría eran de forma irregular, sin embargo, también se encontraron lesiones de forma ovalada, el color de las lesiones externas fue en su mayoría el negro, la posición fue variada, frecuentemente se encontraban lesiones en el ápice del fruto. Se observó que los frutos pueden ser afectados en cualquier fase de su desarrollo. La infección por lo general se identifica sintomatológicamente en el campo por medio de las lesiones necróticas, sin embargo, en ocasiones no muestran signos que señalen la presencia de la enfermedad, basta realizar una observación estricta para encontrar algún punto muy diminuto, de color café rojizo o negro en algunas de las posiciones frecuentes de la aparición de las lesiones en los frutos, el cual se mantiene latente, ampliándose gradualmente hasta formar una mancha necrótica.

En algunas lesiones necróticas se les observó signos de exudaciones, el grado de severidad de las lesiones no definía el daño en la semilla. Además, en algunos frutos al realizarles un corte transversal se observó la presencia de lesiones internas, siendo de mayor tamaño al de la lesión externa, se observó que las semillas de estos frutos se encontraban con la testa y endocarpio rajado, la pulpa que la rodeaba era muy blanda (gelatinizada), con desintegración de fibras.

Las características típicas de la enfermedad de “pepita negra” (véase cuadro 32 y 33 en anexos), fueron tomadas según las investigaciones realizadas por Coto y Wang (1998), de los cuales sirvieron para la observaron en campo productivo de la finca. A continuación, se presentan los resultados:



Figura 16: Síntomas y signos de “pepita negra”, en *M. indica* Tommy Atkins.

Se muestran los frutos muestreados con signos de la enfermedad de la “pepita negra”, el cual se encontraron signos en la parte externa e interna en los frutos maduros fisiológicamente.

A continuación, se presenta de manera resumida los signos encontrados en los frutos de *M. indica*:

Cuadro 10: Resumen de variables cualitativas y cuantitativas de la descripción sintomatológica de la “pepita negra”.

Característica	0	1	2	3	4
Color externo del fruto		verde	Verde/rojo	Verde/amarillo	
Forma de la lesión externa		Irregular	ovalada	Circular	
Color de la infección		negro	Café		
Parte atacada del fruto		ápice	pedúnculo	Parte media	
Tipo de síntoma	Sin lesión	Lesión necrótica			
Tipo de signo		Con exudación	Sin exudación		
Daño en la fibra		Fibra desintegrada	Fibra integrada		
Daño en la semilla		Lesión en semilla	Semilla sana		
Grado de daño en la enfermedad	Fruto sano	Ligera pudrición	Enfermedad moderada	Enfermedad severa	Enfermedad muy severa
Desarrollo fisiológico del fruto	Fase I. Preclimática. Empieza a desaparecer clorofila y disminuye el hueso en la pulpa	Fase II. Climática. Frutos verdes, textura firme. Disminuye acidez	Fase III. Máximo climatérico. Los frutos presentan cambios de color de epidermis, textura suave.	Fase IV. Postclimática. Los frutos toman su coloración típica, su textura blanda, maduración completa.	Senescencia o muerte de tejidos. Cambios en textura

Las características comunes que se observaron en los frutos de *M. indica* con daños de “pepita negra” fueron los que se resaltan de color anaranjado. Además de la observación de estas características se procedió a medir el tamaño de la lesión que presentaba cada fruto, el cual se encontraron diámetros de 0.2 hasta 4 cm.

## **2. Determinación de la distribución de la incidencia de la enfermedad de *Erwinia* spp., “pepita negra” en finca Santa Isabel.**

Los datos obtenidos durante el muestreo de la enfermedad “pepita negra” en los frutos de *M. indica* Tommy Atkins, se presentan a continuación:

### **2.1 Etapa de desarrollo de los árboles de *M. indica* Tommy Atkins, en cada lote.**

Por medio de la utilización del Método de los estadios fenológicos propuestos por Corredor y García (2011) (cuadro 35 en anexos), en el cultivo de *M. indica* se pudo observar que, en los muestreos realizados durante el mes de abril y mayo del año 2021, los árboles se encontraban en el estadio cuatro, de la etapa fenológica denominada “Durante el desarrollo del fruto” de la etapa (III), el cual corresponde a que en esta etapa en los árboles se da un aumento de peso y dimensiones en los frutos. Se observó que los árboles de *M. indica* se encontraban en un estado óptimo de producción. En el cuadro 33 en anexos, se presenta los resultados obtenidos del muestreo sobre la etapa fenológica de plantación de *M. indica*.

Los árboles muestreados ya no mostraban ningún estadio fenológico de la etapa I y II (Desarrollo de las yemas y en el desarrollo del órgano floral), ya que estos estados fenológicos lo habían presentado meses atrás (enero a marzo), por lo que solamente se encontraron frutos completamente desarrollados.

## 2.2 Porcentaje de los árboles de *M. indica* afectados por *Erwinia* spp, “pepita negra”

A continuación, se observa la incidencia de la enfermedad de la “pepita negra” en la plantación de *M. indica* Tommy Atkins:

Cuadro 11: Incidencia de la “pepita negra”, en *M. indica* Tommy Atkins

No. Lote	% Incidencia (abril 2021)	% Incidencia (mayo 2021)	Promedio de Incidencia (2021)
1	4.76	5.52	5.14
2	11.99	12.01	12.00
3	9.16	10.32	9.74
4	8.81	9.48	9.145
5	10.77	10.19	10.48
6	3.09	9.92	6.505
7	12	10.7	11.35
8	11.32	9.6	10.46
9	7.03	9.18	8.105
10	9	8.79	8.895
11	10.02	10.02	10.02
12	10.23	10.64	10.435
13	10.15	12.14	11.145
14	10.23	11.08	10.655
15	8.26	9.35	8.805
16	9.79	10.32	10.055
17	14.16	13.11	13.635
18	14.93	14.53	14.73
19	11.09	10.19	10.64
20	10.43	11.06	10.745
21	11.34	10.33	10.835
22	11.08	11.13	11.105
23	10.33	12.36	11.345
24	6.44	8.18	7.31
25	5.69	10.41	8.05
27	4.22	6.6	5.41
28	2.17	3.05	2.61
29	3.21	4.29	3.75
30	4.37	3.75	4.06
31	4.17	5.11	4.64
32	4.51	5.34	4.925
33	4.02	6.22	5.12
Promedio	8.1472	8.9369	8.542

Se muestra el porcentaje promedio de incidencia que se manifestó en el mes de abril y mayo de 2021, los cuales no fueron homogéneos en cada lote de la finca, el porcentaje máximo de incidencia de la enfermedad fue de 14.73%, con una media de 8.54%, y el porcentaje mínimo encontrado fue de 2.61%.

De acuerdo a los muestreos realizados en los frutos de *M. indica* L. Tommy Atkins, se pudo identificar los lotes que presentaban mayor incidencia de la enfermedad de la “pepita negra”, los cuales fueron: Victorias y Montañita Alto, con incidencias de 13.63 a 14.73%. Las incidencias medias se presentaron en siguientes lotes: las Doscientas, San Juan, las Cuatrocientas, santa Isabel, pastoría alto, Caulote, Nance Luis alto, Nansón, San Jorge corral, San Jorge presa 2, San Anselmo 1, Chilar, 9 Manzanas, San Anselmo pila, 12 Manzanas, San Anselmo 2, Chincuyal, Platanera alto, Guardianía alto, Limar, Manacales, con 7.31 a 12% de incidencia. Así también se encontró una menor incidencia de la enfermedad en los siguientes lotes: Nance Luis Vega, Pastoría Vega, Cocal, Guardianía Vega, Montañita Vega, Platanera Vega, López Vega, San Jorge presa 1 y 3 López, con 2.61 a 6.50%.

Los frutos encontrados con los síntomas de la “pepita negra”, fueron desechados completamente durante la época de cosecha (abril y mayo), ya que, para la comercialización de los frutos, en la finca Santa Isabel, se descartan los frutos con manchas, deformidad, falta de madurez fisiológica y “pepita negra”. Coincidiendo con Vargas V., (2012), que menciona que en la finca El Tintero ubicada en el Progreso, Guatemala, durante el proceso de selección de la fruta de *M. indica* Tommy Atkins se descartan los frutos con “pepita negra”, deformidad y rayado por viento ya que son causas de rechazo en la exportación de los frutos.

Por lo tanto, se considera que la incidencia de esta enfermedad tiene presencia considerable en el cultivo de *M. indica* Tommy Atkins, de finca Santa Isabel, ya que disminuye su rendimiento de producción al afectar directamente al fruto. A continuación, se muestra el mapa de distribución de la incidencia de la “pepita negra”, en cada lote de la finca.

- Mapa de distribución de la incidencia de la “pepita negra” en lotes de finca Santa Isabel.

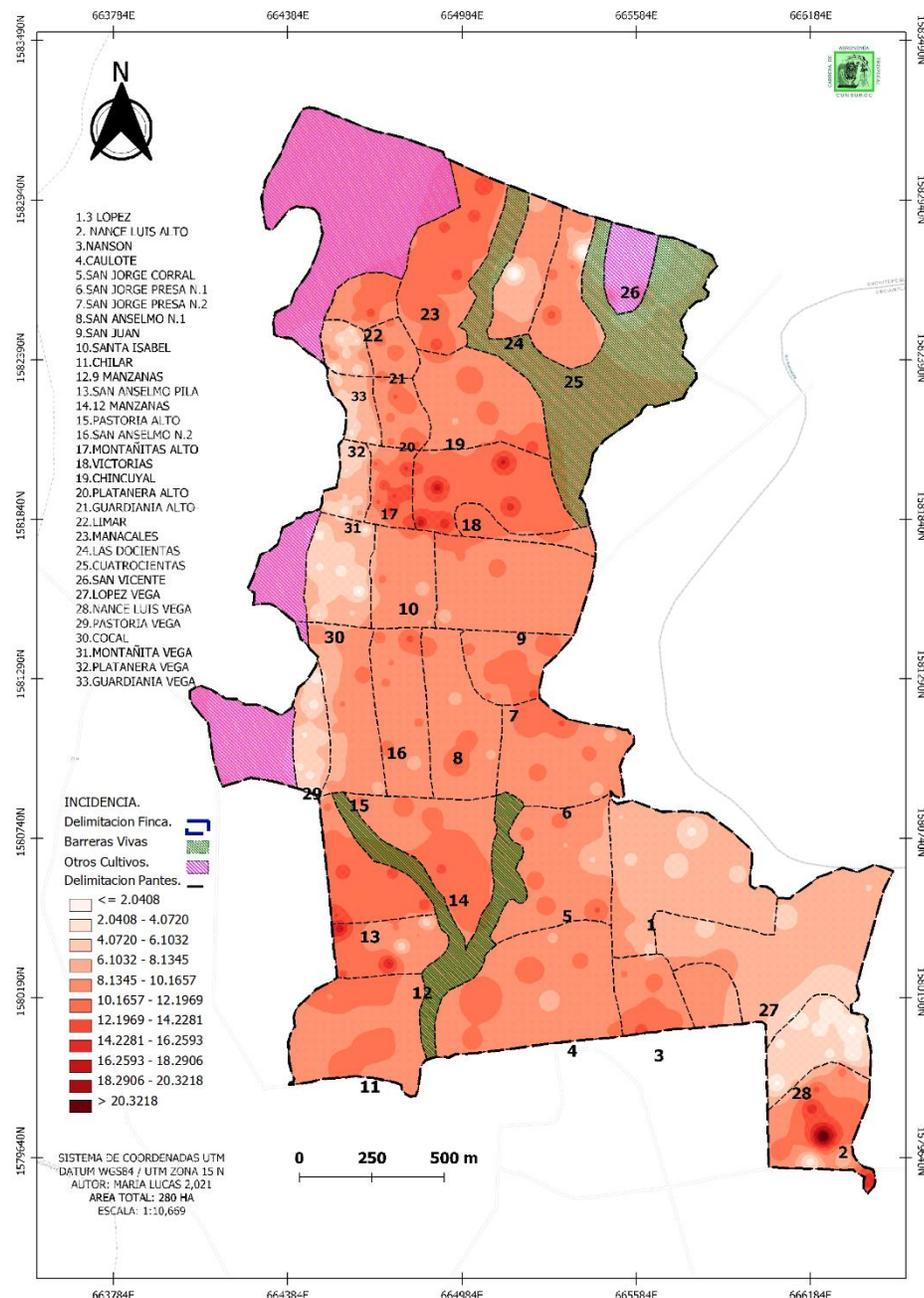


Figura 17: Mapa de incidencia de “pepita negra” en finca Santa Isabel.

Se presenta el promedio de incidencia de cada lote, el cual se puede observar mayor incidencia en el lote Victoria, Nance Luis Vega, Montañita alto y San Anselmo Pila, mostrándose con un tono rojo más fuerte en el mapa.

### 2.3 Nivel de daño de “pepita negra” en frutos de *M. indica* Tommy Atkins.

Para medir esta variable fue necesario hacer el uso de la escala de severidad de los síntomas de “pepita negra” *Erwinia* spp. propuesta por Gamboa *et al* (2020) con los síntomas encontrados en campo, se pudo determinar el estado de desarrollo de la enfermedad, en esta temporada de cosecha. A continuación, se presenta en el cuadro 12 y figura 18 la severidad de la “pepita negra”.

Cuadro 12: Severidad de la “pepita negra” en *M. indica* Tommy Atkins.

ABRIL	ESCALA					PROMEDIO SEVERIDAD (%)	MAYO	ESCALA					PROMEDIO SEVERIDAD (%)
	LOTE	0	1	2	3			4	LOTE	0	1	2	
1	758	8	10	18	7	5.37	1	1044	18	21	21	9	6.20
2	906	31	25	55	32	13.63	2	879	25	34	52	28	13.65
3	811	18	16	30	27	10.09	3	577	18	21	23	13	11.50
4	701	15	19	29	12	9.66	4	607	13	20	27	11	10.47
5	852	26	42	34	15	12.07	5	531	9	15	29	15	11.35
6	879	9	10	8	2	3.19	6	630	15	17	33	13	11.02
7	715	27	36	37	13	13.65	7	588	13	17	34	16	11.98
8	615	21	32	28	9	12.77	8	547	13	16	25	11	10.62
9	660	16	14	18	6	7.56	9	578	11	11	30	13	10.11
10	583	20	19	18	7	9.89	10	600	13	17	22	12	9.64
11	590	19	24	22	9	11.14	11	527	13	16	24	13	11.13
12	707	19	26	33	13	11.40	12	814	19	22	48	21	11.90
13	471	14	21	17	8	11.30	13	580	13	19	39	22	13.82
14	536	17	19	24	9	11.40	14	611	15	17	39	16	12.46
15	859	24	30	23	8	9.00	15	635	10	17	32	14	10.31
16	575	23	25	16	6	10.85	16	469	17	15	18	11	11.51
17	617	28	42	38	14	16.51	17	546	17	29	28	23	15.09
18	812	45	70	42	16	17.56	18	791	23	43	57	39	17.00
19	414	22	19	10	8	12.47	19	539	19	21	18	11	11.35
20	478	18	22	15	8	11.65	20	500	16	21	18	16	12.43
21	736	34	39	26	9	12.80	21	507	16	15	25	10	11.52
22	667	35	38	16	6	12.47	22	496	22	16	24	9	12.52
23	737	28	36	22	10	11.52	23	457	15	19	27	14	14.10
24	649	18	15	11	4	6.89	24	593	12	14	21	11	8.91
25	576	12	14	7	4	6.04	25	479	13	13	22	15	11.62
27	571	5	4	4	0	2.23	27	707	6	7	6	4	3.15
28	582	3	8	9	0	3.32	28	831	10	12	7	10	4.48
29	1253	12	26	17	5	4.57	29	568	4	4	13	2	3.89
30	592	9	8	7	3	4.36	30	598	10	6	12	6	5.38
31	625	5	9	16	1	4.73	31	696	8	7	16	10	5.56
32	640	3	13	9	3	4.19	32	605	7	10	18	8	6.64
<b>TOTAL</b>	<b>21167</b>	<b>584</b>	<b>731</b>	<b>659</b>	<b>274</b>	<b>8.91</b>	<b>TOTAL</b>	<b>19130</b>	<b>433</b>	<b>532</b>	<b>808</b>	<b>426</b>	<b>9.74</b>

A continuación, se presenta la severidad encontrada en los muestreos de los frutos, el cual se encontraron mayor cantidad de frutos afectados con el grado dos y tres en el mes de abril y con el grado tres en el mes de mayo:

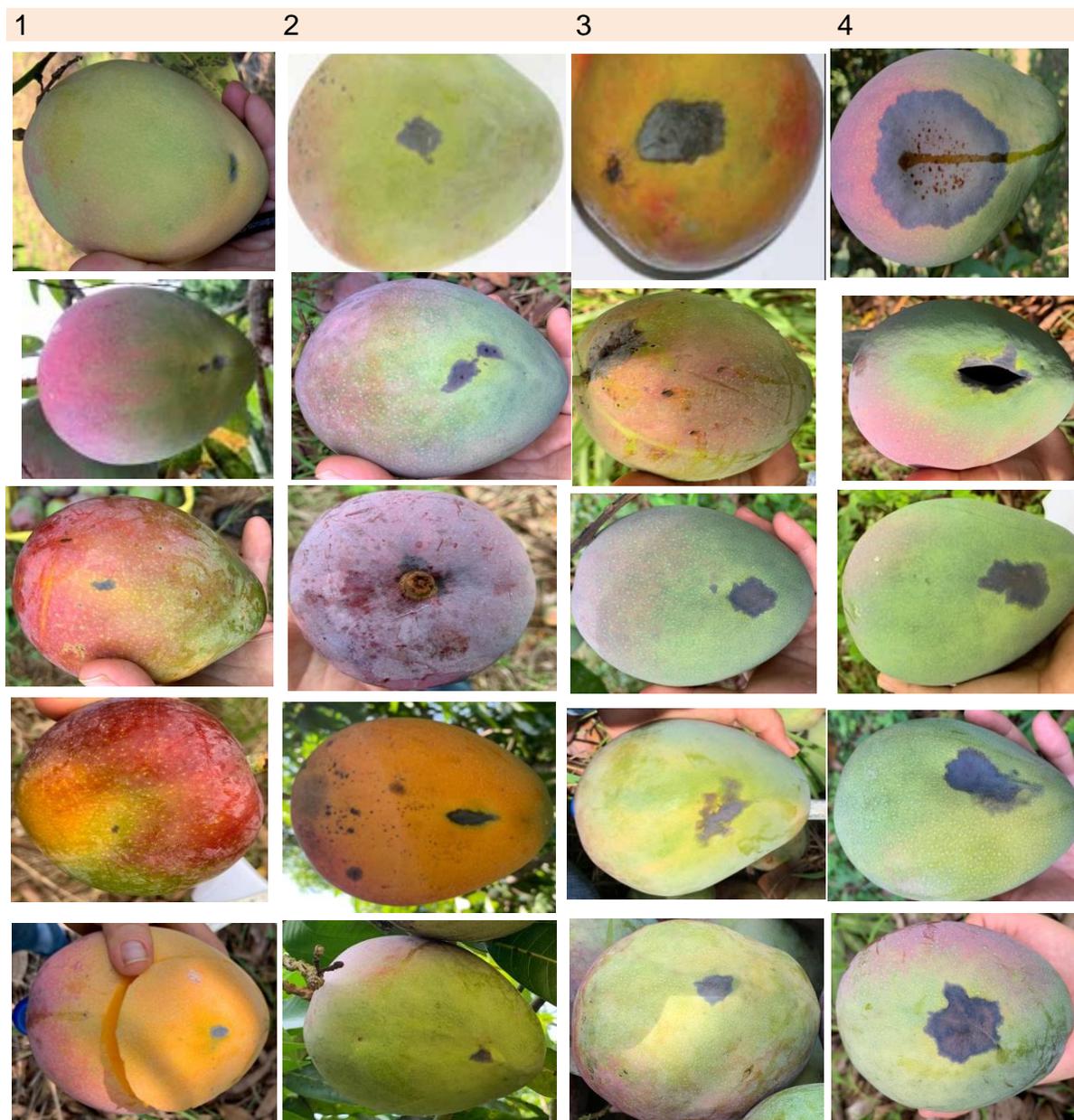


Figura 18: Desarrollo de la “pepita negra” en *M. indica* Tommy Atkins.

Fuente: Uso de la escala de severidad de Gamboa *et al*, (2010), Lucas (2021).

Según la escala de severidad propuesta por (Guevara *et al*, 2002), el grado de severidad de la enfermedad “pepita negra”, se compone por los siguientes grados: 0, 1, 2, 3 y 4, del cual por medio del muestreo se encontraron las cantidades de frutos dañados correspondientes al mes de abril, los cuales fueron: 21796, 593, 742, 666 y 276 frutos respectivamente a cada valor, haciendo un total de 2,277 frutos dañados y 21,796 frutos sanos. Mientras que en el mes de mayo se encontraron 19659, 443, 543, 824 y 430 frutos correspondientes a cada valor, con un total de 2,240 frutos dañados y 19,659 frutos sanos. Según el muestreo realizado, se encontró un total de 4,517 frutos dañados con “pepita negra” durante el año 2021, lo que corresponde a una pérdida de cosecha del 9.82%.

Por medio del muestreo realizado, se pudo determinar que el mayor grado de severidad de esta enfermedad en el cultivo de *M. indica* Tommy Atkins correspondiente al mes de abril es el grado 2 (enfermedad moderada), seguido por el grado 3, 1 y 4. En el mes de mayo, se encontró una mayor cantidad de frutos dañados con síntomas que corresponden al grado 3 (enfermedad severa), seguido por los grados 2, 1 y 4. Estos datos fueron influenciados por la época de muestreo y el ciclo de desarrollo de esta enfermedad.

### 3. Caracterización de los factores abióticos y determinación de microambientes en la finca Santa Isabel.

#### 3.1 Descripción de las variables climáticas

A continuación, se presenta el comportamiento de los factores climáticos de temperatura (figura 19), humedad relativa (figura 20) y lluvia (figura 21). Además, en el cuadro 27 y 28 en anexos se encuentran los datos que fueron tomados diariamente y el resumen del promedio mensual de éstos.

##### 3.1.1 Temperatura

Para medir esta variable se realizaron observaciones directas en el termómetro, el cual se tomaron únicamente los datos de los meses de enero hasta agosto, ya que fue el tiempo que duró el ejercicio de práctica supervisada.



Figura 19: Gráfico de promedio de temperatura, en finca Santa Isabel.

En la figura anterior se puede observar que los datos de promedio mensual de temperatura para el año 2021 fueron ascendiendo desde el mes de febrero hasta julio, teniendo variaciones de temperaturas de 1 a 3°C entre cada mes.

La temperatura promedio mensual en el mes de abril fue de un grado más elevado que en el mes de mayo. Durante los ocho meses de 2021 se tuvo una temperatura promedio de 25°C, una mínima de 23°C y máxima de 26°C.

### 3.1.2 Humedad relativa

A continuación, se presenta el promedio de humedad relativa de los meses de enero a agosto, en la cual se puede apreciar la diferencia que hubo entre cada mes.

