

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

BIODIVERSIDAD DE COMUNIDADES DE NEMATODOS ASOCIADOS A CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS DESARROLLADOS EN FINCA LAS NUBES, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

CESIA EUNICE OVANDO BATRES

Guatemala, agosto 2014

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ÁREA INTEGRADA

REALIZADO EN FINCA LAS NUBES, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ,
GUATEMALA, C. A.

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



POR

CESIA EUNICE OVANDO BATRES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

Guatemala, agosto 2014

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

RECTOR

DR. CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Lauriano Figueroa Quiñonez
VOCAL I	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL II	Ing. Agr. MsC. Marino Barrientos García
VOCAL III	Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz
VOCAL IV	P. Forestal Sindy Benita Simón Mendoza
VOCAL V	Br. Sergio Alexander Soto Estrada
SECRETARIO	Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales

Guatemala, agosto del 2014

Guatemala, agosto del 2014

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de Graduación titulado como: Trabajo de graduación biodiversidad de comunidades de nematodos asociados a café (*Coffea arabica* L.), diagnóstico y servicios desarrollados en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez, Guatemala C.A., requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Cesia Eunice Ovando Batres

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS

Por amarme primero, ofreciéndome su amor inagotable a través de su hijo JESUCRISTO quien fue a la cruz para darme salvación y vida eterna que no merecía, y por permitirme en cumplir esta meta tan importante en mi vida (Salmo 138:8).

MI FAMILIA

A mis padres Estuardo Ovando y Yoli Batres, por todo su apoyo incondicional a lo largo de toda mi vida y por creer en mí.

A mi única hermana y amiga Virginia Ovando, por ser mi compañera, mi apoyo cuando más lo necesité y por cuidarme a lo largo de mi vivir. Bendigo sus vidas de todo corazón.

MIS ABUELITAS

María Estela Rojas y Rosita Ovando, porque después de mi madre ellas son lo mejor que pudo darme Dios, agradezco por todo su apoyo, las amo profundamente.

MI SOBRINO

Enrique José, porque a su corta edad ilumina mi vida de alegría.

UNA PERSONA ESPECIAL

Mynor Girón por todo tu apoyo al ser mi compañero en los momentos de alegría y tristeza. Bendigo tu vida y que Dios conceda los deseos de tu corazón.

TÍOS Y PRIMOS

Por el afecto que me han demostrado y los gratos momentos que hemos compartido, en especial Eddy Coronado que Dios lo tenga en su gloria.

A LAS FAMILIAS

Girón Ávila, García Hernández, Juárez Calderón y García Cifuentes, agradezco profundamente el apoyo que me brindaron.

MIS AMIGOS

Celeni Batres, Julia Camel, Marcia Carrillo, Fabiola Carrillo, Kelder Ortiz y Rafael Gaitán por brindarme su cariño, amistad y apoyo cuando lo más necesité.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO Y AGRADEZCO A:

DIOS PADRE, DIOS HIJO Y DIOS ESPÍRITU SANTO

“BENDITOS, son los que confían en el Señor y han hecho que el Señor sea su esperanza y su confianza.” Jeremías 17:7 NTV

MI PAÍS

GUATEMALA, suelo sagrado que me vio nacer, que a través de este logro pueda colaborar en tu desarrollo para que llegues hacer mejor cada día.

LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA Y FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por la formación académica y universitaria como profesional forjadora de mis conocimientos.

FINCA LAS NUBES

En especial al Ing. Francis Castillo y a todo su personal, hermoso lugar.

MI ASESOR Y SUPERVISOR

Dr. David Monterroso y Dr. Marco Vinicio Fernández por su asesoría, consejos, el tiempo y la paciencia que me brindaron durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO DE FINCA LAS NUBES SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	1
1.1 PRESENTACIÓN	2
1.2 OBJETIVO	3
1.2.1 General.....	3
1.3 METODOLOGÍA.....	3
1.3.1 Recorrido y observaciones directa	3
1.3.2 Información primaria	3
1.3.3 Áreas a entrevistar.....	4
1.3.4 Temas a entrevistar	4
1.3.5 Análisis de datos.....	4
1.4 RESULTADOS	5
1.4.1 Marco Referencial.....	5
1.4.2 Área del almácigo	7
1.4.3 Área de campo, cosecha y postcosecha.....	13
1.5 CONCLUSIONES.....	27
1.6 BIBLIOGRAFÍA	28
CAPÍTULO II	
BIODIVERSIDAD DE COMUNIDADES DE NEMATODOS ASOCIADOS A CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) EN FINCA LAS NUBES, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.	29
2.1 PRESENTACIÓN	30

Contenido	Página
2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	31
2.3 MARCO TEÓRICO.....	33
2.3.1 Marco conceptual.....	33
2.3.2 Marco referencial.....	59
2.4 OBJETIVOS.....	63
2.4.1 General.....	63
2.4.2 Específicos.....	63
2.5 HIPÓTESIS.....	63
2.6 METODOLOGÍA.....	64
2.6.1 Selección de área para colecta de muestras.....	64
2.6.2 Muestreo.....	67
2.6.3 Análisis de datos.....	70
2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	73
2.7.1 Géneros de nematodos encontrados en finca Las Nubes.....	73
2.7.2 Nematodos encontrados en fase de almácigo de café.....	78
2.7.3 Resultados obtenidos por estrato altitudinal en fase de campo.....	79
2.8 CONCLUSIONES.....	108
2.9 RECOMENDACIONES.....	109
2.10 BIBLIOGRAFÍA.....	110
 CAPÍTULO III	
INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA LAS NUBES, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ.....	117
3.1 PRESENTACIÓN.....	118
3.2 ÁREA DE INFLUENCIA.....	119
3.3 OBJETIVO GENERAL.....	119

Contenido	Página
3.4 SERVICIOS PRESTADOS	119
3.4.1 Evaluación preliminar de fungicidas para el manejo de ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i> L.) en café.....	119
3.4.2 Clasificación y cuantificación de frutos de café en finca Las Nubes	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Mapa de ubicación de finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán Departamento de Suchitepéquez. Fuente: Travel in gluck 2011	5
Figura 2. Semillero patrón variedad Robusta.....	8
Figura 3. Malezas entre calles en el almácigo de café de finca Las Nubes.	10
Figura 4. Árbol de problemas en el área del almácigo en finca Las Nubes.....	12
Figura 5. Trasplante de plantas de café al campo en finca Las Nubes.....	14
Figura 6. Poda en ciclos en finca Las Nubes.	15
Figura 7. Poda en Rock and Roll en finca Las Nubes.....	15
Figura 8. Incidencia de roya en café en época seca en finca Las Nubes.....	16
Figura 9. Incidencia de enfermedades fungosas en época lluviosa en finca Las Nubes ...	17
Figura 10. Lesiones severas provocadas por ojo de gallo en finca Las Nubes.	17
Figura 11. Productos para el control de enfermedades en finca Las Nubes	17
Figura 12. Infestación de cochinilla en la raíz en café en finca Las Nubes.	18
Figura 13. Infestación de escamas en resiembras de café en finca Las Nubes.....	18
Figura 14. Manejo de sombra durante la época lluviosa en finca Las Nubes.....	19
Figura 15. Aplicaciones de fertilizantes foliares en finca Las Nubes.	21
Figura 16. Prácticas de conservación de suelo y agua en finca Las Nubes.....	22
Figura 17. Beneficiado del café en finca Las Nubes. a) Despulpador, b) Pilas de fermentación de café, c) Secadora de café tipo guardiola, e) Patios de secado.	23
Figura 18. Árbol de problemas en el área de campo en finca Las Nubes	26
Figura 19. Principales características morfológicas de un nematodo fitoparásito a) hembra, b) cola de un macho. Fuente: (Rivera, 2007).	42
Figura 20. Morfología y tamaño relativo de los nematodos fitoparásitos. Fuente: Agrios 2008	42
Figura 21. Ciclo de vida básico de una planta parásita por nematodos. Fuente: Morgan 2008.	44

Contenido	Página
Figura 22. Esquema general de un nematodo del género <i>Pratylenchus spp.</i> A. región anterior, B. aspecto generales de la hembra, C. región caudal de un macho. Fuente Navas 1988.	53
Figura 23. Nematodos formadores de nódulos del género <i>Meloidogyne spp.</i> : A. detalle de la región esofágica de una hembra adulta; B, región anterior de la larva; C. región caudal del macho; D. último estadio larvario; E. aspecto general de la hembra; F. esquema del modelado perineal. Fuente: Navas, 1998.	54
Figura 24. Mapa de ubicación de finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán Departamento de Suchitepéquez.....	59
Figura 25. Establecimiento de lotes de café en finca Las Nubes, Suchitepéquez, 2,011. Anacafé 2,008	62
Figura 26. Estratos altitudinales establecidos para el muestreo de nematodos en finca Las Nubes.	65
Figura 27. Tarjetas para la identificación de las muestras de suelo y raíces para el análisis de nematodos al laboratorio.....	68
Figura 28. Nematodo depredador a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola).	73
Figura 29. Nematodo omnívoro a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola).	74
Figura 30. Nematodo bacteriófago a) Cuerpo entero del nematodo. b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola).	74
Figura 31. Género <i>Pratylenchus spp.</i> a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola del macho), Región posterior (cola de la hembra).	75
Figura 32. Género <i>Meloidogyne spp</i> a) Cuerpo entero del nematodo macho, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior	75
Figura 33. Género <i>Criconemoides spp.</i> a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola)	76
Figura 34. Género <i>Helicotylenchus spp.</i> a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola)	76

Contenido	Página
Figura 35. Género <i>Tylenchus spp.</i> a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola)	76
Figura 36. Abundancias de géneros de nematodos encontrados en el estrato bajo de octubre 2011 a marzo 2012 en café finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	80
Figura 37. Relación de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.(a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	81
Figura 38. Dinámica poblacional de nematodos del género <i>Pratylenchus spp.</i> , <i>Meloidogyne spp.</i> y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.....	83
Figura 39. Dinámica poblacional de nematodos del género <i>Criconemoides spp.</i> , <i>Helicotylenchus spp.</i> , <i>Tylenchus spp.</i> y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	85
Figura 40. Abundancias de géneros de nematodos encontrados en el estrato medio de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.(a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta, adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	88
Figura 41. Relación de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	89

Contenido	Página
Figura 42. Dinámica poblacional de nematodos del género <i>Pratylenchus spp.</i> , <i>Meloidogyne spp.</i> y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.....	91
Figura 43. Dinámica poblacional de nematodos del género <i>Criconemoide spp.</i> <i>Helicotylenchus spp.</i> , <i>Tylenchus spp.</i> y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	93
Figura 44. Abundancia de géneros de nematodos encontrados en el estrato alto de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	95
Figura 45. Relación de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.(a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	96
Figura 46. Dinámica poblacional de nematodos del género <i>Pratylenchus spp.</i> , <i>Meloidogyne spp.</i> y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.(a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.....	98
Figura 47. Dinámica poblacional de nematodos del género <i>Criconemoide spp.</i> <i>Helicotylenchus spp.</i> , <i>Tylenchus spp.</i> y nematodos de vida libre y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra...	100

Contenido	Página
Figura 48. Abundancia de nematodos de vida libre en tres estratos altitudinales octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.	103
Figura 49. Diseño experimental designados en los cuatro ensayos para el manejo de la enfermedad ojo de gallo en café en finca Las Nubes.	123
Figura 50. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café recepadas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.	124
Figura 51. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café recepadas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.	126
Figura 52. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café adultas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.	127
Figura 53. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café adultas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.	129
Figura 54. Daños y ataques severos de ojo de gallo ocasionada por <i>Mycena citricolor</i> L. en café en finca Las Nubes a) tallo, b) Frutos, c) Hoja.	132
Figura 55. Condiciones favorables para la sobrevivencia y el desarrollo del ojo de gallo en café en finca Las Nubes.	132
Figura 56. Aplicaciones de Enlazadores para el manejo de ojo de gallo en café en finca Las Nubes.	132
Figura 57. Clasificación y cuantificación de frutos de café de agosto a noviembre 2011 del lote San Luis en finca Las Nubes.	135
Figura 58. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a diciembre 2011 del lote Flores en finca Las Nubes.	136
Figura 59. Clasificación y cuantificación de frutos de café de octubre a noviembre 2011 del lote Flamenco en finca Las Nubes.	137

Contenido	Página
Figura 60. Clasificación y cuantificación de frutos de café de octubre a diciembre 2011 del lote Iberia en finca Las Nubes.	138
Figura 61. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a noviembre 2011 del lote Nubes en finca Las Nubes.	139
Figura 62. Clasificación y cuantificación de frutos de café de noviembre a diciembre 2011 del lote Potrero en finca Las Nubes.	140
Figura 63. Clasificación y cuantificación de frutos de café de octubre a diciembre 2011 del lote Salvador Bajo en finca Las Nubes.	141
Figura 64. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a noviembre 2011 del lote Río Negro en finca Las Nubes.	142
Figura 65. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a octubre 2011 del lote San Antonio en finca Las Nubes.	143
Figura 66. Boleta utilizada para clasificar y cuantificar los frutos de café en finca Las Nubes.	147
Figura 67. Mesa utilizada para la cuantificación y clasificación de frutos de café en finca Las Nubes.	147

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Fuentes de elementos mayores utilizadas en la finca Las Nubes.	20
Cuadro 2. Fuentes de elementos menores utilizadas en la finca Las Nubes.	20
Cuadro 3. Condiciones climáticas del café en finca Las Nubes 2011.	38
Cuadro 4. Estratos altitudinales establecidos en finca Las Nubes para el muestreo de nematodos, 2011.	64
Cuadro 5. Estrato altitudinal, nombre del lote y área específica en el estudio de nematodos en finca Las Nubes, 2011.	66
Cuadro 6. Número de nematodos encontrados en el almácigo en plántulas de café en tres edades diferentes en finca Las Nubes.	78
Cuadro 7. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato bajo en suelo y raíz en planta de café adulta en finca Las Nubes.	86
Cuadro 8. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato bajo en suelo y raíz en resiembra de café en finca Las Nubes.	86
Cuadro 9. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato medio en suelo y raíz en planta de café adulta en finca Las Nubes.	93
Cuadro 10. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato medio en suelo y raíz en resiembra de café en finca Las Nubes.	94
Cuadro 11. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato alto en suelo y raíz en planta de café adulta en finca Las Nubes.	101
Cuadro 12. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato alto en suelo y raíz en resiembra de café en finca Las Nubes.	102
Cuadro 13. Clasificación de frutos de café de finca Las Nubes	134
Cuadro 14. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote San Luis en finca Las Nubes.	135
Cuadro 15. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Flores en finca Las Nubes.	136
Cuadro 16. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Flamenco en finca Las Nubes.	137

Contenido	Página
Cuadro 17. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Iberia en finca Las Nubes.	138
Cuadro 18. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Nubes en finca Las Nubes.	139
Cuadro 19. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Potrero en finca Las Nubes.	140
Cuadro 20. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Salvador Bajo en finca Las Nubes.	141
Cuadro 21. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Río Negro en finca Las Nubes.	142
Cuadro 22. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote San Antonio en finca Las Nubes.	143

BIODIVERSIDAD DE COMUNIDADES DE NEMATODOS ASOCIADOS A CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS DESARROLLADOS EN FINCA LAS NUBES, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA C.A.

RESUMEN

Este informe, está formado de tres capítulos. En el capítulo I, se expone en forma detallada el diagnóstico elaborado en la primera fase de la Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, en el que se conoció la situación actual de la finca en ese entonces, a través de la recopilación de información primaria en las distintas etapas de la producción de café. Toda la información se obtuvo gracias a la participación de los trabajadores en sus diferentes responsabilidades (administrador, mayordomos y caporales). Con la información obtenida, se identificaron los principales problemas que afectan en el área del almácigo y en el campo que luego fueron analizados en una matriz de priorización retratando las causas y los efectos que atrae los problemas centrales al café descritas en un árbol de problemas.

En el capítulo II, se aborda la investigación que trata el estudio planteado y enfocado al comportamiento de las comunidades de nematodos en café de una manera espacial y temporal establecido en dos fases de la finca: en el almácigo y en el campo.

En la fase del almácigo, la toma de muestra fue dirigida a diferentes variedades de café a cada tres meses, mientras que en la fase de campo, se llevó a cabo en dividir el área total en tres estratos altitudinales; luego se tomaron muestras de suelo y raíces una vez al mes y posteriormente fueron identificados y cuantificados los géneros de nematodos de importancia económica y los nematodos de vida libre. La extracción de éstos fue por el método de tamizado y centrifugado en el laboratorio de fitopatología en la Facultad de Agronomía.

Para el análisis de datos y la interpretación de resultados, se utilizaron gráficos en donde mostraron las tendencias y las fluctuaciones de las poblaciones de nematodos durante los seis meses de estudio (de octubre 2011 a marzo 2012). Así mismo se hicieron comparaciones de los valores entre las categorías de los géneros de nematodos parásitos y nematodos de vida libre utilizando columnas y barras agrupadas. También con los resultados de las poblaciones de estos organismos, se calcularon los índices de biodiversidad ecológica (índice de Simpson y Shannon-Wiener).

Según los resultados obtenidos, fueron identificado 5 géneros de nematodos parásitos, donde 2 de ellos son característicos en zonas cafetaleras que pertenecen a los géneros *Pratylenchus spp* y *Meloidogyne spp*. Los otros 3 géneros de nematodos parásitos correspondieron a *Helicotylenchus spp*, *Criconemoides spp* y *Tylenchus spp*. Conjuntamente fueron identificados los nematodos benéficos o de vida libre, en el cual en base a sus hábitos alimenticios fueron clasificados en tres grupos: depredadores, omnívoros y bacteriófagos. El hecho de solo tener un simple listado de géneros de nematodos parásitos en café en este estudio, no determina en la toma de decisiones sobre el manejo en ellos, fue importante observar las estructuras poblacionales en relación a los nematodos de vida libre en un tiempo determinado.

Por lo tanto, de todos los géneros de nematodo de importancia económica, *Pratylenchus spp* fue el más abundante y dominante ubicado en el sistema radical de la planta de café donde se le caracteriza en ser un parásito obligado.

Sin embargo, en finca Las Nubes, los nematodos de vida libre fueron los organismos que superaron a todos los géneros parásitos dentro de cada comunidad en ambas fases estudiadas, por el cual éstos fueron los responsables en mantener por debajo las abundancias y dominancias de los nematodos parásitos de acuerdo a los hábitos alimenticios identificados, no permitieron que éstos sobresalieran en la rizósfera.

Finalmente, en el capítulo III, se presentan dos servicios prestados. En el primer servicio se realizó una evaluación preliminar de fungicidas para el manejo de ojo de gallo ocasionada por *Mycena citricolor* L en café. Los factores que fueron evaluados fue el comportamiento de la enfermedad a lo largo del tiempo al utilizar tres diferentes fungicidas protectantes, los cuales fueron: Enlazador Extra, Enlazador y Enlazador X-2 utilizados en dos diferentes dosis (2.86 kg/ha y 8.59 kg/ha) aplicados en tres diferentes frecuencias de aplicaciones (a cada 10, 15 y 20 días) en plantas de café recepadas y adultas.

La diferencia entre estos productos es que el Enlazador está conformado por calcio, magnesio, silicio, agentes oxidantes y neutralizantes en diferentes concentraciones. El producto Enlazador X-2 se caracteriza en adquirir un elemento adicional que es el cobre y el Enlazador Extra es la combinación de ambos Enlazadores mencionados con concentraciones diferentes.

El segundo servicio consistió en hacer una clasificación y cuantificación de frutos de café durante la cosecha en 2,011, en donde fueron realizados muestreos en diferentes lotes de la finca, ya que durante el corte de café se incluye frutos defectuosos entre ellos algunos verdes, semimaduros (bayo, sacan, camagüe), sobremaduros, secos o enfermos, que dificulta el proceso de beneficiado y alteran la calidad del producto final.

CAPÍTULO I
DIAGNÓSTICO DE FINCA LAS NUBES SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN,
SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

1.1 PRESENTACIÓN

El siguiente contenido, presenta el informe de diagnóstico, herramienta utilizada en la primera fase del Ejercicio Profesional Supervisada –EPS-, con el fin de analizar las capacidades, potencialidades que posee la finca y algunos aspectos que se deben fortalecer en la misma.

La información que se presenta en este capítulo, fue recopilado a través de fuentes de información primaria (entrevistadas) y la consulta de información secundaria (literatura).

La descripción y el análisis de la información obtenida fue enfocada en dos áreas: en el almácigo y en el campo definitivo que incluye el proceso de cosecha y postcosecha del café. Se hizo de este modo para tener el conocimiento de los problemas centrales que afecta a la finca en cada una de las áreas, así mismo los datos que se describen son referentes al manejo general que corresponde a las etapas del proceso que conlleva el café para su producción, los recursos y el personal que se cuenta en la finca.

Ya obtenida toda la información necesaria, se llevó acabo la identificación de los problemas centrales que fueron esquematizados en un árbol de problemas. Este árbol se caracteriza en ser un organigrama en donde se muestran las causas y los efectos que se interrelacionan entre sí dando como resultado el problema central.

Los problemas centrales que fueron identificados se relacionan a la falta de tecnología para la producción de plántulas en el almácigo y falta o deficiencia de supervisión y dirección de los encargados en el área de campo que afectan al café y a la finca, ya que se tiene conocimiento que en el año 2,007 la producción de café en esa región fue de 50,000 quintales en su totalidad mientras que el año 2011 fue de 40,000 quintales con un déficit del 20%.

1.2 OBJETIVO

1.2.1 General

- Diagnosticar el proceso de producción y organización con la finalidad de identificar la problemática en finca Las Nubes.

1.3 METODOLOGÍA

En cada una de las áreas de trabajo dedicadas a la producción de café se ejecutó un diagnóstico. A continuación, se presenta el procedimiento utilizado que llevo a determinar el problema central en las distintas áreas de trabajo en finca Las Nubes San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez.

1.3.1 Recorrido y observaciones directa

Se realizó un caminamiento con cada uno de los encargados de la finca para recopilar y ampliar la información mediante de entrevistas de la importancia de la producción del café, así mismo la toma de algunas fotografías.

1.3.2 Información primaria

La información primaria se obtuvo de diferentes tipos de entrevista que incluye entrevistas estructuradas, basado en una guía de preguntas específicas y sencillas. También entrevistas semiestructuradas que se basó en una guía de asuntos o preguntas y donde el entrevistador tuvo la oportunidad de introducir preguntas adicionales de acuerdo al tema para apreciar conceptos y adquirir más información deseada en cada una de las áreas

Se incluyó también un sondeo, dando la flexibilidad al entrevistador de ofrecer información general de interés en el área de trabajo.

Las entrevistas se ejecutaron a personas encargadas que tuvieran el conocimiento de la caficultura de acuerdo a su experiencia.

1.3.3 Áreas a entrevistar

Las entrevistas se realizaron en las áreas de:

- Almácigo
- Campo definitivo
- Cosecha y postcosecha del café

1.3.4 Temas a entrevistar

Los temas que se utilizaron para la formulación y recolección de datos fueron tomando en cuenta lo siguiente:

- Un examen minucioso de plantas afectadas en partes aéreas y en las raíces.
- El historial del manejo y producción de los años precedentes.
- La relación de los eventos climáticos con el estado actual de la plantación.
- La situación de la fertilidad del suelo y otras características que determina su aporte de nutrientes.
- Principales plagas y enfermedades que afectan al café.
- El manejo y la utilización de productos químicos como: herbicidas, fertilizantes, fungicidas e insecticidas.
- El manejo general de: malezas, podas, y sombra.
- La implementación de prácticas de conservación de suelo y agua
- El proceso de siembra (almácigo y campo)
- Equipo de trabajo.
- Cosecha y postcosecha
- El personal de trabajo y sus capacidades en cada una de las áreas que laboran.

1.3.5 Análisis de datos

Toda la información recolectada en las áreas que conlleva la producción de café, sirvió de base para realizar el análisis y elaborar el diagnóstico.

Se jerarquizaron los problemas para identificar el problema central en cada área en la finca y juntamente se detallaron las causas y efectos.

1.4 RESULTADOS

A continuación se describe el marco referencial y el diagnóstico del área del almacigo y de campo de finca Las Nubes, Suchitepéquez.

1.4.1 Marco Referencial

1.4.1.1 Ubicación de Finca Las Nubes

Finca Las Nubes se encuentra ubicada en las coordenadas latitud Norte $14^{\circ} 39' 20''$ y longitud Oeste $91^{\circ} 29' 80''$ en el municipio de San Francisco Zapotitlán, departamento de Suchitepéquez. Su altura oscila entre los 1,000 msnm en la parte más baja y 1800 en la parte más alta. La finca tiene una extensión 552 ha de café distribuidos en 26 lotes. También cuenta con una reserva natural privada ubicada en las faldas del volcán Santo Tomás (Pecul), que colinda con los cantones San Lorenzito, Chitá y las fincas Elviras y Altamira.

Así mismo los recursos hídricos dentro de la finca se utilizan para la generación de energía eléctrica que provee a toda la finca como para la oficina de la misma. Otro recurso que se utiliza para la generación de energía es la leña de producto de las recepas que se llevan a cabo en las podas de café (Reservas de Guatemala, 2009).