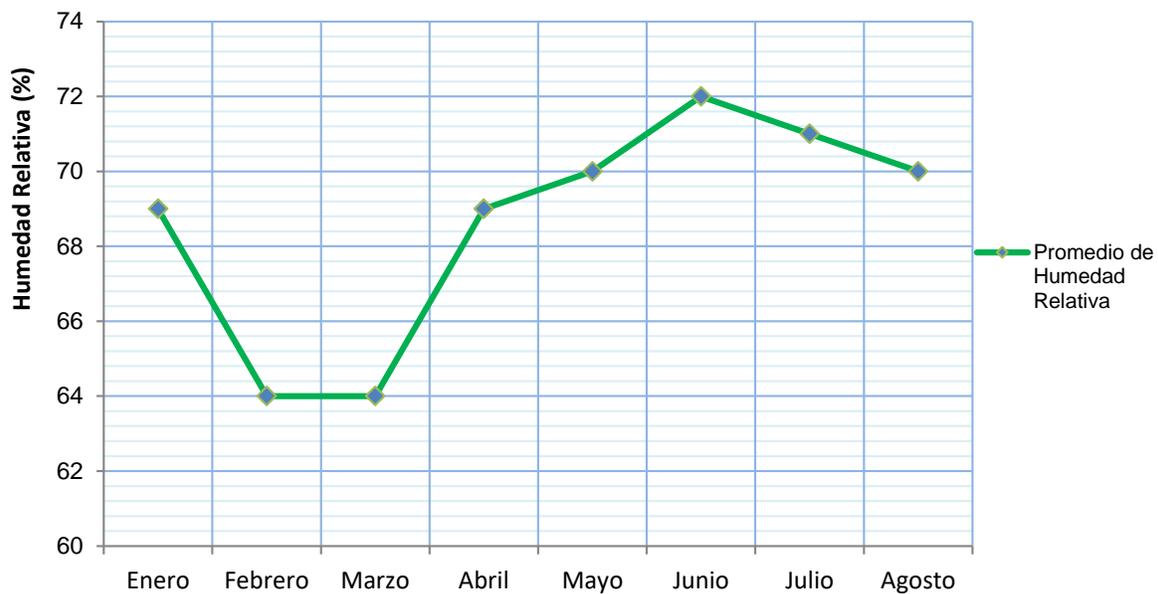


Figura 20: Gráfico de promedio de humedad relativa, en finca Santa Isabel.

Se puede observar que, en los primeros meses del año 2021, los porcentajes de humedad relativa va descendiendo y en abril empieza a ascender. Esto debido a la presencia de lluvia en los siguientes meses. En estos meses se pudo tener un promedio de humedad relativa en el ambiente de 68.62%, una mínima de 64% y una máxima de 72%. En abril la humedad relativa fue de 69% y en mayo del 70%, ya que la precipitación va de 71 mm en abril a 275 mm en mayo.

### 3.1.3 Lluvia

A continuación, se presenta el promedio mensual de lluvia de los meses de enero a agosto, la cual se puede apreciar la diferencia entre de precipitación entre cada mes.



Figura 21: Gráfico de promedio de precipitación, en finca Santa Isabel.

Se puede observar los datos de lectura promedio de lluvia, en el mes de enero de 2021, se tuvo una pequeña cantidad de lluvia de cinco mm, en el mes de febrero no hubo presencia de lluvia, sin embargo, en los meses siguientes la cantidad de lluvia fue siendo mayor. Hubo un promedio de 135.12 mm de agua de lluvia, una mínima mensual de cinco mm y una máxima de 361 mm, registrándose esta mayor cantidad de agua de lluvia en el mes de agosto. La precipitación en el mes de abril fue de 71 mm y ascendió a 275 mm en el mes de mayo.

### 3.2 Descripción general de los suelos y unidades determinadas

Los suelos son muy variables. Se determinaron cinco unidades de suelo en toda el área de la finca, las cuales se determinaron por su característica externa que se observaron en campo tales como: pendiente, cobertura, pedregosidad en la superficie, coordenada geográfica, formas de relieve y textura, Sin embargo, mediante el análisis de textura de suelo (ver cuadro 36 en anexos), se pudo diferenciar las unidades de suelo.

Cuadro 13: Unidades de suelo y áreas que abarcan.

Unidad de suelo	Lotes	Área (Has)	Porcentaje de área
1	Nance Luis alto, 9 Manzanas, 3 López, San Anselmo No.1.	47.6	16.88
2	Nansón, Caulote, San Jorge Corral, San Jorge Presa No.1, San Jorge presa No. 2, San Juan, Santa Isabel, 12 Manzanas, Pastoría Alto, San Anselmo No. 2, Montañita alto, Victorias, Chincuyal, Platanera alto, Guardianía Alto, Limar, Manacales, Las doscientas, Las cuatrocientas, San Vicente, López Vega, Nance Luis Vega, Pastoría Vega.	201.6	71.48
3	Chilar, San Anselmo pila	20.3	7.19
4	Cocal, Platanera Vega, Guardianía Vega	10.5	3.72
5	Montañita Vega	2.1	0.74
TOTAL		282	100

Se observa que las unidades determinadas fueron cinco, de las cuales se encuentra con mayor porcentaje de área la unidad dos, abarcando así el 71% del área total, y en menor porcentaje, la unidad cinco que abarca casi el 1% del área total. El manejo agronómico que se realiza son los mismos para toda la finca, tales

como el desmalezado, monitoreo de plagas y enfermedades, no aplican fertilización a ningún lote, sin implementación de algún sistema de riego, solamente el aprovechamiento del agua de lluvia.

Por medio de la clasificación del Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, s.f) (ver cuadro 37 en anexos), se pudo determinar que el 71.48% del área de la finca santa Isabel corresponde a una textura moderadamente fina, el 24.07% posee una textura fina, el 3.72% es de textura moderadamente gruesa, mientras que solamente el 0.74% del área de la finca posee una textura mediana.

Según los datos obtenidos de incidencia, en los lotes que se encontraban a la par de un río, los suelos francos y franco arenoso, fueron los que presentan menor porcentaje de incidencia, y en menor medida en los suelos franco arcilloso arenoso, los cuales se encuentran en la parte alta, alejados de los cauces de agua.

A continuación, se presenta la figura 22 el mapa de textura de suelos de la finca, que fueron determinados en el muestreo de suelos y el cuadro 28 en anexos, los resultados de laboratorio en donde se determinaron los % de arcillas, % limos, % arenas y el pH.

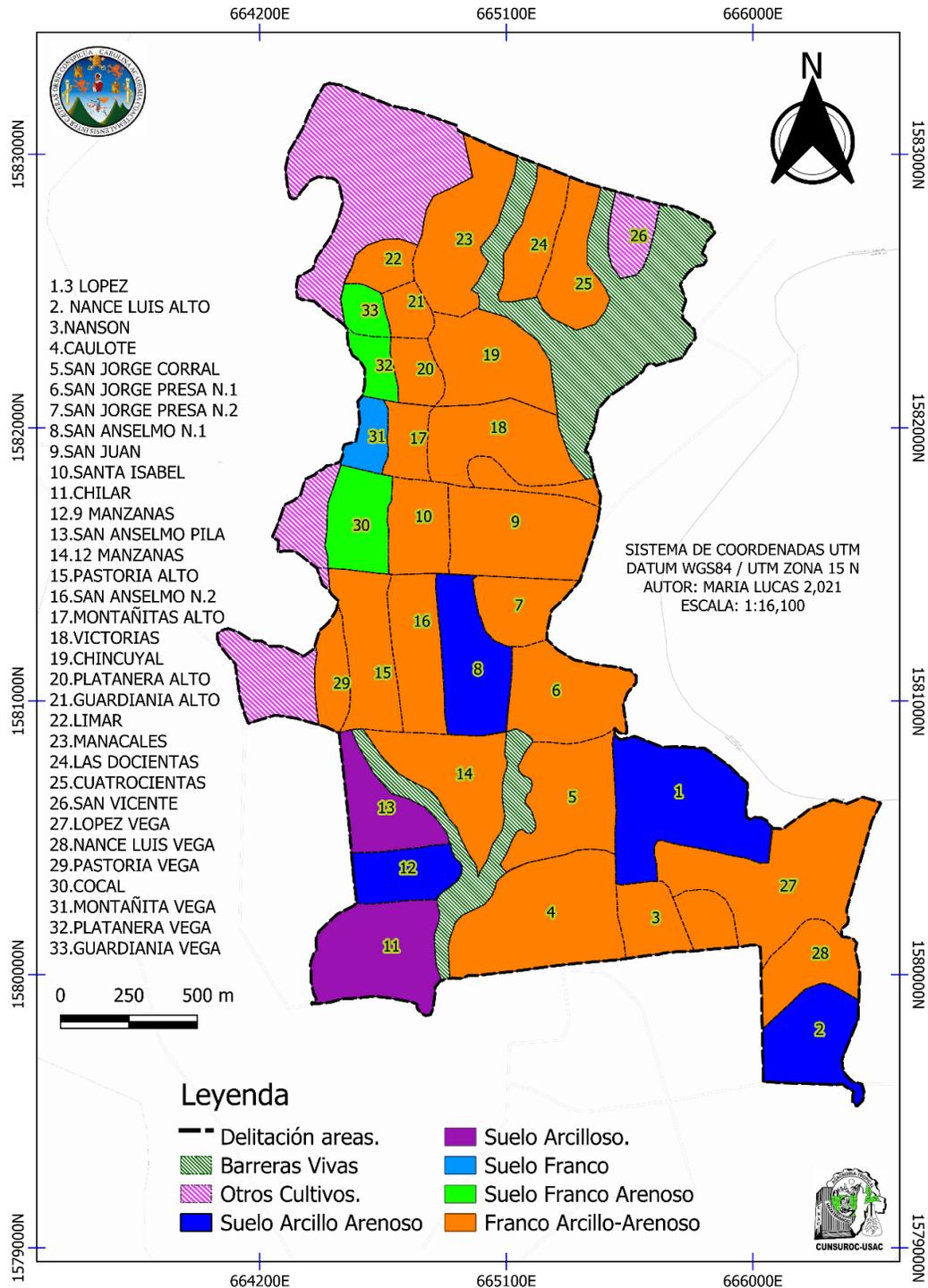


Figura 22: Mapa de textura de los suelos de finca Santa Isabel.

Se pueden observar las cinco clases texturales que se encontraron durante el submuestreo de suelos, el cual la clase textural franco arcillo arenoso, es la que predomina con mayor porcentaje de área en la finca.

### 3.2.1 Cobertura

El tipo de cobertura que se observó en los lotes fueron similares, poseen como uso principal de la tierra el cultivo de *M. indica*. Existen 32 lotes con *M. indica* Tommy Atkins y 1 lote con *M. indica* "Ataulfo". Además, por medio de los recorridos realizados se encontró en común la planta *Rottboellia cochinchinensis* (Lour.) Clayton *Poaceae* "Caminadora", el cual es de gran ayuda para el cuidado de los suelos, ya que, al cortarlas para controlar su población, quedan en el suelo conjuntamente con las hojas de los árboles de *M. indica*, actuando de manera natural como mulch o acolchado. En las unidades 2,4 y 5 se encontraron plantas de *Heliconia bihai*, (L.) L. *Heliconiaceae* "hoja de bijao"; *Lantana cámara* L., *Verbenaceae*, "siete negritos"; *Guazuma ulmifolia*, Lam. *Malvaceae*, "árboles de caulote", en las unidades 1,2 y 3, se encontraron algunas plantas de *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Malvaceae*, "ceiba"; *Acacia collinsii* (Saff), *Fabaceae*, "ixcanal" *Cordia alliodora* (Ruiz y Pav), *Boraginaceae*, "árbol de laurel"; *Tabebuia rosea* (Bertol.) Bertero Ex. A.DC., *Bignonaceae*, "árbol de matilisguate", entre otras.

### 3.2.2 Pedregosidad

En la mayoría de los lotes se observaron sobre la superficie del suelo la presencia de una a cinco piedras del tamaño de uno a dos metros de diámetro, sin embargo, en las cinco calicatas que se realizaron no se encontró presencia de piedras. Dentro de las calicatas solamente se encontraron presencia de muchas raíces en el perfil 1, disminuyendo poco a poco en el perfil 2; en la calicata 3, realizada en el pante Victoria se encontró la presencia de lombrices. Se determinaron las elevaciones (msnm) en que se encuentran las áreas de la finca y se presenta el mapa de curvas a nivel del terreno:

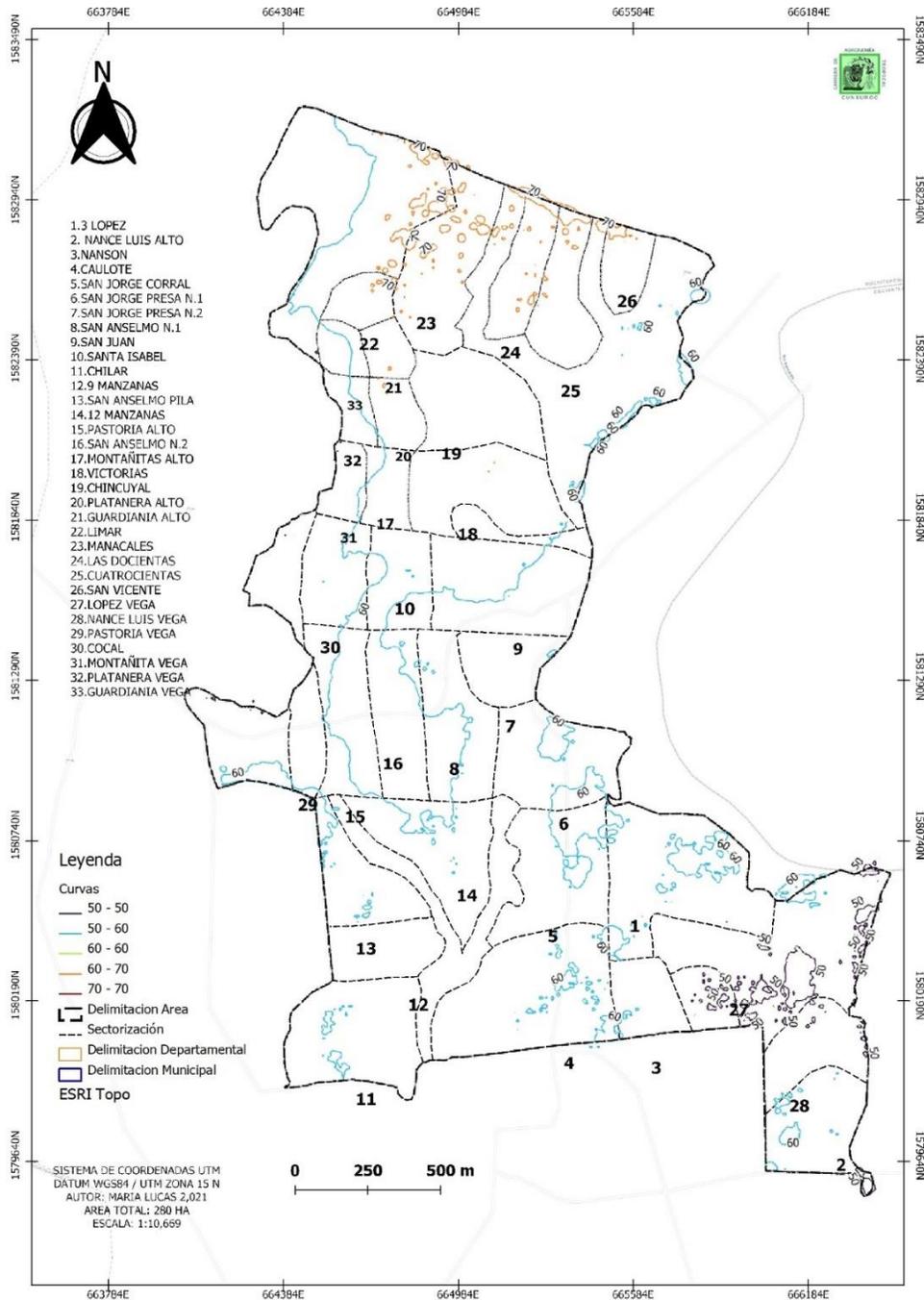


Figura 23: Mapa de curvas a nivel de finca Santa Isabel

La altura media en la que se encuentra la finca es de 60 msnm, el área total de la finca posee una diferencia de alturas de 20 metros, ya que las áreas más bajas se ubican a 50 metros y las áreas con mayor elevación son de 70 metros.

A continuación, se presenta la descripción de las cinco unidades homogéneas de suelos que se definieron en la finca, (cuadros 14, 15, 16, 17 y 18). Así también se presentan las boletas de información que fueron tomadas en campo en cada calicata (figura 36, 37, 38, 39 y 40 ver en anexos).

### **3.2.3 Descripción general de los perfiles de los suelos**

- **Descripción del suelo según observaciones realizadas en campo**
- **No. Perfil:** Unidad 1, lote San Anselmo 1.

#### **Parámetros que definieron a la unidad:**

- **Textura:** arcilla arenosa.

#### **Datos de perfil**

- **Fecha:** 13/07/2021.
- **Autor:** María Lucas.

#### **Localización**

- **Altura (msnm):** 59.
- **Coordenadas X:** 91° 28' 15.46".      **Y:** 14° 17' 49.09".
- **Municipio:** San José El Ídolo.
- **Departamento:** Suchitepéquez.
- **País:** Guatemala.

#### **Factores de formación**

- **Forma del terreno:** Planicie.
- **Posición fisiográfica del lugar:** pendiente baja.
- **Topografía del terreno circundante:** Llano.
- **Pendiente donde se tomó el perfil:** 1.2%.
- **Precipitación anual (mm):** 1,701 mm.
- **Temperatura media anual (°C):** 25°C.

- **Vegetación o uso de la tierra:** Cultivo de *M. indica* Tommy Atkins.
- **Material de origen:** volcánico.
- **Drenaje:** Buen drenaje.

### Descripción del perfil de suelo

Cuadro 14. Descripción de los estratos de la calicata, lote san Anselmo 1.

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
M.O.	0.04	Hojarasca, raíces de árbol de <i>M. indica</i> Tommy Atkins.
A	0.05-0.33	Presencia de raíces, estructura granular, consistencia suelta, no presentaba presencia de carbonatos, suelo color parduzco negro marrón (3/4 Hue 10 YR) en húmedo, textura de suelo franco arcilloso. Serie Tiquisate franco-arenosa (Ti).
B	0.33-1.00	Suelo color Marrón (4/3 Hue 7.5 YR) en húmedo, con estructura de tipo granular, presencia de pocas raíces muy finas, consistencia firme, no hubo reacción de presencia de carbonatos, textura de suelo arcilloso. Serie Ixtán franco limoso (It).

Se puede observar que, en esta calicata, existe presencia de raíces en el horizonte A y B, se encuentra en una pendiente baja de 1.2% y también posee un buen drenaje.

- **Descripción del suelo según observaciones realizadas en campo**

**No. Perfil:** Unidad 2, (lote Victoria).

**Parámetros que definieron a la unidad:**

- **Textura:** franco arcillo-arenosa

**Datos de perfil**

- **Fecha:** 13 de julio de 2021.
- **Autor:** María Lucas.

**Localización**

- **Altura (msnm):** 66
- **Coordenadas X:** 91° 28' 13.54"      **Y:** 14° 18' 15.98"
- **Municipio:** San José El Ídolo.
- **Departamento:** Suchitepéquez.
- **País:** Guatemala.

**Factores de formación**

- **Forma del terreno:** planicie.
- **Posición fisiográfica del lugar:** pendiente baja.
- **Topografía del terreno circundante:** Llano.
- **Pendiente donde se tomó el perfil:** 0.7%
- **Precipitación anual (mm):** 1,701 mm.
- **Temperatura media anual (°C):** 25°C.
- **Vegetación o uso de la tierra:** Cultivo de *M. indica* Tommy Atkins.
- **Material de origen:** Volcánico.
- **Drenaje:** Problemas con drenaje.

## Descripción del perfil de suelo

Cuadro 15: Descripción de los estratos de la calicata, lote Victoria.

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
M.O.	0.04	Hojarasca, raíces de árbol de <i>M. indica</i> L. Tommy Atkins.
A	0.05-0.27	Presencia de raíces, estructura granular, consistencia suelta, no presentaba presencia de carbonatos, suelo color Grisáceo marrón (4/2 Hue 5 YR) en húmedo, presencia de lombrices, textura de suelo franco. Tiene buen drenaje. Serie Tiquisate franco-arenosa (Ti).
B	0.27-1.00	Suelo color brillante marrón (5/6 Hue 7.5 YR) en húmedo, con estructura de tipo granular en húmedo y, presencia de pocas raíces muy finas, consistencia firme en húmedo y muy dura en seco, no hubo reacción de presencia de carbonatos, textura de suelo arcilloso. Problema de drenaje. Serie Ixtán franco limoso (It).

A continuación, se presenta la descripción de las características observadas en la calicata realizada en el lote Victoria, el cual se observó presencia de raíces en el horizonte A y B, la pendiente es baja de 0.7% y tiene problemas de drenaje:

- **Descripción del suelo según observaciones realizadas en campo**

**No. Perfil:** Unidad 3, (lote San Anselmo pila).

**Parámetros que definieron a la unidad:**

- **Textura:** arcilla

**Datos de perfil**

- **Fecha:** 14 de julio de 2021.
- **Autor:** María Lucas.

**Localización**

- **Altura (msnm):** 58
- **Coordenadas X:** 91° 28' 28.18"      **Y:** 14° 17' 34.10"
- **Municipio:** San José El Ídolo.
- **Departamento:** Suchitepéquez.
- **País:** Guatemala.

**Factores de formación**

- **Forma del terreno:** Planicie.
- **Posición fisiográfica del lugar:** Pendiente baja.
- **Topografía del terreno circundante:** Llano.
- **Pendiente donde se tomó el perfil:** 1.5%
- **Precipitación anual (mm):** 1,701 mm.
- **Temperatura media anual (°C):** 25°C.
- **Vegetación o uso de la tierra:** Cultivo de *M. indica* Tommy Atkins.
- **Material de origen:** Volcánico.
- **Drenaje:** Drenaje bueno.

## Descripción del perfil de suelo

Cuadro 16: Descripción de los estratos de la calicata, lote san Anselmo pila.

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
M.O.	0.03	Hojarasca, raíces de árbol de <i>M. indica</i> Tommy Atkins
A	0.03-0.32 límite superior 0.03-0.51 límite inferior	Presencia de raíces, estructura granular, consistencia suelta, no presentaba presencia de carbonatos, suelo color marrón (4/2 Hue 7.5 YR) en húmedo, no se encontró presencia de piedras, textura de suelo arcilloso. Serie de suelo Ixtán franco limoso (It).
B	0.32-1.00	Suelo color marrón brillante (6/6 Hue 10 YR) en húmedo, con estructura de tipo granular, presencia pocas raíces muy finas, consistencia frágil en húmedo y muy dura en seco, no hubo reacción de presencia de carbonatos, textura de suelo arcilloso. Serie de suelo Ixtán franco limoso (It).

A continuación, se presenta la descripción de la calicata realizada en el lote San Anselmo pila, es cual posee la característica de presencia de raíces en el horizonte A y B, el color del suelo marrón, una pendiente baja de 1.5% y un buen drenaje.

- **Descripción del suelo según observaciones realizadas en campo**

**No. Perfil:** Unidad 4, (lote Cocal).

**Parámetros que definieron a la unidad:**

- **Textura:** franco arenoso

**Datos de perfil**

- **Fecha:** 14 de julio de 2021.
- **Autor:** María Lucas.

**Localización**

- **Altura (msnm):** 58
- **Coordenadas X:** 91° 28' 29.00"      **Y:** 14° 18' 10.62"
- **Municipio:** San José El Ídolo.
- **Departamento:** Suchitepéquez.
- **País:** Guatemala.

**Factores de formación**

- **Forma del terreno:** Planicie.
- **Posición fisiográfica del lugar:** Pendiente baja.
- **Topografía del terreno circundante:** Llano.
- **Pendiente donde se tomó el perfil:** 1.5%
- **Precipitación anual (mm):** 1,701 mm.
- **Temperatura media anual (°C):** 25°C.
- **Vegetación o uso de la tierra:** Cultivo de *M. indica* Tommy Atkins.
- **Material de origen:** Volcánico.
- **Drenaje:** Buen drenaje

## Descripción del perfil de suelo

Cuadro 17. Descripción de los estratos de la calicata, lote Cocal.