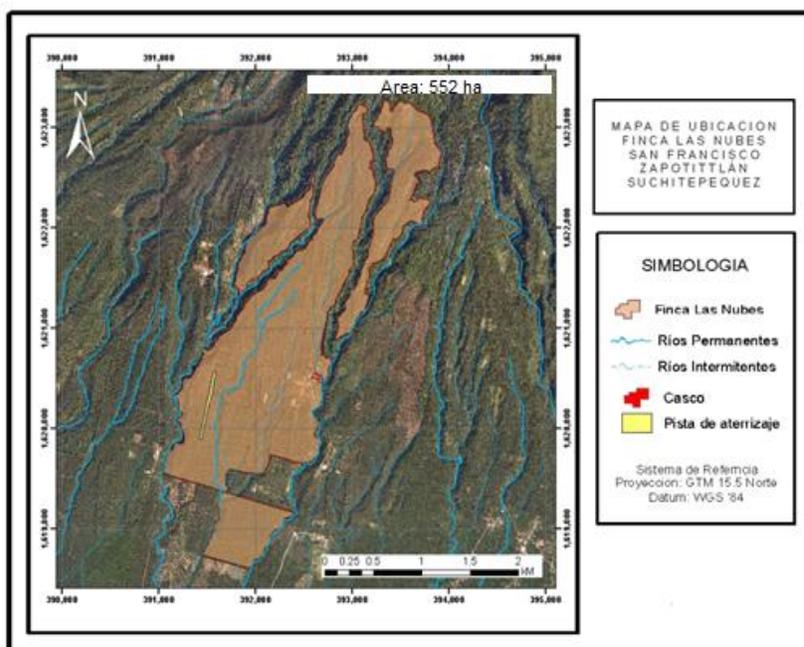


Figura 1. Mapa de ubicación de finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán Departamento de Suchitepéquez. Fuente: Travel in gluck 2011

1.4.1.2 Acceso

Saliendo de la ciudad capital por la carretera que se dirige a Mazatenango, se recorren 160 km hasta el desvío que conduce al municipio de San Francisco Zapotitlán que dista 4 km y luego desde ese municipio se recorre 12 km de terracería con dirección Norte para llegar a la finca.

1.4.1.3 Suelos

El suelo está comprendido entre los Alfisoles, siendo muy fértiles. Se han formado bajo bosques con climas templados de textura franca, franco arcillosa y se caracteriza por la presencia de un sub horizonte argílico (horizonte con alto contenido de arcilla), (De Guate, 2009).

La clasificación de tierra según capacidad de uso corresponde a la clase cuatro, apropiado para cultivos limpios ocasionales, mediante el uso de prácticas de conservación de suelo.

Su pendiente varía entre mediana y fuerte con horizonte A delgado, o medianamente profundo, con condiciones físicas desfavorables para la retención de humedad. Su productividad por lo menos moderada y con alta susceptibilidad a la erosión severa que solamente puede defenderse manteniéndolos con cobertura vegetal de carácter permanente (De Guate, 2009).

1.4.1.4 Clima y lluvia

El clima de la región en donde se encuentra la finca se caracteriza por ser templado. El promedio de temperatura para la época lluviosa es una mínima de 15°C y una máxima de 24 °C. En la época de verano la mínima es de 13°C y la máxima 26°C. La precipitación pluvial es de aproximadamente 3,000 a 5,000 mm al año.

1.4.1.5 Zonas de vida

La zona de vida es bosque muy húmedo subtropical cálido (Reservas de Guatemala, 2009).

1.4.1.6 Hidrología

La finca cuenta con dos ríos que delimita en las partes Este y Oeste con las fincas Margaritas y Altamira, siendo éstos el río Chitá y el río Negro que es el más grande y utilizado para el beneficiado húmedo (Mejía, 1999).

1.4.2 Área del almácigo

El área del almácigo de finca Las Nubes tiene una capacidad de producir 250,000 plantas al año. El lugar está ubicado estratégicamente para la producción de plántulas de café en donde las condiciones favorecen por ser un terreno plano, soleado, con acceso a agua y cercano a la finca.

A. Variedades

Las variedades Borbones, Catuaí, Caturra, Villa Sarchí, Sarchimor y Costa Rica 95 son las variedades de café que se utilizan por adaptarse a la finca. La distribución de éstas en el campo, es de acuerdo a los niveles altitudinales que ocupa dicha región. La finca cuenta con áreas seleccionadas para la producción de semilla donde es cosechada, procesada, envasada y almacenada bajo estrictas normas técnicas de selección. Este proceso garantiza la viabilidad de la semilla y la obtención de plantas de la mejor calidad.

La variedad utilizada como patrón, es la variedad Robusta. Ésta es comprada como semilla y sembrada en el almácigo de la finca y posteriormente utilizada como patrón

B. Proceso de injertación

Las características de la variedad Robusta es principalmente el extenso sistema radicular que lo hacer ser resistente a nematodos, razón por la cual se utiliza como patrón. Además, la finca cuenta con gente de experiencia para realizar el proceso de injertación.

Las variedades utilizadas como injerto se producen en la misma finca, en el cual se seleccionan semillas de calidad, sin deformaciones o daño por insectos. Luego se procede a sembrarse en camas y se retiran en estado de soldadito para ser injertadas con el patrón en estado de mariposa tierna y prontamente se procede a sembrarse en bolsas.



Figura 2. Semillero patrón variedad Robusta.

El semillero del patrón Robusta es sembrado 15 días antes de la semilla comercial para que el tallo en estado de soldadito alcance el diámetro adecuado para realizar el corte longitudinal.

Las variedades que se injerta sobre Robusta pertenecen a la especie *Coffea arábica*. Este es un método práctico y económico, favorece como se mencionó anteriormente el control de nematodos y logra el vigor y longevidad en la planta. También actúa en el aprovechamiento de los nutrientes en el suelo por su extenso sistema radicular.

C. Sustrato y llenado de bolsas

La preparación del sustrato para el almácigo consiste en suelo obtenido del arrastre y acumulación en los pozos de infiltración provocada por la escorrentía durante la época lluviosa que después se hace la incorporación de pulpa de café descompuesto. El resultado de esta composición en el sustrato, resultaba ser un drenaje deficiente y a consecuencia de esto se produjeron enfermedades en las raíces y la compactación del sustrato.

Para el año 2012, a la composición del sustrato se le agregó 20% de cascarilla de café para lograr una buena estructura y textura adecuada, facilitando el drenaje de agua en las bolsas y obtener resultados positivos con el fin de disminuir la mortandad de plantas a causa de la alta humedad que daba lugar a enfermedades fúngicas.

La bolsas de polietileno utilizadas para la siembra del café injertado fue de 6 x 12 pulgadas y 3 milésimas de grosor de plástico negro perforadas. A través de esta técnica de siembra, conlleva a tener un mejor desarrollo radicular para impedir las deformaciones en las raíces y evitar el estrés al momento de trasplantarse al campo.

La desinfección del sustrato se realiza 5 ó 6 días antes de la siembra con PCNV a una dosis de un litro por 200 litros de agua y 5 onzas de Banor por 200 litros de agua. El arreglo de las bolsas en el almácigo es en doble hilera, dejando un distanciamiento de 12 cm lo que resultan difíciles un poco las labores culturales.

D. Plagas y enfermedades

La principal enfermedad que afecta en el almácigo de café es el mal del talluelo o Damping off, que emerge en el tallo cuando se manifiesta el exceso de humedad. Los daños severos ocurren cuando presenta marchitez, caída de hojas y muerte en las plántulas.

Otras enfermedades como mancha de hierro o más conocido como *Cercospora spp*, produce defoliación y raquitismo, manifestando en las hojas oscuras y maduras.

La aparición del derrite de café ocasionada por *Phoma spp*, afecta a las plantas a través de heridas provocado por el granizo en el follaje, creando una necrosis en forma redonda en los bordes y una disminución en la tasa fotosintética.

E. Manejo de plagas y enfermedades en el almácigo

Las aplicaciones para la prevención de las enfermedades se realizan después de los tres días del trasplante del injerto, principalmente se aplica Vitabax, un fungicida para el mal de talluelo. Para el control de *Phoma sp* se aplica Folicur, y se aplica Vidate o Bayfidan triple como insecticida y nematocida preventivo.

F. Riego

El riego es únicamente aplicado en el almácigo para que la planta mantenga su crecimiento y no muera a causa del déficit de humedad.

El sistema de riego que utiliza la finca es por microaspersión, la cantidad de agua y frecuencias de aplicaciones dependen de: las horas luz, el tipo de sustrato y la temperatura. De esta manera, se controla la cantidad necesaria de agua para que las plántulas tengan la humedad adecuada entre los días que se aplican el riego y se prevengan la incidencia de hongos por el exceso de humedad.

G. Fertilización

Después de dos meses y medio de la siembra del injerto en bolsas, aparecen los primeros brotes de hojas verdaderas y con ellas la primera fertilización, posteriormente se aplica fertilizante 20-20-0 al suelo a cada 22 días diluido en la dosis 5 lb en 200 litros de agua. Así también, se utilizan formulas foliares a base de micronutrientes de hierro, boro y zinc, aplicado dos veces por semana.

H. Control de malezas

El control de malezas se realiza en forma manual dentro de las plántulas de café y entre calles. Se aplica también un herbicida de contacto postemergente en la dosis de 1 litro en 200 litros de agua.



Figura 3. Malezas entre calles en el almácigo de café de finca Las Nubes.

I. Personal de trabajo

En el almácigo, se cuenta con un caporal que distribuye los trabajos a diario. La mayoría del personal de trabajo que participa es del género femenino, quienes cubren todas las tareas de injertación, el llenado de bolsas, la preparación del sustrato, las siembras entre otras. La jornada laboral es de 8 horas diarias.

1.4.2.1 Análisis e identificación del problema en el almácigo

De acuerdo con la información obtenida se identificó como el problema central en el almácigo: la falta de tecnología para la producción de plantas sanas y vigorosas. En base a esta problemática se esquematizó un árbol de problemas en el que se puede observar en la figura 4.

En la parte inferior del árbol de problemas, se identifican las causas del problema central que fueron:

- Falta de capacitación de los operarios sobre los lineamientos del proceso de injertación y la falta de supervisión e identificación de los mejores trabajadores para realizar dicha tarea.
- Deficiencias en la elaboración y utilización de sustratos para la siembra del injerto en las bolsas de polietileno.
- Falta de conocimiento y medidas inadecuadas durante la elaboración de las siembras.
- Aplicaciones inapropiadas de fertilizantes foliares y químicos para el manejo integrado de plagas y enfermedades.
- Deficiencia en la supervisión y dirección del encargado del área del almácigo en el cumplimiento de las labores correspondientes por parte de los trabajadores.

En la parte de arriba del árbol, se identifican los efectos que originaron las causas mencionadas anteriormente, estas fueron:

- Mortandad entre 5 a 8 mil plantas de café al mes.
- Muerte de injerto Reyna con la variedad comercial después de la siembra en las bolsas.
- Condiciones de alta humedad y/o el mal drenaje favorece la incidencia del mal del talluelo, demostrando pudrición húmeda de coloración café en el segmento basal del tallo, logrando marchitez.
- Deformaciones de las raíces pivotantes que dificulta a lo largo del tiempo el desarrollo de las plantas.
- Descenso en la sobrevivencia de las plantas al momento de ser trasplantas al campo definitivo.
- Pérdidas económicas y aumento de costos para la finca.

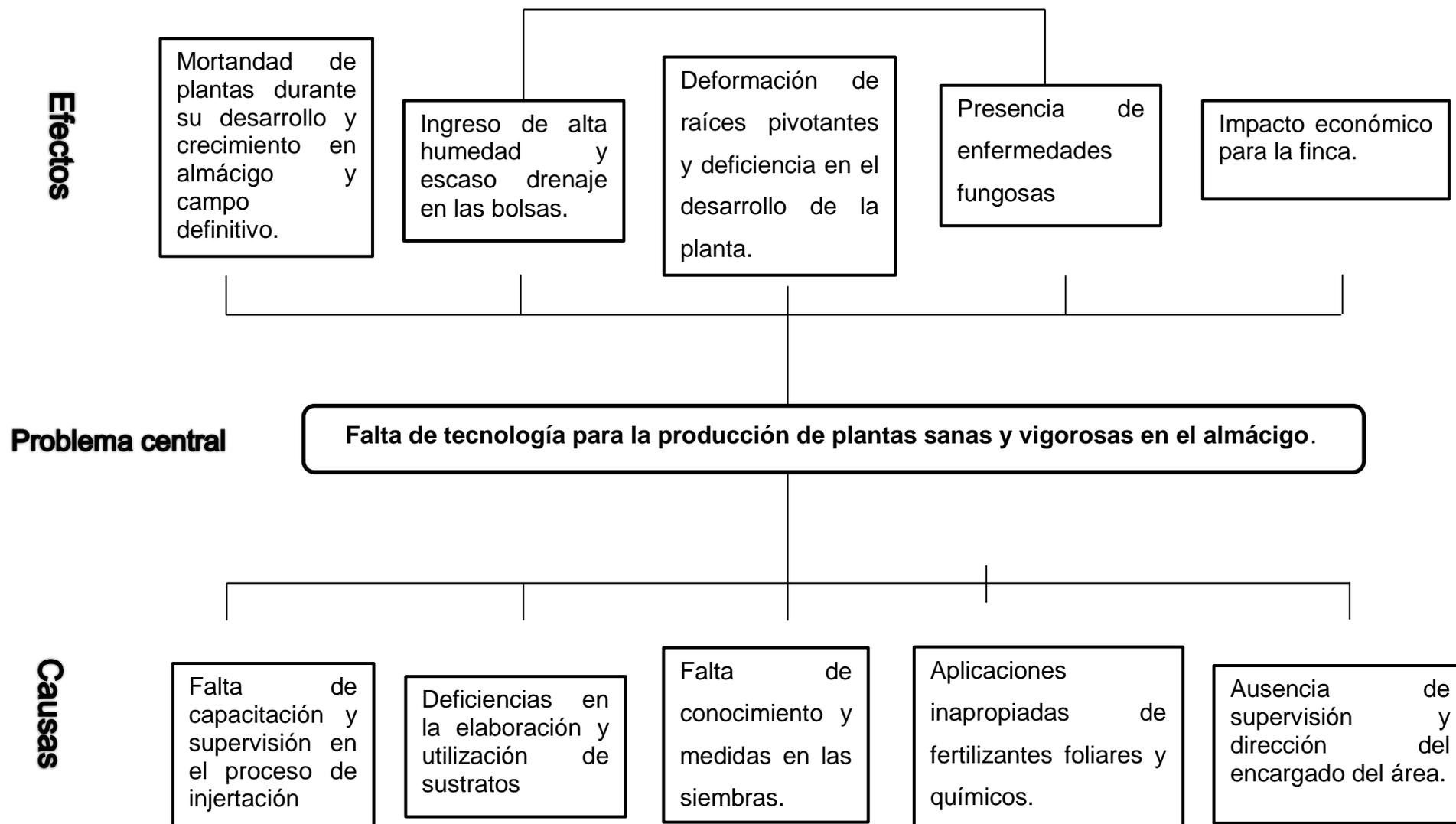


Figura 4. Árbol de problemas en el área del almácigo en finca Las Nubes.

1.4.3 Área de campo, cosecha y postcosecha

En el área de campo de la finca, es el área de más exigencia donde se requiere de varias labores que exige el café en cuya planificación, cuidados y supervisión determinan el éxito de la producción.

Las labores en esta área consisten en: la preparación del terreno, el establecimiento de sombra, fertilización, resiembras, podas, prácticas de conservación de suelo y agua, limpias, y el manejo de plagas o enfermedades entre otras.

A. Personal encargado

Se cuenta con 7 caporales relativamente suficientes en donde cada uno de ellos tiene encomendados los lotes que conforman la finca y el cargo de supervisar y dirigir las labores de trabajo a los demás empleados en cada lote específico. Así mismo, tienen la obligación de transmitir reportes diariamente al administrador.

Los dos mayordomos que tiene a cargo la finca recorren en las áreas de trabajo asesorando en general las necesidades de los empleados y de los caporales y supervisando las tareas que se efectúan diariamente en dicha región.

B. Trasplante y resiembras

Al momento de ejercer las práctica del trasplante y resiembra de plantas de café al campo, primeramente se realiza el ahoyado 30 días antes de la siembra, el área de los hoyos es de 12 cm de ancho por 15 cm de profundidad. Al momento de sembrarse, se debe evitar que la raíz quede doblada y al mismo tiempo, se incorpora cal dolomítica para mejorar la composición química y física del suelo.

Se reconoce que la adición al suelo de este material, neutraliza el exceso de aluminio, aumenta la mineralización de materia orgánica provee nitrógeno, azufre, boro, calcio, magnesio y mejora la disponibilidad del fósforo.

La incorporación de materia orgánica solamente se realiza en áreas nuevas de café.

Para la realización de las resiembras en el campo se seleccionan plantas con un buen desarrollo radicular y follaje. Al momento del trasplante se corta la base de la bolsa a un centímetro para podar la pivotante y evitar que se doble. Se supervisa que las dimensiones de los ahoyados sean las indicadas y el cuello de la planta quede al nivel del suelo.



Figura 5. Trasplatación de plantas de café al campo en finca Las Nubes.

C. Podas

El manejo de poda, se realiza al finalizar la cosecha en los meses de febrero a abril. En términos más específicos, la poda depende de las variedades que manejen la finca, la altitud y las decisiones por parte de los encargados. La primera poda se realiza al tercer o cuarto año de cosecha.

En la finca se realizan varios tipos de podas, entre las cuales está el de ciclos, que consiste podas de 2 de 8, 2 de 6, 1 de 4 y 1 de 3 surcos. La ventaja de este tipo de poda es que permite la entrada de luz para el buen desarrollo de nuevos brotes y disminuye el ataque de enfermedades fungosas.

Es considerado que los mejores ciclos de poda en la finca son 2 de 8 y 2 de 6 que se adapta mejor a las variedades de Sarchimor, Catimor, Caturra y Catuaí.

Otro tipo de poda que se establece en la misma región es la recepa, utilizado de acuerdo a las condiciones que se encuentra el cafetal, en el cual se emplea cuando las plantas han tenido un ataque por una epidemia de alguna enfermedad o por una cosecha fuerte. Se elimina por igual todo un lote o un área determinada con el propósito de restablecer el material vegetativo de las plantas. Se adapta mejor a la variedad Borbón.

El corte de esta poda se realiza a una altura de 64 cm aproximadamente para evitar quemas en las yemas del tronco al momento aplicar los herbicidas.



Figura 6. Poda en ciclos en finca Las Nubes.

En otras áreas se aplica la poda alta o conocida como Rock and Roll. Este se elimina únicamente el material vegetativo agotado de la parte superior de la planta para conservar la mayor cantidad de bandolas en buen estado sin afectar la producción de la finca. La altura de poda es de 1 m.



Figura 7. Poda en Rock and Roll en finca Las Nubes.

D. Enfermedades importantes que afectan al café y su manejo en finca Las Nubes

Para inspeccionar las enfermedades en el café, se hizo minuciosamente un examen en la parte aérea y en estado general de la planta relacionado con ciertos síntomas de marchitez, cambios en la coloración del follaje y manchas foliares. Así mismo se evidenció si los síntomas eran de curso lento o rápido con relación a la distribución de las plantas enfermas dentro de los lotes.

Según la información que se obtuvo, a lo largo de todo el año varias enfermedades fungosas aparecen y afectan al café en función a las condiciones ambientales que permiten al hongo desarrollarse en la finca.

A continuación se describen brevemente las enfermedades que afectan al café en su época correspondiente

- **Época seca**

La Roya ocasionada por *Hemileia vastatrix*, se presenta en la época seca afectando las hojas viejas. Según lo investigado, el principal factor dispersante son los trabajadores en donde las personas pasan frecuentemente durante la cosecha. Para su control se aplica productos a base de oxiclورو de cobre.



Figura 8. Incidencia de roya en café en época seca en finca Las Nubes.

- **Época lluviosa**

En esta época es considerada como la más crítica en la finca, se presentan diversas enfermedades a la vez que atacan al follaje y al fruto provocando pérdidas significativas y la baja calidad del grano. Las prolongadas precipitaciones favorece la aparición de ojo de gallo ocasionado por *Mycena citricolor*, antracnosis ocasionada por *Colletroticum* sp., el mal de hilachas ocasionado por *Pellicularia koleroga*, roselinia por el hongo *Rosellinia* sp y quema o derrite del café por *Phoma* sp.



Figura 9. Incidencia de enfermedades fungosas en época lluviosa en finca Las Nubes



Figura 10. Lesiones severas provocadas por ojo de gallo en finca Las Nubes.



Figura 11. Productos para el control de enfermedades en finca Las Nubes

E. Plagas importantes que afectan al café y su manejo en finca Las Nubes

La plaga principal que afecta al café se encuentra en el sistema radicular. Esta es conocida como cochinilla del género *Dysmicoccus* y *Geococcus*. Estos viven fijados sobre las raíces del café en colonias abundantes y tiene una relación simbiótica con las hormigas, por lo general se hace presente en focos y le da un aspecto débil, marchito y amarillento a la planta. Para su manejo se aplica cal hidratada porque los insecticidas que se utilizan para su manejo son altamente tóxicos, lo cual no está permitido en la finca.



Figura 12. Infestación de cochinilla en la raíz en café en finca Las Nubes.

En algunas localizaciones de la finca, el café en resiembras o recepas es afectada en la parte aérea por escamas que succionan savia de las hojas y en la parte aérea en el tallo. La presencia de estos, dan lugar al hongo *Fumagina* que interfiere con las funciones de la hoja y afecta el desarrollo normal de los brotes, provocando amarillamiento y debilitamiento del cafeto. Para su control se utiliza aceite mineral con un producto organofosforado.



Figura 13. Infestación de escamas en resiembras de café en finca Las Nubes.

F. Manejo de sombra

La sombra permanente que utiliza en la finca pertenece al género Inga o como se conoce árbol de Chalum, éste árbol no solo le proporciona sombra al cafetal sino que también le suministra al cafetal la incorporación de materia orgánica y nitrógeno.

En el inicio de la época lluviosa se realiza la poda de regulación con el propósito de obtener una buena penetración y distribución de luz dentro del cafetal, el personal utiliza machete con una escalera hecha de bambú para facilitar este trabajo.



Figura 14. Manejo de sombra durante la época lluviosa en finca Las Nubes.

G. Manejo de malezas

El manejo de malezas es empleado durante todo el año en forma manual por los jornaleros utilizando machete, azadón o chapiadora de motor y el uso de herbicidas de contacto. Por lo general los productos que se utilizan fueron Basta y Paraquat a una dosis de 1 litro en 200 litros de agua.

H. Fertilización

Las aplicaciones de fertilizantes se realizan de acuerdo a los análisis de suelo que se lleva a cabo una vez al año, con el propósito de incorporar la nutrición adecuada, asegurando la inversión económica. En el cuadro 1 y 2 se expone un listado de las fuentes utilizadas en dicha región

Cuadro 1. Fuentes de elementos mayores utilizadas en la finca Las Nubes.

Elementos mayores	Fuente de fertilizante
Fuentes de nitrógeno	<ul style="list-style-type: none"> • Nitrato de amonio • UREA • Nitrato de potasio
Fuentes de fósforo	<ul style="list-style-type: none"> • Roca fosfórica

Cuadro 2. Fuentes de elementos menores utilizadas en la finca Las Nubes.

Elementos menores	Fuente de fertilizante
Fuentes de Zinc	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfato de Zinc
Fuentes de manganeso	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfato de manganeso
Fuente de Boro	<ul style="list-style-type: none"> • Solubor

Las aplicaciones de fertilizantes se realizan en la época seca y lluviosa de dos formas:

- Granular, aplicado directamente al suelo al comienzo de las lluvias en los meses de mayo.
- Foliar, se suministra nutrientes a la planta a través del follaje para el complemento de la nutrición en forma eficiente y rápida. En los meses de febrero, marzo o abril en la pre-floración y post-floración se efectúa aplicaciones a base de boro para el cuajado de la flor e impedir la caída del fruto.

Al inicio de las lluvias aproximadamente 45 días de la aplicación del boro, superado el período de estrés por la época seca se aplica fertilizante a base de zinc. En los meses de septiembre y octubre se aplica potasio para la maduración y calidad del fruto.



Figura 15. Aplicaciones de fertilizantes foliares en finca Las Nubes.

I. Prácticas de conservación

En un promedio anual, la precipitación de la finca llega hasta los 4,000 a 5,000 mm al año. Para evitar la pérdida de suelo y nutrientes se implementa prácticas de conservación de suelo y agua en áreas con pendiente.

Las principales prácticas agronómicas que se utilizan son:

- Elaboración de acequias para agua o pozos de absorción en áreas donde los suelos son muy pesados y están sujetos a inundaciones con el fin de detraer el agua. En la parte superior de las acequias, se siembran barreras vivas para retener el suelo y otros sedimentos que arrastra el agua de lluvia, a fin de evitar que éstas lleguen a los pozos.
- La implementación de terrazas que contribuye al control de la erosión proporcionando protección al suelo, manteniendo la cobertura de hojarasca residuos orgánicos y evitar la evaporación del agua en el suelo.



Figura 16. Prácticas de conservación de suelo y agua en finca Las Nubes.

J. Cosecha y Postcosecha

- **Corte de café**

La cosecha inicia en el mes de agosto prologándose hasta el mes de marzo. Se contrata aproximadamente 700 personas para el corte de café a lo largo de la cosecha.

- **Beneficio del café**

La finca cuenta con todo el equipo para el beneficiado. La cantidad de frutos de café cosechado que se recibe en el pesado, depende de los volúmenes de corte y de los avances en la maduración. Posteriormente del recibimiento, se efectúa la clasificación por separación de cuerpos por densidades utilizando agua en la pila, ya que los materiales flotantes o menos densos del café no se consideran de primera clase y se separan con los de primera clase que son más densos. Los frutos menos densos, viajan a través de un canal que puedan tener frutos de primera o segunda clase.