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
M.O.	0- 0.05	Hojarasca, raíces de árbol de <i>M. indica</i> Tommy Atkins
A	0.06-0.22	Presencia de muchas raíces, estructura granular, consistencia suelta, no presentaba presencia de carbonatos, suelo color grisáceo amarillento marrón (4/3 Hue 10 YR) en húmedo, presencia de lombrices, textura de suelo Franco limoso. Serie de suelo Ixtán franco limoso (It).
B	0.22- 1.00	Suelo color grisáceo amarillo marrón (6/2 Hue 10 YR) en húmedo, con estructura de tipo granular, presencia de pocas raíces muy finas, consistencia suelta, no hubo reacción de presencia de carbonatos, textura de suelo franco arenoso. Serie de suelo Tiquisate franco arenosa (Ti).

Las características observadas en la calicata realizada en el lote Cocal, se encontraron presencia de muchas raíces en el horizonte A y presencia de lombrices, pocas raíces en el horizonte B, no se encontró presencia de lombrices. La pendiente es baja de 1.5% y buen drenaje.

- **Descripción del suelo según observaciones realizadas en campo**

**No. Perfil:** Unidad 5, (lote Montañita Vega).

**Parámetros que definieron a la unidad:**

- **Textura:** franco.

**Datos de perfil**

- **Fecha:** 14 de julio de 2021.
- **Autor:** María Lucas.

**Localización**

- **Altura (msnm):** 56
- **Coordenadas X:** 91° 28' 25.47"      **Y:** 14° 18' 19.72"
- **Municipio:** San José El Ídolo.
- **Departamento:** Suchitepéquez.
- **País:** Guatemala.

**Factores de formación**

- **Forma del terreno:** Pendiente ligera.
- **Posición fisiográfica del lugar:** Pendiente cóncava.
- **Topografía del terreno circundante:** Ligeras pendientes.
- **Pendiente donde se tomó el perfil:** 3.4%
- **Precipitación anual (mm):** 1,701 mm.
- **Temperatura media anual (°C):** 25°C.
- **Vegetación o uso de la tierra:** Cultivo de *M. indica* Tommy Atkins.
- **Material de origen:** Volcánico.
- **Drenaje:** Buen drenaje.

## Descripción del perfil de suelo

Cuadro 18. Descripción de los estratos de la calicata, lote Montañita Vega.

Horizonte	Profundidad (m)	Descripción
M.O.	0.04	Raíces de árbol de <i>M. indica</i> Tommy Atkins, hojarascas, suelo color café oscuro
A	0.04-0.18	Presencia de muchas raíces, estructura granular, consistencia suelta, no presentaba presencia de carbonatos, suelo color grisáceo oscuro (4/2 Hue 7.5 YR) en húmedo, textura de suelo Franco. Serie de suelo. Tiquisate franco arenosa (Ti).
B	0.18-1.00	Suelo color grisáceo amarillo marrón (5/2 Hue 10 YR) en húmedo, con estructura de tipo granular, presencia de pocas raíces muy finas, consistencia suelta, no hubo reacción de presencia de carbonatos, textura de suelo franco. Serie de suelo. Tiquisate franco arenosa (Ti).

Se muestra la descripción de la calicata realizada en el lote Montañita vega, en el cual se encontraron presencia de muchas raíces en el horizonte A y pocas raíces en el horizonte B, la pendiente en esta área es cóncava de 3.4% y el drenaje es bueno.

### 3.2.4 Características químicas de los suelos

A continuación, se presenta el resultado del análisis químico de los suelos

Cuadro 19: Resultado de análisis químico de los suelos de finca santa Isabel.



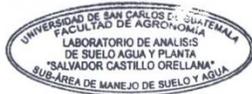
**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE AGRONOMÍA**  
 LABORATORIO DE SUELO-PLANTA-AGUA "SALVADOR CASTILLO ORELLANA"



**INTERESADO: MARIA PIEDAD LUCAS**  
**PROCEDENCIA: FCA SANTA IZABEL, SAN JOSE EL IDOLO, SUCHITEPEQUEZ**  
**FECHA DE INGRESO: 20/7/2021**

**ANALISIS QUIMICO DE SUELOS**

IDENTIFICACION	pH	ppm					Meq/100 gr					%	
		P	Cu	Zn	Fe	Mn	CIC	Ca	Mg	Na	K	SB	M.O
<b>RANGO ADECUADO</b>	6-6.5	12-16	2-4	4-6	10-15	10-15	20-25	4-8	1.5-2	-----	0.27-0.38	75-90	4-5
<b>M-1</b> Pante Victoria Ho1 0-27cm	5.3	2.42	6.00	16.50	130.00	127.50	23.54	7.49	4.36	0.28	0.28	52.69	2.46
<b>M-2</b> Pante Victoria Ho2 27-100cm	5.8	1.52	5.50	2.00	73.00	49.00	16.69	4.49	3.54	0.52	0.12	51.92	0.57
<b>M-3</b> Pante Montañita Vega Ho1 0-22cm	5.7	54.93	2.50	4.00	41.00	21.00	24.82	10.48	3.08	0.19	2.36	64.91	1.36
<b>M-4</b> Pante Montañita Vega Ho2 22-100cm	5.8	50.89	2.00	7.50	53.50	30.50	23.11	10.73	2.63	0.24	2.36	69.07	1.10
<b>M-5</b> Pante Cocal Ho1 0-22cm	5.8	50.55	1.00	7.00	25.00	25.50	22.68	10.23	2.75	0.26	1.79	66.30	2.15
<b>M-6</b> Pante Cocal Ho2 22-100cm	5.5	29.28	1.00	3.00	29.00	14.00	20.12	8.23	2.14	0.20	1.23	58.67	1.58
<b>M-7</b> Pante San Anselmo 1 Ho1 0-33cm	5.5	1.81	3.00	13.50	31.00	70.50	22.68	7.24	3.78	0.35	0.67	53.05	1.49
<b>M-8</b> Pante San Anselmo 1 Ho 33-100cm	5.5	1.55	6.00	2.50	73.00	42.50	18.83	4.74	2.92	0.37	0.11	43.19	0.45
<b>M-9</b> Pante San Anselmo Pila 1 Ho1 0-51cm	5.3	1.44	6.50	3.00	40.50	58.00	22.26	5.74	2.88	0.26	0.25	41.02	1.78
<b>M-10</b> Pante San Anselmo Pila 1 Ho2 51-100cm	5.4	1.25	4.50	2.00	51.50	28.50	16.69	4.24	2.01	0.28	0.09	39.70	0.62



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA  
 TEL: (502) 2411 1725

Fuente: Laboratorio de Suelos- Planta- Agua "Salvador Castillo Orellana" (2021).

### **A. Reacción del suelo (pH)**

Según los resultados obtenidos del análisis químico de los suelos de finca Santa Isabel (ver cuadro 20) y utilizando la escala de valores de ICA (1992), la reacción del suelo con respecto al pH, es fuertemente ácido en la unidad 1 con valor de 5.5 en el primer y segundo horizonte. La unidad 2 tiene un pH de 5.3, en el primer horizonte, el cual significa que es un suelo fuertemente ácido, en el segundo horizonte se encontró un pH con valor de 5.8, el cual significa que es un suelo moderadamente ácido. En la unidad 3 se encontró un pH de 5.3 en el primer horizonte y de 5.4 en el segundo horizonte, el cual significa que en el pH de ambos horizontes son fuertemente ácido. En la unidad 4 se encontró un pH de 5.8 en el primer horizonte, el cual significa que es moderadamente ácido y de 5.5 en el segundo horizonte, lo que significa que es un suelo fuertemente ácido. En la unidad 5 se encontró un pH de 5.7 en el primer horizonte y de 5.8 en el segundo horizonte, el cual significa que ambos horizontes poseen un pH moderadamente ácido.

Según la escala de interpretación de pH del suelo de ICA (1992), menciona que los suelos con valores de pH de 5.0 – 5.5, son fuertemente ácido, lo que puede causar una toxicidad moderada por Al y Mn, deficiencia de P, S, M y de bases, además que los cultivos puedan requerir encalamiento. Los suelos con pH de 5.5 - 6.0 son considerados moderadamente ácido, el cual significa que hay mayor disponibilidad de P, S, Mo. y de bases. Los cultivos que sean susceptibles a la acidez del suelo requerirán encalamiento.

Según Mora *et al*, (2002) en el cultivo de *M. indica* se recomienda que sea cultivado en un suelo con pH entre 5,5 y 7.0, lo que significa que la mayoría de suelos son aptos para el cultivo.

### **B. Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

Según los resultados del análisis químico de los suelos de la finca, se pudo determinar los valores de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). La escala

de valores de CIC, utilizada fue de Bueno y Fernández (2019). Los valores de CIC en el primer horizonte de la unidad 1 es de 22.68, el cual corresponde que se encuentra en un nivel medio y en el segundo horizonte es de 18.83, este valor se encuentra en un nivel bajo. En el primer horizonte de la unidad 2, se obtuvo el valor de 23.54, correspondiente al nivel medio y en el segundo horizonte es de 16.69, corresponde al nivel bajo. En el primer horizonte de la unidad 3, se obtuvo el valor de 22.26, este valor se encuentra en un nivel medio y en el segundo horizonte es de 16.69 que corresponde a un nivel bajo. En el primer horizonte de la unidad 4, se obtuvo el valor de 22.68 y en el segundo horizonte de 20.12, ambos valores se encuentran en un nivel medio. En el primer horizonte de la unidad 5 se obtuvo un valor de 24.82 y en el segundo horizonte de 23.11, lo cual significa que ambos valores se encuentran en un nivel medio.

La capacidad de intercambio catiónico es medio en la mayoría de unidades observadas, lo cual significa que el suelo se encuentra con una capacidad media de retener los elementos necesarios para la nutrición de las plantas, si estos están presentes en el suelo. La CIC incrementa en suelos arcillosos y con altos contenidos de materia orgánica.

### **C. Porcentaje de saturación de bases**

Según la escala de valores del porcentaje de saturación de bases, de Oliveira, Khouri & Mayor, (2006), el grado de saturación de los suelos de la finca Santa Isabel, en base a los resultados químicos indican lo siguiente: en el primer horizonte de la unidad 1 se obtuvo una tasa de saturación de 53.05%, lo que indica que el suelo se encuentra medianamente saturado, en el segundo horizonte es de 43.19%, lo que indica que el suelo se encuentra ligeramente saturado. En el primer horizonte de la unidad 2 se obtuvo una tasa de saturación de 52.69% y de 51.92% en el segundo horizonte, lo que indica que en los dos horizontes el suelo se encuentra medianamente saturado. En el primer horizonte de la unidad 3 se obtuvo una tasa de saturación de 41.02% y de 39.70% en el segundo horizonte, lo que indica que en ambos horizontes el suelo se encuentra ligeramente saturado.

En el primer horizonte de la unidad 4 se obtuvo una tasa de saturación de 66.30% y de 58.67% en el segundo horizonte, lo que indica que en ambos horizontes el suelo se encuentra medianamente saturado. En el primer horizonte de la unidad 5 se obtuvo una tasa de saturación de 64.91% y de 69.07% en el segundo horizonte, lo que indica que, en ambos horizontes, el suelo se encuentra medianamente saturado.

Se obtuvo un valor medio en cuanto al porcentaje de bases saturadas en la mayoría de los perfiles de suelo de finca Santa Isabel (menor del 70%), lo que indica que una gran proporción de los sitios de intercambio están ocupados por Al<sup>+</sup> y H<sup>+</sup>. y Mn, lo que hace que sean deficientes de Ca, K, N, Mg, Mo, P, S.

#### **D. Materia Orgánica**

Según la escala de valores del porcentaje de materia orgánica, (Agrinova Science, s.f), los resultados del análisis químico del contenido de la materia orgánica de los suelos de la finca santa Isabel, indican lo siguiente: en el primer horizonte de la unidad 1 se obtuvo un valor de 1.49% de materia orgánica, lo que indica que el suelo se encuentra medianamente pobre, el segundo horizonte es de 0.45%, lo que indica que el suelo se encuentra extremadamente pobre. En el primer horizonte de la unidad 2 se obtuvo un valor de 2.46% lo que indica que el suelo se encuentra medianamente rico en materia orgánica y de 0.57% en el segundo horizonte, lo que indica que el suelo se encuentra extremadamente pobre. En el primer horizonte de la unidad 3 se obtuvo un valor de 1.78%, lo que indica que el suelo se encuentra medianamente pobre y de 0.62% en el segundo horizonte, lo que indica que el suelo se encuentra pobre. En el primer horizonte de la unidad 4 se obtuvo un valor de 2.15%, lo que indica que el suelo se encuentra mediano en materia orgánica y de 1.58% en el segundo horizonte, lo que indica que el suelo se encuentra medianamente pobre. En el primer horizonte de la unidad 5 se obtuvo un valor de 1.36%, lo que indica que el suelo se encuentra medianamente pobre y de 1.10% en el segundo horizonte, lo que indica que el suelo se encuentra pobre en materia orgánica.

El contenido de materia orgánica en los perfiles observados fue variado, desde un suelo extremadamente pobre hasta un suelo medianamente rico, con valores de 0.45% hasta 2.46% respectivamente. Los suelos que presentaron mayor contenido de materia orgánica son más fértiles (unidad 2 y 4), a comparación de los que tuvieron menor contenido (unidad 1, 3 y 5). La materia orgánica del suelo tiene un enorme impacto en la mayoría de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, ya que evita el lavado de los suelos y la pérdida de nutrientes y mejora la capacidad de intercambio catiónico.

### **E. Contenido de nutrientes**

Según los resultados obtenidos del análisis químico de las muestras de suelo (ver cuadro 20), sobre el contenido de nutrientes, indican lo siguiente:

Fósforo (P):

Los valores de P en la unidad 1, 2 y 3 son de 1.81, 2.4 y 1.44 ppm respectivamente, y según los rangos dados en el análisis químico de suelos los valores obtenidos son bajos o escasos, mientras que en la unidad 4 y 5 se obtuvieron valores de 50.55 y 54.93 ppm respectivamente, lo que indica que se encuentra alto o en exceso.

Los rangos aceptables, brindados en el análisis químico de los suelos (Ver cuadro 20) son de 12 a 16 ppm en cuanto al nutriente de fósforo en el suelo.

Cobre (Cu):

Los valores de Cu en la unidad 1 y 5 se encuentran dentro del rango aceptable, con valores de 3.00 y 2.50 ppm respectivamente. En las unidades 2 y 3 los valores son de 6.00 y 6.50 ppm respectivamente, estos valores indican que el Cu se encuentra en exceso en ambas unidades. En la unidad 4 se obtuvo un valor de 1.00 ppm, lo que indica que se encuentra escaso o bajo el nutriente de Cu.

Según los rangos brindados en el análisis químico de suelos para el nutriente Cu, solamente unidad 1 y 5 se encuentran dentro del rango aceptable en cuanto a este nutriente. Los rangos aceptables son de 2 a 4 ppm.

Zinc (Zn):

Los valores obtenidos de Zn en la unidad 1, 2 y 4 fueron de 13.50 y 16.50 y 7 ppm, lo que indica se encuentran en exceso en el suelo, en la unidad 3 se tiene un valor de 3.00 ppm lo que indica que se encuentra escaso o bajo, mientras que en la unidad 5 se tiene un valor de 4.00 ppm, lo que indica que se encuentra dentro del rango aceptable.

Los rangos aceptables de Zn, según el cuadro 20 en anexos, se encuentra de 4 a 6 ppm, lo que indica que solamente en la unidad 5 se encuentra dentro de los niveles este nutriente.

Hierro (Fe):

Los valores de Fe en los cinco perfiles de suelo, se encuentran en exceso ya que los valores en la unidad 1, 2, 3, 4 y 5 son de 31.00, 130.00, 40.50, 25.00 y 41.00 ppm respectivamente, según los rangos aceptables (ver cuadro 20), son de 10 a 15 ppm en cuanto al nutriente de Fe.

Manganeso (Mn):

Los valores de Mn en los cinco perfiles de suelo, se encuentran en exceso, según los valores que se obtuvieron en la unidad 1, 2, 3, 4 y 5 ya que son de 70.50, 127.50, 58.00, 25.50 y 21.00 ppm respectivamente, y según los rangos aceptables (ver cuadro 20), son de 10 a 15 ppm en cuanto al nutriente de Mn.

Calcio (Ca):

Los valores de Ca en la unidad 1, 2 y 3 son de 7.24, 7.49 y 5.74 Meq/100 gr respectivamente, y según los rangos dados en el análisis químico de suelos los valores obtenidos son aceptables o están dentro del rango, mientras que en la

unidad 4 y 5 se obtuvieron valores de 10.23 y 10.48 Meq/100 gr respectivamente, lo que indica que se encuentra alto o en exceso.

Los rangos aceptables, brindados en el análisis químico de los suelos (Ver cuadro 20) son de 4 a 8 Meq/100 gr en cuanto al nutriente de Ca en el suelo.

Magnesio (Mg):

Los valores de Mg en los cinco perfiles de suelo, son: son de 3.78, 4.36, 2.88, 2.75 y 3.08 Meq/100 gr ppm en la unidad 1, 2, 3, 4 y 5, respectivamente, y según los rangos aceptables (ver cuadro 20), son de 1.5 a 2 Meq/100 gr en cuanto al nutriente de Mg en el suelo.

Potasio (K):

Los valores de K en la unidad 1, 4 y 5 son de 0.67, 1.79 y 2.36 Meq/100 gr respectivamente, lo que indica que este nutriente se encuentra en exceso en el suelo, en la unidad 2 se obtuvo un valor de 0.28 Meq/100 gr, lo que indica que se encuentra dentro del nivel aceptable. En la unidad 3 se obtuvo un valor de 0.25 Meq/100, lo que indica que este nutriente se encuentra deficiente en esta unidad.

Los rangos aceptables, brindados en el análisis químico de los suelos (Ver cuadro 20) son de 0.27 a 0.38 Meq/100 gr en cuanto al nutriente de K en el suelo.

### 3.2.5 Propiedades físicas

Se presenta los resultados obtenidos del análisis físico de la finca.

Cuadro 20: Resultado de análisis físico de los suelos de finca santa Isabel.



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



**INTERESADO: MARIA PIEDAD LUCAS**  
**PROCEDENCIA: FCA SANTA IZABEL, SAN JOSE EL IDOLO, SUCHITEPEQUEZ**  
**FECHA DE INGRESO: 20/7/2021**

**ANALISIS FISICOS DE SUELOS**

IDENTIFICACION	Gr/cc Da	%				CLASE TEXTURAL
		Humedad de campo	Arcilla	Limo	Arena	
M-1 Pante Victoria Ho1 0-27cm	1.1765	22.82	26.88	29.02	44.10	FRANCO
M-2 Pante Victoria Ho2 27-100cm	1.2500	19.84	44.44	18.14	37.42	ARCILLOSO
M-3 Pante Montañita Vega Ho1 0-22cm	1.0526	30.36	22.09	46.20	31.71	FRANCO
M-4 Pante Montañita Vega Ho2 22-100cm	1.1429	20.10	17.89	42.00	40.11	FRANCO
M-5 Pante Cocal Ho1 0-22cm	1.1765	14.37	17.89	50.40	31.71	FRANCO LIMOSO
M-6 Pante Cocal Ho2 22-100cm	1.1765	29.00	7.39	41.62	50.99	FRANCO ARENOSO
M-7 Pante San Anselmo 1 Ho1 0-33cm	1.1765	24.15	32.59	27.30	40.11	FRANCO ARCILLOSO
M-8 Pante San Anselmo 1+Ho 33-100cm	1.1765	21.74	53.59	16.80	29.61	ARCILLOSO
M-9 Pante San Anselmo Pila 1 Ho1 0-51cm	1.2121	21.92	47.29	16.80	35.91	ARCILLOSO
M-10 Pante San Anselmo Pila 1 Ho2 51-100cm	1.2121	18.78	47.29	16.80	35.91	ARCILLOSO



CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EDIFICIO UVIGER, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONA 12, GUATEMALA  
 TEL: (502) 24118000 EXT 1562 Ó 1769

Fuente: Laboratorio de Suelos- Planta- Agua "Salvador Castillo Orellana" (2021).

#### A. Textura

De acuerdo a los resultados del análisis de las muestras de suelos (ver cuadro 21) el primer horizonte de la unidad 1 es de textura franco arcilloso y el segundo horizonte es arcilloso. El primer horizonte de la unidad 2 posee una textura franca y el segundo horizonte es de textura arcillosa. El primer y segundo horizonte de la unidad 3 son de textura arcillosa. El primer horizonte de la unidad 4 posee una textura franco limoso y el segundo horizonte es franco arenoso. El primer y segundo horizonte de la unidad 5 son de textura franco.

Los suelos arcillosos son suelos que se caracterizan por ser bastante masudos cuando están mojados y se endurecen cuando están secos, son susceptibles a la compactación, lo que puede perjudicar al adecuado desarrollo radicular. Para Guevara, Rondon, Arnale, & Solorzano, (1980) los suelos arcillosos muestran un elevado grado de retención de humedad, mientras que los suelos de textura franco se caracterizan por tener la capacidad de retención de agua alta, un nivel de erosión media, no se compactan y por lo que son considerados que son muy productivos para la agricultura.

De acuerdo a la clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala de Charles Simmons, Tarano y Pinto (1959), en el municipio de San José El Idolo se destacan cinco tipos de suelo, siendo estos Mazatenango, Cutzán, Ixtán, Ixtán franco limoso y Tiquisate franco-arenosa. Según la ubicación de la finca, en ésta se encuentran dos series de suelo, las cuales se describen a continuación:

#### **Serie de Suelo Ixtán Franco Limoso (It):**

De acuerdo al sistema de clasificación de suelos de USDA Soil taxonomy (1999), los suelos pertenecen al orden Mollisol, y suborden Ustolls. También pertenecen al orden Vertisol y suborden Usterts.

El orden Mollisol son suelos con un horizonte superficial grueso, oscuro, generalmente con alto contenido de materia orgánica y alta saturación de bases (mayor del 50%). Son suelos bastante fértiles y por sus características físicas y químicas son buenos para la producción agrícola. Es común encontrarlos en relieves planos o casi planos, lo que favoreces su mecanización.

El suborden Ustolls, son suelos que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad. (MAGA, 2000).

El orden de los Vertisoles, son suelos con altos contenidos de arcilla expandible desde la superficie. Se caracterizan por formar grietas profundas en todo el perfil, las cuales se observan principalmente en la época seca. Cuando están húmedos o

majados se vuelven muy plásticos. Generalmente, son suelos con alto potencial de fertilidad en la producción agrícola, pero tienen limitantes en lo que se refiere a su labranza, porque cuando están secos son muy duros. Casi siempre ocupan relieves planos o bien suave a moderadamente ondulados.

El suborden Usterts, son suelos que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad la mayor parte del año, por lo que, si se quieren manejar agronómicamente, se debe considerar este factor, lo que además implica que sean muy duros y difíciles de penetrar con instrumentos de labranza.

### **Serie de suelo Tiquisate franco-Arenosa (Ti):**

Son suelos pertenecientes al Orden Mollisol, y suborden Ustolls y Udolls. También pertenecen al Orden Entisol, y suborden Psamments.

El orden Mollisol son suelos con un horizonte superficial grueso, oscuro, generalmente con alto contenido de materia orgánica y alta saturación de bases (mayor del 50%). Son suelos bastante fértiles y por sus características físicas y químicas son buenos para la producción agrícola. Es común encontrarlos en relieves planos o casi planos, lo que favorece su mecanización (MAGA, 2000).

El suborden Ustolls, son suelos que están secos entre 90 y 180 días del año en su interior. Presentan deficiencia de humedad. (MAGA, 2000)

El suborden Udolls son suelos que no están secos por más de 90 días en su interior. Tienen un adecuado contenido de humedad la mayor parte del año. Por sus características físicas, químicas y por la disponibilidad de humedad en el año, son los suelos más adecuados para el manejo agropecuario (MAGA, 2000).