Más tarde se inicia la fase mecánica de la eliminación de la pulpa a través de máquinas despulpadoras, seguido de la remoción del mucílago que incluye la práctica de fermentación y el lavado para obtener un pergamino limpio.

Por último, se procede el secado por secadoras rotativas tipo guardiola y el uso del patio en la finca.



Figura 17. Beneficiado del café en finca Las Nubes. a) Despulpador, b) Pilas de fermentación de café, c) Secadora de café tipo guardiola, e) Patios de secado.

1.4.3.1 Análisis e identificación del problema

El problema central se relaciona a la falta o deficiencia de supervisión y dirección de los encargados en el cumplimiento y exigencias de las labores en el campo. Las labores están enfocadas a los programas en el manejo del café que diariamente se ve afectada dentro de la finca, esto ha generado varias causas y efectos negativos que se perciben en la producción de café y que fueron expresados con ayuda de un árbol de problemas en la figura 18.

En la parte inferior de la figura 18, se identifican las causas que generó el problema central, estas fueron:

- En el campo se observó la presencia y la sobrevivencia del inóculo primario de la enfermedad ojo de gallo en la época seca dándole la oportunidad de sobrevivir de un año a otro.

Por lo general este se hace presente en hojas viejas y frutos dañados de un año anterior, y cuando se inicia la época lluviosa en el mes de abril, emprende a incrementar la epidemia en forma acelerada mientras las condiciones ambientales se lo otorgan.

- Ocasionalmente las condiciones ambientales extremas de dicha región no favorece al café para su manejo. Las lluvias a veces se muestran en las primeras horas de la mañana proporcionando la interrupción de las aplicaciones de fertilizantes foliares o químicos para el manejo de plagas y enfermedades, esto porque promueve el escurrimiento de dichas aplicaciones y no ser absorbido y translocado a través de las hojas.
- En algunos lotes, las plantas de café fueron vistas con deficiencias nutricionales durante el recorrido en el campo. Los casos severos de nutrición defectuosa de la planta mostraban síntomas visibles de clorosis, deformaciones y pobre crecimiento. Esas deficiencias se relacionaban a la falta de elementos como: potasio, fósforo, magnesio y hierro; que no otorga a la planta un desempeño normal en sus funciones.
- Al momento de la cosecha de café, en una partida de corte fueron encontrados frutos maduros buenos y con defectos indeseables que se han clasificado como: verdes, semimaduros, sobremaduros, vano, bolita o jocote y camagüe. Es habitual e significativo que los cortadores recolecten el café en su estado ideal de madurez.
- La falta de capacitación al personal en emplear buenas prácticas en el manejo del café, es unas de las causas que origina el problema principal en el campo. Se reconoció que la finca cuenta con los productos y el equipo adecuado, sin embargo la calidad de trabajo se determina como deficiente en algunos sectores; entonces es considerado que el trabajo y la inversión que se efectúa es en vano.
La importancia de asegurar una mayor y mejor cobertura en las aplicaciones al café dependerá del equilibrio nutritivo en la planta, el manejo de plagas y enfermedades y los rendimientos al finalizar la cosecha.

En la parte de arriba del árbol de la figura 18, se identifican los efectos que se produjeron por las causas mencionadas y descritas anteriormente. Es importante decir que el manejo integrado del cultivo de café dependerá mucho de la respuesta de la planta. Los efectos que la planta produjo fueron:

- El daño provocado por la presencia de enfermedades en el cafeto es afectado en las diferentes épocas y etapas del desarrollo de la planta.

El grado de severidad de las enfermedades inhibe efectos como: la caída de hojas y de frutos, la muerte de brotes jóvenes, el bajo rendimiento, el envejecimiento de la planta, daños en el grano, y el desempeño anormal de las funciones en la planta.

- Se considera que la severidad causada por las enfermedades: ojo de gallo, koleroga y antracnosis es cuando el daño alcanza al fruto convirtiéndolo en una clasificación de menor clase.

El grano de los frutos con características defectuosas es comercializado en el mercado local ya que es prohibida su exportación y ejerce un impacto económico a la finca.

- Cierta cantidad de la condición física de los frutos descritos anteriormente provocan una taza o bebida defectuosa, ya que estos granos alteran el sabor característico del café que estimula la pérdida de la calidad del mismo.

- La capacidad de defensa de las plantas es influenciado por su vigor y el estado fenológico que se encuentra. Por tal razón el equilibrio nutricional de la planta es importante porque con la deficiencia de los elementos esenciales está predispuesta al ataque de enemigos.

La nutrición de la planta desempeña un papel importante en la resistencia o susceptibilidad a plagas y enfermedades. Además los niveles adecuados de los nutrientes contribuyen la obtención de buenas cosechas de alta calidad.

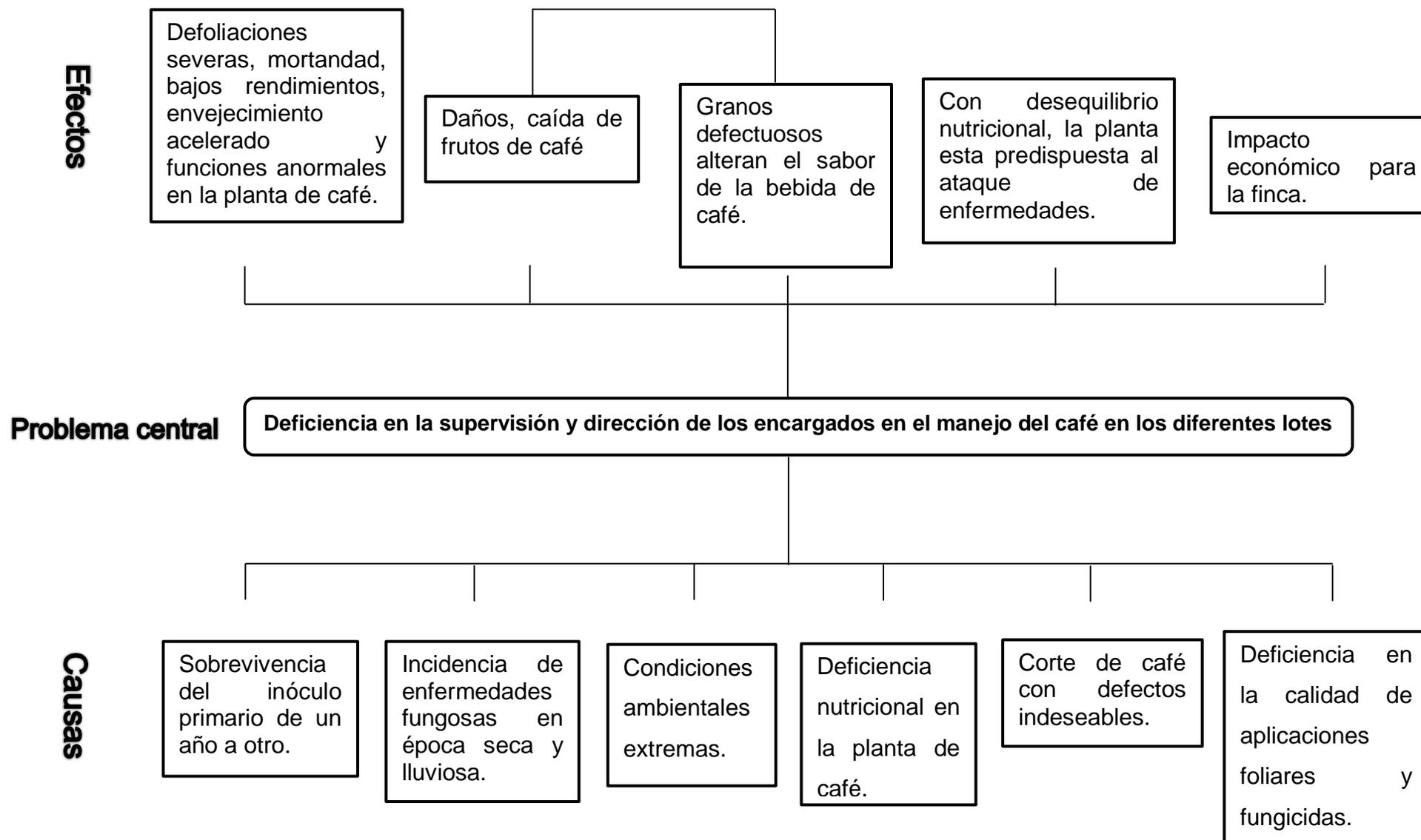


Figura 18. Árbol de problemas en el área de campo en finca Las Nubes.

1.5 CONCLUSIONES

- En el diagnóstico, fueron identificados dos problemas centrales para cada área dedicada a la producción de café. Ambos problemas crean un impacto negativo, que fueron analizados detalladamente con la ayuda de un árbol de problemas interrelacionando cada problema las causas y los efectos
- En el área del almácigo, se debe destacar el hecho que no cuenta con tecnología en la producción de plantas vigorosas y sanas para la futura plantación de café en el campo. Varias plantas al momento de ser trasplantadas al campo definitivo no sobreviven, este es un efecto generalizado que responde la planta cuando no se implementa una tecnología estricta en su manejo durante su crecimiento en el almácigo.
- El segundo problema central se identificó en el área de campo, incluyendo la etapa de cosecha y postcosecha. El problema se relaciona a la deficiencia de supervisión y dirección de los encargados en sus respectivos lotes para el manejo del cafetal. Los efectos involucrados en este problema, están ligados con respecto a la respuesta de la planta en toda la etapa de crecimiento, desarrollo y producción final. Las condiciones ambientales es la única causa incontrolable que afecta al café, sin embargo todas las demás causas pueden corregirse dándole todo el manejo necesario con una buena dirección y supervisión, exigiendo a los trabajadores en el cumplimiento de las tareas asignadas, con el objetivo de proporcionar el manejo que demanda la planta de café.

1.6 BIBLIOGRAFÍA

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2005. Manual de beneficiado húmedo del café. Guatemala. 250 p.
2. _____. 2011. Guía técnica para la prevención del mal de viñas en la región suroriental de Guatemala. Guatemala. 173 p.
3. Café del Pacífico, GT. 2009. Asociación de reservas naturales privadas de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 10 set 2011. Disponible en http://www.reservasdeguatemala.org/index.php?option=com_content&view=article&id=133:reservanaturalnubes&catid=43:reservasgeneral
4. Coste, R. 1978. El café: técnicas agrícolas y producciones tropicales. Barcelona, España, Blume. 283 p.
5. De Guate.com. 2009. Recursos naturales del municipio de San Francisco Zapotitlán (en línea). Guatemala. Consultado 2 ene 2014. Guatemala. Disponible en <http://www.deguate.com/municipios/pages/suchitepequez/san-francisco-zapotitlan/recursos-naturales.php#.Uv8NyWJ5Pxp>
6. Mejía, LA. 1999. Evaluación del control químico de nematodos fitopatógenos y cochinilla (Pseudococcidae), en la finca Las Nubes San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 75 p.

CAPÍTULO II
BIODIVERSIDAD DE COMUNIDADES DE NEMATODOS ASOCIADOS A CAFÉ
(*Coffea arabica* L.) EN FINCA LAS NUBES, SAN FRANCISCO ZAPOTITLÁN,
SUCHITEPÉQUEZ, GUATEMALA, C.A.

2.1 PRESENTACIÓN

El café es afectado en la parte radical por varios enemigos, entre los más importantes que se mencionan en la literatura están los nematodos parásitos. La mayoría de estos organismos poseen un rol de vida libre y juegan un papel importante en el suelo, como: la alimentación de otros organismos, la descomposición de materia orgánica, la interacción de la simbiosis en el suelo, entre otros. El grupo de nematodos parásitos del café, son considerados de gran importancia económica; los daños que se producen afectan al sistema radical en cualquier etapa fenológica de la planta.

En el cultivo del café, estos organismos parásitos constituyen uno de los factores limitantes en la producción, principalmente por los daños en las raíces lo que causa deficiencia en la absorción de los nutrientes, la presencia de manchas foliares, enanismo, la falta de vigor, reducción en los rendimientos hasta llegar a producir la muerte (Balaña, 2003).

Los principales géneros o grupos de nematodos parásitos del cultivo de café en Guatemala son conocidos como lesionadores del género *Pratylenchus*, y los nematodos conocidos como formadores de agallas del género *Meloydogyne*. Ambos, son de importancia económica por su papel dentro y fuera de las raíces y pueden provocar pérdidas de producción hasta del 60% en el café en las zonas afectadas (ANACAFÉ 2006).

Con la presente investigación, se planteó un estudio de nematodos de acuerdo a las condiciones de la finca, enfocado al comportamiento de las comunidades de nematodos parásitos y los de vida libre en el café, que determinaron fluctuaciones, abundancias y dominancias de manera espacial y temporal (durante seis meses comprendido de octubre de 2011 a marzo de 2012), en finca Las Nubes, Suchitepéquez. En vista de la gran extensión del área de café que existe en dicha región y los diferentes ambientes que posee la finca por las variaciones de temperatura y humedad, el estudio se realizó en tres estratos altitudinales comprendidos entre 1000-1200, 1200-1500 y 1500-1800 msnm, y en la producción de plantas en el almácigo dirigidas a las variedades Caturra, Catuaí, Villa Sarchí, Bourbón y Sarchimor.

Nota: Se ha encontrado tanto la palabra "nematodo" como "nemátodo" en diversas fuentes de información. Pero según La Real Academia Española esta palabra no va con acento ortográfico.

2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las áreas del almácigo y en el campo se observaron plantaciones de café con síntomas que están relacionadas a la incidencia de nematodos parásitos. Los síntomas observados en la parte aérea de la planta (tallos, hojas) fueron clorosis, raquitismo, marchitez prematura, defoliaciones y presencia de enfermedades. En la parte subterránea de la planta (raíces) se registró poco desarrollo y distorsión de raíces en las resiembras en el campo.

En el almácigo, durante la producción de plantas de café, se implementa medidas preventivas para el manejo de nematodos parásitos, destacando la utilización del portainjerto de la variedad Robusta y el uso de nematicidas durante la elaboración de sustratos con el propósito de disminuir la cantidad de nematodos presente en el suelo al momento de sembrar y procurar una protección al sistema radicular de las plantas durante su fase de crecimiento. Sin embargo, la implementación de estas prácticas es deficiente porque no existe supervisión y dirección del encargado del área, por lo que tal gestión puede estar relacionado con el traslado, la diseminación e infestación de estos organismos en el campo de acuerdo a las sintomatologías observadas en plantas de café adultas y en resiembras.

El estudio de comunidades de nematodos en los campos de café en finca Las Nubes ha sido de poca importancia. Se tiene registrado que en 1999 se evaluó el efecto de un nematicida para el manejo de nematodos parásitos, que en ese entonces estaban siendo afectados las plantaciones de café por los géneros *Pratylenchus* y *Meloidogyne*. El estudio fue experimentado en un área de 125 mts², no obstante el procedimiento de un solo muestreo de suelo en una determinada área no es una base confiable para tomar decisiones en el manejo de estos organismos para toda la finca, debido a que no fueron tomados en cuenta la cantidad de los nematodos benéficos que son importantes en suelo, ya que estos son indicadores de la calidad de suelo. Por lo que desde entonces en la finca, no se ha efectuado ningún estudio tendiente a conocer sobre la biodiversidad, las abundancias y fluctuaciones de las comunidades de nematodos en tiempo y espacio.

Por su amplia extensión de terreno se puede reconocer que las condiciones en dicho lugar son diferentes con respecto a los cambios de humedad en el suelo, temperaturas y las condiciones de las plantas de café donde las fluctuaciones de las poblaciones de nematodos son variables y las abundancias pueden variar en diversas áreas de la finca.

Es importante mencionar que en la actualidad la finca, está certificada por Rainforest Alliance, y las normas que establece la certificadora es la transformación y el mejoramiento de prácticas de uso de suelo con el fin de conservar el medio ambiente. Es por ello que las medidas de exclusión son importantes y requiere de un enfoque de manejo diferente a lo que tradicionalmente se proyecta en el café.

Entre las interrogantes a las que les quieren dar respuesta están: ¿Existirá más de un género de nematodo parásito en el café en la fase de campo y almácigo? ¿En qué estrato altitudinal habrá mayor abundancia de nematodos parásitos? ¿Existirán abundancia de nematodos de vida libre en el almácigo y en algún de los estratos altitudinales? ¿La presencia de nematodos parásitos en el campo es una causa por el traslado de plantas de café provenientes del almácigo?

2.3 MARCO TEÓRICO

2.3.1 Marco conceptual

2.3.1.1 Características generales

a) Origen

La especie de café más antiguamente conocida y difundida a nivel mundial es la *Coffea arábica*, originaria de Etiopia, África. Se puede decir, que la producción mundial del café descansa en un 90% sobre esta especie (Flores, 1983).

b) Taxonomía

La clasificación botánica del café es: reino plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Rubiales, familia Rubiaceae, género *Coffea*, y especie *Coffea arabica* L (ANACAFE, 2006).

2.3.1.2 Morfología del café

a) Sistema radicular

La raíz desempeña un papel fundamental en el crecimiento y la producción, para la planta es utilizada como anclaje al suelo y a través de ella absorber los minerales esenciales para su crecimiento. Además tiene otras funciones como es la síntesis de algunas hormonas reguladoras del crecimiento, y la síntesis de metabolitos secundarios. La raíz puede servir también como órgano de almacenamiento (Arcila, 2007).

Las clases de raíces que tiene el cafeto son: pivotante, axiales o de sostén, laterales y raicillas. La raíz pivotante es considerada como la raíz principal que puede alcanzar a una longitud de 50 a 60 cm. Desde esta raíz se origina la raíces axiales o de sostén y las laterales, de las raíces laterales se desarrollan las raicillas en un 80 a 90% en los primeros 30 cm del suelo con un radio de 2 a 2.5 m desde la base del tronco, tienden a ser más cortas y numerosas en la capa superficial del suelo (Arcila, 2007). Las raicillas son muy importantes porque le permiten a la planta la absorción, de agua y nutrimentos a partir del suelo (Alvarado & Rojas, 1994).

b) Órganos vegetativos aéreos

El crecimiento de la parte aérea del cafeto se genera a partir de las células meristemáticas, ubicadas en el ápice del tallo, de las ramas (yemas apicales), y en las axilas de las hojas (yemas laterales, yemas axilares y yemas seriadas). A partir de los meristemos de las yemas se desarrollan los primordios de nudos, hojas, brotes, ramas y flores. El ápice del tallo es el responsable de la formación de nudos, hojas y del crecimiento en altura de la planta (crecimiento ortotrópico). En el ápice de las ramas ocurre la formación de nudos, hojas y la expansión lateral de la planta (crecimiento plagiotrópico), (Arcila, 2007).

- **Tallo**

El tallo es leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y tipo de suelo. En las variedades comerciales el tallo varía entre 2.0 y 5.0 m de altura.(Alvarado & Rojas, 1994).

El tallo produce yemas que originan las partes de la planta como: las yema en el tallo y las yemas en las ramas.

- **Ramas o bandolas**

Conocidas también como ramas laterales o ramas primarias. Estas son opuestas y alternas y dan origen a las ramas secundarias; a su vez, pueden originar ramificaciones terciarias o palmillas en la parte en un punto apical de crecimiento que va formando nuevas hojas y entrenudos. El número de estos puede variar de un año a otro y consecuentemente, las axilas que se forman dan origen al número de flores y por ende a los frutos (Alvarado & Rojas, 1994).

- **Hojas**

Sus formas elípticas a lanceolada, levemente coriáceas con lámina y márgenes un poco onduladas de un color verde claro cuando son jóvenes y verde oscuro cuando completan su desarrollo (Arcila, 2007).

Su tamaño no solo varía entre especies y cultivares sino también de acuerdo con las condiciones de sombra o plena exposición del sol (Alvarado & Rojas, 1994).

Son órganos que realizan los tres procesos fisiológicos más importantes que soportan el crecimiento y desarrollos vegetativo y reproductivo, éstos son: la fotosíntesis, la respiración y la transpiración (Arcila, 2007).

- **Flores**

Aparecen generalmente hacia el tercer año, pero no alcanzan su plenitud hasta el cuarto o quinto año (Coste 1968). La disposición floral del café es distal es decir, en grupos separados de yemas, que brotan en los nudos a lo largo de las ramas laterales (Promecafe, 2006).

La floración del café permanece pocos días. Es inducida primero, por días cortos y posteriormente, cuando hay humedad suficiente, proviene de la lluvia. (Alvarado & Rojas, 1994).

- **Fruto**

El fruto maduro es una drupa elipsoidal en los cultivares comerciales, ligeramente aplanada, de superficie lisa y brillante y de pulpa delgada constituido de tres partes diferentes: el epicarpio o epidermis; el mesocarpio o pulpa y el endospermo o semilla (Alvarado & Rojas, 1994). El tiempo que transcurre entre la floración y la maduración de los frutos varía con las variedades, las condiciones climáticas y los métodos de cultivo (Coste, 1968).

2.3.1.3 Especies y cultivares

La especie *Coffea arabica* es la más importante a nivel mundial. En Guatemala se cultiva de esta variedad donde mucha de ellas son el resultado de mutaciones, hibridaciones naturales o artificiales. Otra especie es *Coffea canephora*, como Robusta, que se considera como la variedad más importante, mostrando resistencia y/o tolerancia a plagas y enfermedades (nematodos, roya) (ANACAFÉ, 2006) .

2.3.1.4 Principales variedades de café utilizadas en finca Las Nubes

a) Robusta

La variedad Robusta es utilizada y considerada como valioso material para patrón de injertos presentando condiciones de resistencia y/o tolerancia a plagas del suelo, particularmente a los nematodos. Esto podría explicarse por la circunstancia de ser *Pratylenchus* el nematodo más difundido en Guatemala, observándose en esta variedad un buen nivel de tolerancia y resistencia frente dicho nematodo (ANACAFÉ, 2006). La calidad de taza es considerada como mala (Cofenac, 2005).

b) Bourbon

Se presenta una ligera forma cónica menos acentuada, ramas secundarias más abundantes, con un ángulo más cerrado, entrenudos más cortos y mayor cantidad de axilas florales. Los brotes son de color verde, hojas más ancha con bordes más ondulados y el fruto es de menor tamaño y un poco más corto, igual relación guarda la semilla (ANACAFÉ, 2006).

Es una variedad muy precoz en su maduración, con riesgos de caída de frutos en zonas donde la cosecha coincide con lluvias intensas. El Bourbon se ha cultivado en diferentes altitudes sin embargo, los mejores resultados se obtienen en zonas medias y altas, de 1060 a 1980 msnm (ANACAFÉ, 2006). La calidad de su taza es excelente (Specialty Coffee, 2012).

c) Caturra

Proveniente de una mutación de Bourbon, esta variedad se caracteriza por ser una planta de porte bajo, eje principal grueso poco ramificado, con ramas secundarias abundantes y entre nudos cortos. Las hojas son grandes, anchas y de textura un poco áspera, con bordes ondulados y las hojas nuevas o brotes son de color verde. La forma de Caturra es ligeramente angular, compacta y con buen vigor vegetativo. Es una variedad de alta producción y buena calidad, que requiere buen manejo cultural y fertilización. Se adapta bien en diferentes regiones del país, y prácticamente en todos los rangos altitudinales (ANACAFÉ, 2006). En general da una buena calidad en taza, con acidez brillante (Siboney, 2012).

d) Catuaí

Es una variedad de porte bajo, pero más alta que Caturra, las ramas laterales forman un ángulo cerrado con el tallo principal y posee entrenudos cortos.

Las hojas nuevas o brotes son de color verde y las hojas adultas tienen una forma redondeada y son brillantes. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con palmillas. El fruto no se desprende fácilmente de la rama, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensa (ANACAFÉ, 2006).

Se adapta muy bien en rangos de altitud de 600 a 1300 msnm en la Boca Costa; de 1067 a 1675 msnm en la zona central, oriente y norte del país. Es una variedad de alta producción que requiere un buen programa de manejo, especialmente en fertilización (ANACAFÉ, 2006).

La variedad Catuaí es de alta producción gracias a sus abundantes ramificaciones y se caracteriza por una buena taza (Seaside Coffee, 2012).

e) Catimor

Los Catimores son precoces, productivos y exigentes en el manejo del cultivo, especialmente en la fertilización y manejo de sombra. Se recomienda sembrar en altitudes de 1000 msnm, donde la roya constituye un problema (ANACAFÉ, 2006).

Los Catimores que se derivan del cruzamiento entre el café arábigo y el híbrido Timor, tienen calidades de una taza indistinguibles de los mejores arábigos (Cenicafé, 2010).

f) Villa sarchí

Es una planta de porte bajo, muy similar en su forma y tamaño al Caturra y Pacas; con brotes de color verde, y hojas de tamaño mediano. El sistema radical es fuerte, con entrenudos cortos en su eje principal y en sus bandolas. Es una variedad precoz para producir y su maduración es intermedia y uniforme. Tiene buen comportamiento en zonas cafetaleras altas, donde otras variedades son afectadas tanto en producción como en la maduración de los frutos (ANACAFÉ, 2006).

Sus características de taza y aroma lo constituyen como suave y bueno (Ingredients: café, 2001).

g) Sarchimor

La variedad Sarchimor proviene del cruce de la variedad Villa sarchí con el híbrido Timor. Es una variedad que se caracteriza por frutos y granos grandes de color rojo cuando están maduros, el color del brote es verde (IHCAFE, 2004).