El orden Entisol son suelos con poca o ninguna evidencia de desarrollo de su perfil y, por consiguiente, de los horizontes genéticos. El poco desarrollo es debido a condiciones extremas, tales como el relieve (el cual incide en la erosión o, en su defecto, en la deposición superficial de materiales minerales y orgánicos) y, por

otro lado, las condiciones como el exceso de agua. De acuerdo al relieve, estos suelos están presentes en áreas muy accidentadas (cimas de montaña y volcanes) o en partes planas.

El suborden Psamments son suelos más arenosos, que se encuentran en superficies poco inclinadas y con menos del 35% de fragmentos rocosos. Generalmente se encuentran en las áreas más cercanas a los ríos o en áreas de actividad volcánica muy reciente. A diferencia de los Fluvents. Los Psamments no tienen capas deposicionales de materiales minerales en su interior. En muchas áreas, están cubiertos con bosque de galería, y en otros casos están cultivados y forman parte de los que los agricultores llaman suelos de vega (MAGA, 2000).

## **B. Densidad aparente**

Según los resultados de la densidad aparente de las cinco unidades estudiadas (ver cuadro 21), los valores se encuentran entre 1.05 a 1.25 gr/cc, y de acuerdo a la tabla de valores de densidad aparente de USDA (2015), el rango adecuado para suelos de textura arcilloso debe estar entre 1.0 a 1.1 gr/cc, y según Printchett, (1990) el rango adecuado de los suelos franco es de 1.3 a 1.4, lo que indica que la densidad aparente en la textura franca de la finca es un valor bajo.

De acuerdo a los valores de densidad aparente y de materia orgánica, se puede hacer una relación de contenidos; en los suelos que presentan alto contenido de materia orgánica las densidades aparentes son bajas. Cuando existe un nivel de densidad aparente alto, en el suelo se pueden dar otros procesos, tales como la compactación, la disminución del volumen de poros y la modificación de la estructura porosa.

### **3.3 Determinación de grupos agroambientales en finca Santa Isabel.**

A continuación, se presenta el cuadro 21, 22 y 23, y la figura 24, de los grupos de en donde se observan las características de los hábitats formados.

Cuadro 21: Características físicas de las áreas con *M. indica* en finca Santa Isabel.

No. lote	Pante	Área (Ha)	Edad de plantación	% Arcillas	% Limos	% Arenas	clase textural	color	Pedregosidad	pH	% Pendiente
1	3 López	16.1	26	36.88	12.72	50.4	Arcilla Arenosa	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	1. Muy poco pedregoso	6.26	1.6
2	Nance Luis Alto	11.2	25	41.24	13.08	45.68	Arcilla Arenosa	10 YR 4/4 Marrón	1. Muy poco pedregoso	5.87	0.8
3	Nansón	4.9	24	31.24	19.08	49.68	Franco Arcillo - Arenoso	7.5 YR 4/3 Marrón	1. Muy poco pedregoso	5.3	1.8
4	Caulote	21	25	30.88	16.36	52.76	Franco Arcillo - Arenoso	7.5 YR 5/3 Marrón opaco	2. Moderadamente pedregoso	6.35	0.7
5	San Jorge Corral	14	25	24.88	24.72	50.4	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 5/3 Marrón amarillento opaco	1. Muy poco pedregoso	5.54	1.6
6	San Jorge Presa 1	7	25	26.88	13.08	60.04	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/3 Marrón amarillento opaco	1. Muy poco pedregoso	6.27	1.4
7	San Jorge Presa 2	3.5	23	30.16	13.44	56.4	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 5/2 Marrón amarillo grisáceo	1. Muy poco pedregoso	6.32	0.8
8	San Anselmo 1	14	23	40.52	14.72	44.76	Arcilla Arenosa	10 YR 4/3 Marrón amarillento opaco	2. Moderadamente pedregoso	6.15	1.2
9	San Juan	16.1	24	34.88	20.36	44.76	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 5/4 Marrón amarillento opaco	2. Moderadamente pedregoso	6.17	1.5
10	Santa Isabel	13.3	24	26.88	21.44	51.68	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	5.95	1.2
11	Chilar	11.2	25	42.88	14	43.12	Arcilla	10 YR 5/2 Marrón amarillo grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	6.08	1.4
12	9 Manzanas	6.3	26	40.88	14	45.12	Arcilla Arenosa	7.5 YR 5/3 Marrón opaco	2. Moderadamente pedregoso	5.87	1.7
13	San Anselmo Pila	9.1	26	46.88	12.72	40.4	Arcilla	10 YR 4/4 Marrón	2. Moderadamente pedregoso	6	1.5
14	12 Manzanas	8.4	26	32.88	17.08	50.04	Franco Arcillo - Arenoso	7.5 YR 4/2 Marrón grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	6.2	1.1
15	Pastoría Alto	3.5	24	31.8	20.53	52.33	Franco Arcillo - Arenoso	7.5 YR 4/2 Marrón grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	6.18	1.2
16	San Anselmo 2	9.8	23	26.88	20.36	52.76	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	5.7	0.8
17	Montañita Alto	6.3	23	32.88	11.44	55.68	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/4 Marrón	1. Muy poco pedregoso	6.08	0.8
18	Victorias	16.1	23	34.88	10.72	54.4	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/3 Marrón amarillento opaco	2. Moderadamente pedregoso	5.7	0.7
19	Chincuyal	19.6	23	24.88	14.72	60.4	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	1. Muy poco pedregoso	5.9	5
20	Platanera Alto	2.1	23	32.88	22	45.12	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	6.54	2.8
21	Guardiana Alto	2.1	23	22.88	16.72	60.4	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	1. Muy poco pedregoso	6.3	1.3
22	Limar	6.3	24	26.88	22	51.12	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 3/3 Marrón oscuro	1. Muy poco pedregoso	4.92	1.1
23	Manacales	11.2	24	26.88	20	53.12	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/3 Marrón amarillento opaco	1. Muy poco pedregoso	5.39	0.5
24	Las Doscintas	8.4	23	33.24	18.72	48.04	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/3 Marrón amarillento opaco	1. Muy poco pedregoso	5.61	0.7
25	Las Cuatrocientas	4.9	23	28.88	16.36	54.76	Franco Arcillo - Arenoso	7.5 YR 4/2 Marrón grisáceo	1. Muy poco pedregoso	6.76	0.7
26	López Vega	9.1	26	24.88	18.36	56.76	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 6/4 Naranja amarillo opaco	1. Muy poco pedregoso	6.5	0.8
27	Nance Luis Vega	2.1	25	26.24	24.36	49.4	Franco Arcillo - Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	6.48	1.3
28	Pastoría Vega	2.1	25	34.88	16.72	48.4	Franco Arcillo - Arenoso	7.5 YR 4/2 Marrón grisáceo	1. Muy poco pedregoso	6.2	1.2
29	Cocal	6.3	24	12.52	20.72	66.76	Franco Arenoso	7.5 YR 4/2 Marrón grisáceo	1. Muy poco pedregoso	5.55	1.5
30	Montañita Vega	2.1	24	18.88	38	43.12	Franco	10 YR 5/2 Marrón amarillo grisáceo	1. Muy poco pedregoso	6.28	3.4
31	Planatera Vega	2.1	23	12.16	23.44	64.4	Franco Arenoso	10 YR 4/2 Marrón amarillo grisáceo	2. Moderadamente pedregoso	5.8	2.9
32	Guardiana Vega	2.1	23	14.32	20.56	65.12	Franco Arenoso	10 YR 3/3 Marrón oscuro	1. Muy poco pedregoso	6.12	6.4

Se observan los datos de las características físicas y química que se encontraron en cada uno de los lotes de finca Santa Isabel, estos datos son los que fueron codificados y estandarizados para realizar el análisis de conglomerados en el programa InfoStat. A continuación, se observan los datos transformados de cada característica.

Cuadro 22: Codificación y estandarización de las características físicas de las áreas con *M. indica* en finca Santa Isabel.

Lote	Área Std.	Edad Std	Limo Std	Arena Std	TEXTURA	Color	Pedregosidad	pH Std	Pendiente std
3 López	1.37493508	1.66052203	-1.0298714	-0.253304907	-1	-1.75	-2	0.62521816	-0.004916402
Nance Luis Alto	0.48736892	0.75989991	-0.9622657	-0.954921872	-1	-1.25	-2	-0.3525666	-0.634215906
Nansón	-0.6537876	-0.1407222	0.16449538	-0.360331223	0	-1.25	-2	-1.7816367	0.152408473
Caulote	2.26250124	0.75989991	-0.346303	0.097503576	0	-0.75	2	0.8508608	-0.712878343
San Jorge Corral	0.99454958	0.75989991	1.22365079	-0.253304907	0	-0.25	-2	0.25	-0.004916402
San Jorge Presa No. 1	-0.2734021	0.75989991	-0.9622657	1.179658556	0	0.25	-2	0.65028956	-0.162241278
San Jorge Presa No. 2	-0.9073779	-1.0413443	-0.89466	0.638581066	0	-1.75	-2	0.77564659	-0.634215906
San Anselmo No. 1	0.99454958	-1.0413443	-0.6542843	-1.091677721	-1	-0.25	2	0.34943271	-0.319566154
San Juan	1.37493508	-0.1407222	0.40487108	-1.091677721	0	0.25	2	0.39957551	-0.08357884
Santa Isabel	0.86775442	-0.1407222	0.60768807	-0.063035899	0	-1.75	2	-0.1519954	-0.319566154
Chilar	0.48736892	0.75989991	-0.7894957	-1.335459886	-2	-1.75	2	0.17393287	-0.162241278
9 Manzanas	-0.4001972	1.66052203	-0.7894957	-1.038164562	-1	-0.75	2	-0.3525666	0.073746036
San Anselmo Pila	0.10698342	1.66052203	-1.0298714	-1.739781527	-2	-1.25	2	-0.0266384	-0.08357884
12 Manzanas	-0.0198117	1.66052203	-0.2110916	-0.306818065	0	0.75	2	0.47478973	-0.398228592
Pastoría Alto	-0.9073779	-0.1407222	0.43679597	0.033585081	0	0.75	2	0.42464692	-0.319566154
San Anselmo No. 2	0.23377859	-1.0413443	0.40487108	0.097503576	0	-1.75	2	-0.7787805	-0.634215906
Montañita Alto	-0.4001972	-1.0413443	-1.2702471	0.531554749	0	-1.25	-2	0.17393287	-0.634215906
Victorias	1.37493508	-1.0413443	-1.4054584	0.341285742	0	-0.25	2	-0.7787805	-0.712878343
Chincuyal	2.00891091	-1.0413443	-0.6542843	1.233171714	0	-1.75	-2	-0.2773524	2.669606486
Platanera Alto	-1.1609682	-1.0413443	0.71285244	-1.038164562	0	-1.75	2	1.32721749	0.939032852
Guardiania Alto	-1.1609682	-1.0413443	-0.2786973	1.233171714	0	-1.75	-2	0.72550378	-0.240903716
Limar	-0.4001972	-0.1407222	0.71285244	-0.14627859	0	1.25	-2	-2.7343501	-0.398228592
Manacales	0.48736892	-0.1407222	0.33726541	0.151016734	0	-0.25	-2	-1.5559941	-0.870203219
Las Doscientas	-0.0198117	-1.0413443	0.09688972	-0.604113389	0	-0.25	-2	-1.0044232	-0.712878343
Las Cuatrocientas	-0.6537876	-1.0413443	-0.346303	0.3947989	0	0.75	-2	1.8787884	-0.712878343
López Vega	0.10698342	1.66052203	0.02928405	0.692094224	0	1.75	-2	1.22693187	-0.634215906
Nance Luis Vega	-1.1609682	0.75989991	1.15604513	-0.401952569	0	-1.75	2	1.17678906	-0.240903716
Pastoría Vega	-1.1609682	0.75989991	-0.2786973	-0.550600231	0	0.75	-2	0.47478973	-0.319566154
Cocal	-0.4001972	-0.1407222	0.47247674	2.178570845	2	0.75	-2	-1.1548516	-0.08357884
Montañita Vega	-1.1609682	-0.1407222	3.71754865	-1.335459886	1	-1.75	-2	0.67536097	1.41100748
Planatera Vega	-1.1609682	-1.0413443	0.9832751	1.827762362	2	-1.75	2	-0.5280665	1.01769529
Guardiania Vega	-1.1609682	-1.0413443	0.44242978	1.934788679	2	1.25	-2	0.27421849	3.770880617

Se observan los datos de las características físicas y química que fueron codificados y estandarizados para realizar el análisis de conglomerados en el programa InfoStat. En el siguiente cuadro se observan los datos del análisis de similitud y distancia entre cada lote.



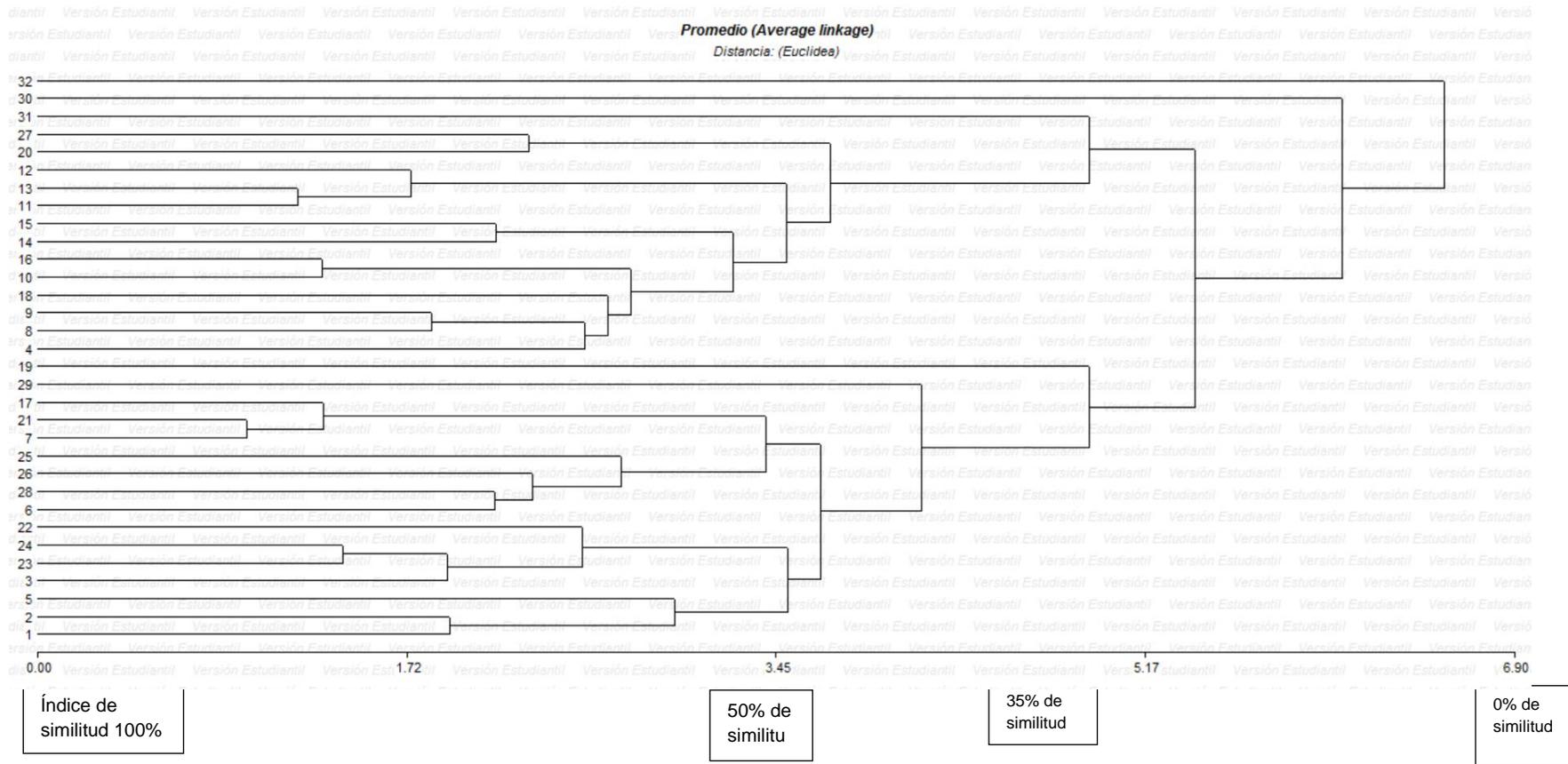


Figura 24: Dendrograma de grupos de ambientes en finca Santa Isabel.

Se observan los seis grupos agroambientales que se formaron, el cual fue analizado y obtenido en el programa InfoStat. A continuación, se presenta el análisis y discusión de los grupos agroambientales formados.

### **3.3.1 Análisis y discusión de los grupos agroambientales formados en finca Santa Isabel.**

En el dendrograma presentado en la figura 24 se observa que se formaron seis “grupos” de ambientes que son completamente diferentes. A continuación, se describe cada grupo:

El primer ambiente está formado solamente por la unidad 32 (lote Guardianía vega), al 4.8% de similitud. La característica que define a este grupo ambiental es que posee una pendiente inclinada de 6.4%, el rango de pendientes encontradas fue de 0.5% (la menor) y de 6.4% (la mayor).

El segundo ambiente está formado solamente por la unidad 30 (lote Montañita vega), al 11.9% de similitud. Las características que define a este grupo ambiental es un suelo de clase textural franco y 38% de contenido de limo en el suelo. El menor contenido de limo encontrado es 10.72% y el mayor contenido es de 38%.

El tercer ambiente está formado solamente por la unidad 31 (lote Platanera vega), al 21.8% de similitud. La característica que define a este grupo ambiental es el contenido de arcilla en el suelo, el cual es de 12.16%, siendo este el menor contenido de arcilla que se encontró en el suelo, y el mayor contenido es de 46.88%.

El cuarto ambiente está formado por cinco subgrupos ambientales, al 28.9% de similitud, de los cuales hay 2 sub grupos individuales (ambiente 20 y 27), el cual está conformado por los lotes Platanera alto y Nance Luis vega, respectivamente. También está formado por tres subgrupos colectivos, el primer subgrupo colectivo (ambiente 12, 13 y 11) está conformado por el lote 9 Manzanas, San Anselmo Pila y Chilar. El segundo subgrupo colectivo (ambiente 15 y 14) está conformado por el lote Pastoría alto y 12 Manzanas. El tercer subgrupo (ambiente 16, 10, 18, 9, 8 y 4) está conformado por el lote San Anselmo 2, Santa Isabel, Victorias, San Juan, San Anselmo 1 y Caulote. La característica que define a este grupo ambiental es que posee un suelo moderadamente pedregoso.

El quinto ambiente está formado solamente por la unidad 19 (lote Chincuyal), al 39.2% de similitud. La característica que define a este grupo ambiental es que posee una pendiente inclinada de 5%.

El sexto ambiente está formado por 9 subgrupos al 50% de similitud, de los cuales hay 5 subgrupos individuales (ambiente 29, 25, 26, 22 y 5) el cual está conformado por los lotes Cocal, las Cuatrocientas, López vega, Limar y San Jorge corral, respectivamente, estos están definidos por la característica de tener un suelo de textura franco arcillo-arenoso y muy poco pedregoso. También está conformado por 4 subgrupos colectivos, el primer subgrupo colectivo está conformado por el lote Montañita alto, Guardianía alto y San Jorge presa (ambiente 17, 21 y 7), estos se definen por tener 23 años de haber sido establecido el cultivo, la cual es la edad más pequeña de todas, (23 a 26 años). El segundo subgrupo colectivo está conformado por el lote Pastoría vega y San Jorge presa 1 (ambiente 28 y 6), la característica que define a este subgrupo es que tiene 25 años de haber sido establecida la plantación, el suelo es de textura franco arcillo-arenoso y muy poco pedregoso. El tercer subgrupo colectivo está conformado por el lote las Doscientas, Manacales y Nansón (ambiente 24, 23 y 3). El cuarto subgrupo colectivo está conformado por el lote Nance Luis alto y 3 López (ambiente 1 y 2), la característica que define a este subgrupo es que posee un suelo de textura arcilla arenosa y el más bajo contenido de limo (12.72% y 13.08%, respectivamente) los valores de limos encontrados en todos los lotes (24.72%). En general la característica que define al grupo ambiental seis es que posee un suelo muy poco pedregoso.

Se puede observar en el cuadro anterior que el grupo ambiental uno, tiene diferencia de similitud con el resto de grupos, mientras que los grupos cuatro y seis tienen mayor similitud entre las características que los conforman.

#### **4. Relación de factores abióticos con la incidencia de *Erwinia* spp. y mapa de distribución de *M. indica* en finca Santa Isabel.**

##### **4.1 Distribución del porcentaje de Incidencia en la clase textural de los suelos de finca Santa Isabel.**

Para medir esta variable se realizó el análisis de los datos geográficos provenientes del muestreo de frutos de *M. indica* Tommy Atkins. Luego se realizó un análisis de distribución espacial y se pudo comprobar que existen ciertos puntos en donde hay mayor presencia de “pepita negra”, pero no existe una distribución homogénea. A continuación, se puede observar en color rojo y grande los puntos con mayor incidencia, mientras que en azul y en menor tamaño los puntos con menor incidencia de “pepita negra”.

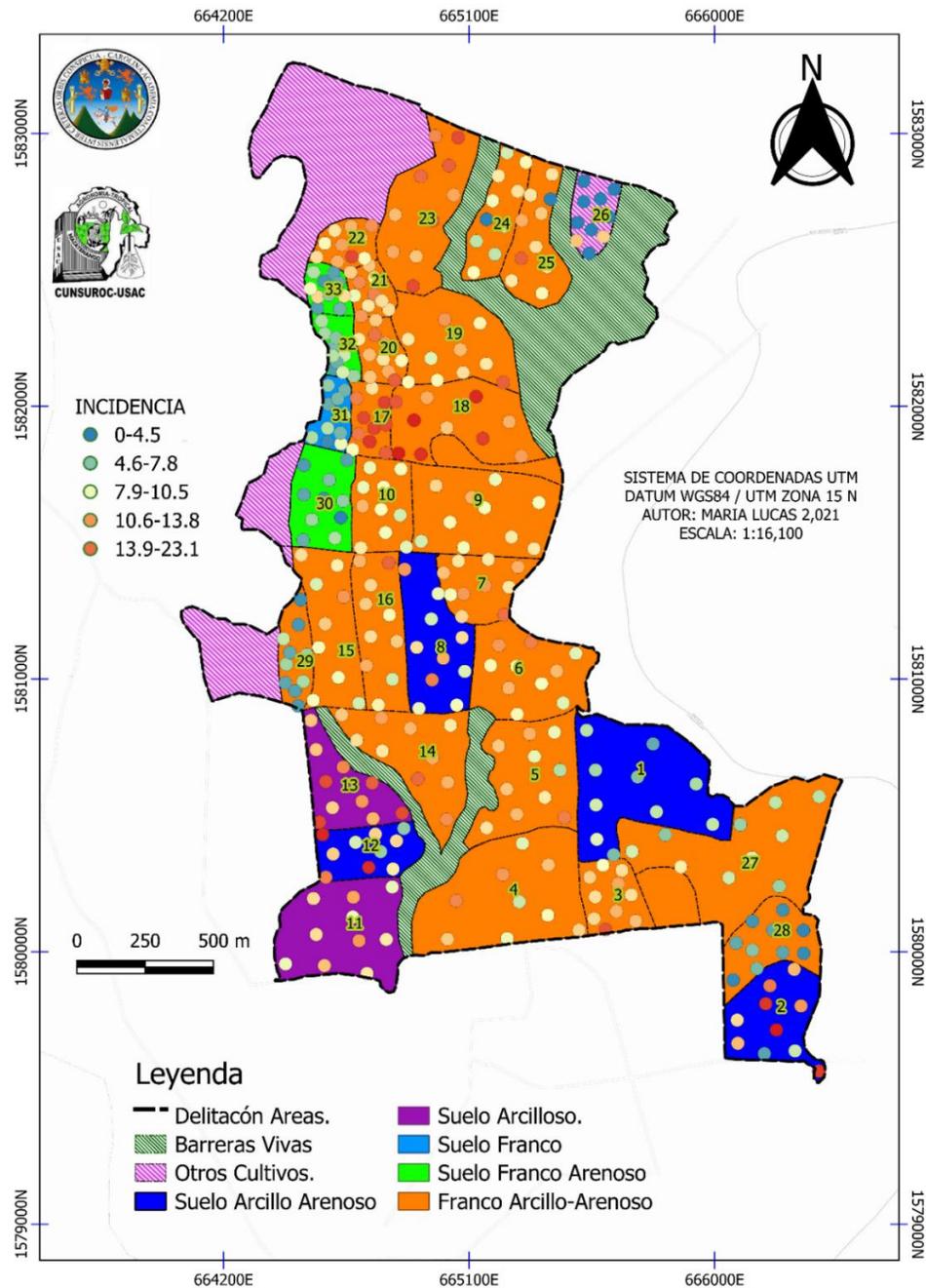


Figura 25: Mapa de distribución de incidencia “pepita negra” en cada textura de suelos de finca Santa Isabel.