Además presenta alta resistencia a Roya y reporta valores de incidencia de Mancha de Hierro (*Cercospora coffeicola*) y de Ojo de Gallo (*Mycena citricolor*). Se caracteriza por sus niveles altos de productividad y amplia adaptabilidad entre altitudes de los 850 a los 1440 msnm, similares a la variedad Catuaí (IHCAFE, 2004). Se caracteriza por una buena taza (Bertrand & Anthony, 1998).

h) Costa Rica 9 (CR 95)

Es una variedad de porte menor que Caturra, de forma cónica, ramas cortas, frutos rojos, brotes con bronce intenso y resistente a la roya (*Hemileia vastatrix*). Es una variedad considerada como mala calidad en tasa (Cenicafé, 2010).

2.3.1.5 Condiciones climáticas del café en finca Las Nubes

El café es un cultivo que se adapta a una gran variedad de condiciones agroclimáticas, sin embargo las condiciones óptimas de clima para el cultivo de café en finca Las Nubes son especiales señala en el cuadro 3.

Cuadro 3. Condiciones climáticas del café en finca Las Nubes 2011.

Factor	Rango	Observaciones
Temperatura	Entre 13-26 °C	La variabilidad de temperaturas permite la presencia de enfermedades como la roya en época de verano y ojo de gallo en la época de invierno
Precipitación	Entre 3,000 y 5,000 mm por año	Precipitaciones superiores a 3000 mm anuales resultan negativas para el cultivo del café, pues presentan correlaciones negativas respecto a la cosecha (Monge, 1999).
Altura sobre el nivel del mar	1000-1840 msnm	-
Humedad relativa	70 a 95%	Cuando los valores son mayores a 90% estimula el ataque de enfermedades fungosas (Alvarado & Rojas, 1994).

2.3.1.6 Importancia del café en Guatemala

En Guatemala, el café desempeña un papel crucial en la economía agrícola y en la dinámica del empleo en amplias regiones del país.

El cultivo del café en Guatemala se desarrolló desde el siglo pasado, exportando a partir de 1859, desde ese momento se ha constituido en el principal cultivo del país, tanto por el valor de la producción como por la cantidad de divisas y empleo que genera. El café ofrece beneficios económicos cerca de 1,7 millones de personas (Roux y Camacho 1992).

Según Instituto Nacional de Estadística –INE- (2003), el café sigue siendo el principal cultivo permanente de Guatemala, abarca el 40.5% de la superficie de 944 mil 444 mz destinadas a siembras perennes.

El café que se producen en Guatemala se clasifica como "arábigos lavados", que se producen en los departamentos, tienen diferentes características por la altitud, tipo de suelo, temperatura, nubosidad y régimen de la región donde se cultivan. Las características del grano de café en tamaño, estructura y consistencia, causando calidades que además de ser distintas, son diferenciables entre sí (De Guate, 2009).

De acuerdo con Camposeco (2004), explica que han aumentado los pequeños y medianos productores de café en las áreas que se encuentran a más de 3500 msnm, en lo que llamó el "reacomodo de la caficultura". Estos cambios no impiden en la producción cafetalera sino generan empleo y ayudando a las economías locales (Álvarez, 2004).

2.3.1.7 Nematodos

Los nematodos son organismos microscópicos multicelulares del reino animal, con apariencia de pequeñas lombrices, que habitan en todos los ambientes. Se alimentan de materia orgánica, hongos y bacterias presentes en el suelo (vida libre), y otros se alimentan de los tejidos de las plantas (parásitos), (ANACAFÉ, 2006). Estos organismos poseen los principales sistemas fisiológicos de los organismos superiores a excepción del respiratorio y el circulatorio. Requieren de un ambiente húmedo para su sobrevivencia y pueden encontrarse en casi todo tipo de ambiente ecológico (Román y Acosta 1984).

a) Características generales de los nematodos

Según Morgan, (2008), las características más importantes que identifican a un nematodo son: cuerpo en forma de gusano delgado cilíndrico y alargado, con el diámetro reducido en los extremos, formado por cutícula e hipodermis.

También tiene simetría bilateral (cuerpo de dos mitades idénticas), hialinos (transparentes), pseudocelomados (presencia de un espacio lleno de líquido entre el tubo digestivo y la pared del cuerpo donde se encuentran los sistemas digestivo, reproductor, excretor y nervioso) y triploblastos (presencia de ectodermo, mesodermos y endodermo).

Las hembras, son más grandes que los machos, en algunas especies toman diferentes formas. Los nematodos no son segmentados, se protegen por cutícula celular, transparente y semipermeable de proteínas, lípidos y carbohidratos

El sistema digestivo está formado por un tubo que inicia en la abertura bucal y finaliza en el ano. Las hembras se caracterizan en este sistema en tres regiones: esófago, intestino y recto. En los machos, el intestino y el teste desembocan en la cloaca (Román y Acosta 1984).

Existen seis labios que rodean la abertura bucal que conecta a la cavidad bucal en donde se encuentra el estilete que tiene forma de aguja usado por los nematodos parásitos en la parte anterior del cuerpo. Este órgano es una estructura protráctil (que se extiende hacia afuera) y hueca a manera de una aguja hipodérmica que permite penetrar a la raíz extrayendo nutrientes esenciales a la planta y al mismo tiempo inyectan una secreción denominada saliva que contiene una enzima digestiva que la introduce al interior del contenido de la célula (Román y Acosta 1984).

Según Thiohod citado por Balaña (2003), los nematodos fitoparásitos se caracterizan por obtener su alimentación en plantas vasculares donde el estilete se divide en tres tipos:

- Estomatoestilete: se forma de la fusión de la pared estomacal comúnmente en los nematodos parásitos donde presentan nódulos bales conectados al bulbo mediano. El estilete tiene forma de lanza
- Odontoestilete: surge de una célula especial del esófago y después migra hacia al estoma. El estilete tiene forma de diente.
- Onquioestilete: asociado con el esófago

Tanto el estomatoestilete como el odontoestilete, poseen un lumen de diámetro muy reducido que permite el paso de partículas de alimento, virus y enzimas digestivas pero no bacterias. El esófago se ubica debajo de la cavidad bucal o estoma con un lumen trirradiado (Román y Acosta 1984).

Los nematodos están formados por corpus próximo al estilete, formado por una parte anterior delgada o procorpus y una posterior ensanchada o bulbo medio. Luego por istmo que es la parte estrecha y por último el bulbo basal donde se ubica las glándulas esofágicas que poseen enzimas digestivas necesarias para disolver y penetrar las células de las plantas que después digiere el alimento y lo ingieren dentro (Román y Acosta 1984).

El sistema excretor es generalmente tubular y abre al exterior por un poro revestido de cutícula localizado ventralmente al nivel del esófago. El sistema nervioso tiene como en el centro un collar nervioso, que se encuentra alrededor del istmo en el esófago, de donde salen nervios a las diferentes partes del cuerpo. Además de la musculatura somática, los nematodos poseen una musculatura especializada que está asociada o conectada con el estilete, el esófago, el intestino, el recto, el ano, la vulva y las espículas (Román y Acosta 1984).

Algunas especies muestran un dimorfismo sexual muy marcado (machos y hembras con formas diferentes); las hembras adultas adquieren forma de pera, redonda o arriñonada y sufren de atrofia muscular, lo que les impide el movimiento (Román y Acosta 1984, Rivera 2007).

Las formas más común de reproducción se lleva a cabo la fecundación cruzada donde varios de estos organismos se reproducen por partenogénesis, donde se produce una cría sin la participación de una célula sexual masculina y otras son hermafroditas en donde se producen ambas células en un mismo individuo.

El sistema reproductor de las hembras, se compone de uno o dos ovarios tubulares, oviducto, espermoteca (recétaculo seminal), útero, vagina y vulva (abertura genital). Para los machos poseen testículo, vesícula seminal, vaso referente, dos espículas cuticularizadas, un gubernáculo (aparato guía de las espículas) y pueden tener una aleta caudal que ayude en la copulación. El intestino del macho se uno posteriormente al sistema reproductor formando la cloaca (Román y Acosta 1984).

En la figura 19, se presenta la morfología típica de un nematodo parásito de plantas.

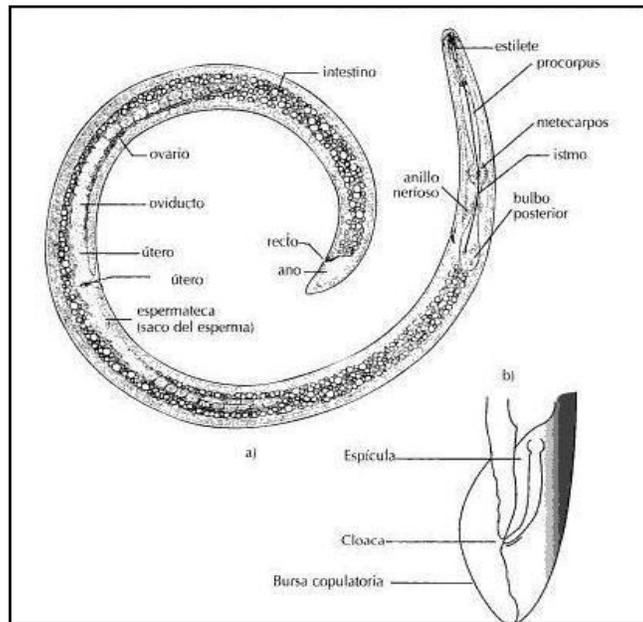


Figura 19. Principales características morfológicas de un nematodo fitoparásito a) hembra, b) cola de un macho. Fuente: (Rivera, 2007).

Los nematodos parásitos pueden variar en tamaño. En la figura 20 se exponen los tamaños y formas de nematodos parásitos.

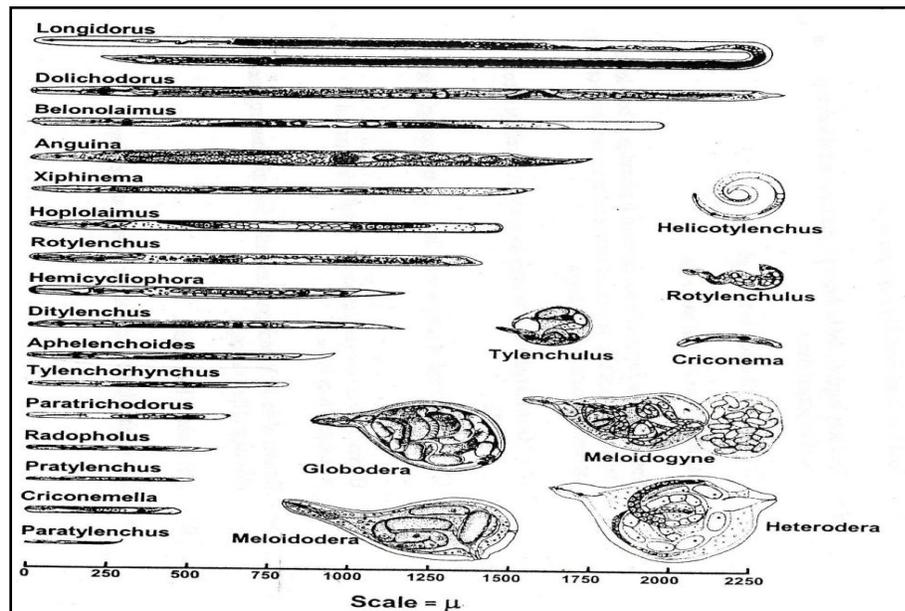


Figura 20. Morfología y tamaño relativo de los nematodos fitoparásitos. Fuente: Agrios 2008

b) Clasificación taxonómica

Los nematodos fitoparásitos están agrupados en tres órdenes principales: *Aphelenchida*, *Tylenchida* y *Dorylaimida*; no obstante, el orden Tylenchida es el que incluye la mayoría de nematodos fitoparásitos y de importancia económica.

A nivel mundial los 10 géneros de nematodos fitoparásitos más importantes son: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Heterodera*, *Ditylenchus*, *Globodera*, *Tylenchulus*, *Xiphinema*, *Radopholus*, *Rotylenchulus* y *Helicotylenchus* (Rivera, 2007).

c) Relaciones parasíticas

Los nematodos parásitos son considerados parásitos obligados cuando requiere de un hospedero susceptible con raíces sanas que puedan llevar a cabo las funciones de alimentación, reproducción y crecimiento. Las poblaciones decrecen cuando el sistema radical de la planta huésped es destruido o está en malas condiciones. De acuerdo con los hábitos de alimentación, los nematodos parásitos se pueden clasificar en tres grupos:

- **Nematodos ectoparásitos:** estos se caracterizan en no penetrar al interior de los tejidos de la planta, únicamente utiliza el estilete donde se alimentan en las partes externas del sistema radicular de las plantas (células epidérmicas), sin penetrar. En general tienen estilete largo y la profundidad a la que pueden alimentarse depende de su longitud, como el género *Helicotylenchus* spp (González, 2007).
- **Nematodos semiendoparásitos:** se caracterizan porque solo introducen la parte anterior del cuerpo en la raíz, mientras la sección posterior se mantiene en el suelo, como el género *Tylenchus* spp. (Rivera, 2007; González, 2007).
- **Nematodos endoparásitos:** estos penetran en forma total a la raíces, desarrollando y multiplicando en su interior. Los endoparásitos sedentarios son los que penetran en la planta y se fija en un solo lugar para toda su vida, produciendo nódulos el género *Meloidogyne* spp.

Los nematodos endoparásitos migratorios, se movilizan de un punto a otro en el interior de la planta como el género *Pratylenchus* spp. (González, 2007).

d) Ciclo de vida

Los nematodos tienen típicamente cuatro estados juveniles entre el huevo y el adulto, con mudas entre cada estado que les permite crecer. El primer estado juvenil se denomina (J1) y se desarrolla dentro del huevo; ocurre la primera muda y emerge del huevo el segundo estado juvenil (J2) en el cual, en algunos géneros como *Meloidogyne*, constituye el estado infectivo. Posteriormente se dan el tercer y cuarto estado juvenil (J3 y J4) para finalmente convertirse en adulto. La duración de ciclo de vida varía enormemente con la temperatura. Bajo condiciones tropicales, la duración puede variar de 25 a 30 días (Rivera, 2007).

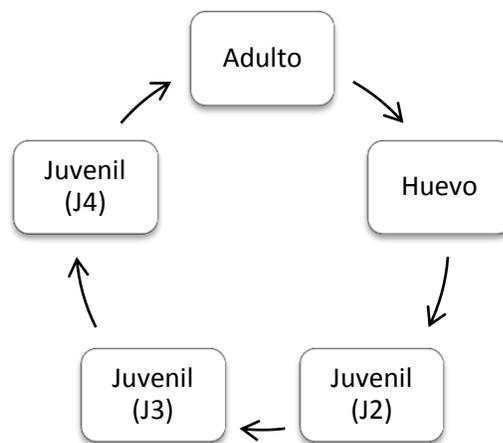


Figura 21. Ciclo de vida básico de una planta parásita por nematodos. Fuente: Morgan 2008.

2.3.1.8 Ecología

a) Ambiente del suelo

Los nematodos son organismos que colaboran en la distribución de bacterias y hongos a través del suelo y en la raíces, llevando microorganismos vivos y aletargados en sus superficies y en su sistema digestivo.

Los nematodos pueden ser útiles indicadores de la calidad del suelo, por su enorme diversidad y participación en muchas funciones a distintos niveles en la red alimentaria del suelo.

Por su diversidad, los nematodos son útiles indicadores por sus poblaciones que son relativamente estables en respuestas a cambios en la humedad del suelo y temperatura, así como los cambios en el manejo del terreno.

Los cambios en las poblaciones de nematodos tienden a reflejar cambios en los microambientes del suelo.

Por lo general estos organismos vivos con actividad, no les agrada el suelo saturado y se caracterizan por ser organismos aeróbicos (Ecoplexity, 2010).

Los suelos con abundancia de nematodos pueden estar muy sanos o muy enfermos. Los suelos sanos tienen cantidades elevadas de nematodos que se alimentan de bacterias, hongos y otros nematodos. Cuando el nematodo se alimenta de una presa, se libera nitrógeno dentro del suelo que es disponible para la planta (Ecoplexity, 2010).

Por consiguiente, las plantas que crecen en suelos en los que hay más nematodos que se alimentan de otros organismos pueden obtener mayor nitrógeno, y requieren menor aplicación de fertilizantes. Los suelos en los que hay cantidades elevadas de nematodos que se alimentan de las raíces de las plantas no existe sanidad, y puede manifestar algunos signos de enfermedad en las raíces y en la parte aérea de la planta (Ecoplexity, 2010). Los parámetros abióticos del suelo y las poblaciones de nematodos parásitos están involucrados con: la humedad del suelo, temperatura, textura y estructura, el contenido de materia orgánica, pH y capacidad de intercambio catiónico (Rivera, 2007).

b) Relación suelo-raíz

Las raíces son la fuente primaria de alimento para los nematodos parásitos, modifican el ambiente del suelo mediante cambios en la concentración de minerales, pH, humedad y ambiente gaseoso (CO/O_2).

Diversos compuestos orgánicos e inorgánicos son liberados de las raíces cuyo efecto puede ser positivo (atrayente) o negativo (repelente) sobre las poblaciones de nematodos. Este ambiente que circunda las raíces de las plantas es muy dinámico donde la relación planta-suelo y nematodo es de naturaleza química. La delgada capa del suelo de aproximadamente 2.0 a 3.0 mm, sujeta a la influencia de las raíces, es denominada rizósfera que se considera el principal hábitat de la mayoría de nematodos parásitos. (Rivera, 2007).

c) Diseminación y sobrevivencia

Los nematodos se mueven pocos centímetros al año por sus propios medios, lo cual el desarrollo explosivo de epidemias es raro.

A cortas distancias los nematodos se dispersan básicamente en el suelo que queda adherido a los implementos usados en la preparación del terreno, suelo adherido a animales, botas e implementos agrícolas. También el movimiento del suelo por acción del viento y el agua de irrigación son métodos comunes de dispersión de estos organismos (Rivera, 2007).

Bajo condiciones de sequía, muchos nematodos tiene la capacidad de entrar en un estado reversible de anhidrobiosis (capacidad de permanecer vivo en ausencia total de humedad). En este estado, son menos susceptibles a condiciones extremas y a productos químicos (Rivera, 2007).

d) Sintomatología

Los síntomas y la severidad que produce los nematodos parásitos varían de acuerdo a la edad, al género y parte de la planta donde se presenta la lesión.

Algunos otros factores que inducen el grado de severidad del ataque del nematodo es: la textura, humedad y temperatura del suelo por otro lado la nutrición de la planta y la presencia de otros organismos (bacterias y hongos) del suelo considerados como dañinos y que interactúan con los nematodos (González, 2007).

Las poblaciones más elevadas de nematodos se encuentran próximas a las raíces por ser parásitos obligados. Se reproducen cuando tiene acceso a tejidos vegetales vivos y cuando estos están en crecimiento. Por lo general si se presentan nematodos en el suelo y en plantas hospederas, con raíces sanas la población de nematodos aumenta con facilidad de lo contrario si las raíces están en mal estado y tienen poco crecimiento, la población tiende a un decrecimiento.

Los daños ocasionados por nematodos parásitos en las raíces, se manifiestan en la parte aérea de la planta como: amarillez o clorosis en las hojas, aborto de flores, enanismo, poco vigor, escaso desarrollo, muerte y bajos rendimientos.

Los síntomas mencionados pueden confundirse con deficiencias nutricionales, la falta de humedad o el ataque de otros organismos en el suelo (González, 2007).

Las raíces atacadas por nematodos, presentan diversos tipos de daño permitiendo la identificación del género presente a través de un estudio bajo microscopio.

Los daños que causan se deben a la secreción que estos inyectan al alimentarse de la planta, provocando una disminución en la división celular del meristemo apical, al punzar y succionar el protoplasma, con lo cual la raíz deja de crecer (González, 2007).

e) Distribución de nematodos

Goodell (1982) citado por Salatiel relata que la distribución de nematodos es influenciada por diversos factores, teniendo mayor importancia la asociación con sus fuentes de alimentación, y con la microbiota del suelo.

Begon (1990) *et al.* citado por Salatiel afirma que existen tres tipos de distribución:

- Aleatoria. Donde cada organismo tiene igual probabilidad de ocupar cualquier punto en el espacio y la presencia del individuo no interfiere la presencia de otro.
- Distribución regular. Ocurre cuando cada individuo puede influenciar o anular la presencia de otros individuos.
- Distribución agregada. Los individuos permanecen agregados en determinadas partes del ambiente y su presencia puede atraer otros individuos para el mismo lugar. El patrón espacial de distribución presenta componentes de macrodistribución y microdistribución.

Según Molina & Ortega (1996), la distribución de los nematodos puede variar en el tiempo y el espacio y se pueden encontrar agregados, uniforme o al azar.

La macrodistribución se mide por variables como: extensión del tiempo en que la población ha estado en el ecosistema, variación de factores en el hábitat (suelo, humedad, etc.) y la selección de varias plantas hospederas.

La microdistribución, está fuertemente ligada a la historia de vida de la población, la estrategia de alimentación, y sus hábitos alimenticios.

Los nematodos ectoparásitos invierten una parte de su energía en su locomoción y selección de sitios de alimentación, resultando en un patrón de distribución agregada.

El área preferida de alimentación de algunos nematodos se encuentra en los puntos activos de crecimiento radical, lo que atribuye en la determinación de la microdistribución de los nematodos (Molina & Ortega 1996).

La confiabilidad de un esquema de muestreo está indicada por la variabilidad entre estimaciones repetidas de la población. Las muestras repetidas del mismo campo en el mismo tiempo dan estimaciones radicalmente diferentes de las poblaciones de nematodos, lo que indica que el procedimiento de muestreo no es una base confiable para la toma de decisiones con respecto al manejo (Molina & Ortega 1996).

Para mejorar la eficiencia en la estimación es estratificar o dividir el campo en regiones con probable diferencia en las densidades poblacionales, a medida que el número de muestras que representan un estrato o campo se incrementan los costos. El incremento del número de muestras deberá contrastarse con los beneficios que se gana en confiabilidad, está por la variación entre estimaciones repetidas cuando se incorporan en la estimación de más muestra (Molina & Ortega 1996).

2.3.1.9 Comunidad de nematodos

Una comunidad en término biológico que hace referencia a los seres vivos presentes en un ecosistema y se define como el conjunto de poblaciones biológicas que comparten en un área determinada y difieren en el tiempo. Una comunidad puede ser definida a cualquier nivel taxonómico o funcional y escala geográfica.

La composición de una comunidad y su estructura, es el conjunto de relaciones que existen entre los diferentes individuos entre sí y con el medio en el que viven. Existen varias maneras de caracterizar una comunidad, la más adecuada sería aquélla que considere tanto la composición de géneros o especies como el número de individuos de cada una de ellas (Odum, E. 1998).

Las comunidades pueden sufrir cambios en el tiempo llamados sucesiones; estas transformaciones suelen ser lentas y conducen a cambios en la composición o en las poblaciones de los géneros o especies (Odum, E. 1998).

A gran escala geográfica el principal factor que determina el tipo de comunidades es el clima, mientras que a menor escala resulta más difícil encontrar cuál o cuáles son los factores que explicarían los agrupamientos de géneros (Odum, E. 1998).

Azpilicueta, Aruani, Reeb, Sánchez citado por Bongers y Bongers, (1998), Yeates *et al.*, (1993) y Wasilewska (2004), dice que los nematodos constituyen uno de los componentes numéricamente más importantes de la fauna del suelo, se ubican en al menos cinco grupos funcionales y ocupan posiciones en la red trófica del suelo como consumidores primarios, secundarios y/o terciarios.

Los nematodos fitófagos se alimentan de material vegetal, siendo estos organismos los más conocidos a causa del daño que ocasionan algunas especies a los cultivos.

Los nematodos bacteriófagos y fungívoros consumen bacterias y hongos respectivamente y están involucrados indirectamente en la descomposición y mineralización del nitrógeno debido a su interacción con la microflora (Neher, 2001; Neher y Campbell, 1994).

Los nematodos depredadores se alimentan de otros grupos funcionales de nematodos y de invertebrados, mientras que los nematodos omnívoros incorporan fuentes de alimentación variada que incluyen organismos de origen animal y vegetal.

También Azpilicueta, Aruani, Reeb, Sánchez citado por Neher, (2001), Wasilewska, (1997), Trudgill, (1999), & Bongers, (1990), la nematofauna del suelo contribuye hasta con un 19% del nitrógeno total disponible en el suelo, con su excreción.

Los nematodos poseen atributos que los hacen útiles como indicadores ecológicos. La estructura trófica de la comunidad de nematodos puede proveer una medida integrada del estado de otros grupos de los cuales ellos se alimentan de la rizósfera y a su vez, el monitoreo de la comunidad permite el análisis de las condiciones ecológicas del suelo debido a que pueden reflejar cambios en las condiciones del mismo. Los índices ecológicos son herramientas útiles que no solo proveen medidas cuantitativas para caracterizar un ecosistema sino también para comparar diferentes sistemas ecológicos.

2.3.1.10 Características de las comunidades de nematodos

La comunidad es una reunión de diversas poblaciones interrelacionadas y localizada en un área geográfica específica. Tradicionales son cinco características medidas y estudiadas (Norton 1978).

- a) Diversidad: las especies y plantas viven en una comunidad, donde la lista de especies es una medida simple de riqueza de especies o diversas especies.

- b) Dominación: toda especie de la comunidad es igualmente importante, la determinación de la naturaleza donde las especies son altamente equipadas ecológicamente y que determinan una condición extensa sobre las cuales cada especie asociada se podrá reproducir.
- c) Abundancia relativa: se mide la relativa proporción de las diferentes géneros o especies dentro de la comunidad.
- d) Estructura trófica de los hábitos alimenticios o la relación de especies en la comunidad: determinan un flujo de energía y materiales de plantas para herbívoros, carnívoros, y determinadas organizaciones de la comunidad. La biodiversidad de una comunidad que está definida como un número de especies de una tasa dada o de un número de tasa de una comunidad. La estabilidad de las comunidades de nematodos son controladas por factores abióticos y es una interacción de los componentes bióticos que incluye los hospederos.

2.3.1.11 Función de los nematodos en los ecosistemas

Los nematodos de vida libre y parásitos de plantas, tienen varios atributos que pueden útiles como indicadores biológicos y por lo tanto son prometedores como indicadores de las condiciones ecológicas del suelo.

Los estudios realizados sobre los nematodos, es que ellos juegan un papel en el ciclo de nutrientes en el suelo, a través de sus interacciones con bacterias y hongos que actúan como reguladores de la microflora del suelo, generando a su vez mayor crecimiento de las plantas, por acumulación de absorción de nitrógeno, la evolución de la CO_2 , la mineralización y la utilización de nitrógeno y fósforo del suelo.

2.3.1.12 Hábitos alimenticios de los nematodos

Con base a sus hábitos alimenticios, los nematodos del suelo se pueden clasificar en cinco grupos básicos: parásitos de las plantas, los bacteriófagos, micófagos, depredadores y omnívoros (Yeates et al., 1993).

- a) Parásitos de las plantas o nematodos parásitos: son polívoros y responsable de la pérdida en gran medida en la agricultura.

Este grupo puede ser dividido en ecto, endo y semiendoparasitos sedentarios, y migratorios que se alimentan de las células epidérmicas de la raíz o del córtex cilindro central. También se alimentan de algas y líquenes.

- b) Bacteriófagos: esta categoría incluye especies que se alimenta cualquier fuente de alimentación procarionte.
- c) Micófagos: por el estomatoestilete o endoestilete la alimentación de las hifas de los hongos saprófitos tienen implicaciones ecológicas completamente diferentes de los hongos micorrízicos.
- d) Depredadores: algunas de nematodos se alimentan de invertebrados tales como protozoos y otros nematodos.
- e) Omnívoros se alimentan de todos los niveles tróficos de la cadena alimenticia, consumidores de hongos y bacterias, y también depredadores de nematodos.

2.3.1.13 Nematodos parásitos del café

Según Alvarado (1997) citado por García (2004), en Guatemala el primer reporte de nematodos en el cafeto se realiza en 1935 indicando su presencia en los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango.

Después de varios años se observa la tolerancia en el campo en la variedad robusta (*Coffea canephora*) a los nematodos, a partir de lo cual es considerado como injerto Reyna.

El parasitismo en las raíces por nematodos, es evidente a la renovación de antiguas plantaciones, en donde se ejecutan varios cambios tecnológicos en el café como la utilización de variedades de porte bajo, altas densidades de siembra, reducción de la sombra y fertilización intensiva.

El período de la producción y comercialización de plantas en el almácigo es considerada un medio de dispersión de nematodos a través de la transportación de plantas infestadas (García 2004).

a) Principales géneros de nematodos parásitos del cafeto en Guatemala

- **Nematodos lesionadores (género *Pratylenchus spp.*)**

En el año 1898, se detectó la especie *Pratylenchus coffea* por Zimmermann y fue el primero en demostrar la patogenicidad de esta especie. Según Schieber (1966) citado por Molina & Ortega (1996), las plantillas infestadas por *Pratylenchus coffea* son enanas y cloróticas.

Este género de nematodo es el más difundido en Guatemala, llamado nematodo endoparásito migratorio, posee un ciclo de vida que varía de 54 a 65 días.

Durante el estadio juvenil sufre tres mudas sin alimentarse y dan paso al estadio pre-adulto. Por su parte las hembras son parcialmente infectivas, penetran las células radicales a la altura de la corteza, luego de un tiempo la hembra comienza a hincharse hasta tener una característica de forma arriñonada.

Ambos sexos son vermiformes capaces de provocar profundas lesiones, como consecuencia se vuelve amarillo y castaño en las zonas de daño en las raíces (Molina & Ortega 1996, ANACAFE 2012).

Estos nematodos se movilizan dentro y salen hacia otras raíces para alimentarse; en el punto de infección se desarrolla una necrosis que se extiende inicialmente en la superficie de la raíz y posteriormente hacia el interior de la misma, en esta fase la corteza de las raíces pequeñas es destruida provocando su separación del cilindro central, dando la apariencia de "pelos" finos. En las raíces más gruesas hay extensas áreas necrosadas donde se asocian los daños del nematodo que pueden ser invadidas por patógenos secundarios como bacterias u hongos que participan en el proceso de degradación o pudrición de las raíces (ANACAFE 2011).

Existe una reducción del sistema radicular y poco crecimiento de la parte aérea del cafeto. *Pratylenchus spp.* permanecen siempre móviles y todos sus estados de desarrollo (larvas y adultos) pueden penetrar la raíz y abandonarla en cualquier momento, lo cual le confiere una alta capacidad de daño (ANACAFÉ, 2006).

La hembra deposita sus huevos de manera aislada en la raíz o en el suelo, uno por día durante un mes, lo que daría una descendencia aproximada de 30 huevos durante su ciclo de vida. En ataques severos las plantas muestran amarillamiento generalizado (ANACAFÉ, 2006).

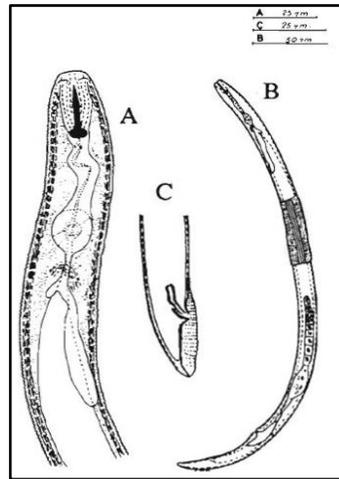


Figura 22. Esquema general de un nematodo del género *Pratylenchus* spp. A. región anterior, B. aspecto generales de la hembra, C. región caudal de un macho. Fuente Navas 1988.

- **Nematodos formadores de agallas (género *Meloidogyne* spp.)**

En Guatemala predominan especies muy agresivas, las larvas de *Meloidogyne* spp se establecen dentro de las raíces en un sitio fijo, y luego se desarrollan en su mayoría como hembras, las cuales al final adquieren la forma de una "pera". Cada hembra puede poner dentro de una masa alrededor de 2000 huevos en promedio, en un período de 1-3 meses, de los cuales emergerán nuevas larvas o juveniles para reiniciar el ciclo de parasitismo. La masa de huevos está constituida de una matriz gelatinosa, que brinda una importante protección frente a factores externos, lo cual explicaría entre otros aspectos, la baja eficiencia del control químico para estos nematodos. En las principales especies de *Meloidogyne* spp parásitas del café, la reproducción es asexual, sin participación del macho. (ANACAFE 2009)

El ciclo de vida del género *Meloidogyne* spp puede dividirse en dos fases: la primera fase pre-parasítica que inicia en la matriz gelatinosa, donde se desarrolla en una larva (primer estadio juvenil) teniendo su primera muda dentro del huevo. Después emerge al segundo estadio juvenil que abandona el huevo e inicia la búsqueda de una raíz para alimentarse (Molina y Ortega 1996).

La segunda fase corresponde al ciclo de vida parasítica que se inicia con el segundo estadio juvenil infectivo, este penetra en la caliptra de la raíz y se mueve entre las células no diferenciadas, colocándose en el cilindro vascular, donde da inicio a su alimentación aumentando de tamaño, completando la segunda, tercer y cuarta muda cuando la hembra toma forma globular o ligeramente alargada. El macho adopta una forma alargada filiforme luego de la tercera muda.

La duración del ciclo está fuertemente afectada por la temperatura, en los espacios de clima cálido entre 25 °C y 30 °C. Completa su ciclo en 21 días aproximadamente (Molina y Ortega 1996). El género *Meloidogyne spp*, llamado nematodo de los nódulos radicales o nematodo de agallas de la raíz, produce lesiones mecánicas muy leves cuando en estado larval entra a las raíces y otras estructuras subterráneas, salvo cuando un gran número penetra en un espacio limitado (invasión masiva); la mayor parte de los efectos sobre los tejidos circunvecinos se producen por la secreción inyectada a través del estilete de la larva mientras se alimenta.

Las plantas infestadas tienden a mostrar mucho menos raicillas pequeñas que las normales y los síntomas pueden caracterizarse por una combinación de vesículas y de raíces toscas, las vesículas tienden a agrandarse y a afectar a las raíces principales. (Molina & Ortega 1996). En el campo su ataque se presenta en parches, las plantas muestran amarillamiento, entrenudos cortos, bandolas secas y defoliadas. Provoca fuertes daños sobre variedades de Arábica (Borbón, Caturra, Catuaí etc.) y aún en Arábicas injertados sobre robustas convencionales (Molina & Ortega 1996, ANACAFE 2009).

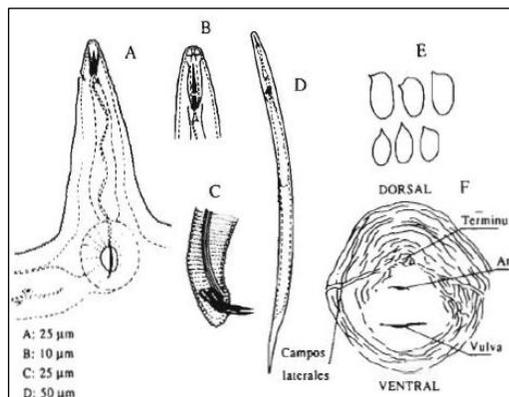


Figura 23. Nematodos formadores de nódulos del género *Meloidogyne spp*: A. detalle de la región esofágica de una hembra adulta; B. región anterior de la larva; C. región caudal del macho; D. último estadio larvario; E. aspecto general de la hembra; F. esquema del modelado perineal. Fuente: Navas, 1998.

2.3.1.14 Otros géneros de nematodos parásitos de menor importancia en café

a) Nematodo anillado (Género *Criconemoide spp.*)

Según Andrews (1989) citado por Guzmán (2008) son llamados nematodos de anillo, se caracterizan por no penetrar en los tejidos de la raíz, sino que se alimentan únicamente de las células que se localizan cerca de la superficie del tejido radicular y su hábito es ectoparásito.

La hembra se caracteriza por tener un cuerpo en forma alargado cilíndrica con cutícula gruesa, cuerpo anillos con área labial de varias formas. Lóbulos submedianas ausentes o desarrollado de diversas maneras. El estilete en forma de ancla y muy pronunciado. El macho no posee estilete, y su espícula es de varias formas (UNL, 2012).

Este nematodo además está asociado con el tipo de suelo, por lo que es más frecuente encontrarlo en suelos con textura franco a franco-arenoso porque los espacios interpartículas del suelo son más grandes permitiéndole una mayor movilidad (IICA, 1985).

b) Nematodo espiral (Género *Helicotylenchus spp.*)

Según Volcy (1998) citado por Ramírez, Díaz & Garro (2007) poseen cuerpo vermiforme con cutícula anillada y generalmente en espiral de 0,5 a 1 mm de largo. Las hembras se caracterizan por tener cola corta encorvada y muy a menudo una breve proyección en la punta. Posee estilete bastante robusto y causa un daño básicamente a la planta, que obtiene su alimento a través del mismo (IICA, 1985).

Biológicamente y dependiendo del hospedante, el hábito alimenticio de este género de nematodo, se caracteriza como ectoparásito donde su cabeza permanece insertada en la raíz y el resto del cuerpo permanece fuera en una espiral curvado con una o más vueltas pero otras especies se comportan como semiendoparásito que la parte del cuerpo se encuentra en el interior del tejido cortical de la raíz (Horst, 2008; Guzmán 2010).

c) Género *Tylenchus spp.*

Las hembras adultas tiene la parte anterior del cuerpo delgado y fijado a la raíz y la parte posterior externa. Los machos son delgados con aparato digestivo no funcional, no poseen bursa y se caracterizan por ser parásitos obligados o semiendoparásitos sedentarios (Molina y Ortega 1996).

Son nematodos que se alimenta de algas, musgos, líquenes y raíces de las plantas. El daño es relativamente pequeño ya que penetran en las paredes celulares delgadas (Molina y Ortega 1996).

2.3.1.15 Extracción y determinación de nematodos

Para definir el método de extracción es conveniente considerar el objetivo perseguido, el equipo y los recursos que se tiene en un laboratorio. Así como también los hábitos alimenticios de los nematodos, su morfología, la movilidad de estos, el tipo de sustrato y su propia actividad de vida.

Algo muy importante tomar en cuenta la disponibilidad de tiempo, las ventajas y desventajas del método de extracción de nematodos.

El análisis internacional para el tipo de procedimientos de extracción de nematodos de laboratorio y otros, aplican las normas de La Organización Internacional para Normalización ISO/IEC 17025, es decir, los laboratorios de fitopatología deben regirse a dicha norma (Orozco, 2010).

2.3.1.16 Método de flotación-centrifugado

El método de flotación-centrifugado tiene la ventaja de ser rápido, permite el procedimiento de varias muestras, la suspensión es limpia y se pueden extraer los nematodos de partes vegetativas o de suelo (Orozco, 2010).

2.3.1.17 Fluctuaciones

Las fluctuaciones es el factor en que la población de un género o especie crece o decrece con el tiempo, por un lado, la densidad o el tamaño de las poblaciones que interactúan en la misma comunidad y por otro los factores físicos que intervengan.

La fluctuación de las poblaciones de nematodos se interpreta gráficamente con los datos en el tiempo contra el número de organismos de la población encontrados, manifestando una serie de sigmoides que se presentan con cierta regularidad (Mancilla, 2011).

2.3.1.18 Abundancia

El concepto de abundancia es definido como el número de individuos de un determinado género o especie en una comunidad determinada por unidad de superficie o de volumen (densidad de la población).

La abundancia de los individuos de una población es producto de factores físicos del ambiente, de factores históricos, de la relación entre sus individuos y con otras especies (López y Sermeño 2010)

2.3.1.19 Biodiversidad

La definición de biodiversidad se define como la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente que pueden estar incluidos con otros.

Los ecosistemas terrestres, acuáticos comprenden la diversidad dentro de cada género o especie, entre los géneros o especies y de los ecosistemas (Filadelfo 2010).

2.3.1.20 Métodos para estimar la biodiversidad

Los índices ecológicos expresan la diversidad ecológica del número de individuos. El índice de diversidad se calcula a través de expresiones matemáticas que relacionan el número de género o especies de una comunidad y los valores de importancia, tales como número, biomasa, productividad, etc., de los individuos.

La biodiversidad es importante porque cada individuo promueve a entender cómo funciona el proceso vital y el papel que cada individuo tiene en el ecosistema (Dajoz, 1979).

a) Índices de abundancia proporcional

Los índices de abundancia e índices de equidad, son aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada individuo. Los índices de heterogeneidad, son aquellos que además del valor de importancia de cada individuo consideran también el número total de individuos en la comunidad. Sin embargo, cualquiera de estos índices enfatiza ya sea el grado de dominancia o la equidad de la comunidad, por lo que para fines prácticos resulta mejor clasificarlos en índices de dominancia e índices de equidad (Fernández 2008).

- **Índices de dominancia**

Los índices basados en la dominancia son parámetros inversos al concepto de uniformidad o equidad de la comunidad. Toman en cuenta la representatividad de los individuos con mayor valor de importancia sin evaluar la contribución del resto de individuos (Fernández 2008).

Para el cálculo de los géneros dominante se utilizó el Índice de Simpson.

- **Índice de Simpson**

Conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia abreviado “ λ ”, manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean del mismo género ($\sum p_i^2$). Está fuertemente influido por la importancia de géneros más dominantes (Moreno 2001).

Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (1-D). Para este índice, el valor mínimo es 1 indicando la ausencia de diversidad, el valor máximo es limitado. Los ecosistemas naturales relativamente diversos tiene un índice de Simpson de 5 o mayor (Gliessman, 2002).

- a) **Índice de equidad**

Según Filadelfo (2010) son aquellos que toman en cuenta el valor de importancia de cada individuo. Para el cálculo de los géneros de uniformidad o equidad se utilizó el Índice de Shannon-Wiener.

- **Índice de Shannon-Wiener**

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todos los individuos de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que género o especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todos los géneros o especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie de individuo, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Moreno 2001).

Para el índice de Shannon-Wiener el valor mínimo es 0, el valor máximo es limitado solamente por el número de géneros y que tan uniformemente están distribuidas en el ecosistema.

Los valores de 3 o 4 son típicamente interpretados como diversos. En un sentido general el índice de Shannon toma en cuenta la abundancia y la riqueza y es utilizado comúnmente para estudios de muestreo de comunidades. Cuanto mayor será H' , más diversa es una comunidad (Gliessman, 2002).

2.3.2 Marco referencial

2.3.2.1 Ubicación de Finca Las Nubes

Finca Las Nubes se encuentra ubicada en las coordenadas latitud Norte $14^{\circ} 39' 20''$ y longitud Oeste $91^{\circ} 29' 80''$ en el municipio de San Francisco Zapotitlán, departamento de Suchitepéquez. Su altura oscila entre los 1,000 msnm en la parte más baja y 1800 en la parte más alta. La finca tiene una extensión 552 ha de café distribuidos en 26 lotes. También cuenta con una reserva natural privada ubicada en las faldas del volcán Santo Tomás (Pecul), que colinda con los cantones San Lorenzito, Chitá y las fincas Elviras y Altamira.

Así mismo los recursos hídricos dentro de la finca se utilizan para la generación de energía eléctrica que provee a toda la finca como para la oficina de la misma. Otro recurso que se utiliza para la generación de energía es la leña que es producto de las recepas que se llevan a cabo en las podas de café (Reservas de Guatemala, 2009).

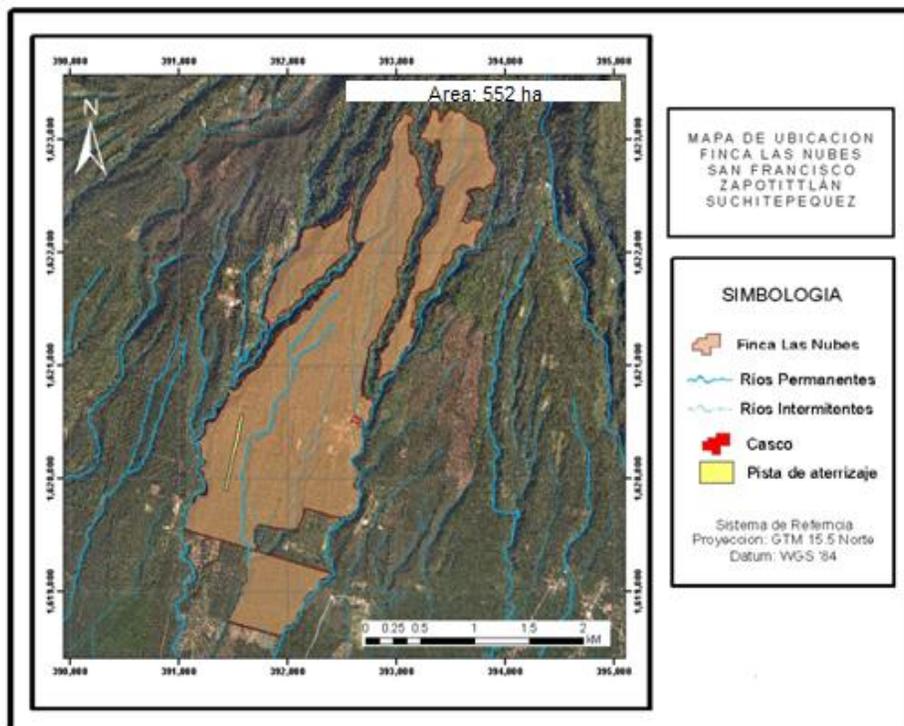


Figura 24. Mapa de ubicación de finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán Departamento de Suchitepéquez.

2.3.2.2 Acceso

Saliendo de la ciudad capital por la carretera que se dirige a Mazatenango, se recorren 160 km hasta el desvío que conduce al municipio de San Francisco Zapotitlán que dista 4 km. De San Francisco Zapotitlán se tiene que recorrer 12 km de terracería con dirección Norte para llegar a la finca.

2.3.2.3 Suelos

El suelo está comprendido entre los Alfisoles, siendo muy fértiles. Se han formado bajo bosques con climas templados de textura franca, franco arcillosa y se caracteriza por la presencia de un sub horizonte argílico (horizonte con alto contenido de arcilla), (De Guate, 2009).

La clasificación de tierra según capacidad de uso corresponde a la clase cuatro, apropiado para cultivos limpios ocasionales, mediante el uso de prácticas de conservación de suelo.

Su pendiente varía entre mediana y fuerte con horizonte A delgado, o medianamente profundo, con condiciones físicas desfavorables para la retención de humedad. Su productividad por lo menos moderada y con alta susceptibilidad a la erosión severa que solamente puede defenderse manteniéndolos con cobertura vegetal de carácter permanente (De Guate, 2009).

2.3.2.4 Clima y lluvia

El clima de la región en donde se encuentra la finca se caracteriza por ser templado. El promedio de temperatura para la época lluviosa es una mínima de 15°C y una máxima de 24 °C. En la época de verano la mínima es de 13°C y la máxima 26°C. La precipitación pluvial es de aproximadamente 3,000 a 5,000 mm al año.

2.3.2.5 Zonas de vida

La zona de vida es bosque muy húmedo subtropical cálido (Reservas de Guatemala, 2009).

2.3.2.6 Hidrología

La finca cuenta con dos ríos que delimita en las partes Este y Oeste con las fincas Margaritas y Altamira, siendo éstos el río Chitá y el río Negro que es el más grande y utilizado para el beneficiado húmedo (Mejía, 1999).

2.3.2.7 Antecedentes

En 1,999 se realizó un estudio para determinar el efecto para el manejo de nematodos parásitos que en ese entonces estaban siendo afectados el cultivo de café en la finca. Antes de la primera aplicación, se tomó un primer muestreo de suelo para su respectivo análisis nematológico en un área de 125 mts².

Según Mejía (1,999) indicó de acuerdo a los resultados, que los géneros *Meloidogyne* y *Pratylenchus* eran los únicos de importancia económica encontrados en el suelo. Los datos numéricos fueron: 125 nematodos de *Meloidogyne* y 1750 nematodos *Pratylenchus*, cada uno de estos en 100 cc de suelo, y señaló que el género *Pratylenchus* fue el más abundante y el responsable de provocar severos daños en las raíces, considerando que el límite en el cultivo del café es del 30 a 50 nematodos por 100 cc de suelo, mientras que para el género *Meloidogyne*, se encontraba en un nivel límite, ya que estaba entre los 100 y 120 nematodos por 100 cc de suelo. Con estos resultados afirmo la necesidad de aplicar para su manejo.

Para establecer un estudio de nematodos, es importante mencionar que las poblaciones y las distribuciones de estos organismos son inestables en determinadas áreas debido a que los cambios de humedad del suelo, las temperaturas y las condiciones de la planta producen una inestabilidad en poblaciones, y que el procedimiento de un solo muestreo de suelo no es una base confiable para tomar decisiones en el manejo.

Para mejorar la eficiencia en la estimación de los nematodos en determinada área, es recomendable estratificar o dividir el campo con probable diferencia de densidades de poblaciones de nematodos e incrementar el número de muestras en un determinado tiempo para mantener la confiabilidad de las poblaciones de nematodos.

Además es importante evaluar los nematodos que no se consideran de importancia económica, porque estos ocupan posiciones benéficas en la red trófica del suelo para la planta.