Se observa la distribución de la incidencia de la “pepita negra” en los lotes de la finca, el cual se observan con mayor incidencia en el pante Montañita alto y Victoria de la clase textural franco arcillo arenoso, así también se observa mayor incidencia en el pante Nance Luis alto de la clase textural franco.

## 4.2 Análisis de relación del porcentaje de incidencia con factores abióticos.

### 4.2.1 Análisis del factor suelo con la incidencia de “pepita negra”

A continuación, se observa el promedio de incidencia de los meses correspondientes al mes de abril y mayo, los cuales se puede apreciar entre cada clase textural de los suelos de la finca.

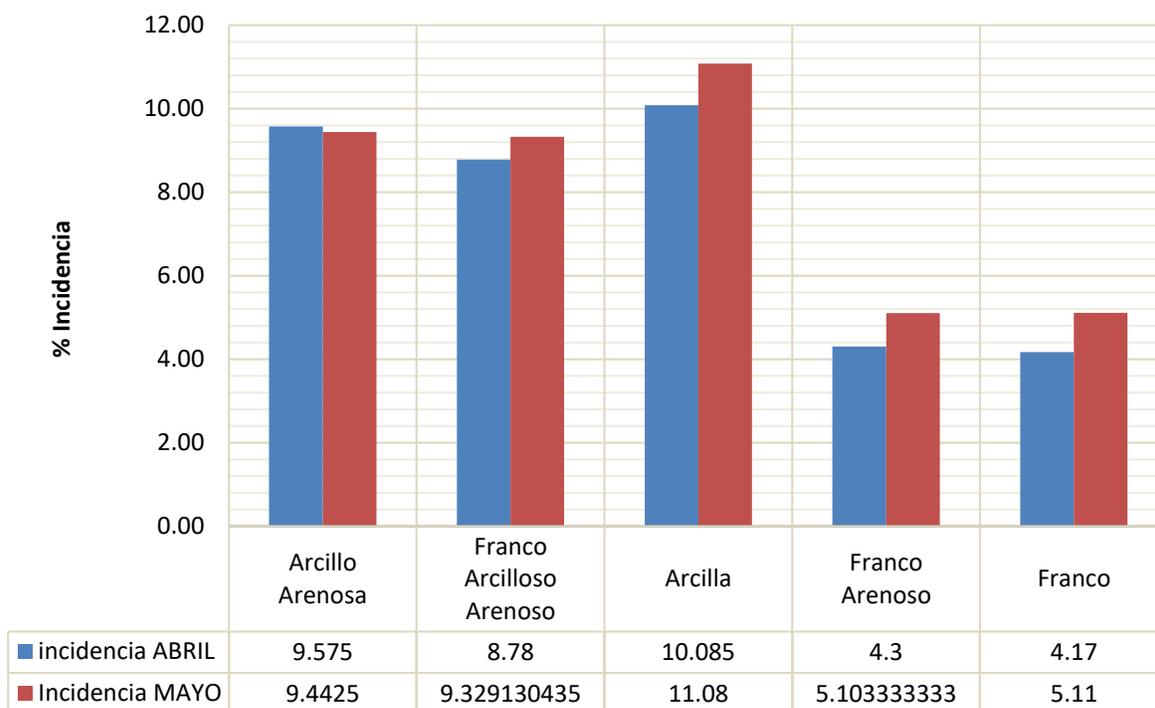


Figura 26: Gráfica de incidencia “pepita negra” de abril y mayo de 2021 y textura de suelos de finca Santa Isabel.

Se puede observar que la gráfica con la incidencia de la enfermedad de la “pepita negra” tuvo una manifestación con mayor porcentaje en los suelos Arcillo Arenoso, franco arcillo arenoso y arcilla, mientras que en los suelos franco arenoso y franco hubo una menor incidencia de la enfermedad.

Según los resultados obtenidos en laboratorio, se pudo determinar que los suelos con presencia de arcillas, presentaron mayor incidencia de “pepita negra”. Las arcillas juegan un papel fundamental en la fertilidad química y física del suelo, ya que este tipo de suelo tiene más capacidad de retención de agua debido a su mayor área superficial y una alta cantidad de poros, de tamaño pequeño (microporos), posee una velocidad de infiltración baja y alta capacidad de almacenamiento de nutrientes. Sin embargo, este tipo de suelo no son los adecuados para el cultivo de *M. indica*, ya que según Mora *et al*, (2002), señala que los suelos ideales para este cultivo son aquellos de textura limosa y/o arenoso y bien drenados. Mientras que en finca Santa Isabel, se encontraron suelos mal drenados y en su mayoría de textura franco arcillo arenoso, siendo estos un factor que limitan el óptimo desarrollo de las plantas.

Morel Diffusion SAS, (s.f) menciona que la manifestación de las bacterias también se asocia con el pH, los nutrientes y condiciones ambientales. Además, Lastres (2009), señala que, en el suelo, las bacterias viven preferiblemente en material vegetal y con menor frecuencia libre, pueden vivir dentro, sobre semillas o en insectos encontrados en el suelo.

Lucas, (2021) menciona que antes del año 1995, los suelos de finca Santa Isabel era explotada con el cultivo de pasto para la alimentación de ganado bovino y el cultivo de maíz, así también con la crianza de este tipo de animales, lo que indica que los suelos han sido expuestos por los pisoteos incontables de estos animales, los cuales con el paso del tiempo estos causan un impacto negativo sobre el suelo, ya que los pisoteos de estos animales compactan el suelo, según Pinzón y Amézquita (2007), mencionan que el suelo compactado por ganado bovino se presenta en los primeros 15 cm de suelo, generando una drástica disminución en el movimiento del agua que se da en las partes internas del suelo, y un aumento en la densidad aparente del mismo, trayendo como consecuencia una notable reducción en la porosidad, asimismo genera cambios negativos en la relación suelo – agua - aire, afectando de este modo el sistema radicular de las plantas y a su crecimiento.

De lo expuesto anteriormente, se llega a la conclusión que las plantas de *M. indica* han sufrido de estrés hídrico por la compactación que se tiene en el suelo, lo que ha provocado que las raíces no profundicen lo suficientemente y se han quedado poco desarrolladas en las partes superficiales del suelo. Además, en la época de verano las plantas se ven afectadas por el estrés hídrico, por la falta de agua para riego, pero en la época lluviosa se forman encharcamientos, lo que favorece a las bacterias.

A continuación, se presentan las figuras 27, 28 y 29, en donde se muestran gráficamente la relación de los factores climáticos con la incidencia de la “pepita negra” presentados en los meses de abril y mayo de 2021.

#### 4.2.2 Análisis del factor temperatura con la incidencia de “pepita negra”.

A continuación, se presenta el promedio de incidencia de los meses de abril y mayo con la temperatura promedio de estos meses.

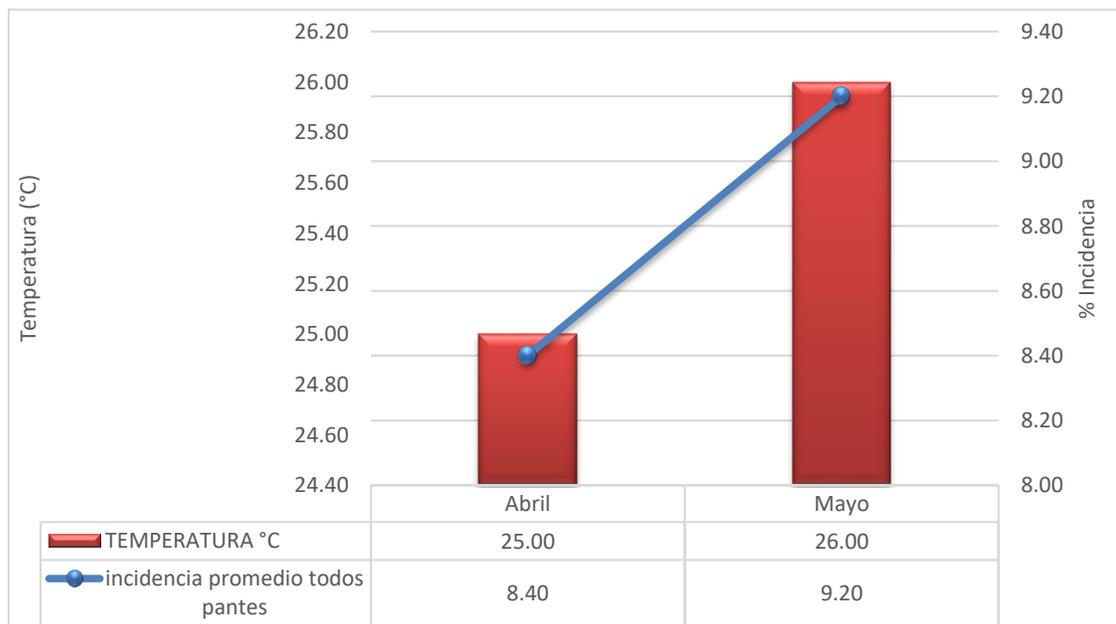


Figura 27. Gráfico de comparación de incidencia de “pepita negra” con promedio de temperatura en abril y mayo de 2021.

Se muestran los promedios mensuales de temperatura en la temporada de cosecha de *M. indica* Tommy Atkins, en donde se pudo determinar que en el mes de abril se tuvo una temperatura promedio mensual de 25°C y en el mes de mayo de 26°C. Además, se puede observar que los porcentajes de incidencia de la enfermedad se ven orientados al aumento de la temperatura, por lo tanto, esta condición ambiental en la finca beneficia a la presencia de la enfermedad de la “pepita negra”. coincidiendo con lo mencionado por Guevara et al, (1985), que opinan que la enfermedad se ve favorecida con temperatura de 24°C a 32°C.

#### 4.2.3 Análisis del factor humedad relativa con la incidencia de “pepita negra”.

A continuación, se presenta el promedio de incidencias correspondientes al mes de abril y mayo, y la relación con la humedad relativa entre cada mes.

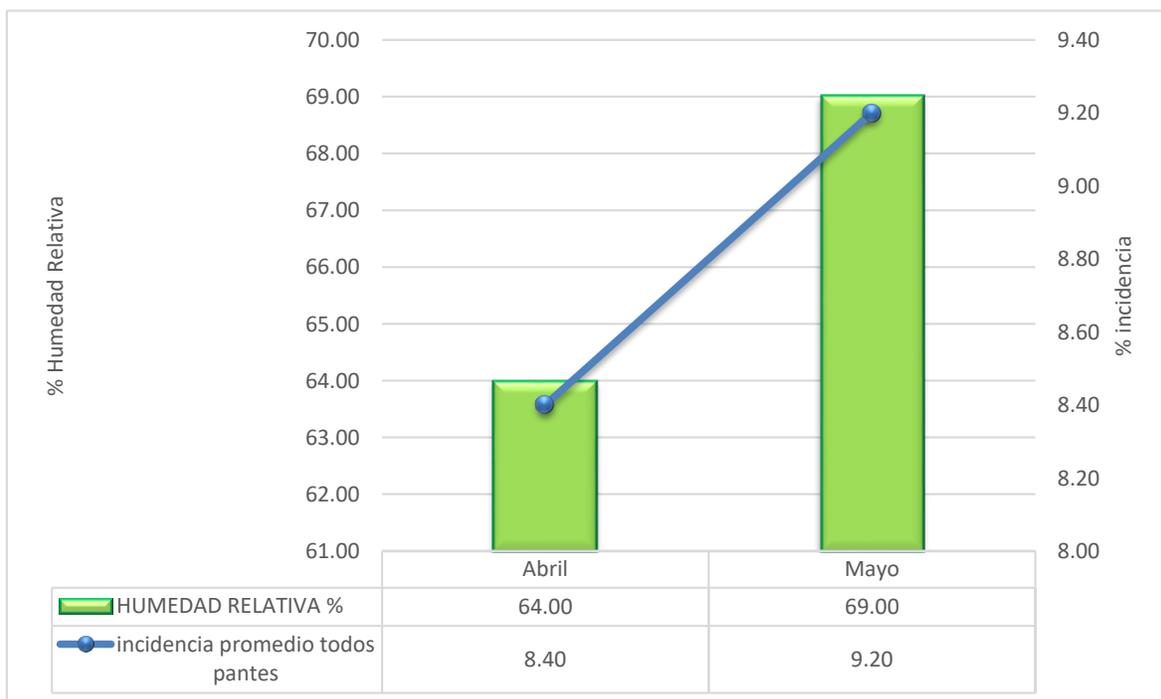


Figura 28: Gráfico de incidencia de “pepita negra” con el porcentaje promedio de humedad relativa en abril y mayo de 2021.

Según los datos de los promedios mensuales de humedad relativa tomados en la finca, presentados en la figura 28, se pudo determinar que la presencia de la “pepita negra”, aumentó su valor de incidencia de 0.5% en el mes abril a mayo.

En la gráfica se observa que los porcentajes de incidencia de la enfermedad en el mes de abril fue de 8.5%, con una humedad relativa de 64%, mientras que en el mes de mayo se tuvo una incidencia de 9.20% con una humedad relativa de 69%. Se observa que en el mes de mayo la humedad relativa tuvo un aumento de 5% esto debido a que en el mes de mayo es en donde regularmente se tiene mayor precipitación en la zona, además se pudo observar que también la incidencia aumentó su valor de 0.5% en el mes de mayo.

Por lo tanto, esta relación coincide con lo mencionado por Guevara *et al*, (1985), que opinan que esta enfermedad se ve favorecida con la alta presencia de humedad relativa.

#### 4.2.4 Análisis del factor lluvia con la incidencia de “pepita negra”.

A continuación, se muestra la gráfica realizada con los datos del promedio de la incidencia de la “pepita negra” con los datos de lluvia de cada mes.

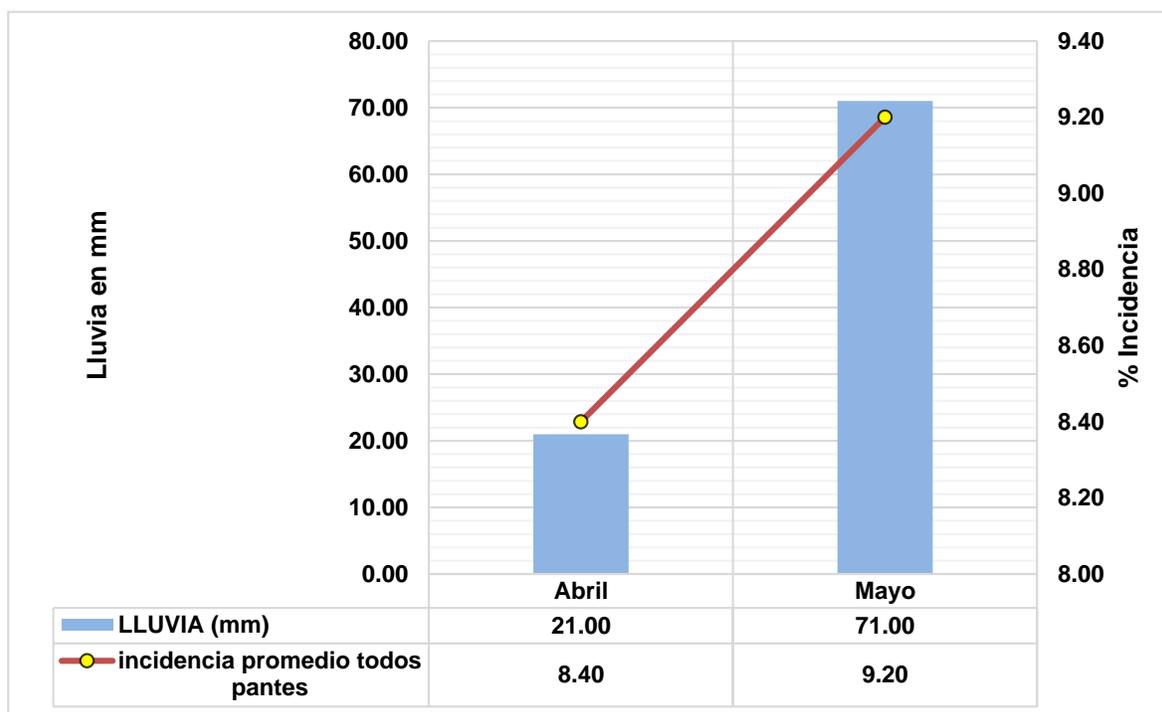


Figura 29: Gráfico de comparación de incidencia de “pepita negra” con el promedio de lluvia de abril y mayo del año 2021.

Se observa que el porcentaje de incidencia de la “pepita negra” aumentaba a medida que la presencia de lluvia era mayor. Según los datos de lluvia registrados en la temporada de precosecha y cosecha del año 2021, se puede notar que la incidencia de la enfermedad de la “pepita negra”, se mantiene presente en la temporada de lluvia, alcanzando los mayores valores en el mes de mayo, con una precipitación cerca de 71 mm promedio mensual. Guevara et al, (1985) mencionan que los niveles poblacionales de esta enfermedad aumentan cuando se presenta una precipitación superior a los 850 mm anuales, además favorece la

diseminación y la infección. La finca Santa Isabel tuvo una precipitación total de 1701 mm en el año 2020, por lo tanto, esta enfermedad se ve favorecida con la cantidad de agua que cae en finca santa Isabel.

#### 4.2.5 Análisis de los grupos agroambientales con la incidencia de “pepita negra”.

A continuación, se presenta el promedio de incidencia de la enfermedad de la “pepita negra” en cada grupo ambiental formados.

Cuadro 24: Grupos de ambientes e incidencia de “pepita negra”, finca Santa Isabel.

Grupo	pantes	Área (Ha)	% Incidencia abril	% Incidencia mayo	% Severidad abril	% Severidad mayo
1	Guardiania Vega	2.1	4.02	6.22	4.19	6.64
2	Montañita Vega	2.1	4.17	5.11	4.36	5.38
3	Platanera Vega	2.1	4.51	5.34	4.73	5.56
4	Nance Luis Vega, Platanera Alto, 9 Manzanas, San Anselmo pila, Chilar, Pastoria alto, 12 Manzanas, san Anselmo 2, Santa Isabel, Victorias, San Juan, San Anselmo 1, Caulote.	133	9.41	9.94	10.49	11.12
5	Chincuyal	19.6	11.09	10.19	12.47	11.35
6	Cocal, Cuatrocientas, López Vega, Limar, San Jorge corral, Montañita alto, Guardiania alto, San Jorge presa 2, pastoria Vega, San Jorge presa 1, las Doscientas, Manacales, Nansón, Nance Luis alto, 3 López.	113.4	8.18	9.25	9.10	11.21
TOTAL		272.3	41.38307692	46.05620513	45.3461352	51.26427858

Se puede observar que en el grupo uno, dos y tres, se encontraron promedios de incidencias similares, los cuales corresponden al 4.02, 4.17 y 4.51% respectivamente, en el mes de abril y 6.22, 5.11, y 5.34% respectivamente en el

mes de mayo de 2021. Mientras que el avance del daño, observado por medio de los grados de severidad fueron de 4.19, 4.36 y 4.73% en el mes de abril y en el mes de mayo fueron de 6.64, 5.38 y 5.56%. Siendo estos los porcentajes de incidencia y severidad más bajos y diferentes a los demás grupos ambientales.

En los grupos cuatro, cinco y seis se encontraron incidencias más altas que en los otros grupos, los cuales son: 9.41, 11.09, 8.18% y 9.94, 10.19 y 9.25% correspondientes al mes de abril y mayo de 2021. La severidad encontrada, también fueron altas, los cuales son: 10.49, 12.47, 9.10% y 11.12, 11.35 y 11.21% que corresponden al mes de abril y mayo del mismo año (ver figura 20 y 21).

En el grupo cuatro, cinco y seis, la enfermedad de la “pepita negra” se encontró una mayor cantidad de frutos dañados y un grado avanzado. Según las características de estos grupos, se encontró en común que están establecidos en un suelo de clase textural franco arcillo arenoso, arcillo arenoso y arenoso, la característica en común es que predomina un alto porcentaje de arcilla, y por los análisis físicos (cuadro 25 en anexos) se pudo determinar que existe un alto nivel de densidad aparente lo que indica que existe una alta compactación y poco desarrollo radicular y vegetativo en la plantas, razón por la que la planta es susceptible a esta enfermedad.

Se correlacionó la severidad de abril con la de mayo y el coeficiente de correlación fue bajo alrededor de 0.79. Pero al correlacionar la incidencia de abril y mayo con la severidad de abril y mayo la correlación fue alta de 0.92. Esto indica que dentro de un mismo lote hay poca correlación de cómo se desarrolla la enfermedad con respecto a abril y mayo. Es decir que no se puede inferir el desarrollo de la enfermedad en mayo con los datos de mayo, porque en cada parcela la enfermedad se desarrolla a diferente ritmo, porque los factores ecológicos son diferentes. Pero lo que si se correlaciona muy bien es la incidencia con la severidad. Es decir que, a mayor incidencia, mayor severidad.

A continuación, se presenta la incidencia de “pepita negra” obtenida en cada grupo ambiental, durante el mes de abril y mayo.