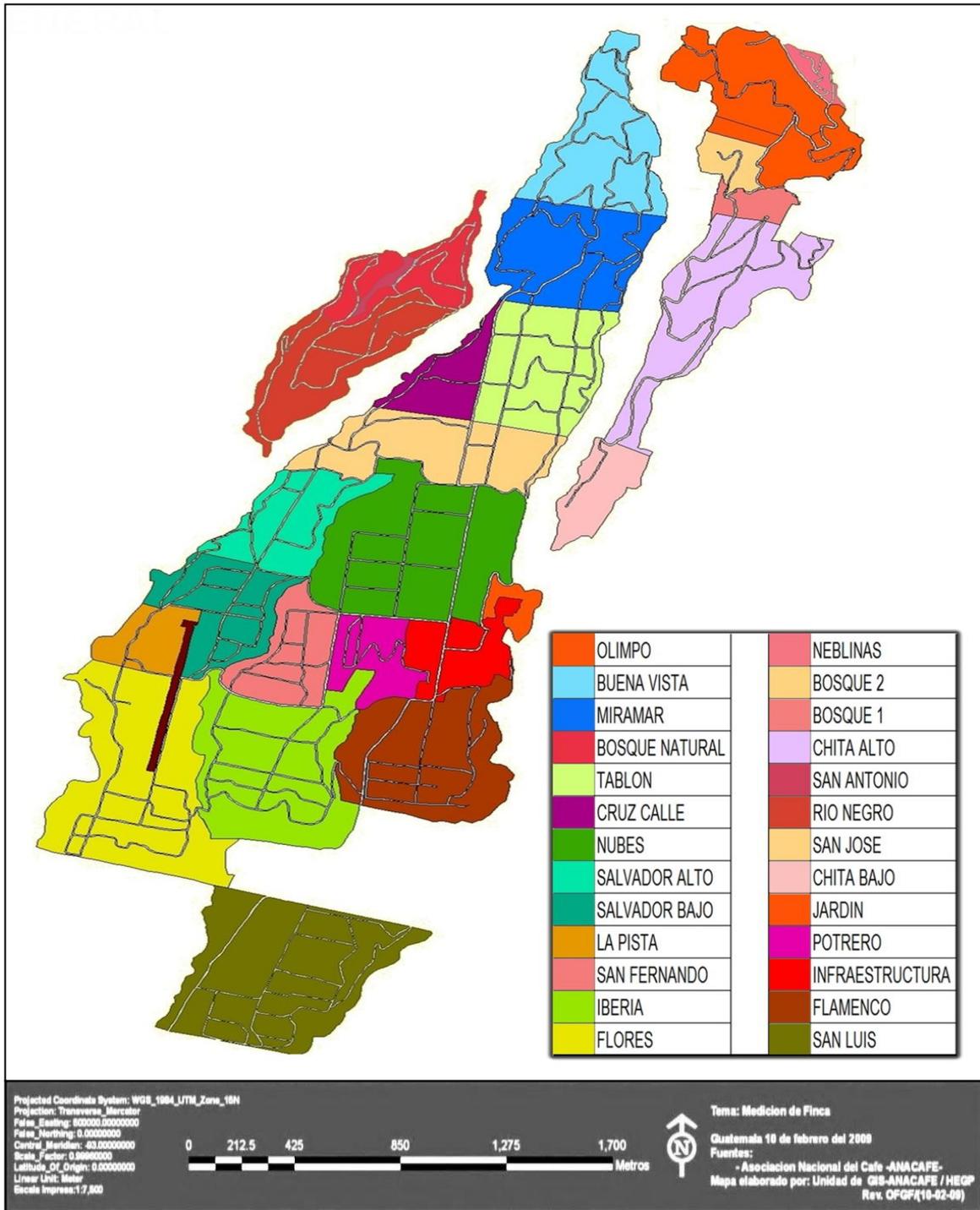


Figura 25. Establecimiento de lotes de café en finca Las Nubes, Suchitepéquez, 2,011. Anacafé 2,008

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 General

2.4.1.1 Estudiar la biodiversidad de comunidades de nematodos asociados a café para establecer la calidad de suelo y su importancia en la producción de café en el tiempo y espacio en finca Las Nubes, municipio de San Francisco Zapotitlán, Departamento de Suchitepéquez.

2.4.2 Específicos

2.4.2.1 Identificar y cuantificar los nematodos parásitos y de vida libre en diferentes etapas de crecimiento de las plántulas de café del almácigo en finca Las Nubes.

2.4.2.2 Identificar y cuantificar los nematodos parásitos y de vida libre de cada estrato altitudinal en resiembras y plantas adultas en finca Las Nubes.

2.4.2.3 Analizar el comportamiento de las comunidades de nematodos en el tiempo y espacio en la fase del almácigo y de campo finca Las Nubes.

2.4.2.4 Determinar si existe diseminación e infestación de nematodos parásitos a las plantaciones de café en el campo en finca Las Nubes.

2.4.2.5 Describir la importancia que presentan los nematodos benéficos o de vida libre al café en finca Las Nubes.

2.5 HIPÓTESIS

- Las comunidades de nematodos parásitos y de vida libre son diversos y dinámicos en el tiempo y espacio en la fase campo y del almácigo en el cultivo de café. El género *Pratylenchus spp* el más abundante y dominante de toda la comunidad de nematodos parásito en el medio.
- La presencia de nematodos parásitos en el campo puede estar relacionada por el traslado de plantas infestadas provenientes del almácigo.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Selección de área para colecta de muestras

2.6.1.1 Almácigo

El muestreo se realizó en los primeros días de edad de la siembra del injerto, después a los 3 y 6 meses de edad. La toma de muestra fue dirigida a plantas con síntomas de amarillento, crecimiento pobre o con poco vigor y de apariencia sana. Se seleccionaron diferentes variedades como: Caturra, Catuaí, Bourbón, Villa Sarchí y Sarchimor.

2.6.1.2 Campo

Se dividió la finca en tres estratos en intervalos de altitudes de acuerdo al Cuadro 4, con sus áreas respectivas expresada en hectáreas.

Cuadro 4. Estratos altitudinales establecidos en finca Las Nubes para el muestreo de nematodos, 2011.

Región	Estrato altitudinal msnm	Área en hectáreas
Baja	1000- 1200	192.13
Media	1200- 1500	199.44
Alta	1500- 1800	88.05

En la figura 26, se identificó y se marcó la división de los lotes de acuerdo a los estratos establecidos para la toma de muestras en base al recorrido realizado y observado en resiembras y plantas de café adultas con sintomatologías anormales.

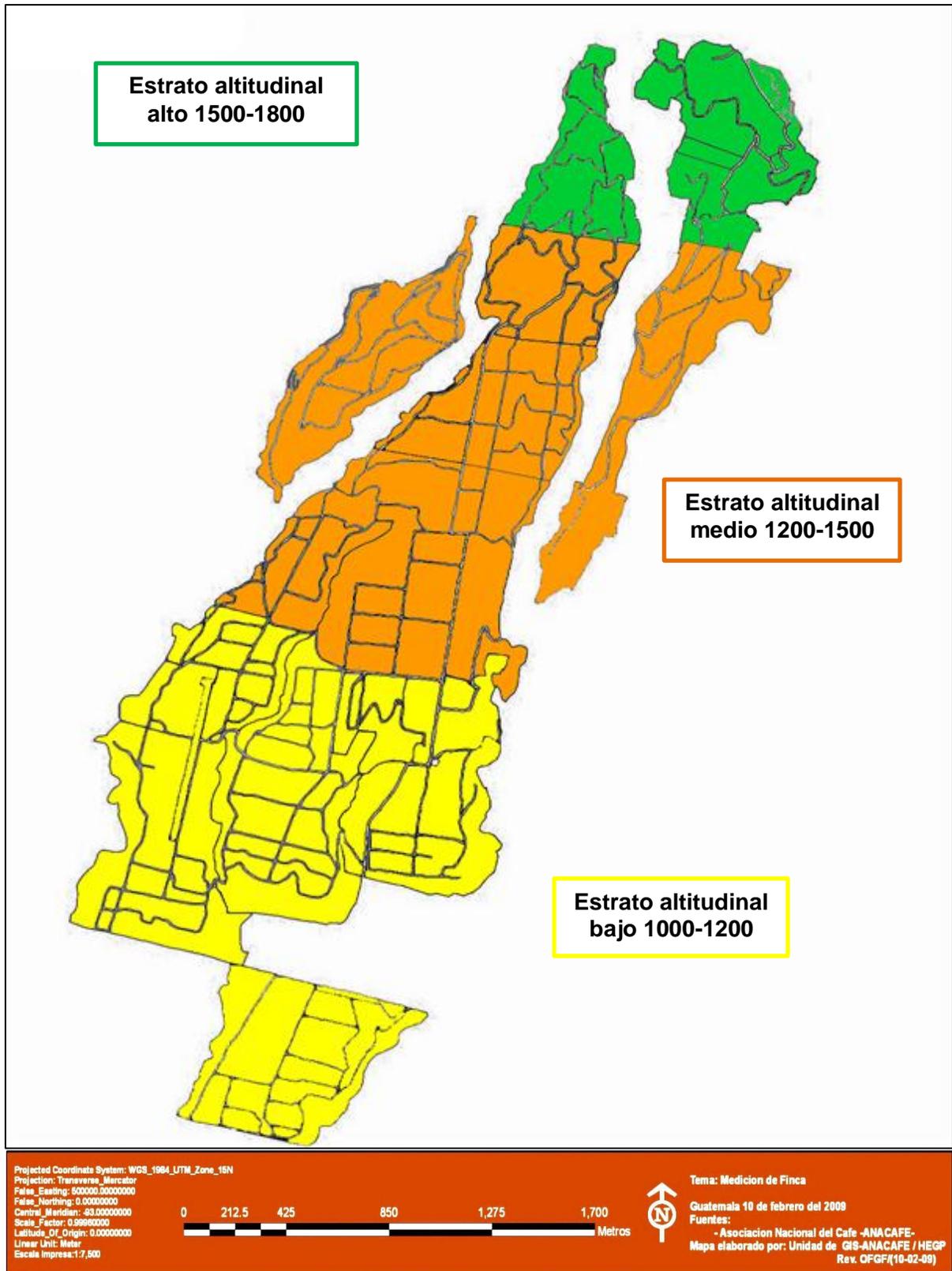


Figura 26. Estratos altitudinales establecidos para el muestreo de nematodos en finca Las Nubes.

En el cuadro 5 se muestran las áreas que corresponde a los distintos lotes para cada estrato altitudinal. Los nombres de los lotes con asterisco (*), fueron los lotes muestreados de acuerdo al tipo de muestreo seleccionado que caracteriza y representa cada estrato.

Cuadro 5. Estrato altitudinal, nombre del lote y área específica en el estudio de nematodos en finca Las Nubes, 2011.

Estrato altitudinal	Nombre del lote	Área en hectáreas
Bajo 1000-1200 Área total= 187.62 ha	San Luis	50
	Flores *	41.71
	Iberia	35.88
	Flamenco	30.61
	Potrero *	9.19
	San Fernando	13.45
	La Pista	6.78
Medio 1200-1500 Área total= 201.38 ha	Nubes *	37.35
	San José	26.64
	Salvador alto	17.45
	Salvador bajo *	17.93
	Cruz de calle	10.38
	Rio Negro	17.10
	Tablón *	24.50
	Chita bajo	8.75
	Chita Alto	26.86
San Antonio *	14.72	
Alto 1500-1800 Área total= 88.05 ha	Olimpo	25.91
	Buena Vista	25.33
	Miramar *	22.62
	Bosques	9.64
	Neblinas	4.55

2.6.2 Muestreo

2.6.2.1 Selección de la muestra

El tipo de muestreo que se empleó para la toma de las muestras en la finca fue el muestreo estratificado sistemático. La fórmula establecida fue:

$$K = \frac{N}{n}$$

Donde:

K= el salto de selección o intervalo.

N= tamaño población (total de lotes)

n= total de lotes a muestrear

$$K = \frac{22}{7} = 3$$

El primer lote que se escogió para la toma de muestra en el estrato bajo correspondió al lote Flores seguido de Potrero. Para el estrato medio se inició con el lote Nubes seguidamente Salvador bajo, Tablón, San Antonio, por último para el estrato alto fue únicamente el lote Miramar.

2.6.2.2 Muestreo de suelo

Cada lote se tomó muestras de suelo de plantas sembradas y plantas adultas. Las muestras fueron conformadas por 5 submuestras obteniendo 28 muestras en su totalidad, se realizó una vez al mes durante 6 meses (octubre 2011 a marzo 2012.) Las submuestras de suelo para cada lote fueron tomadas cercanas a la raíz de cada planta a una profundidad de unos 30 centímetros.

Cada submuestra extraída de cada estrato altitudinal, fue recolectada en una cubeta de plástico limpia; se homogenizó para obtener una sola muestra y se extrajo aproximadamente una libra introducida en bolsas de plástico de 5 libras, identificadas con los datos de la figura 27.

Nombre del lote: _____
Variedad (es): _____
Altura en metros sobre el nivel del mar del lote: _____
Edad de las plantas: _____
Ubicación de la finca: _____
Fecha: _____

Figura 27. Tarjetas para la identificación de las muestras de suelo y raíces para el análisis de nematodos al laboratorio.

2.6.2.3 Muestreo de raíces

Para cada lote establecido de acuerdo al muestreo estratificado sistemático, se extrajeron raíces en plantas sembradas y plantas adultas, el mismo número que se extrajo para el muestreo de suelo. La recolecta de muestra de raíces para cada lote fue de aproximadamente 15 g y trasladadas al laboratorio en bolsa cubiertas con suelo para evitar su deshidratación con su respectiva identificación de acuerdo a la figura 27. Este muestreo también se realizó una vez al mes durante 6 meses (octubre 2011 a marzo 2012).

2.6.2.4 Métodos para la extracción de nematodos en suelo y raíces

La metodología utilizada para la extracción de nematodos, fue el método de tamizado y centrifugado en el laboratorio de fitopatología en la Facultad de Agronomía.

a) Extracción de nematodos en raíces

Se lavaron las raíces colectadas, en un balde de plástico de 10 litros de capacidad. Las raíces lavadas se picaron en trozos de 0.5 cm aproximadamente y se licuaron por 1 minuto. El sobrenadante de raíces licuadas pasó por tamices de 20, 325 y 400 mesh, al momento se procedió a lavar con una pizeta. Los nematodos que se encuentran en el último tamiz se recogieron en un beacker de 30 ml, en un volumen de 10 ml de agua, luego se repitió el proceso de filtración por los tamices. Después se centrifugó el agua colectada en el paso anterior. Para ello se revolvió la cantidad de raíces en un vaso de precipitado de 500 ml y se llenaron los tubos de la centrifugadora.

Se centrifugó a 2-3 mil rpm durante 3-5 minutos, después se desechó el sobrenadante de los tubos. El precipitado de los tubos se suspendió en una solución azucarada al 45% (0.45 kg/litro de agua) se aseguró que todos los tubos tuvieran el mismo peso y nuevamente se centrifugó por un período de 30 a 60 segundos a 1700 rpm.

El sobrenadante (solución de azúcar con los nematodos) de los tubos fue vertido inmediatamente en el tamiz de 325 o 400 mesh y se lavaron con agua, sumergiendo y levantando el fondo del tamiz en una cubeta con agua. Después se eliminó la solución azucarada de la superficie del cuerpo de los nematodos, y se recuperaron en un vaso de precipitado con 10-15 cc de agua auxiliándose con una pizeta con agua.

b) Extracción de nematodos en el suelo

Se utilizó el mismo método de tamizado y centrifugado. Se inició obteniendo una parte de suelo de 300 cc para procesar. Se colocó en un recipiente plástico, y se adicionó agua de chorro calculando 8 a 10 veces el volumen del suelo. Luego se revolvió el agua y el suelo dejando reposar 30 segundos.

Seguido se decantó la suspensión sobre un tamiz de 20 mesh o similar que fue ubicado encima de otro tamiz de 325 y 400 mesh.

Se llenaron los tubos en la centrifugadora y se centrifugó a 2-3 mil rpm durante 3 o 5 minutos. Pronto se desechó el sobrenadante y se suspendió el precipitado en una solución azucarada de 45% (0.45 kg/litro de agua) se aseguró de la misma manera que todos los tubos tuvieran el mismo peso y nuevamente se centrifugó por 1 minuto a 1700 rpm. Se vertió con cuidado el sobrenadante (solución de azúcar con los nematodos) en el tamiz 325 o 400 mesh y se eliminó el azúcar con agua aplicada dentro y detrás del tamiz con ayuda de una pizeta con agua para recuperar los nematodos en un beacker de 20 cc.

c) Identificación de géneros de nematodos fitoparásitos

Se observó si la extracción realizada contenía nematodos, y se procedió a realizar los montajes de estos en portaobjetos.

La realización de esta técnica se visualizó el nematodo sin ninguna modificación, prestando atención a los movimientos y a la morfología, para su determinación.

En la identificación de géneros se tomó caracteres básicos, con apoyo de una guía llamada Plant-parasitic nemátodes a pictorial key to genera, por William F Main y Perter G, Mullin de 1,996 se identificaron los nematodos parásitos presentes.

d) Conteo de nematodos

Para la realización de conteos de nematodos, se extrajeron dos mililitros (submuestra) de cada muestra y se cuantificaron por cada género. Después cada género cuantificado se multiplicó por el número de los mililitros del beacker y se dividió dentro de los mililitros extraídos de la submuestra. Con ello se obtuvo el total del número de nematodos de cada uno en 100 cc de suelo y 5 g de raíces de cada muestra.

2.6.3 Análisis de datos

Para el análisis de datos se utilizó el análisis de: abundancia, frecuencia absoluta, fluctuaciones e índices de biodiversidad, basado en los estudios de comunidades y biodiversidad de nematodos en soja realizados por Gilmar Salatiel Gomes.

Estos tipos de análisis permitieron saber la cantidad, el enriquecimiento de los nematodos parásitos y de vida libre de las muestras, procedentes de los tres estratos altitudinales establecidos en la finca.

2.6.3.1 Abundancia

La abundancia se calcula con la cantidad de individuos de un género determinado con respecto al total de la población censado en un área determinada expresada en porcentaje.

2.6.3.2 Fluctuación

La fluctuación permitió calcular la variación y el comportamiento del número de nematodos encontrados en cada estrato altitudinal durante los seis meses.

2.6.3.3 Índices de biodiversidad o ecológicos

Los índices de biodiversidad que se utilizaron fueron índices que toman el valor de importancia de cada género de nematodo parásito y el valor de los nematodos de vida libre, considerando el número total de nematodos de las comunidades para medir la riqueza de cada estrato establecido en finca Las Nubes. Estos índices fueron:

a) Índice de Simpson (Dsi)

El Índice de Simpson, Dsi, fue el primer índice de diversidad usado en ecología.

$$Dsi = \sum_{i=1}^s p_i$$

p_i = abundancia proporcional de la i ésima especie; que representa la probabilidad de que un individuo de la especie i esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de p_i igual a 1

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos para todas las S especies en la comunidad

La ecuación de Dsi se aplicó para comunidades finitas donde todos los miembros han sido contados, es decir que $n = N$. Considerando una comunidad 'extensa', un estimador adecuado de la diversidad calculado a partir de datos provenientes de una muestra de tamaño n donde sería:

$$Dsi = \sum_{i=1}^s \frac{n_i (n_i - 1)}{n (n - 1)}$$

b) Índice de Shannon (H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s (P_i \times \log_2 P_i)$$

H' = índice de Shannon-Wiener que en un contexto ecológico, como índice de diversidad, mide el contenido de información por individuo en muestras obtenidas al azar provenientes de una comunidad 'extensa' de la que se conoce el número total de géneros S .

También puede considerarse a la diversidad como una medida de la incertidumbre para predecir a qué género o especie pertenecerá un individuo elegido al azar de una muestra de S géneros o especies y N individuos.

Por lo tanto, $H' = 0$ cuando la muestra contenga un solo género o especie, y, H' será máxima cuando todos los géneros o especies S estén representados por el mismo número de individuos n_i , es decir, que la comunidad tenga una distribución de abundancias perfectamente equitativa.

La ecuación de H' se aplica para comunidades extensas donde se conocen todos los géneros o especies S y las abundancias proporcionales p_i de todos ellos.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1 Géneros de nematodos encontrados en finca Las Nubes

En el estudio de campo se hallaron un total de 28,418 nematodos parásitos perteneciente a 5 géneros diferentes y 17,591 nematodos de vida libre en los 7 lotes estudiados.

De los 5 géneros de nematodos parásitos, 2 de ellos son característicos en zonas cafetaleras, tales como *Pratylenchus spp* (lesionadores), y *Meloidogyne spp.* (agalladores). Los otros 3 nematodos parásitos corresponden a los géneros *Helicotylenchus spp.*, *Criconemoides spp.*, y *Tylenchus spp.*

En el estudio, los nematodos benéficos o de vida libre no fueron identificados por género, porque la identificación de estos requiere de intenso entrenamiento.

La identificación de estos nematodos se logró por el grupo funcional en base a la morfología de su aparato bucal que consistieron tres grupos funcionales, el nematodo de la figura 28, se caracteriza por ser depredador porque posee un diente dorsal en el aparato bucal. El nematodo de la siguiente figura, pertenece al grupo funcional de los omnívoros por tener odontoestilete y el nematodo de la figura 30 es del grupo de los bacteriófagos. Cada una de las siguientes figuras se muestra en vista microscópica.

2.7.1.1 Nematodos benéficos o de vida libre

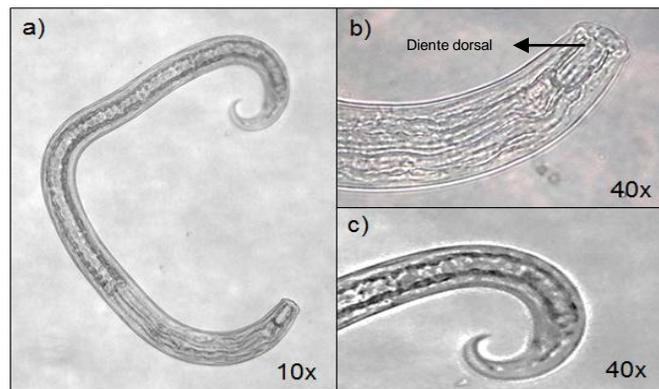


Figura 28. Nematodo depredador a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola).

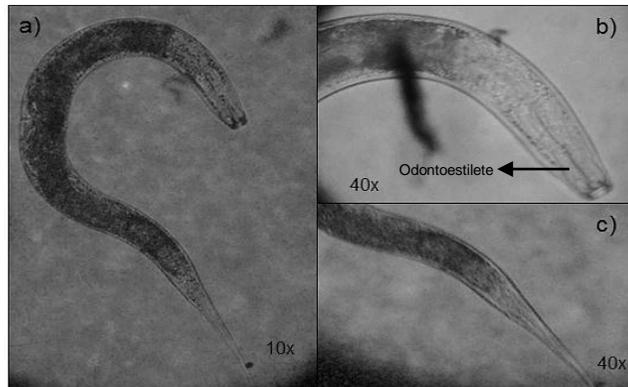


Figura 29. Nematodo omnívoro a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola).

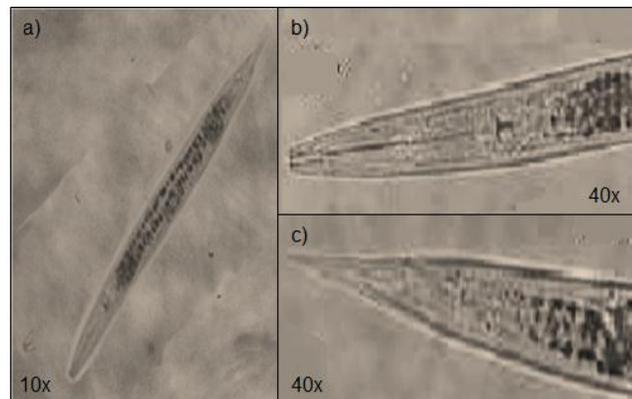


Figura 30. Nematodo bacteriófago a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola).

Por sus hábitos alimenticios, los nematodos de vida libre no son considerados perjudiciales, cada uno de ellos tienen comportamientos diferentes en la rizósfera.

Los nematodos depredadores tienen cavidad bucal equipada con una o más estructuras en forma de dientes, en donde este tiene la capacidad de alimentarse de otros nematodos incluyendo a los parásitos, microinvertebrados y protozoarios.

En los nematodos omnívoros, se observó una cavidad bucal armada con un estilete hueco (odontostilete); en donde se caracterizan por ser polívoros, capaces de alimentarse de cualquier fuente y donde pueden comportarse como micóvoros, bacterióvoros, herbívoros y depredadores de otros nematodos parásitos.

Los nematodos del grupo bacteriófago se caracterizan por no tener estilete, sin embargo estos se alimentan de materia orgánica en descomposición y están asociados con bacterias que contribuyen al reciclaje y son buenos indicadores de concentración de ésta lo que se consideran una categoría trófica benéfica para la finca. Además pueden alimentarse, diseminar bacterias benéficas o fitopatógenas y pueden incrementar sus poblaciones ante cualquier perturbación del suelo o bien bajo condiciones de enriquecimiento de nutrientes, considerada como una condición que puede interpretarse como indicador de fertilidad del suelo en la finca.

2.7.1.2 Nematodos parásitos

Los nematodos parásitos se caracterizan por poseer estomatoestilete. La forma del cuerpo y cola fueron elementos que complementaron y apoyaron para su determinación.

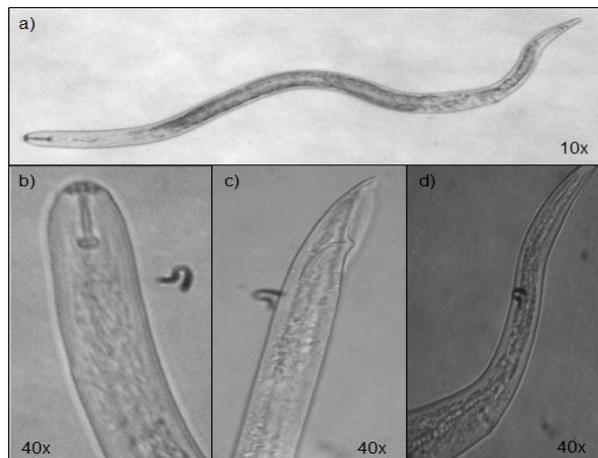


Figura 31. Género *Pratylenchus* spp. a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola del macho), Región posterior (cola de la hembra).