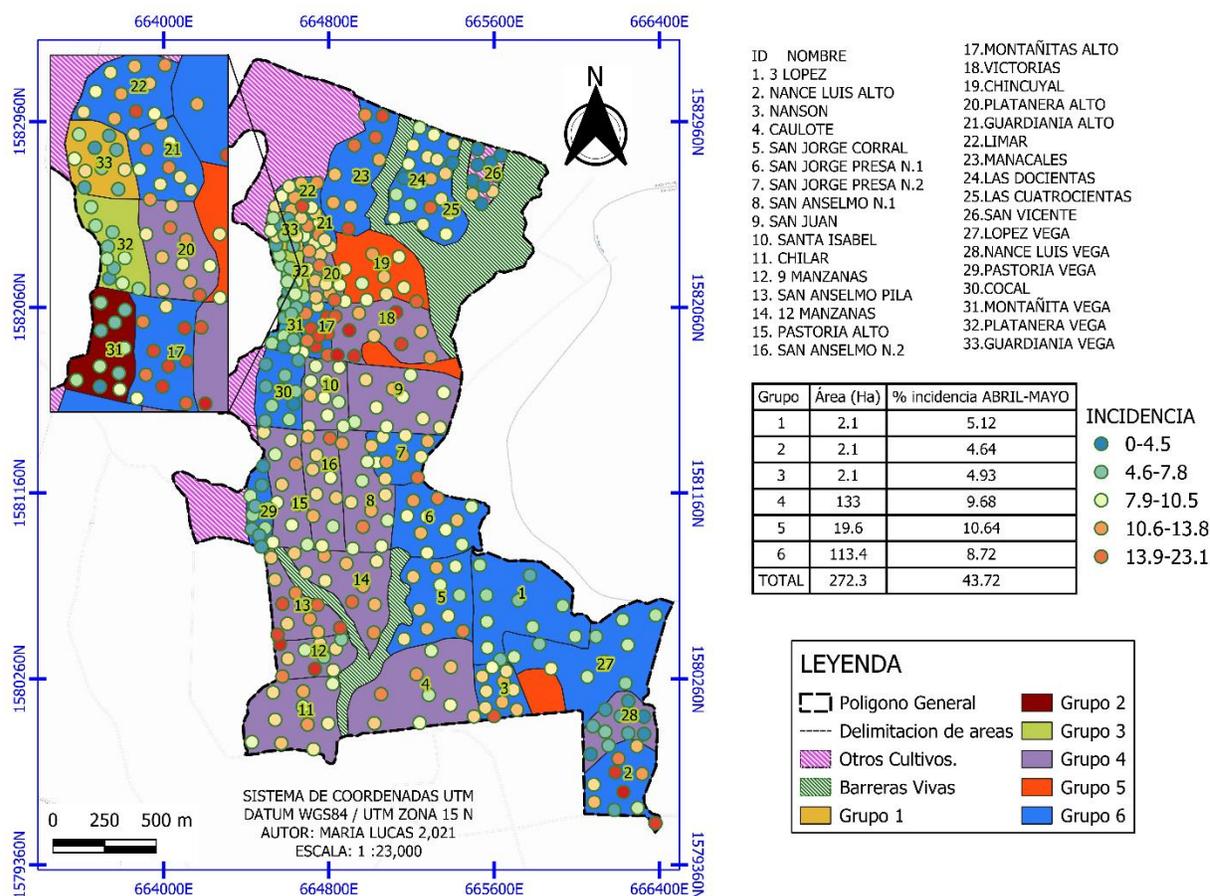


Figura 30: Mapa de incidencia de “pepita negra” en abril y mayo de 2021, en finca Santa Isabel.

Se puede observar que el 90.62% del área total que abarca el cultivo de *M. indica* L. Tommy Atkins, en la finca, se encuentran con altas incidencias de la enfermedad “pepita negra”, la cual va de 8.18 a 11.09% correspondiente al mes de abril, y de 5.11 a 6.22% correspondiente al mes de mayo.

A continuación, se presenta la severidad de “pepita negra” obtenida en cada grupo ambiental, durante el mes de abril y mayo.

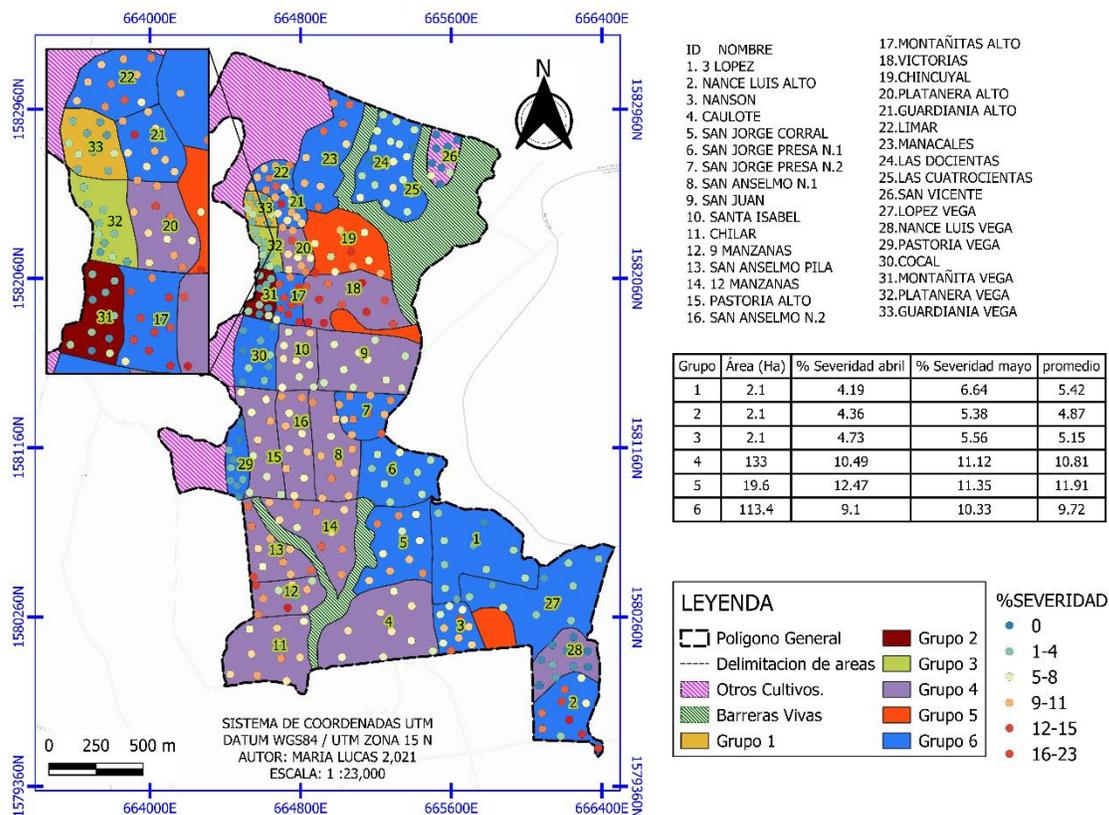


Figura 31: Mapa de severidad de *Erwinia* spp., en abril y mayo de 2021, en finca Santa Isabel.

Se observa que en el mes de abril de 2021, los grupos ambientales uno, dos y tres, fueron los tres grupos ambientales que se encontraron con valores bajos de severidad, el cual va de 4.19 a 4.73%, y en el mes de mayo de 5.38 a 6.64%, mientras que en el grupo cuatro, cinco y seis, se tuvieron valores altos de severidad de en ambos meses que va desde 9.1 a 11.35%.

Los lotes en donde presentaron mayor incidencia de la “pepita negra” tuvieron relación en cuanto a los valores de severidad.

## **5. Propuesta de plan de manejo de “pepita negra” en *M. indica* L. en finca Santa Isabel**

A partir del diagnóstico fitosanitario realizado en los pantes de la finca Santa Isabel, se pudo determinar que la enfermedad de la “pepita negra”, causa lesiones en los frutos de *M. indica* L. Tommy Atkins. Por lo tanto, después de haber analizado los factores bióticos y abióticos de la finca, los cuales fueron condiciones que benefician al desarrollo de la enfermedad, se consideran las siguientes actividades, bajo un enfoque de manejo integrado de la enfermedad:

### **5.1 Manejo agronómico actual en *M. indica* en finca Santa Isabel**

Se realizan diferentes actividades como parte del manejo en las plantaciones de mango, las cuales se describen a continuación:

- **Poda:**

Se realiza esta actividad en dos períodos del año, la primera se le denomina poda de rebrote, la cual se realiza aproximadamente en diciembre y enero, para estimular de esta manera a los árboles a que salgan brotes nuevos para tener más flores en el siguiente ciclo de cosecha.

La poda de despunte, es denominada así a la otra poda que se realiza en la finca Santa Isabel, ésta se lleva a cabo en el mes de junio, cuando la temporada de cosecha haya finalizado, para eliminar la parte vegetativa que fue cosechada.

- **Fertilización:**

Se realizaba la aplicación de fertilizantes químicos en la plantación de *M. indica*, con el producto Fosfato Monoamónico (MAP) pero observaron que los frutos presentaban problemas de firmeza, razón por la cual desde hace siete años ya no aplican ningún tipo de fertilizantes.

- **Riego**

En la finca no se realiza ningún tipo de riego, la única fuente de riego en el cultivo es el agua de lluvia.

- **Control de plagas**

Actualmente se realiza el monitoreo de la “mosca de la fruta” *Anastrepha spp.*, con trampas realizadas por la finca con pastillas torula, así también el monitoreo y control químico de “trips” *Thysanoptera spp.*, con el producto Brálic - Adama, el muestreo de *Thysanoptera spp.*, se realiza a cada año, a inicios de la época de floración, con una frecuencia de al menos tres a cuatros veces al mes (una vez por semana).

- **Control de enfermedades**

Desde el año 2019 se dejó de realizar el control de las enfermedades en el cultivo de *M. indica*, antes de ese año, se realizaban los monitoreos y aplicaciones químicas con el producto Clorotalonil 720 - tridente.

- **Control de maleza**

Se realiza de manera cultural, por medio del uso de un machete, esta actividad se realiza a cada año, algunas semanas antes de la cosecha de *M. indica*.

## 5.2 Propuesta del Plan de manejo de la enfermedad de la “pepita negra”

Según las actividades que se llevan a cabo en la finca, se procedió a elaborar un plan de manejo para la enfermedad de la “pepita negra”.

- **Poda de sanidad**

Se debe realizar un saneamiento de la plantación de *M. indica* mediante podas, esta actividad se puede realizar después de la cosecha, el cual se deberá eliminar las ramas o troncos que muestran con exudado resinoso, y las ramas muertas o secas, se deberá priorizar a los árboles de los lotes donde existe una mayor incidencia de *Erwinia* spp., después, por medio de una pasta cicatrizante (pasta bordelesa), cubrir las heridas de las cortezas de los árboles que fueron podados, de esta manera se evitará la entrada de patógenos por las heridas.

Es necesario desinfectar las herramientas y herramientas usadas en las labores del cultivo con formol o hipoclorito de sodio al 20%. Por ejemplo, durante las labores de poda se debe realizar la desinfección o lavado de manos, herramientas o guantes con productos a base de hipoclorito de sodio o formol. Se debe de llevar consigo la mezcla preparada dentro de un recipiente y desinfectar las herramientas cada vez que se traslade a una planta diferente.

Este tipo de poda se debe de aprovechar en la temporada de fin de año, cuando se realiza la poda de rebrote (diciembre a enero).

- **Desmalezado**

Por medio del control manual se puede realizar del control de malezas, para evitar la población de plantas que compiten por nutrientes y agua con el cultivo y que también que puedan ser hospederas de la enfermedad. Tener cuidado para no causar daños en los troncos y ramas de los árboles con elementos mecánicos. Se debe de realizar esta actividad por lo menos dos veces al año.

También se puede realizar por medio del control químico, el cual debe realizarse con herbicidas postemergentes, de preferencia a base de glifosato o de Paraquat. Además, se recomienda revisar los productos permitidos para el cultivo (lista de uso de Senasa) (Mora *et al*, 2002).

- **Fertilización**

Por medio del análisis de suelo se deberá realizar la aplicación de fertilizantes, ya que según los datos obtenidos de pH, se encontraron valores de 5 a 6.76, lo que indica que los nutrientes disponibles que se encuentran en el suelo son Hierro, Manganeso, Boro, Cobre y Zinc, por lo que se deberá aplicar nutrientes como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Azufre, Calcio y Magnesio, se deberán realizar los cálculos matemáticos para determinar la dosis adecuada de cada nutriente, de esta manera se suplirán correctamente los nutrientes que la planta requiere.

Además, se deberá aumentar el contenido de materia orgánica para que la fertilidad del suelo mejore, de esta manera las plantas podrán desarrollar mejor el sistema radicular y estas podrán absorber mejor los nutrientes. Para mejorar el contenido de materia orgánica se podrán realizar actividades como el uso de compost, residuos de cultivos (resto de podas, ramas sanas), y sembrar plantas de leguminosas.

- **Monitoreo de la enfermedad**

Realizar monitoreos frecuentes en el cultivo de *M. indica* (cuatro veces al mes), para estimar la incidencia y severidad de la enfermedad, anotar los datos y hacer una comparación anualmente.

- **Eliminación de frutos enfermos**

En temporada de cosecha se deberá cosechar y desechar los frutos que se encuentren con síntomas de “pepita negra” (mancha negra, y mancha negra con exudación en el fruto). Se deberá enterrar los frutos enfermos, dentro de un

agujero en un punto que esté fuera de la plantación, en un lugar con exposición a los rayos solares.

- **Control químico**

En Costa Rica han realizado estudios del manejo de la enfermedad, obteniendo buenos resultados con la aplicación de Caldo Bordelés 80% y Phytol-27, en dosis de 5,0 g y 0.5 ml/L de agua. por lo tanto, se recomienda buscar productos en el mercado a base de Sulfato de cobre para realizar ensayos de prueba, con el fin de seleccionar un producto, dosis y frecuencia de la aplicación que pueda ser la más eficiente para la recomendación a los productores como parte del manejo de esta enfermedad.

- **Identificación de áreas con mayor incidencia de “pepita negra”:**

Según las observaciones y los datos de incidencia y severidad de la “pepita negra” en los grupos ambientales de la finca, se identificaron los grupos cuatro, cinco y seis, con mayor porcentaje de esta enfermedad.

Se considera llevar a cabo el plan de manejo para mejorar la producción de frutos sanos de *M. indica*. Este plan consiste en realizar poda de sanidad, desmalezado, fertilización, monitoreos de la enfermedad, eliminación de frutos enfermos y control químico, el cual deberá ser implementado en lugares que sean representativos de cada grupo.

Tendrá su evaluación a cada año por medio de los datos de muestreo de incidencia y severidad de esta manera se determinará la tendencia o comportamiento de la enfermedad en cada grupo.

## VII. CONCLUSIONES

### **1. Descripción de los síntomas o signos que manifiesta *Erwinia* spp., “pepita negra” en los frutos de *Mangifera indica*.**

1.1 Los síntomas de la enfermedad de la “pepita negra” manifestados en los frutos de *M. indica* Tommy Atkins son: presencia de lesiones necróticas de forma irregular, ovalada y circular, los tamaños fueron variados, la posición de las lesiones varía entre el pedúnculo, parte media y ápice, también algunas manchas presentaban signos de exudaciones.

### **2. Determinación de la distribución de la incidencia de la enfermedad de *Erwinia* spp., “pepita negra” en finca Santa Isabel.**

2.1 Según los muestreos realizados en la temporada de cosecha en el año 2021, los frutos encontrados con la enfermedad de la “pepita negra” constituyen un total de 2,277 frutos en el mes de abril y de 2,240 frutos en el mes de mayo.

2.2 De acuerdo a la escala de severidad de Guevara et al, (2002), constituido por el grado 0 a 5, se determinó que la mayor cantidad de severidad encontrada fue en el grado 2 en el mes de abril y grado 3 en el mes de mayo.

### **3. Caracterización de los factores abióticos y determinar microambientes en la finca.**

3.1 Se encontraron cinco clases texturales de suelo, las cuales son: arcilla arenosa, franco arcillo-arenoso, arcilla, franco y franco arenoso, éstos son suelos finos, moderadamente finos, medianos y moderadamente gruesos, respectivamente.

3.2 Las condiciones climáticas registradas durante los ocho meses de 2021 (enero a agosto) en finca santa Isabel fueron: la temperatura promedio mensual de 25°C, la humedad promedio mensual fue de 68% y el promedio mensual de lluvia fue de 135.12 mm.

3.3 Según el análisis físico y químico de los suelos de la finca, se pudo determinar que uno de los principales problemas que posee el cultivo de *M. indica*, es la compactación alta en los suelos y con mayor contenido de arcilla.

3.4 Se encontraron suelos compactados, estos son poco profundos y muy duros lo que evita el buen desarrollo de las raíces.

#### **4. Relación de los factores abióticos con la incidencia de *Erwinia* spp., y elaboración de un mapa de distribución en la finca.**

4.1 La incidencia de *Erwinia* spp., no es homogénea en los grupos ambientales formados en la finca. En los grupos ambientales, uno, dos y tres se encontraron incidencias promedio de 4.02 a 4.51 por ciento y aumentando con 8.18 a 11.09 por ciento en los grupos cuatro, cinco y seis.

4.2 Los valores del porcentaje de incidencia de la enfermedad de la “pepita negra” variaron de acuerdo al tipo de suelo, ya que en los suelos de textura arcillo arenosa, franco arcilloso arenoso y arcilla, se encontraron altos valores de incidencias (8.78 a 11.08%), mientras que en los suelos de textura franco arenoso y franco se encontraron valores con menor incidencia (4.17 a 5.11%).

4.3 Los factores climáticos (temperatura, humedad relativa y lluvia), de la finca santa Isabel, son condiciones aptas para el desarrollo de la enfermedad de la “pepita negra”.

## VIII. RECOMENDACIONES

### **1. Describir los síntomas o signos que manifiesta *Erwinia* spp., “pepita negra” en los frutos de *Mangifera indica***

- 1.1. Por los síntomas que muestra la “pepita negra” en los frutos de *M. indica* (mancha negra, mancha negra con exudaciones), debes capacitarse al personal que realiza la labor de cosecha, en reconocer la enfermedad de la “pepita negra”, así tomar las medidas de control pertinentemente.
- 1.2. Realizar estudios más detallados sobre *Erwinia* spp., en el cultivo de *M. indica*, que permitan evaluar otros órganos de la planta que sean infectados, la manera y etapa de manejo, el costo y eficiencia del control.

### **2. Determinar la distribución de la incidencia de la enfermedad de *Erwinia* spp., “pepita negra” en la finca.**

- 2.1 De acuerdo a los valores encontrados de incidencia y severidad, debe monitorearse periódicamente en temporada de cosecha.

### **3. Caracterizar los factores abióticos y determinar microambientes en la finca.**

- 3.1. Revisar el drenaje de los suelos, de los sectores de la finca.
- 3.2. Realizar enmiendas de suelo o implementación de un programa de fertilidad, acorde a los análisis de suelo.

**4. Relacionar los factores abióticos con la incidencia de *Erwinia* spp., “pepita negra” y elaboración de un mapa de distribución en finca.**

4.1. De acuerdo a los grupos ambientales encontrados, es necesario realizar una observación más extensa del comportamiento de los factores edafoclimáticos y el porcentaje de incidencia de la “pepita negra”, en cada grupo ambiental.

**5. Proponer un plan de manejo de la enfermedad causada por *Erwinia* spp., en el cultivo de *Mangifera indica* en finca.**

5.1. Dada las condiciones favorables del agroecosistema de la finca y la incidencia de la enfermedad de “pepita negra”, en los frutos de *M. indica*, conviene implementar el plan de manejo fitosanitario tan pronto como sea posible.

## IX. REFERENCIAS

- Acosta, F. (2018). *Tablas de colores de suelo estándar revisados*.  
[https://www.academia.edu/5194213/tabla\\_munsell\\_digital](https://www.academia.edu/5194213/tabla_munsell_digital)
- AGEXPORT. (2018). *El festival del mango*.  
<https://agexporthoy.export.com.gt/wp-content/uploads/2019/04/19.-El-Festival-de-mango-de-exportaci%C3%B3n-estrena-el-verano-2019-con-sabor-y-calidad.pdf>
- AgriNova Science. (s.f). *La utopía del 5% de la materia orgánica. Materia orgánica*.  
<https://agri-nova.com/noticias/la-utopia-del-5-de-la-materia-organica/>
- Bertsch, F. (1998). *Fertilidad de suelos y manejo de la nutrición de los cultivos en Costa Rica*.  
<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/TEC.000023674/Similar>
- Bolaños, R. M. (2019). Cosecha de mango en Guatemala crece 15% y aumenta su mercado de exportación. *Prensa Libre*.  
<https://www.prensalibre.com/economia/cosecha-de-mango-en-guatemala-crece-15-y-aumenta-su-mercado-en-el-extranjero/>
- Bueno, R., y Fernández, J. (2019) "*La capacidad de intercambio catiónico del suelo: una bóveda de nutrición clave en la producción de alimentos,*" *Ámbito Investigativo: Revista de divulgación de Ciencia Unisalle*, 4(1), 9-10.  
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1029&context=ai>
- Chávez, X., Vega, A., Tapia, L., y Miranda, M. (2001). *Mango, su manejo y producción en el trópico seco de México*. INIFAP. 6 (1) 17-25  
[http://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias\\_agropecuarias/article/view/267](http://revistas.ucundinamarca.edu.co/index.php/Ciencias_agropecuarias/article/view/267)

- Comité Estatal de Sanidad Vegetal. (2015). *Manejo Integrado de Mosca de la Fruta* (Guía del Productor). <https://cesavem.mx/img/MoscadelaFruta/moscadelafruta.pdf>
- Corredor, J., y García, J. (2011). *Fenología reproductiva, biología floral y visitantes florales en los cultivares de mango (Mangifera indica L.) Hilacha y Tommy Atkins en el Valle del alto Magdalena (Colombia)*. *Revista Carpoica, Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12 (1) 21-32. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945030003.pdf>
- Coto, B., y Wang, A. (1995). *Evaluación de cinco tratamientos químicos para el combate de la bacteriosis (Erwinia sp.) en frutos de mango variedad Tommy Atkins, en Turrubares, Costa Rica*. *Agronomía Costarricense*, 19(1), 15-20. [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v19n01\\_015.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v19n01_015.pdf)
- Cronquist, A. (1981). *An integrated system of classification of flowering plants*. [https://www.google.com.gt/books/edition/An\\_Integrated\\_System\\_of\\_Classification\\_o/EB6qflbmcrwC?hl=en](https://www.google.com.gt/books/edition/An_Integrated_System_of_Classification_o/EB6qflbmcrwC?hl=en)
- Dorronsoro, C. (2011). *Descripción de perfiles. Información general acerca del suelo, pedregosidad y afloramientos rocosos*. <https://www.eweb.unex.es/eweb/edafo/ECAP/ECAL2DPIGSPedrRoc.htm>
- Dreamstime. (s.f.). *Enfermedad de la fruta del mango causada por los hongos*. <https://es.dreamstime.com/photos-images/enfermedad-de-la-fruta-del-mango-causada-por-los-hongos.html>
- Fadda, G. (s.f.). *Clasificación de suelos*. [https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/0/module/7956269176/name/Clasificaci%C3%B3n\\_de\\_S](https://s9a0d11af78cd478d.jimcontent.com/download/version/0/module/7956269176/name/Clasificaci%C3%B3n_de_S)

- Finca Santa Isabel. (2018). *Árboles, pantes y sectores de finca Santa Isabel*. San José el Ídolo, Suchitepéquez, Guatemala. Archivo propio del autor, no publicado.
- Finca Santa Isabel. (2020). *Datos climáticos*. Guatemala, san José el Idolo, Suchitepéquez, Guatemala. Archivo propio del autor, no publicado.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA. (2007). *Hoja técnica: Analicemos el suelo para alimentar adecuadamente a los cultivos*. [Fundación Hondureña de Investigación Agrícola \(fhia.org.hn\)](http://fhia.org.hn)
- Galán, V. (2009). *El cultivo del Mango*. [El cultivo del mango \(2ª ed. rev. y amp.\) - GALAN SAUCO, VICTOR - Google Libros](#)
- Gamboa, J., y Mora, J. (2010). *Guía para el cultivo de mango (Mangifera indica L.) en Costa Rica*. [Guía para el cultivo de mango - Jimmy Gamboa Porras et al. - Plataforma PLATICAR](#)
- GLOBE. (2005). *Protocolo de Caracterización de suelo*. [GLOBE.gov](http://GLOBE.gov)
- González, J., y Hormaza, J. (s.f.). *Plagas y enfermedades del mango (Mangifera indica L.)*. [Mango Plagas y Enfermedades SPN.pdf](#)
- Google Maps. (2021). *Mapa de San José el Idolo*. [san josé el idolo – Google-maps Mapas](#)
- Guevara, Y., Maselli, A., Mireles, M., Figueroa, R., Marcano, M., y Rendón, A. (2002). *Evaluación de Cuatro Productos para el control de Bacteriosis (Erwinia spp.) en frutos de Mango (Mangifera indica L.)*. Revista Mexicana de Fitopatología, 20(1), 110-113. [Redalyc.Evaluación de Cuatro Productos para el Control de la Bacteriosis \(Erwinia spp.\) en Frutos de Mango \(Mangifera indica L.\)](#)