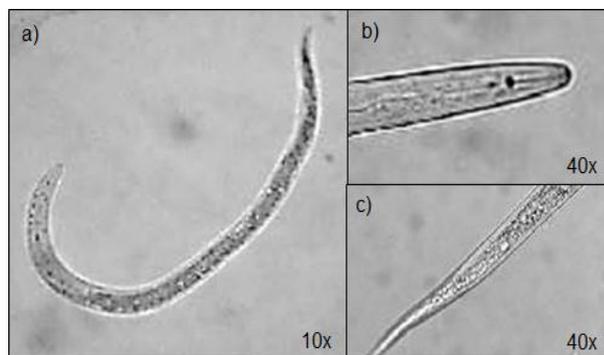


Figura 32. Género *Meloidogyne* spp a) Cuerpo entero del nematodo macho, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior

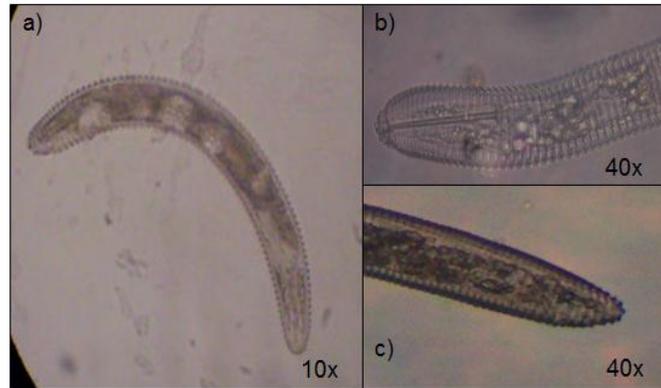


Figura 33. Género *Criconemoides* spp. a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola)

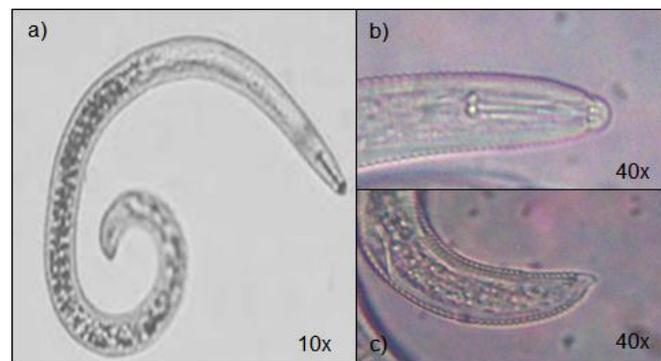


Figura 34. Género *Helicotylenchus* spp. a) Cuerpo entero del nematodo. b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola)



Figura 35. Género *Tylenchus* spp. a) Cuerpo entero del nematodo, b) Región anterior (cabeza), c) Región posterior (cola)

De todos los nematodos parásitos, el nematodo lesionador del género *Pratylenchus spp* de la figura 31, fue el más abundante encontrado en la fase de campo en finca Las Nubes. Este nematodo se caracteriza por ser endoparásito migratorio porque fueron hallados en las raíces y en suelo en los tres estratos altitudinales. Estos nematodos permanecen en el suelo solamente el tiempo necesario para desplazarse de una raíz a otra. Así mismo la gran movilidad le permite estar dentro y fuera de las raíces en donde viven y se desarrollan sin importar el estado fenológico de la planta de café.

En la figura 32, se observa un nematodo macho vermiforme del género *Meloidogyne spp*, donde estos nematodos se considera de importancia económica para el café. La forma morfológica y la sobrevivencia tanto para el macho como para la hembra son diferentes. El ciclo de vida inicia con la postura de masas de huevos y emigran a través del suelo atraído por las raíces de las plantas de café en su segundo estado juvenil (J2). En el J2, los machos adquieren en forma de salchicha y muda 3 veces para convertirse en adulto, además dejan de alimentarse a partir del 3er estadio y en la cuarta muda vuelven a asumir aspecto vermiforme, salen de la raíz y después del acoplamiento mueren rápidamente. Por otro parte, las hembras toman forma de pera, siguen alimentándose y se mantienen en un mismo lugar toda su vida considerado como endoparásitos sedentarios.

El nematodo anillado del género *Criconemoides spp* y el nematodo espiral del género *Helicotylenchus spp* de las figuras 33 y 34, fueron encontrados en su mayoría en el suelo en los tres estratos altitudinales.

En general estos pueden desplazarse a través del suelo de una raíz a otra dañándola exteriormente. El estilete es largo y la profundidad a la que pueden alimentarse depende de su longitud, son considerados como ectoparásito migratorios.

El género *Tylenchus spp* fue encontrado en el estrato medio y alto en el suelo. Este género se caracteriza por ser un nematodo semiendoparásito donde parte anterior del cuerpo lo introduce en la raíz mientras que la sección posterior se mantiene en el suelo.

2.7.2 Nematodos encontrados en fase de almácigo de café

Durante la fase del almácigo se estableció la incidencia de nematodos en el período de la investigación. En el cuadro 6, se muestran la cantidad de estos organismos hallados en 300 g de suelo para cada muestreo realizado en las diferentes variedades de café.

Cuadro 6. Número de nematodos encontrados en el almácigo en plántulas de café en tres edades diferentes en finca Las Nubes.

Variedad	Muestreo 1		Muestreo 2		Muestreo 3	
	Parásitos	Vida libre	Parásitos	Vida libre	Parásitos	Vida libre
Villa Sarchí	2	3	75	176	53	136
Borbón Elite 14	5	10	75	75	20	78
Catuaí	2	12	0	179	15	70
Caturra	0	4	0	0	46	80
Sarchimor	7	30	138	101	79	40
Total	16	59	288	531	213	404

En las plántulas recolectadas del almácigo, se hallaron en los primeros días un total de 16 nematodos parásitos y 59 nematodos de vida libre. En el muestreo 2 a los tres meses de edad, se cuantificaron un total de 288 nematodos parásitos y 531 de vida libre, claramente se observa un ascenso en las poblaciones pero a los seis meses de edad en el muestreo 3, se encontraron 213 nematodos parásito y 404 nematodos de vida libre donde disminuyeron. Los géneros de nematodos parásitos encontrados en esta fase fueron: *Pratylenchus spp*, *Criconemoide spp* y *Tylenchus spp*.

Las cuantificaciones realizadas en los dos primeros muestreos desarrollaron un incremento en el número de nematodos tanto en parásitos como en vida libre en proporción al tiempo y al crecimiento radical de la planta de café.

Este comportamiento ascendente fue influenciado por el patrón espacial de distribución que está ligada a la estrategia de alimentación; es decir conforme al tiempo el sistema radical de las plántulas de café desarrolló crecimiento y tuvo un efecto positivo en los nematodos parásitos porque estos llegaron a tener mayor disponibilidad de alimento.

Además estos nematodos son parásitos obligados, adquieren más de su alimentación cuando las raíces sanas están en crecimiento en la zona de elongación proporcionando a los nematodos el cumplimiento y el desarrollo por completo de sus funciones.

El crecimiento de los nematodos parásitos no es considerado como una epidemia para esta área, porque cada variedad de café fue injertada con la variedad Robusta, utilizada y considerada para patrón de injertos y es resistente y/o tolerante a nematodos del género *Pratylenchus*.

Por otra parte, se observó que las poblaciones de nematodos de vida libre en el suelo tuvieron mayor abundancia y fueron ascendiendo sus poblaciones como aconteció en los parásitos. El papel que operaron estos organismos durante el estudio en la rizósfera en el almácigo fue importante, porque el grupo de nematodos de vida libre estuvieron conformados por hábitos alimenticios diferentes: depredadores y omnívoros.

Estos dos grupos tuvieron una relación estrecha con el descenso de las poblaciones de los nematodos parásitos, porque ambos grupos tienen comportamiento de depredadores de estos como fuente de alimento causando poblaciones de menores abundancias a lo largo del tiempo. Esto comprueba que a lo largo del crecimiento y desarrollo de las plántulas de café en dicha área de la finca, no estuvieron expuestos al ataque de nematodos parásitos y al momento que fueron trasplantadas al campo, no fueron un medio de dispersión a las otras plantaciones de café.

Es importante mencionar que cuando se hicieron los muestreos en el almácigo, se tomaron plantaciones con dos apariencias: sanas y sospechosas con síntomas relacionadas al ataque de nematodos parásitos. No obstante estos síntomas vistos garantizan que no son provocados por estos organismos, sino que corresponden a otro factor que fue influenciado en las plántulas de café.

2.7.3 Resultados obtenidos por estrato altitudinal en fase de campo

A continuación se presenta los resultados obtenidos de: las abundancias, del comportamiento de las poblaciones e índices de biodiversidad de los nematodos parásitos y nematodos de vida libre de los tres estratos altitudinales durante octubre 2011 a marzo 2012 en finca Las Nubes.

2.7.3.1 Estrato bajo (1000-1200 msnm)

A. Abundancias de géneros de nematodos parásitos en café (%)

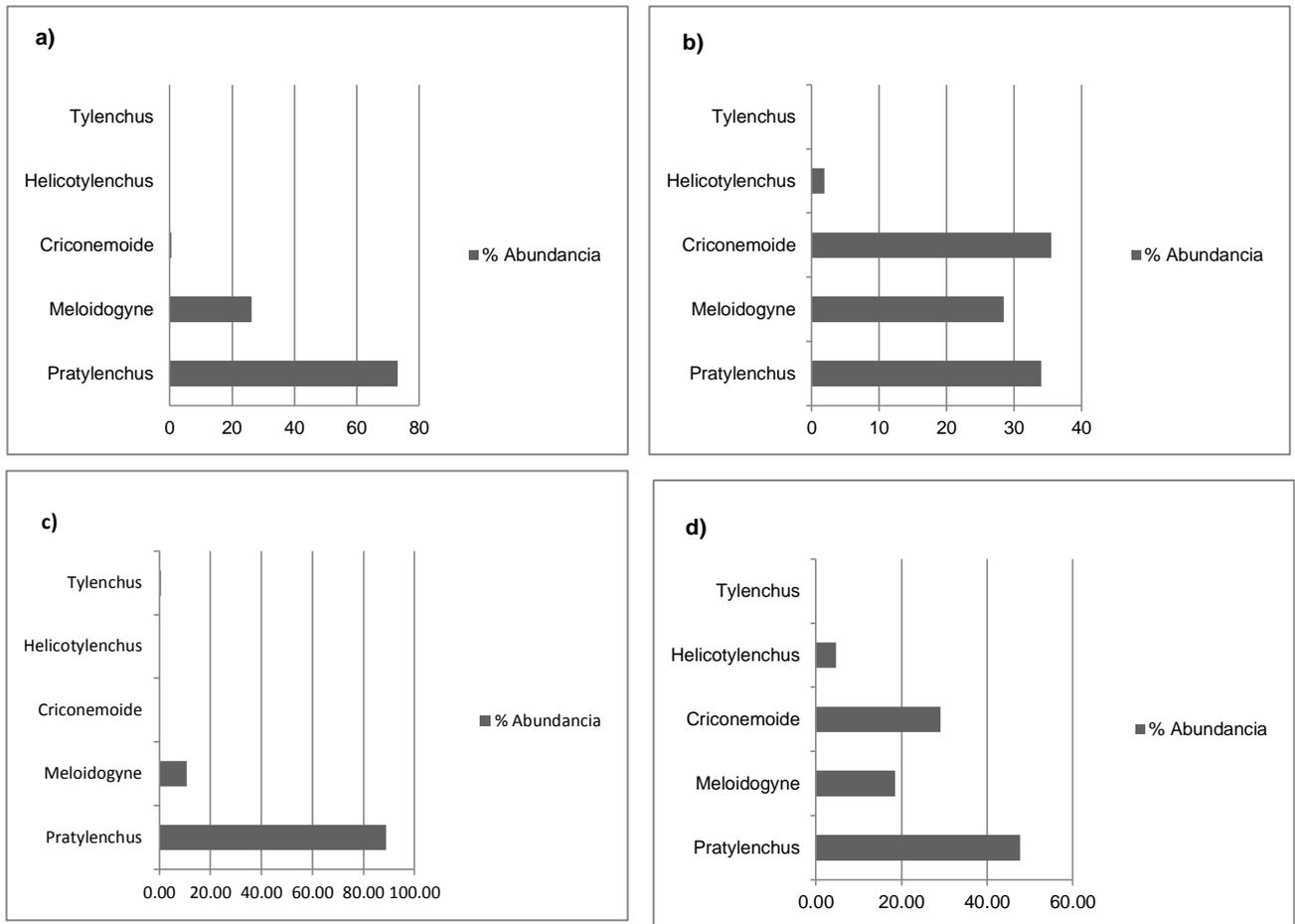


Figura 36. Abundancias de géneros de nematodos encontrados en el estrato bajo de octubre 2011 a marzo 2012 en café finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

Con respecto a las gráficas de la figura 36, en el estrato bajo el género parásito con mayor abundancia fue *Pratylenchus* tanto para el suelo como para las raíces en los dos estados fenológicos de la planta de café.

En la gráfica b) que corresponde a plantas adultas en el suelo, fueron hallados abundantemente los géneros *Meloidogyne* y *Criconemoide*. Estos géneros mantuvieron su estabilidad entre sus poblaciones a lo largo de los seis meses.

B. Comparaciones de las abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre en café (%)

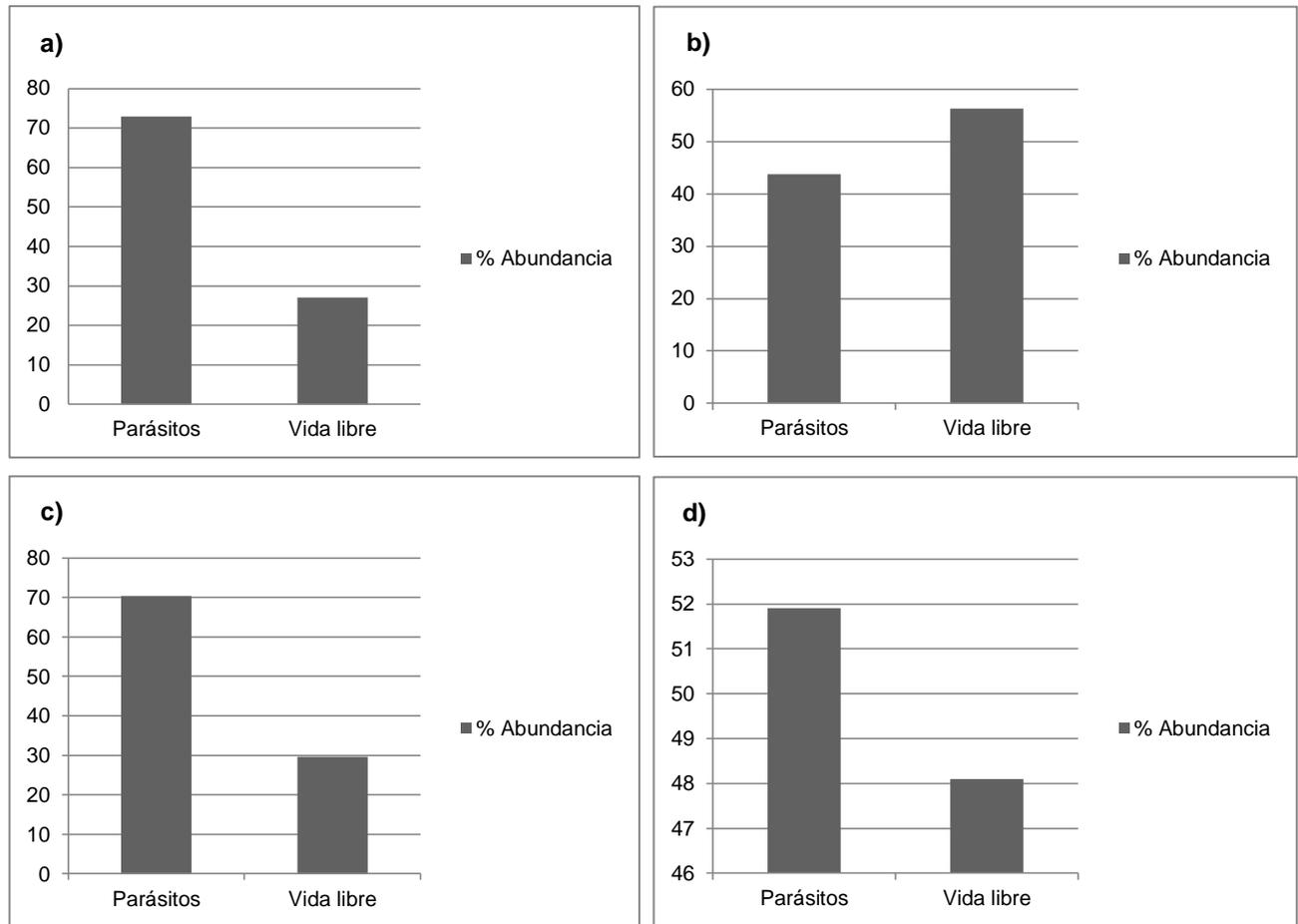
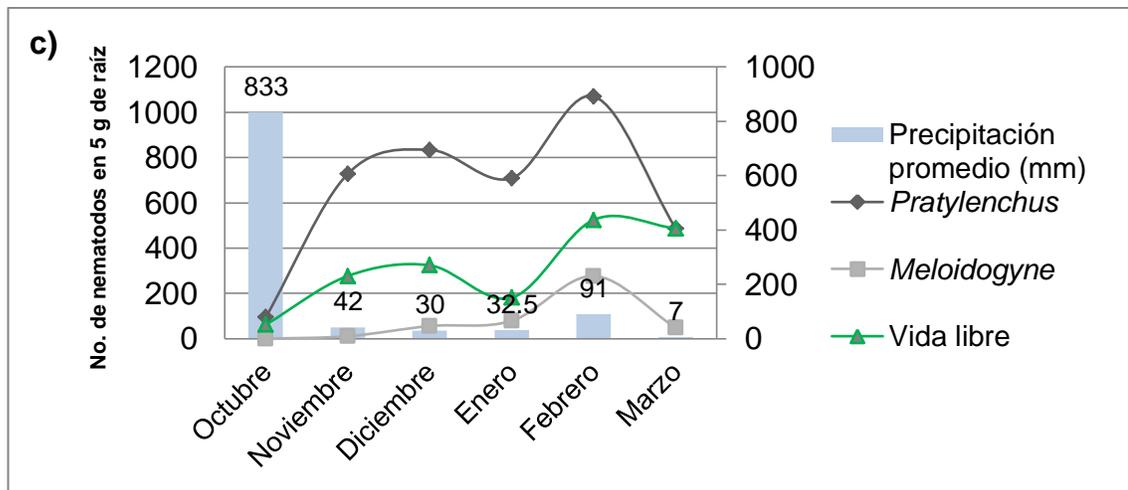
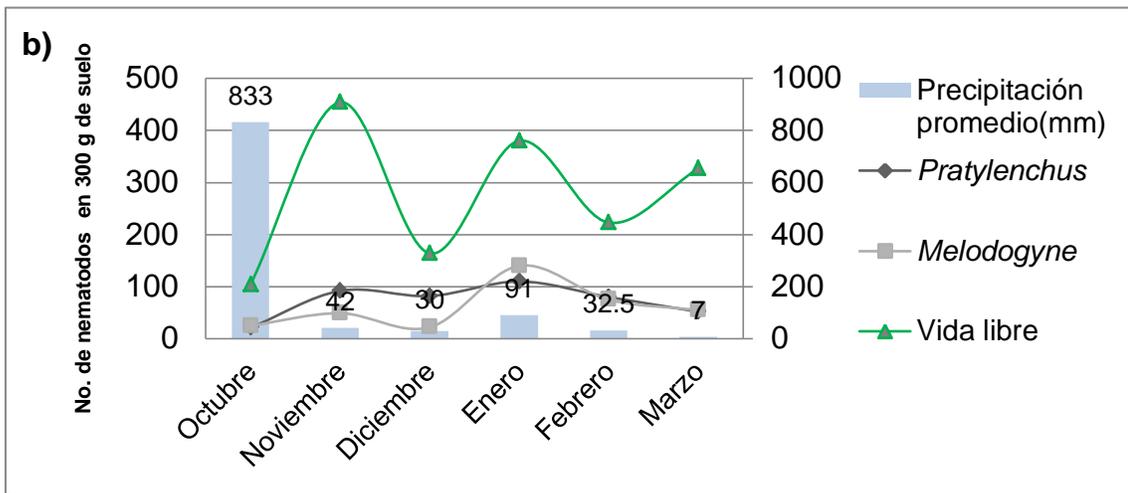
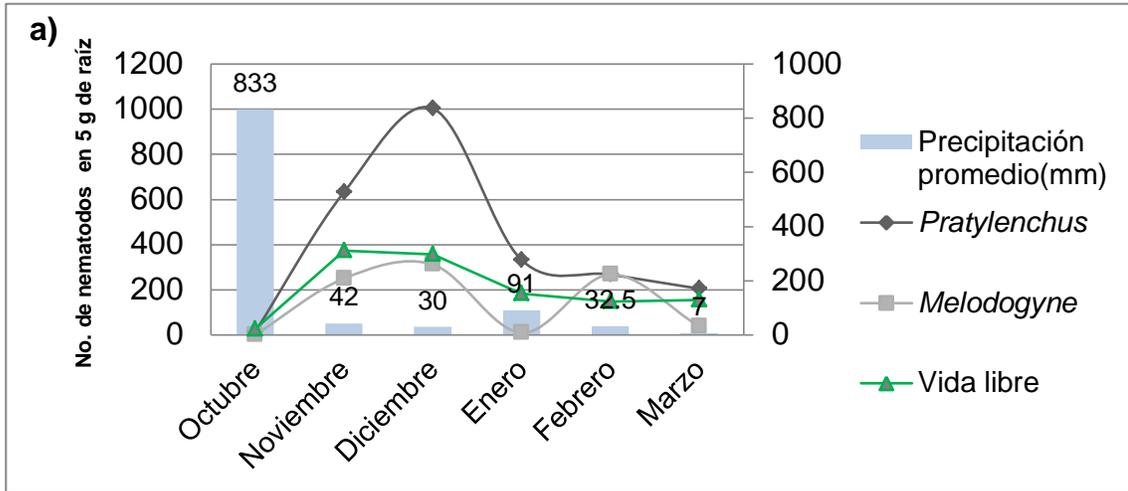


Figura 37. Relación de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

En la figura 37, los nematodos parásitos sostuvieron una abundancia mayor entre el 50 y el 72% en relación a los nematodos de vida libre. Esta abundancia fue gracias a que entre todos los géneros de nematodos parásitos, el género *Pratylenchus* fue el más abundante. A excepción de la gráfica b), hubo mayor abundancia de nematodos de vida libre con el 56%.