- Guevara, Y., Rondon, A., Arnale, E., y Solorzano, R. (1985). *Bacteriosis del mango (Mangifera indica L.) en venezuela; distribucion, perpetuacion y evaluacion de la resistencia de variedades*. [Bacteriosis en Mango Por Erwinia SP | PDF | Las bacterias | Tallo de la planta \(scribd.com\)](#)
- Hart, R. (1985). *Conceptos básicos sobre agroecosistemas*. [Conceptos básicos sobre agroecosistemas - Robert D. Hart - Google Libros](#)
- Ibañez, A., Gisbert, J., y Moreno, H., (2011). *La pendiente del terreno*. [Portada del documento \(upv.es\)](#)
- Instituto Colombiano Agropecuario, ICA (1992) *Fertilización de diversos cultivos. Quinta aproximación*. [27733\\_16902.pdf \(agrosavia.co\)](#)
- Intituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiental. ARNA-URL . (2018). *Ecosistemas de Guatemala, basado en el sistema de clasificación de zonas de vida*. [Ecosistemas-de-Guatemala-final.pdf \(infoiarna.org.gt\)](#)
- Instituto Privado de Investigación sobre el Cambio Climático, ICC. (2020). *Resumen Meteorológico 2020 del sur de Guatemala*. [Resumen Meteorológico del sur de Guatemala, 2020 - ICC](#)
- Jimenez, J., y Mora, J. (2003). *Cultivo del mango*. [EL CULTIVO DEL MANGO \(earth.ac.cr\)](#)
- Laboratorios AL de México S.A de C.V. (s.f). *El pH del Suelo, Conceptos fundamentales*. [Microsoft Word - EL pH DEL SUELO. CONCEPTOS FUNDAMENTALES \(ihmc.us\)](#)
- Larios, I., Campos, M., Padilla, M., y Villanueva, S. (2016). *Introducción a la Tecnología del Mango*. [Libro Mango | PDF | Mango | Fruta \(scribd.com\)](#)
- Llerena, R. (Julio de 2005). *Síntomas y signos fitopatológicos en cultivos del trópico de Cochabamba*. [Sintomas y Signos Fitopatologicos en Cultivos Del Tropicico | PDF | Hoja | Hongo \(scribd.com\)](#)

- López, M., Matul, L., Fuentes, B., Contreras, K., Lorenti, S., y Quintana, H. (2012). *Diagnóstico Socioeconómico, potencialidades productiva y propuestas de inversión*. [Microsoft Word - 1 CARATULA.doc \(usac.edu.gt\)](#)
- Lucas, M. (2021) *Diagnóstico del cultivo de Mangifera indica L. Anacardiaceae "Mango Tommy Atkins" de la finca santa Isabel, San José el Idolo, Suchitepéquez*. [Diagnóstico EPS. Agronomía Tropical] USAC, CUNSUROC, Guatemala.
- Mendoza, R., y Espinoza, A. (2017). *Guía Técnica para muestreo de suelos*. [P33M539.pdf \(una.edu.ni\)](#)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA. (2014). *Perfil comercial Mango*. [https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/informacion\\_del\\_sector/perfiles\\_de\\_mercado/Perfil\\_mango.pdf](https://www.maga.gob.gt/sitios/diplan/download/informacion_del_sector/perfiles_de_mercado/Perfil_mango.pdf)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, MAGA (2000). *Primera Aproximación al Mapa de Clasificación Taxonómica de los suelos de la República de Guatemala a escala 1:250,000. Clasificación de suelos*. [TECNICA.PDF \(maga.gob.gt\)](#)
- Ministerio de Agricultura y Ganadería, G. (2007). *Agrocadena de Mango. Cultivo de mango*. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-4282.pdf>
- Miranda, E. F. (2019). *Práctica 12, bacterias fitopatógenas, aislamiento y caracterización, bactericidas fitopatógenas, aislamiento y caracterización*. Guatemala, Guatemala.
- Mora, J., Gamboa, J., y Murillo, R. (2002). *Guía para el cultivo del mango*. San José, Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-8004.pdf>

- Morel Diffusion SAS. (s.f.). *Las bacterias del género Erwinia*. Francia, Var. <https://www.cyclamen.com/es/profesional/enfermedades/5/17>
- Munévar, F. (2004). *Relación entre la nutrición y las enfermedades de las plantas*. Revista Sanidad Vegetal. 25 (2) 176-177. <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/nutrici%C3%B3nylasenfermedadesenplantas.pdf>
- Navas, F. (2004). *La industria del mango en Guatemala*. Revista El Sembrador. 1 (1) 14-15. <https://www.slideshare.net/LuisSilvanoVicenteAgustin/revista-el-sembrador-1992>
- Oliveira, J., Khouri, E., y Mayor, M. (2006). *Análisis de suelo y plantas y recomendaciones de abonado. Saturación de bases*. [https://books.google.com.gt/books?id=5owJ6JS0txAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0 - v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.gt/books?id=5owJ6JS0txAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0 - v=onepage&q&f=false)
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (2009). *Guía para la descripción de suelos*. <https://www.fao.org/3/a0541s/a0541s.pdf>
- Orozco, E. (2018). *Bacterias Fitopatógenas, aislamiento y caracterización*. Guatemala. Archivo propio del autor, no publicado.
- Palacios, C. (1999). *Identificación de la bacteria causal de la pepita negra en el mango (Mangifera indica L.) variedad Tommy Atkins en Guatemala*. [Tesis Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala]. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_1841.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_1841.pdf)
- Palma, M., Blanco, M., y Guillén, C. (2019). *Las cochinillas harinosas (Hemiptera: Pseudococcidae) y su impacto en el cultivo de Musáceas*. [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v30n01\\_281.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v30n01_281.pdf)

- Perera, S., y Méndez, C. (2007). *Enfermedades en Mango*. [https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt\\_134\\_D\\_Mango07.pdf](https://www.agrocabildo.org/publica/Publicaciones/subt_134_D_Mango07.pdf)
- Plantix. (s.f.). *Mancha negra bacteriana del mango*. <https://plantix.net/es/library/plant-diseases/300013/bacterial-black-spot-of-mango/>
- Printchett, W. (1990). *Suelos forestales. México*. <https://biblioteca.uazuay.edu.ec/buscar/item/46676>
- Pinzón, A., y Amézquita, E. (2007). *Compactación de suelo por el pisoteo de animales en pastoreo en el Piedemonte Amazónico de Colombia*. [https://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1991-vol13-rev1-2-3/Vol13\\_rev2\\_91\\_art4.pdf](https://www.tropicalgrasslands.info/public/journals/4/Elements/DOCUMENTS/1991-vol13-rev1-2-3/Vol13_rev2_91_art4.pdf)
- Productores y exportadores de Mango. Proex-Mango. (1993). *Seminario de productores de mango*. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UCR.000043341/Description>
- Quesada, M., y Wang, A. (1992). *Insectos portadores de la bacteria causante del "Cancer de mango" (Mangifera indica)*. *Agronomía Costarricense*, 16(2), 231-236. [https://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v16n02\\_231.pdf](https://www.mag.go.cr/rev_agr/v16n02_231.pdf)
- Reddy, P., Guadappa, P., y Chakravarthy, A. (2018). *Pests of mango*. [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8687-8\\_12](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-10-8687-8_12)
- Riley, M., Williamson, M., y Maloy, O. (2002). *Diagnóstico de enfermedades en plantas*. <https://www.apsnet.org/edcenter/disimpactmngmnt/casestudies/Pages/DiagnosticoEnfermedadesPlantas.aspx>
- Rodríguez, M., Guerrero, M., y Sandoval, R. (2002). *Guía Técnica Cultivo de Mango*. *Cultivo de Mango*. <https://docplayer.es/337802-Guia-tecnica-cultivo-de-mango.html>

- Rondón, A., y Guevara, Y. (1998). *Principales enfermedades y su control en el cultivo de manguifera en Venezuela*.  
<http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/6903/BVE18040067e.pdf;jsessionid=5FAC1B93E81E987F362D044C8A67536E?sequence=1>
- Sánchez, P. (1999). *Nutrición de mango y el aguacate*.  
<http://repiica.iica.int/docs/B0218e/B0218e.pdf>
- Sermeño, J., y Rivas, A. (2004). *Muestreo de plagas*.  
[https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9147/1/A\\_MUESTREO\\_DE\\_PLAGAS%2C2004.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/9147/1/A_MUESTREO_DE_PLAGAS%2C2004.pdf)
- Simmons, C.S., Tárano T., J.M. y Pinto Z., J.H. (1959). *clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Edit. José de Pineda Ibarra.  
[https://www.google.com.gt/books/edition/Clasificaci%C3%B3n\\_de\\_reconocimiento\\_de\\_los/5HdZAAAAMAAJ?hl=es-419](https://www.google.com.gt/books/edition/Clasificaci%C3%B3n_de_reconocimiento_de_los/5HdZAAAAMAAJ?hl=es-419)
- United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. (1999). *Soil Taxonomy, A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*.  
<https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-06/SoilTaxonomy.pdf>
- UnitedS. Department of Agriculture. (2014). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/Spanish-Keys-to-Soil-Taxonomy.pdf>
- Vargas, R. (2005). *Síntomas y signos fitopatológicos en cultivos del trópico de Cochabamba*. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REH20LL791.pdf>

Vargas, V. (2012). *Evaluación de tres niveles, dos fuentes y dos formas de aplicación del micronutriente hierro (Fe) en el cultivo de mango (M. indica cv Tommy Atkins) en el Jicaro, El Progreso, Guatemala, C.A.* [Tesis Facultad de Agronomía, Univerisdad de San Carlos de Guatemala]. [http://www.repositorio.usac.edu.gt/6491/1/Documento Carolina Vargas.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/6491/1/Documento%20Carolina%20Vargas.pdf)

Zerbino, C. (2004). *Importancia de la biodiversidad para el funcioamiento de los agroecosistemas.* <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/12660/1/sad-674-2012-Zerbino-Leoni.pdf>

Vo. Bo.

  
Licda. Ana Teresa de González

Bibliotecaria CUNSUROC



## X. ANEXOS

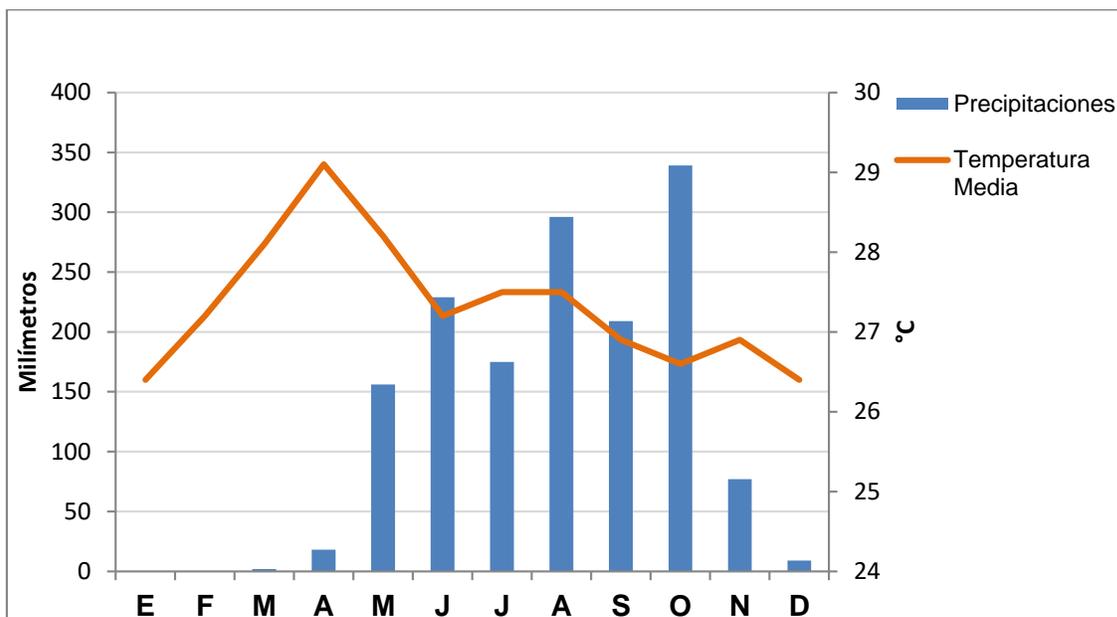


Figura 32: Climograma de San José El Ídolo, Suchitepéquez.

Cuadro 25: Etapas fenológicas de los árboles de *M. indica*.

Etapa	Estadios			
	1	2	3	4
I. En el desarrollo de las yemas	Yema en reposo	Comiendo del hinchazo de las yemas	Abultamiento de las yemas	Ápices visibles
II. En el desarrollo del órgano floral (inflorescencia)	Separación de escamas y visibles primordios florales	Inicio de elongación del eje floral, flores aún permanecen cerradas.	Apertura de las primeras flores individuales.	Inflorescencia con la mayoría de flores abiertas, a punto de amarre de frutos.
III. Durante el desarrollo del fruto	Primeros frutos visibles, tamaño de una cabeza de alfiler.	Diámetro del fruto hasta 10 mm. Y flores marchitas.	Diámetro hasta 2 cm. Inicio de caída fisiológica de frutos.	Aumento de peso y dimensiones de frutos.

Fuente: Corredor y García (2011).

Cuadro 26 : Formato para evaluación del grado de severidad de la “pepita negra”

Fecha		Pante					
Planta	Cantidad de frutos evaluados	Frutos enfermos por “pepita negra”	Grados				
			0	1	2	3	4
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
		Total					
		Promedio					
		Porcentaje					

Cuadro 27: Registros climáticos del año 2021 de finca Santa Isabel

MES	TEMPERATURA (C°)	HUMEDAD RELATIVA (%)	LLUVIA (mm)
1/01/2021	0		0
2/01/2021	24	72	0
3/01/2021	0		0
4/01/2021	23	69	5
5/01/2021	23	72	0
6/01/2021	22	70	0
7/01/2021	23	72	0
8/01/2021	23	71	0
9/01/2021	23	69	0
10/01/2021	0		0
11/01/2021	22	70	0
12/01/2021	23	68	0
13/01/2021	23	66	0
14/01/2021	23	71	0
15/01/2021	23	68	0
16/01/2021	23	68	0
17/01/2021	0		0
18/01/2021	23	65	0
19/01/2021	24	70	0
20/01/2021	24	68	0
21/01/2021	23	66	0
22/01/2021	23	69	0
23/01/2021	23	68	0
24/01/2021	0		0
25/01/2021	23	68	0
26/01/2021	23	68	0
27/01/2021	23	68	0
28/01/2021	23	68	0
29/01/2021	23	63	0
30/01/2021	23	70	0
31/01/2021	0		0
1/02/2021	23	68	0
2/02/2021	23	68	0
3/02/2021	24	68	0
4/02/2021	24	68	0
5/02/2021	23	70	0
6/02/2021	23	67	0
7/02/2021	24		0
8/02/2021	24	64	0
9/02/2021	24	68	0
10/02/2021	24	65	0
11/02/2021	24	68	0
12/02/2021	23	72	0
13/02/2021	23	67	0
14/02/2021			0
15/02/2021	23	65	0
16/02/2021	23	70	0
17/02/2021	24	68	0
18/02/2021	23	64	0
19/02/2021	24	66	0
20/02/2021	24	66	0
21/02/2021			0
22/02/2021	24	68	0
23/02/2021	23		0
24/02/2021	23	66	0
25/02/2021	24	66	0

## ...Continuación del cuadro 27

26/02/2021	24		0
27/02/2021	25	66	0
28/02/2021			0
1/03/2021	25	67	0
2/03/2021	24	66	0
3/03/2021	24	68	0
4/03/2021	24	66	0
5/03/2021	24	64	0
6/03/2021	25	64	0
7/03/2021			0
8/03/2021	26	69	0
9/03/2021	24	69	0
10/03/2021	24	67	0
11/03/2021	25	68	0
12/03/2021	25	67	0
13/03/2021	26	68	2
14/03/2021			0
15/03/2021	26	66	0
16/03/2021	24	72	0
17/03/2021	25	64	0
18/03/2021	25	64	0
19/03/2021	24	65	0
20/03/2021	26	67	19
21/03/2021	23		0
22/03/2021	24	70	0
23/03/2021	24	66	0
24/03/2021	25	68	0
25/03/2021	24	65	0
26/03/2021	24	64	0
27/03/2021	26	66	0
28/03/2021			0
29/03/2021	26	66	0
30/03/2021	26	66	0
31/03/2021	26	68	0
1/04/2021	26	66	0
5/04/2021	24	72	25
6/04/2021	24	64	0
7/04/2021	24	70	0
8/04/2021	26	64	0
9/04/2021	27	66	0
10/04/2021	26	68	0
11/04/2021			0
12/04/2021	26	66	0
13/04/2021	26	66	0
14/04/2021	27	66	0
15/04/2021	26	68	0
16/04/2021	25	69	0
17/04/2021	26	68	0
18/04/2021			0
19/04/2021	26	70	0
20/04/2021	26	68	0
21/04/2021	26	72	8
22/04/2021	24	72	38
23/04/2021	26	74	0
24/04/2021	26	72	0
25/04/2021			0
26/04/2021	26	72	0
27/04/2021	26	70	0
28/04/2021	26	70	0

## ...continuación del cuadro 27

29/04/2021	26	68	0
30/04/2021	26	68	0
1/05/2021	26	70	0
3/05/2021	25	71	38
4/05/2021	25	74	8
5/05/2021	24	72	0
6/05/2021	25	70	0
7/05/2021	24	73	0
8/05/2021	26	70	33
10/05/2021	25	74	51
11/05/2021	26	69	0
12/05/2021	27	70	0
13/05/2021	27	71	0
14/05/2021	27	72	0
15/05/2021	26	69	0
17/05/2021	24	72	0
18/05/2021	24	70	5
19/05/2021	24	70	0
20/05/2021	24	69	0
21/05/2021	25	70	0
22/05/2021	26	69	0
24/05/2021	26	70	18
25/05/2021	25	69	8
26/05/2021	25	70	10
27/05/2021	26	71	0
28/05/2021	26	68	13
29/05/2021	24	68	51
30/05/2021			0
31/05/2021	26	68	10
1/06/2021	26	70	0
2/06/2021	26	70	4
3/06/2021	26	70	0
4/06/2021	27	72	20
5/06/2021	26	70	4
6/06/2021			0
7/06/2021	26	72	0
8/06/2021	26	72	0
9/06/2021	26	72	4
10/06/2021	23	78	28
11/06/2021	26	70	0
12/06/2021	26	71	10
13/06/2021			8
14/06/2021	23	76	25
15/06/2021	25	71	0
16/06/2021	25	74	10
17/06/2021	24	74	0
18/06/2021	26	71	0
19/06/2021	26	70	5
20/06/2021			20
21/06/2021	26	72	0
22/06/2021	26	70	2
23/06/2021	23	76	20
24/06/2021	26	72	5
25/06/2021	24	71	3
26/06/2021	24	72	5
27/06/2021			0
28/06/2021	25	72	13
29/06/2021	24	73	51
30/06/2021	24	74	3

## ...continuación del cuadro 27

1/07/2021	25	71	3
2/07/2021	24	74	0
3/07/2021			3
4/07/2021			25
5/07/2021	24	75	15
6/07/2021	26	70	0
7/07/2021	26	70	3
8/07/2021	24	69	0
9/07/2021	25	71	5
10/07/2021	25	70	0
11/07/2021			15
12/07/2021	25	74	32
13/07/2021	25	72	0
14/07/2021	25	72	0
15/07/2021	24	72	2
16/07/2021	24	69	10
17/07/2021	25	72	0
18/07/2021			20
19/07/2021	25	72	0
20/07/2021	25	71	0
21/07/2021	25	71	0
22/07/2021	24	69	10
23/07/2021	24	67	0
24/07/2021	25	70	0
25/07/2021	25		0
26/07/2021	26	66	0
27/07/2021	24	69	3
28/07/2021	25	72	15
29/07/2021	24	71	5
30/07/2021	24	70	3
31/07/2021	25	72	3
1/08/2021			2
2/08/2021	26	68	5
3/08/2021	25	66	20
4/08/2021	24	74	2
5/08/2021	24	68	5
6/08/2021	24	68	52
7/08/2021	24	72	8
8/08/2021			30
9/08/2021	24	71	20
10/08/2021	24	67	0
11/08/2021	24	72	2
12/08/2021	24	71	25
13/08/2021	24	72	0
14/08/2021	25	74	5
15/08/2021			0
16/08/2021	26	72	0
17/08/2021			16
18/08/2021			4
19/08/2021			0
20/08/2021			25
21/08/2021			5
22/08/2021			45

Cuadro 28: Promedio de datos climáticos en la finca.

MESES 2021	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RELATIVA %	LLUVIA (mm)
ENERO	23	69	5
FEBRERO	26	64	0
MARZO	25	64	21
ABRIL	26	69	71
MAYO	25	70	245
JUNIO	25	72	206
JULIO	26	71	172
AGOSTO	24	70	361



Figura 33: Preparación de muestras de suelo en el laboratorio del Centro Universitario de Suroccidente (CUNSUROC/USAC).

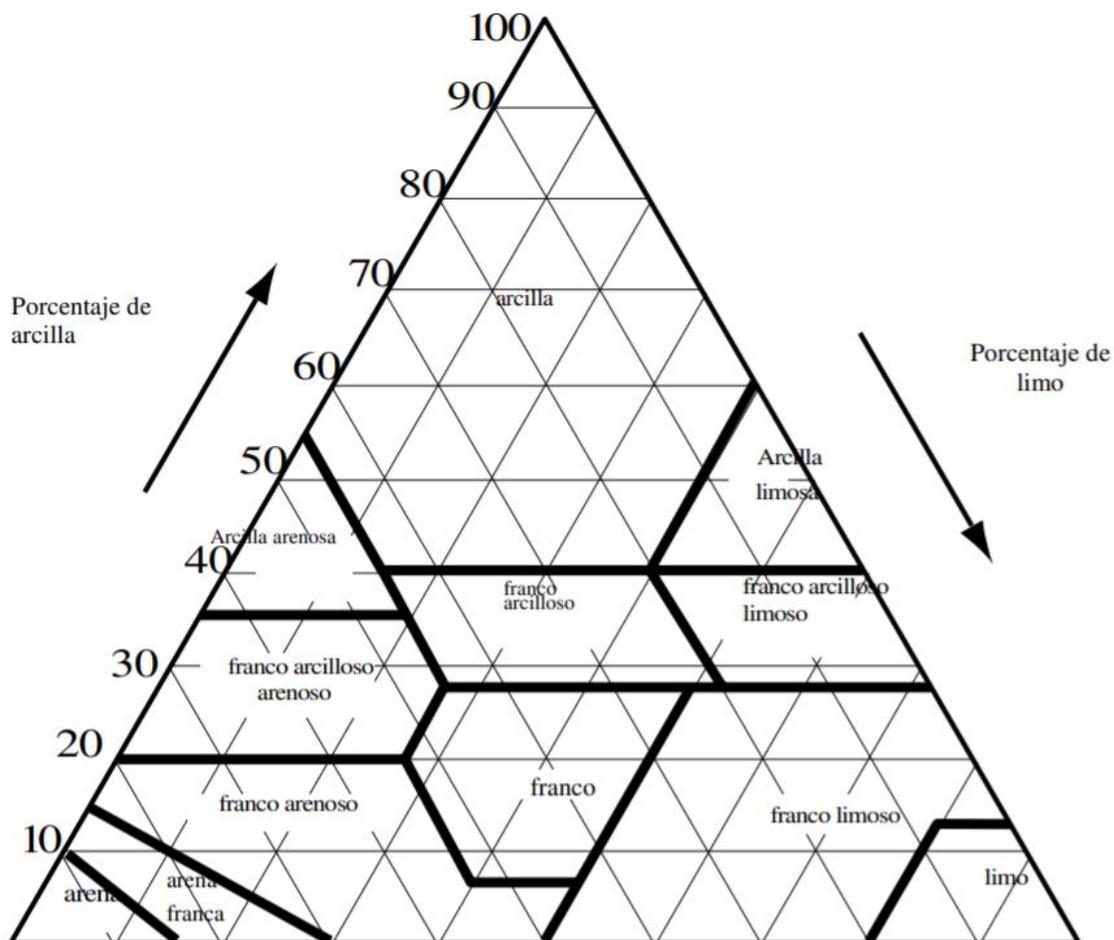


Figura 34: Triángulo de texturas.

Fuente: GLOBE (2005).

Cuadro 29: Determinación de clase textural y pH del suelo de finca Santa Isabel.

PANTE	% Arcillas	% Limos	% Arenas	TEXTURA	pH	Textura USDA
3 López	36.88	12.72	50.4	Arcilla Arenosa	6.26	Fina
Nance Luis Alto	41.24	13.08	45.68	Arcilla Arenosa	5.87	Fina
Nansón	31.24	19.08	49.68	Franco Arcillo - Arenoso	5.30	Moderadamente fina
Caulote	30.88	16.36	52.76	Franco Arcillo - Arenoso	6.35	Moderadamente fina
San Jorge Corral	24.88	24.72	50.4	Franco Arcillo - Arenoso	5.54	Moderadamente fina
San Jorge Presa No. 1	26.88	13.08	60.04	Franco Arcillo - Arenoso	6.27	Moderadamente fina
San Jorge Presa No. 2	30.16	13.44	56.4	Franco Arcillo - Arenoso	6.32	Moderadamente fina
San Anselmo No. 1	40.52	14.72	44.76	Arcilla Arenosa	6.15	fina
San Juan	34.88	20.36	44.76	Franco Arcillo - Arenoso	6.17	Moderadamente fina
Santa Isabel	26.88	21.44	51.68	Franco Arcillo - Arenoso	5.95	Moderadamente fina
Chilar	42.88	14	43.12	Arcilla	6.08	Fina
9 Manzanas	40.88	14	45.12	Arcilla Arenosa	5.87	fina
San Anselmo Pila	46.88	12.72	40.4	Arcilla	6.00	Fina
12 Manzanas	32.88	17.08	50.04	Franco Arcillo - Arenoso	6.20	Moderadamente fina
Pastoría Alto	31.8	20.53	52.33	Franco Arcillo - Arenoso	6.18	Moderadamente fina
San Anselmo No. 2	26.88	20.36	52.76	Franco Arcillo - Arenoso	5.70	Moderadamente fina
Montañita Alto	32.88	11.44	55.68	Franco Arcillo - Arenoso	6.08	Moderadamente fina
Victorias	34.88	10.72	54.4	Franco Arcillo - Arenoso	5.70	Moderadamente fina
Chincuyal	24.88	14.72	60.4	Franco Arcillo - Arenoso	5.90	Moderadamente fina
Platanera Alto	32.88	22	45.12	Franco Arcillo - Arenoso	6.54	Moderadamente fina
Guardiania Alto	22.88	16.72	60.4	Franco Arcillo - Arenoso	6.30	Moderadamente fina
Limar	26.88	22	51.12	Franco Arcillo - Arenoso	4.92	Moderadamente fina
Manacales	26.88	20	53.12	Franco Arcillo - Arenoso	5.39	Moderadamente fina
Las Doscientas	33.24	18.72	48.04	Franco Arcillo - Arenoso	5.61	Moderadamente fina
Las Cuatrocientas	28.88	16.36	54.76	Franco Arcillo - Arenoso	6.76	Moderadamente fina
San Vicente	26.88	21	52.12	Franco Arcillo - Arenoso	6.56	Moderadamente fina
López Vega	24.88	18.36	56.76	Franco Arcillo - Arenoso	6.50	Moderadamente fina
Nance Luis Vega	26.24	24.36	49.4	Franco Arcillo - Arenoso	6.48	Moderadamente fina
Pastoría Vega	34.88	16.72	48.4	Franco Arcillo - Arenoso	6.20	Moderadamente fina
Cocal	12.52	20.72	66.76	Franco Arenoso	5.55	Moderadamente gruesa
Montañita Vega	18.88	38	43.12	Franco	6.28	Mediana
Planatera Vega	12.16	23.44	64.4	Franco Arenoso	5.80	Moderadamente gruesa
Guardiania Vega	14.32	20.56	65.12	Franco Arenoso	6.12	Moderadamente gruesa

Cuadro 30: Datos de pendientes de los suelos de la finca.

PANTE	ELEVACION msnm			INCLINACION o PENDIENTE	
	Minima	promedio	maxima	Maxima %	Promedio %
1	51	58	63	6.1	1.6
2	50	58	60	4.9	0.8
3	51	57	60	5.6	1.8
4	52	58	61	3.4	0.7
5	53	58	63	5	1.6
6	53	59	63	7.3	1.4
7	54	55	59	3.6	0.8
8	54	59	64	4.3	1.2
9	54	60	67	5	1.5
10	57	61	65	4.1	1.2
11	52	56	61	4.7	1.4
12	53	56	59	3.8	1.7
13	54	58	62	5	1.5
14	53	57	63	4.7	1.1
15	54	62	65	5.5	1.2
16	57	62	65	2.6	0.8
17	56	62	63	6.7	0.8
18	59	66	70	3.2	0.7
19	62	65	68	2.6	5
20	60	66	70	7.2	2.8
21	64	68	70	5.8	1.3
22	60	68	72	6	1.1
23	66	70	73	2.5	0.5
24	66	70	73	3.1	0.7
25	63	67	73	3.3	0.7
26	62	67	73	4.1	1.4
27	48	52	62	5.5	0.8
28	49	53	59	5.3	1.3
29	53	58	61	5.3	1.2
30	53	58	63	5.7	1.5
31	51	56	62	9.9	3.4
32	53	59	67	10.6	2.9
33	53	59	66	13.4	6.4





Figura 35: Observaciones y toma de muestras de los perfiles encontrados en las calicatas realizadas en finca Santa Isabel.

Unidad 1

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL No. 2**

Lugar: Firma Santo Isabel, San José El Idolo fecha: 13 Jul 2021 Pendiente: 1.2% Material Autóctono: Volcánico

Tipo de Cobertura: Gramínea Uso de la tierra: Cultivo de Mango Tommy Atkins

Ubicación geográfica: 14.296977, -91.470961 Posición Fisiográfica: pendiente baja Cobertura: camionadora, hoja vieja

Pedregosidad: No pedregosidad Rajaduras en la superficie: sin Rajaduras

PANTE	HORIZONTE	LÍMITE SUPERIOR (cm)	LÍMITE INTERIOR	RAICES	ESTRUCTURA	COLOR	CONSISTENCIA	TEXTURA	CARBONATOS
San Anselmo 1	0	4							
	1	0	33	muchas	Granular	Marrón 3/4 Hue 10YR	Suelta	Franco Arcilloso	Ninguno
	2	33	X	pocas	Granular	Marrón 4/3 Hue 7.5YR	Firme	Arcilloso	Ninguno

Figura 36: Datos tomados en campo de calicata 1.

Unidad 2

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL No. 3

Lugar: Finca Santa Isabel San José El Idolo fecha: 13 Jul 2021 Pendiente: 0.7% Material Autóctono: VolcánicoTipo de Cobertura: Gramínea Uso de la tierra: Cultivo de Mango Tommy AtkinsUbicación geográfica: 14.304439, -91.470430 Posición Fisiográfica: Pendiente baja Cobertura: Caminadora, caulotePedregosidad: No presenta Rajaduras en la superficie: Ninguna

PANTE	HORIZONTE	LÍMITE SUPERIOR(cm)	LÍMITE INTERIOR(cm)	RAICES	ESTRUCTURA	COLOR	CONSISTENCIA	TEXTURA	CARBONATOS
	0	0	4	Muchas					
Victoria	1	4	27	Muchas	Granular	Grisáceo marrón 4/2 Hue 5YR	Suelta	Arcilloso	Ninguno
	2	27	X	Pocas	Granular	Brillante Marrón 5/6 Hue 7.5YR	firme	Arcilloso	Ninguno

Figura 37: Datos tomados en campo de calicata 2.

## Unidad 3

## Descripción del Perfil No. 1

Lugar: Finca Santa Isabel San José El Idolo. fecha: 14 Jul 2021 Pendiente: 1.5%. Material Autóctono: Volcánico  
 Tipo de Cobertura: Gramínea, cañote, quinaya y cultivo Mango Uso de la tierra: cultivo de mango  
 Ubicación geográfica: 14.292806, -91.474217 Posición Fisiográfica: Ladera o Pie Cobertura: \_\_\_\_\_  
 Pedregosidad: No pedregosidad Rajaduras en la superficie: No hay rajaduras

PANTE	HORIZONTE	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INTERIOR	RAICES	ESTRUCTURA	COLOR	CONSISTENCIA	TEXTURA	CARBONATOS
		0	3						
San Anselmo Pila	1	0 <sup>0/32</sup>	51	muchas	Granular	Marrón 4/2 +ve 7.5 YR	Suelta	Arcilloso	Ninguno
	2	51	X	Pocas	Granular	Brillante 6/6 +ve 10 YR	Frágil	Arcilloso	Ninguno

Figura 38: Datos tomados en campo de calicata 3.

Unidad 7

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL No. 5**

Lugar: Finca Santa Isabel San José El Idolo fecha: 14 Jul 2021 Pendiente: 1.5% Material Autóctono: Volcánico

Tipo de Cobertura: Comomoro Hoja de viga Uso de la tierra: Cultivo de Mango

Ubicación geográfica: \_\_\_\_\_ Posición Fisiográfica: Pendiente baja Cobertura: \_\_\_\_\_

Pedregosidad: No presenta Rajaduras en la superficie: No presenta

PANTE	HORIZONTE	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INTERIOR	RAICES	ESTRUCTURA	COLOR	CONSISTENCIA	TEXTURA	CARBONATOS	Otras observaciones
cocal	1	0	4	Muchas	Granular	amarillento marón 4/3 Hue 10 YR	Suelta	Franco limoso	Ninguno	Presencia de Lombrices
	2	22	X	Pocas	Granular	En Saco Pimón 110 Matón 6/2 Hue 10 YR	Suelta	Franco Arenoso	Ninguno	

Figura 39: Datos tomados en campo de calicata 4.

Unidad 5

**DESCRIPCIÓN DEL PERFIL No. 4**

Lugar: Finca Santa Isabel, San José El Idolo fecha: 14 Jul 2021 Pendiente: 3.4% Material Autóctono: Volcánico

Tipo de Cobertura: haja de viño, carne mano Uso de la tierra: Cultivo de Mango

Ubicación geográfica: 14.303260, -91.474480 Posición Fisiográfica: Pendiente concava Cobertura: \_\_\_\_\_

Pedregosidad: No presenta Rajaduras en la superficie: No presenta

PANTE	HORIZONTE	LÍMITE SUPERIOR	LÍMITE INTERIOR	RAICES	ESTRUCTURA	COLOR	CONSISTENCIA	TEXTURA	CARBONATOS
	0	0	5			grisáceo marrón			
Montañita	1	5	18	Muchas	Granular	4/2 Hue 7.5 YR	suelta	Franco	Ninguno
Vega	2	18	X	poca	Granular	grisáceo amarillo marrón 5/2 Hue 10 YR	suelta	Franco	Ninguno

Figura 40: Datos tomados en campo de calicata 5.

Cuadro 32 Características de signos y síntomas de la “pepita negra”

Característica	0	1	2	3	4
Color externo del fruto		verde	Verde/rojo	Verde/amarillo	
Forma de la lesión externa		Irregular	ovalada	Circular	
Color de la infección		negro	Café		
Parte atacada del fruto		ápice	pedúnculo	Parte media	
Tipo de síntoma	Sin lesión	Lesión necrótica			
Tipo de signo		Con exudación	Sin exudación		
Daño en la fibra		Fibra desintegrada	Fibra integrada		
Daño en la semilla		Lesión en semilla	Semilla sana		
Grado de daño en la enfermedad	Fruto sano	Ligera pudrición	Enfermedad moderada	Enfermedad severa	Enfermedad muy severa
Desarrollo fisiológico del fruto	Empieza a desaparecer clorofila y disminuye el hueso en la pulpa	Disminuye acidez	Síntesis de caroteno. Baja en almidón	Incremento de azúcares y baja en vitamina C	Cambios en textura

Fuente: Autora (2021), Recopilación de información aplicación PLANTIX (s.f.) y Coto y Wang (1998).

Cuadro 33: Variables cualitativas y cuantitativas de la descripción sintomatológica de la “pepita negra”.

No. panite	parte atacada del fruto	diámetro de la lesión	Forma de la lesión	Tipo de sintoma	Tipo de signo	Color de la lesión	Grado de daño de la enfermería	Desarrollo fisiológico del fruto	Color externo del	Daño en semilla	Daño en Fibra de fruto
1	2	1.8 cm	1	1	2	1	4	1	1	2	2
2	2	2.3 cm	1	1	2	1	3	4	2	1	1
3	1	0.8 cm	2	1	1	1	1	1	1	1	2
4	1	1.2 cm	1	1	1	1	3	2	1	2	2
5	1	1.2 cm	1	1	2	1	2	2	2	1	1
6	3	0.8 cm	2	1	2	1	2	3	2	1	1
7	2	1.4 cm	2	1	2	1	3	2	2	1	1
8	2	2.2 cm	2	1	2	1	4	4	3	1	1
9	3	0.8 cm	2	1	2	1	1	4	3	1	1
10	1	2.1 cm	1	1	2	1	3	0	1	1	2
11	1	0.9 cm	3	1	1	1	4	2	2	1	1
12	3	1.8 cm	2	1	1	1	3	0	1	1	2
13	1	1.2 cm	2	1	1	1	2	4	3	1	2
14	3	0.8 cm	1	1	2	1	2	3	1	1	1
15	2	0.4 cm	1	1	2	1	1	0	2	1	2
16	1	1.1 cm	2	1	2	1	3	0	2	1	1
17	3	1.8 cm	1	1	2	1	1	0	2	1	2
18	1	0.7 cm	2	1	2	1	2	3	1	1	1
19	1	1.6 cm	2	1	2	1	3	0	1	1	2
20	1	1.2 cm	1	1	2	1	3	4	2	1	1
21	1	1.3 cm	1	1	1	1	3	4	2	1	1
22	2	1.4 cm	1	1	2	1	3	4	2	1	1
23	1	0.8 cm	2	1	2	1	1	0	2	1	2
24	1	1.4 cm	2	1	1	1	1	1	1	1	2
25	3	1.1 cm	1	1	1	1	2	1	1	1	2
26	1	2.2 cm	1	1	1	1	4	2	2	1	1
27	3	1.8 cm	1	1	2	1	3	0	3	1	2
28	3	0.8 cm	2	1	2	1	1	1	2	1	2
29	1	1.6 cm	1	1	1	1	3	2	1	1	1
30	3	1.0 cm	3	1	1	1	1	0	1	1	2
31	1	0.7 cm	1	1	2	1	2	1	1	1	2
32	1	1.8 cm	1	1	1	1	4	2	1	1	2

Cuadro 34: Etapa fenológica de los árboles de *M. indica*

No. PANTE	ÁRBOLES MUESTREADOS	ETAPA/ESTADIO (ABRIL 2021)	ETAPA/ESTADIO (MAYO 2021)
1	10	III.4	III.4
2	10	III.4	III.4
3	10	III.4	III.4
4	10	III.4	III.4
5	10	III.4	III.4
6	10	III.4	III.4
7	10	III.4	III.4
8	10	III.4	III.4
9	10	III.4	III.4
10	10	III.4	III.4
11	10	III.4	III.4
12	10	III.4	III.4
13	10	III.4	III.4
14	10	III.4	III.4
15	10	III.4	III.4
16	10	III.4	III.4
17	10	III.4	III.4
18	10	III.4	III.4
19	10	III.4	III.4
20	10	III.4	III.4
21	10	III.4	III.4
22	10	III.4	III.4
23	10	III.4	III.4
24	10	III.4	III.4
25	10	III.4	III.4
27	10	III.4	III.4
28	10	III.4	III.4
29	10	III.4	III.4
30	10	III.4	III.4
31	10	III.4	III.4
32	10	III.4	III.4
33	10	III.4	III.4

Cuadro 35: Características observadas en submuestreo de suelo en cada lote de finca.

No.	Lote	Pendiente %	cobertura	Pedregosidad en la superficie	Latitud Y	Longitud X	Posición fisiográfica	Textura	Material parental
1	3 López	1.6	M. indica	1	1580647.48	665715	pendiente baja	Arcilla arenosa	volcánico
2	Nance Luis alto	0.8	M. indica	1	1579777.01	666229	pendiente baja	Arcilla arenosa	volcánico
3	Nansón	1.8	M. indica	1	1580186.25	665631	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
4	Caulote	0.7	M. indica	2	1580205.74	665248	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
5	San Jorge corral	1.6	M. indica	1	1580627.99	665326	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
6	San Jorge presa 1	1.4	M. indica	1	1581017.76	665267	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
7	San Jorge presa 2	0.8	M. indica	1	1581329.57	665131	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
8	San Anselmo 1	1.2	M. indica	2	1581095.71	664981	pendiente baja	Arcilla arenosa	volcánico
9	San Juan	1.5	M. indica	2	1581634.89	665118	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
10	Santa Isabel	1.2	M. indica	2	1581654.37	664767	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
11	Chilar	1.4	M. indica	2	1580082.32	664650	pendiente baja	Arcilla	volcánico
12	9 manzanas	1.7	M. indica	2	1580368.15	664709	pendiente baja	Arcilla arenosa	volcánico
13	San Anselmo pila	1.5	M. indica	2	1580589.01	664631	pendiente baja	Arcilla	volcánico
14	12 manzanas	1.1	M. indica	2	1580712.44	664916	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
15	Pastora alto	1.2	M. indica	2	1581082.72	664618	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
16	San Anselmo 2	0.8	M. indica	2	1581271.1	664761	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
17	Montañita alto	0.8	M. indica	1	1581940.2	664748	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
18	Victorias	0.7	M. indica	2	1581979.18	665040	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
19	Chincuyal	5	M. indica	1	1582245.52	665014	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
20	Platanera alto	2.8	M. indica	2	1582193.55	664774	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
21	Guardianía alto	1.3	M. indica	1	1582440.4	664741	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
22	Limar	1.1	M. indica	1	1582596.31	664657	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
23	Manacales	0.5	M. indica	1	1582667.77	664916	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
24	Las Doscintas	0.7	M. indica	1	1582648.28	665189	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
25	Las Cuatrocientas	0.7	M. indica	1	1582505.36	665352	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
26	San Vicente	1.4	M. indica		1582680.76	665553	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
27	López Vega	0.8	M. indica	1	1580303.18	666099	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
28	Nance Luis vega	1.3	M. indica	2	1580056.33	666216	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
29	Pastoría vega	1.2	M. indica	1	1581043.74	664468	pendiente baja	Franco arcillo-arenoso	volcánico
30	Cocal	1.5	M. indica	1	1581621.89	664540	pendiente baja	Franco arenoso	volcánico
31	Montañita vega	3.4	M. indica	1	1581946.7	664598	Pendiente cóncava	Franco	volcánico
32	Platanera vega	2.9	M. indica	2	1582206.54	664624	pendiente baja	Franco arenoso	volcánico
33	Guardianía vega	6.4	M. indica	1	1582407.92	664572	pendiente baja	Franco arenoso	volcánico

Cuadro 36: Clases texturales del suelo, según el USDA

Nombres Vulgares de los suelos (textura general)	Arenoso	Limoso	Arcilloso	Clase textural
Suelos arenosos (textura gruesa)	86-100	0-14	0-10	Arenoso
	70-86	0-30	0-15	Franco Arenoso
Suelos francos (textura moderadamente gruesa)	50-70	0-50	0-20	Franco Arenoso
Suelos francos (textura mediana)	23-52	28-50	7-27	Franco
	20-50	74-88	0-27	Franco limoso
	0-20	88-100	0-12	Limoso
Suelos francos (textura moderadamente fina)	20-45	15-52	27-40	Franco arcilloso
	45-80	0-28	20-35	Franco arenoso arcilloso
	0-20	40-73	27-40	Franco limoso arcilloso
Suelos arcillosos (textura fina)	45-65	0-20	35-55	Arcilloso arenoso
	0-20	40-60	40-60	Arcilloso limoso
	0-45	0-40	40-100	Arcilloso

Fuente: USDA (s.f)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUR OCCIDENTE.  
INGENIERIA EN AGRONOMIA TROPICAL

Mazatenango, 25 de septiembre de 2023.

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales.  
Coordinador de carrera de Agronomía Tropical.  
Centro Universitario de Suroccidente

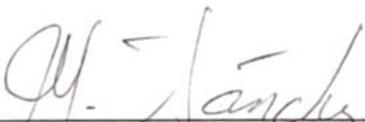
Estimado Doctor Otzoy:

Le saludo cordialmente deseando éxitos al frente d la coordinación de la carrera de Agronomía Tropical del CUNSUROC.

El motivo de la presente es para hace de su conocimiento que he leído y revisado el documento de Investigación Inferencial de la estudiante María Piedad Lucas Rodríguez, quien se identifica con número de carné 201541614 de la carrera de ingeniería, titulado: **Determinación de la incidencia de *Erwinia* spp, “pepita negra” en un agroecosistema ambiental de *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae* en finca santa Isabel, san José el Ídolo, Suchitepéquez.**

El documento fue revisado en su totalidad y cumple con los objetivos y requisitos para trabajo de graduación, por lo que en mi calidad de asesor doy dictamen de aprobación para que pueda ser sometido a revisión final por su persona.

Atentamente,

  
\_\_\_\_\_  
Ing.Agr. M. Sc. Martín Salvador Sánchez Cruz  
Asesor de Ejercicio Profesional Supervisado



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
AGRONOMÍA TROPICAL  
Mazatenango, Suchitepéquez, gt

Oficio CAT-TG-006-2022

Mazatenango, 20 de noviembre de 2023.

Lic. Luis Carlos Muñoz López  
Director en Funciones  
Centro Universitario de Suroccidente  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Respetable Sr. Director

Con fundamento en el normativo de Trabajo de Graduación de la Carrera de Agronomía Tropical, me permito hacer de su conocimiento que la estudiante T.P.A. **María Piedad Lucas Rodríguez, Carné: 201541614**, ha concluido su trabajo de graduación titulado: **Determinación de la incidencia de *Erwinia spp*, “pepita negra” en un agroecosistema ambiental de *Mangifera indica* L. *Anacardiaceae* en finca santa Isabel, san José el Ídolo, Suchitepéquez**, el cual fue asesorado por el Ing. Agr. Martín Salvador Sánchez Cruz, lo que evidencia con la nota adjunta que he revisado previamente.

Como coordinador de la Carrera de Agronomía Tropical, hago constar que la estudiante T.P.A. Lucas Rodríguez, ha cumplido con lo normado, razón por la que someto a su consideración el documento adjunto, para que continúe con el trámite correspondiente para su graduación.

Sin otro particular, esperando haber cumplido satisfactoriamente con la responsabilidad inherente al caso, le reitero las muestras de mi consideración y estima. Deferentemente.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

**CUNSUROC/USAC-I-024-2024**

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, uno de abril de dos mil veinticuatro\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: **“DETERMINACIÓN DE LA INCIDENCIA DE Erwinia spp, “PEPITA NEGRA” EN UN AGROECOSISTEMA AMBIENTAL DE Mangifera indica L. Anacardiaceae EN FINCA SANTA ISABEL, SAN JOSÉ EL ÍDOLO, SUCHITEPÉQUEZ”**, de la estudiante: **TPA. María Piedad Lucas Rodríguez**. Carné: **201541614 CUI: 2781 71222 1006** de la carrera Ingeniería en Agronomía Tropical.

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

**M.A. Luis Carlos Muñoz López**  
Director



/gris