C. Dinámica poblacional de las comunidades de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café



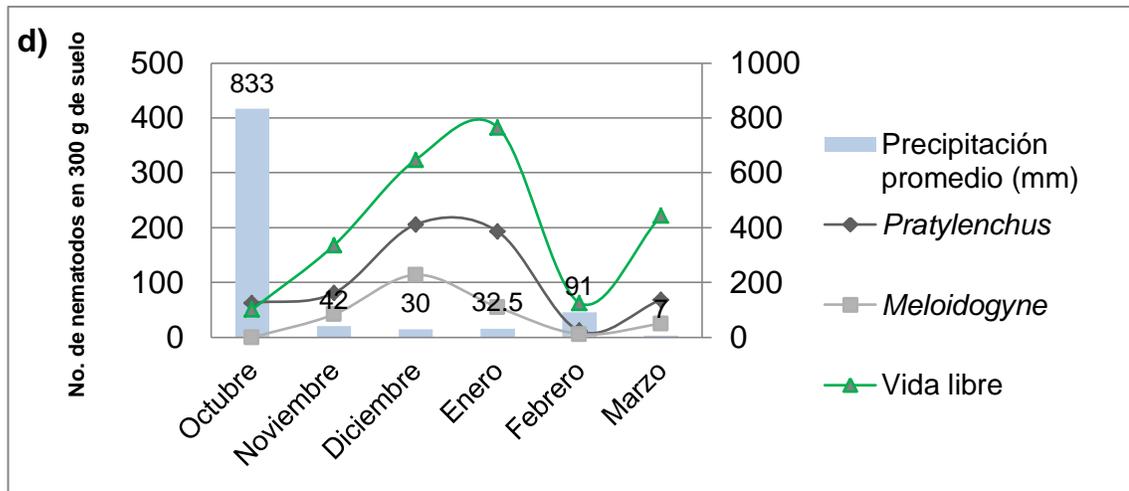


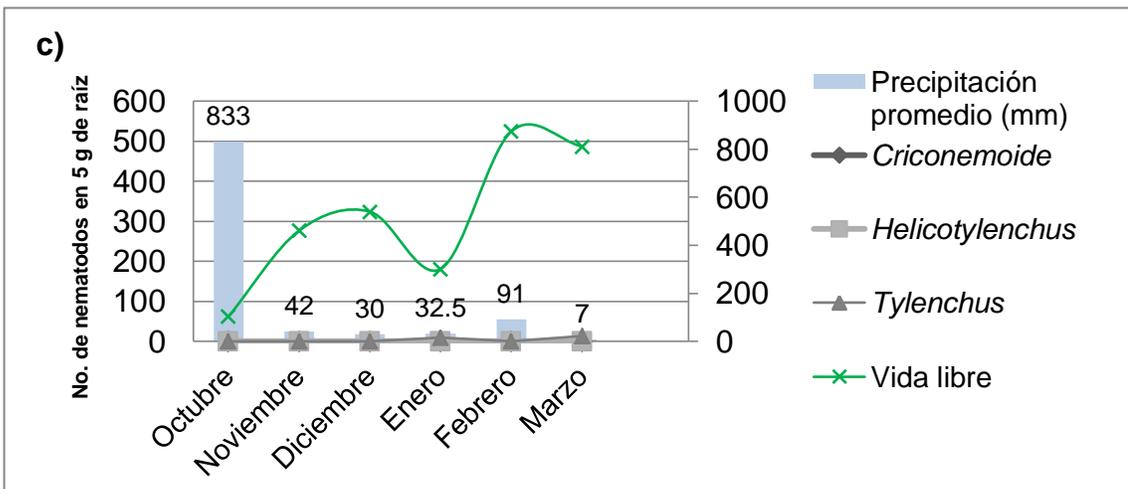
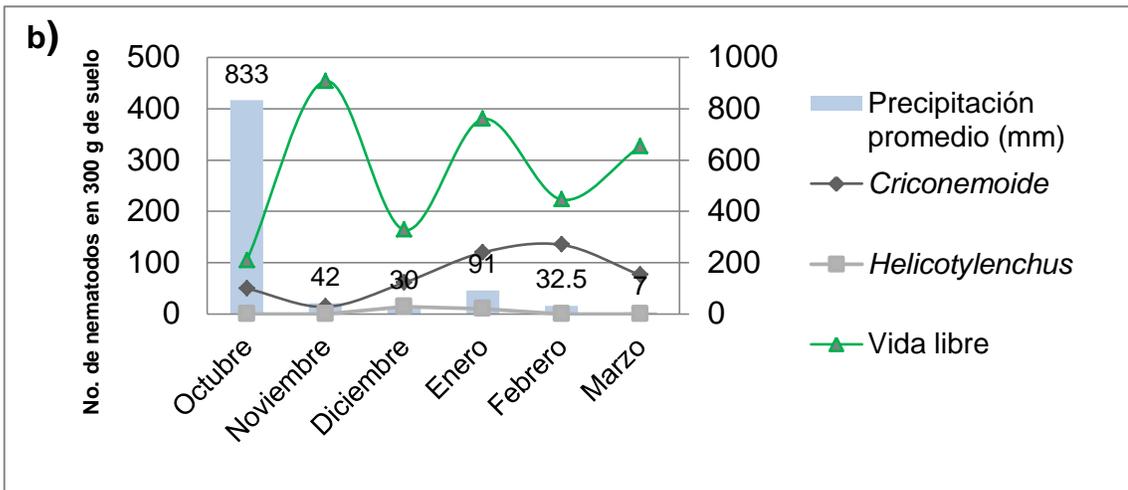
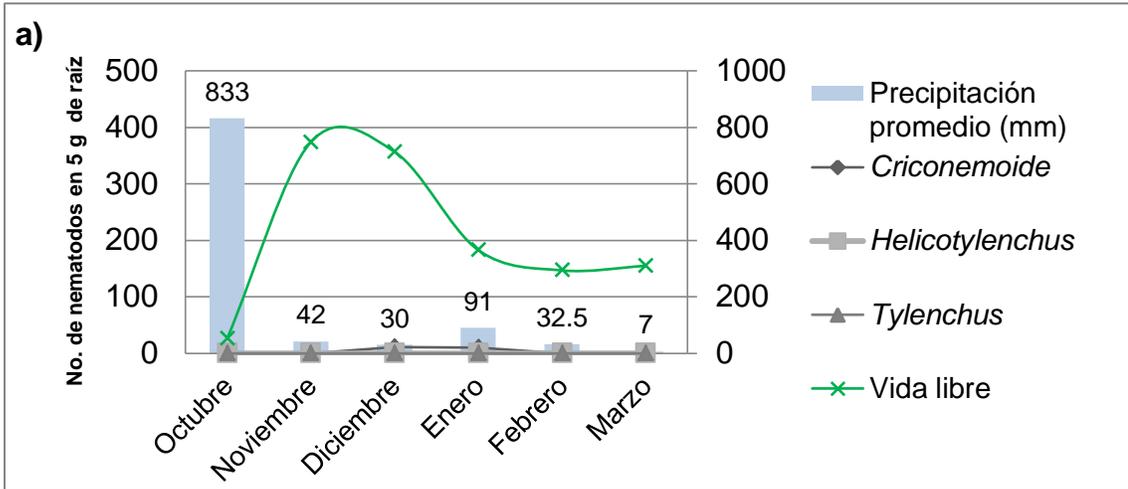
Figura 38. Dinámica poblacional de nematodos del género *Pratylenchus spp.*, *Meloidogyne spp.* y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitpeque. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

En las gráficas a) y c) de la figura 38, la dinámica poblacional del género *Pratylenchus* fue superior en raíces para ambas etapas fenológicas de la planta de café. En la gráfica a), el máximo número que se obtuvo de *Pratylenchus* fue en el mes de diciembre con 1003 nematodos en 5 g de raíz. Después fue decayendo en el mes de enero, llegando a igualarse a los nematodos de vida libre en el mes de marzo con 205 nematodos.

De la misma forma en la gráfica c), las poblaciones de este mismo género aumentaron a partir de los meses de noviembre y diciembre, logrando poblaciones de 1070 nematodos en 5 g de raíz en el mes de febrero y fueron disminuyendo hasta igualarse al número nematodos de vida libre en el mes de marzo con 487 nematodos.

En cambio en las gráficas b) y d) en el suelo, se obtuvo una mayor población de nematodos de vida libre a lo largo de todo los meses. Aunque estas poblaciones no llegaron a ser más de 1000 nematodos, su estabilidad se mantuvo entre los 383 y 454 nematodos en 300 g de suelo.

D. Dinámica poblacional de las comunidades de otros géneros de nematodos parásitos encontrados en café en finca Las Nubes



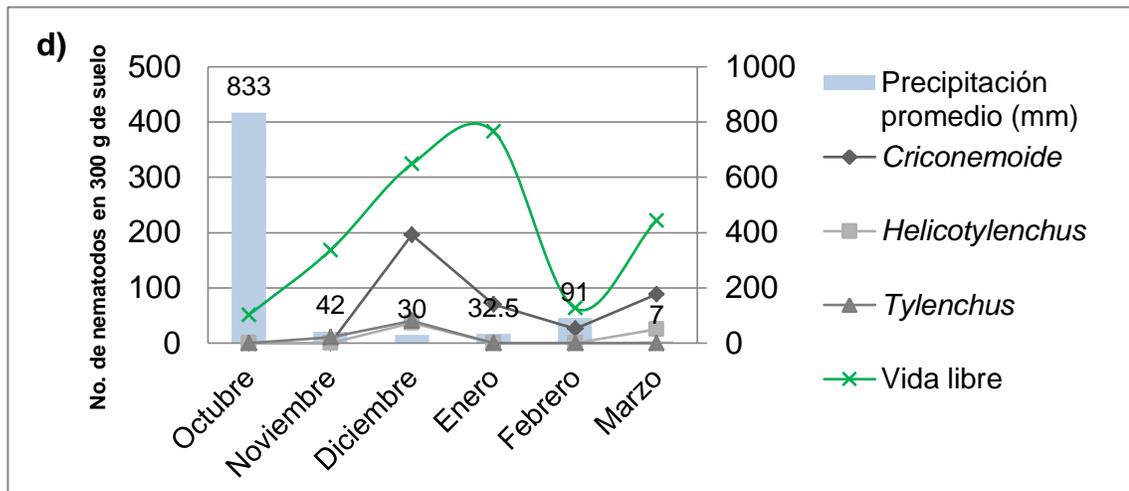


Figura 39. Dinámica poblacional de nematodos del género *Criconemoide* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

El comportamiento poblacional de la figura 39 de los demás géneros de nematodos parásitos encontrados en el café estuvieron por debajo de los nematodos de vida libre, demostrando que estas poblaciones de nematodos parásitos no son una amenaza para las plantas de café en el estrato bajo. La razón se relaciona por la estabilidad de las poblaciones de los nematodos benéficos que ocasionaron disminuciones en las poblaciones de los nematodos parásitos en el suelo y las raíces.

E. Cuantificación de la biodiversidad de nematodos en café.

Cuadro 7. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato bajo en suelo y raíz en planta de café adulta en finca Las Nubes.

	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Criconemoide</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Tylenchus</i> spp.	Vida libre
Taxos	12	11	9	2	0	12
Individuos	2890	1244	532	24	0	2894
Índice de Simpson (D)	0.8005	0.8288	0.8302	0.4861	-	0.8935
Índice de Shannon Wiener (H')	1.923	1.976	1.918	0.6792	-	2.331

Los resultados del cuadro 7, determinaron que los nematodos más diverso (Shannon Wiener = H') corresponde los nematodos de vida libre (H' = 2.331) seguido del género *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, y *Criconemoide*. El género menos diverso fue *Helicotylenchus*.

En la dominancia (Simpson) lo obtiene de nuevo los nematodos de vida libre porque poseen el valor más alto (D=0.8935) seguido de *Meloidogyne* y *Pratylenchus* y el menos dominante fue *Helicotylenchus* (D=0.4861).

Cuadro 8. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato bajo en suelo y raíz en resiembra de café en finca Las Nubes.

	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Criconemoide</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Tylenchus</i> spp.	Vida libre
Taxos	12	10	4	2	4	12
Individuos	4547	713	380	61	72	3067
Índice de Simpson (D)	0.8445	0.7896	0.6417	0.4837	0.6238	0.8866
Índice de Shannon Wiener (H')	2.039	1.872	1.175	0.6768	1.17	2.289

En el cuadro 8, los resultados para las plantas de café resemebradas fueron los siguientes, los nematodos con mayor diversidad fueron los de vida libre ($H' = 2.286$), seguido de *Pratylenchus* por una mínima diferencia. Los géneros menos diversos fueron los géneros: *Meloidogyne*, *Criconemoides* y *Helicotylenchus*.

Con respecto al índice de dominancia, existe semejanza al cuadro 7, siendo de nuevo los nematodos de vida libre los dominantes dentro del medio en este estrato ($D = 0.8866$) seguido el género *Pratylenchus*. Los menos dominantes fueron *Meloidogyne* ($D = 0.7896$), *Criconemoides* y *Helicotylenchus*.

2.7.3.2 Estrato medio (1200-1500 msnm)

A. Abundancias de géneros de nematodos parásitos en café (%)

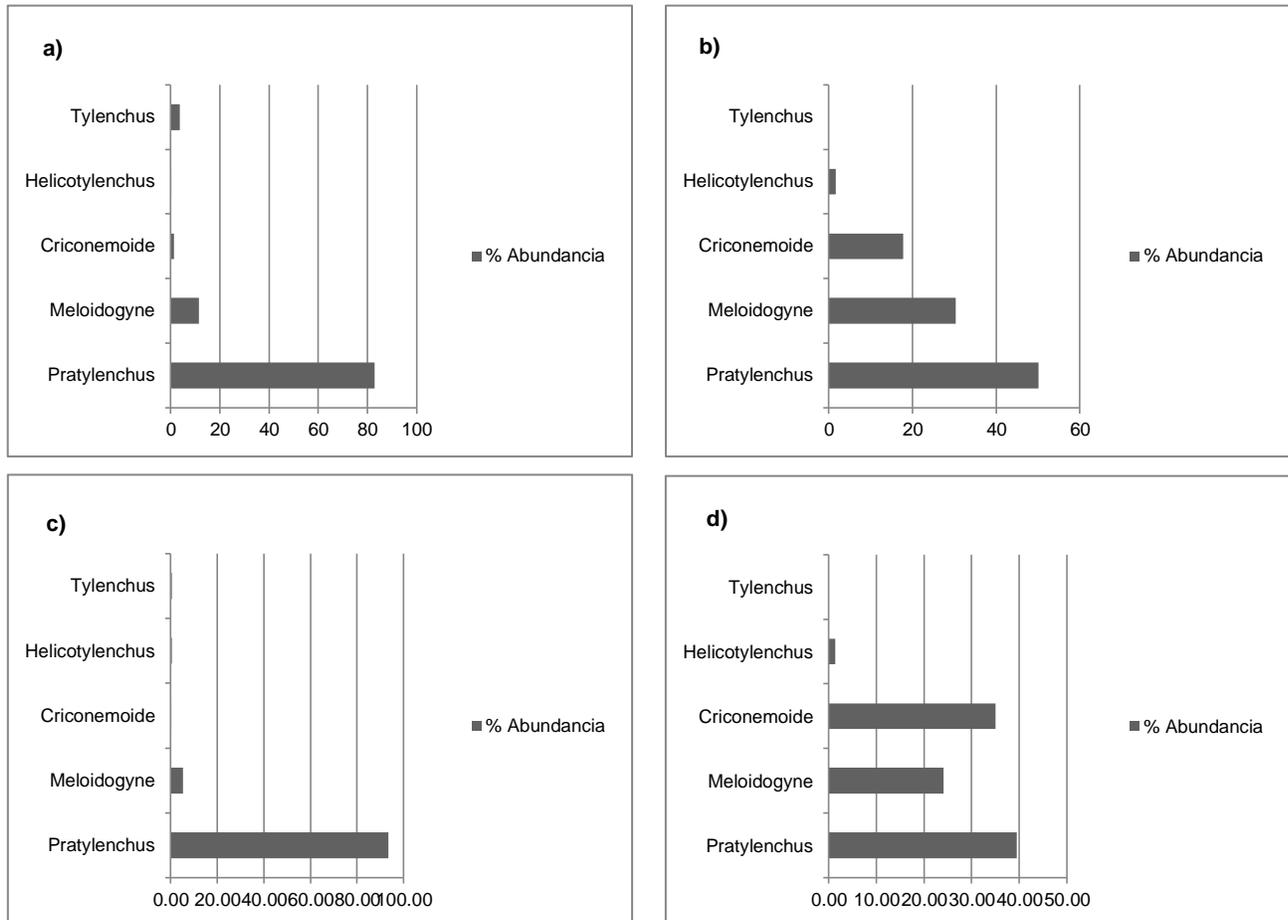


Figura 40. Abundancias de géneros de nematodos encontrados en el estrato medio de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

En el estrato medio, el género *Pratylenchus* tuvo mayor abundancia en suelo y raíces con el 50 y 90 % en comparación de los demás géneros parásitos tanto para resiembras como en plantas adultas. La estabilidad de su población se mantuvo del mismo modo como ocurrió en el estrato bajo a lo largo de los 6 meses.

En la gráfica b) y d), también se observa el aumento de las abundancias de los géneros *Meloidogyne* y *Criconemoide* para ambas edades de la planta en el suelo.

B. Comparaciones de las abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre en café (%)

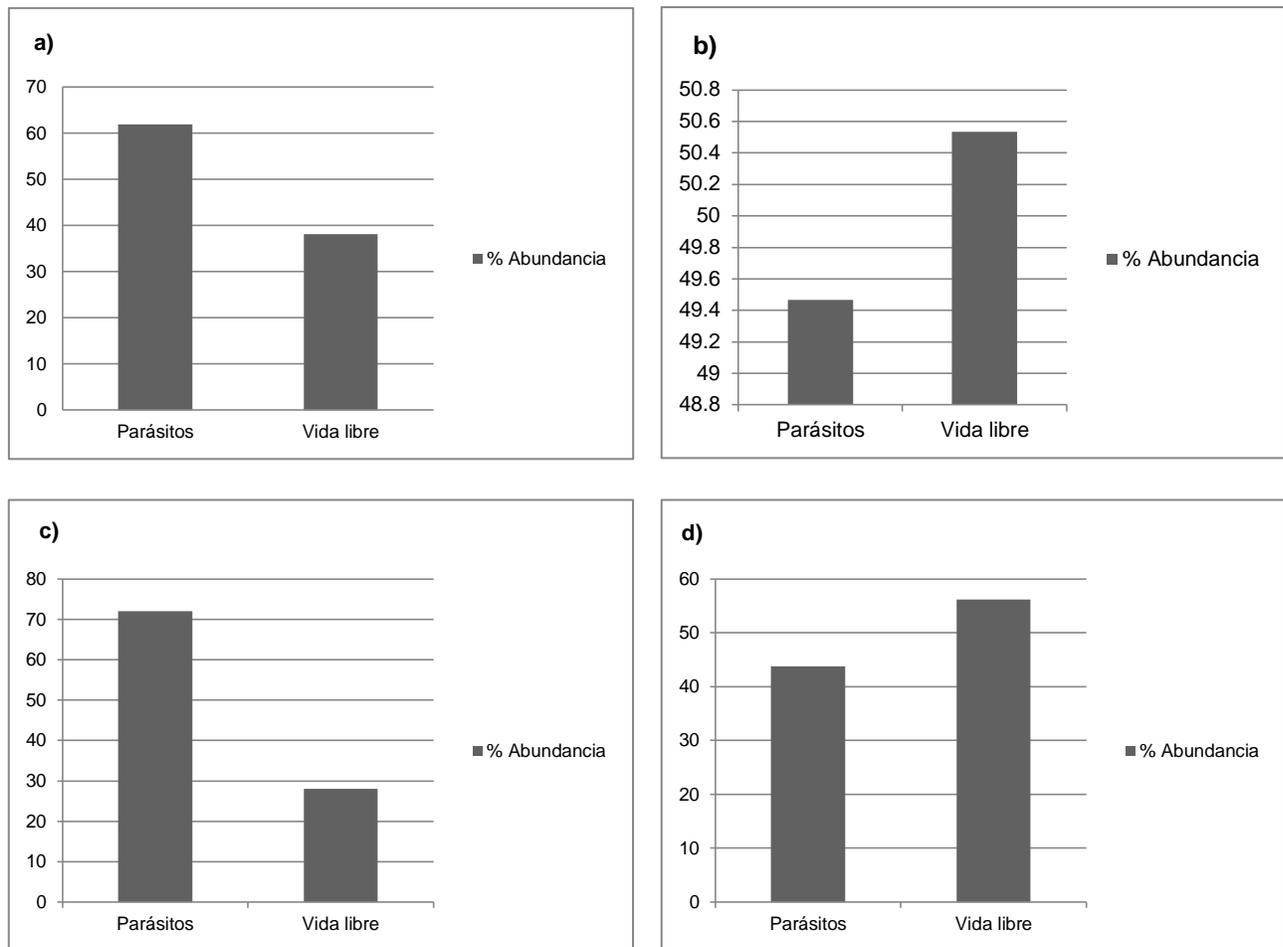
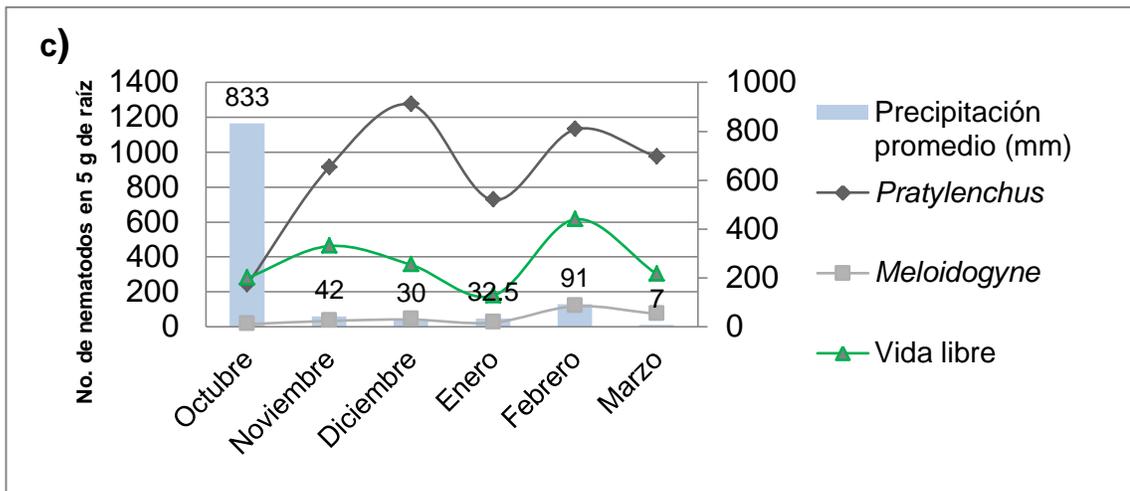
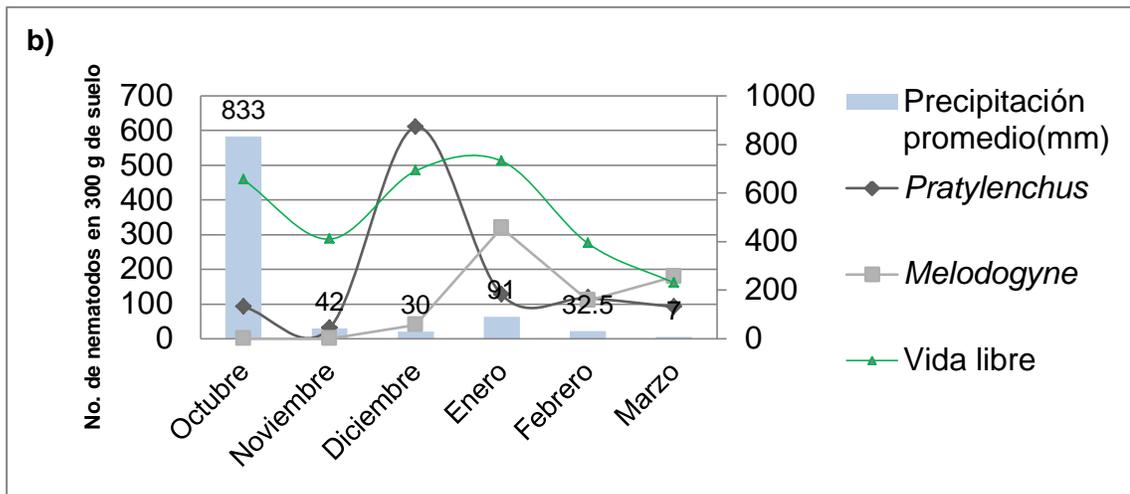
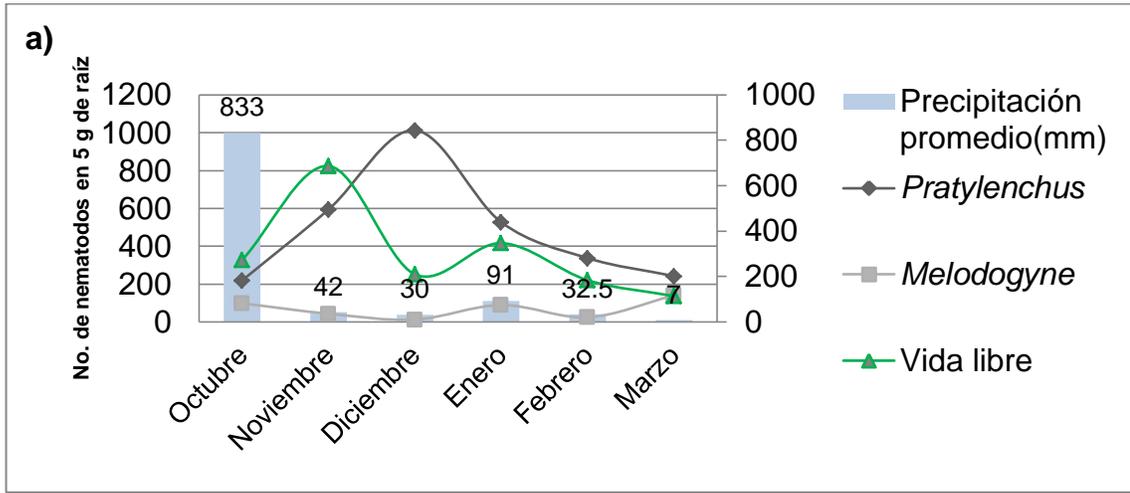


Figura 41. Relación de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a). En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

La comparación entre los porcentajes de abundancias de los nematodos parásitos y los nematodos de vida libre en el estrato medio, es diferente al estrato bajo. De acuerdo a las gráficas las abundancias muestran que los nematodos parásitos acrecentaron en las raíces con un 62% en plantas adultas y 72% en resiembras. Mientras que en el suelo en las gráficas b) y d), las abundancias lo consiguieron los nematodos de vida libre con el 50 y 56% para ambas edades de la planta.

C. Dinámica poblacional de las comunidades de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café



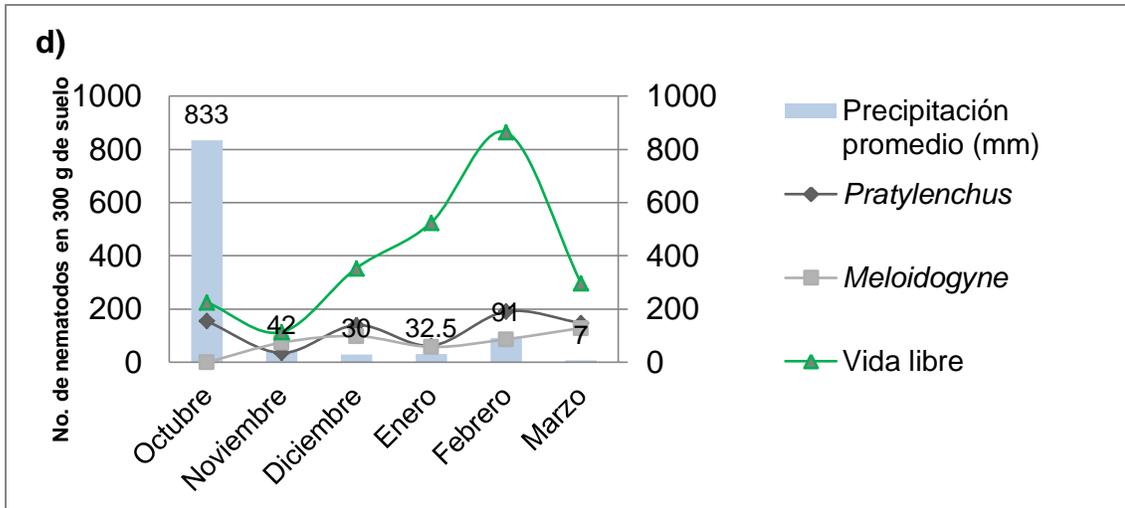


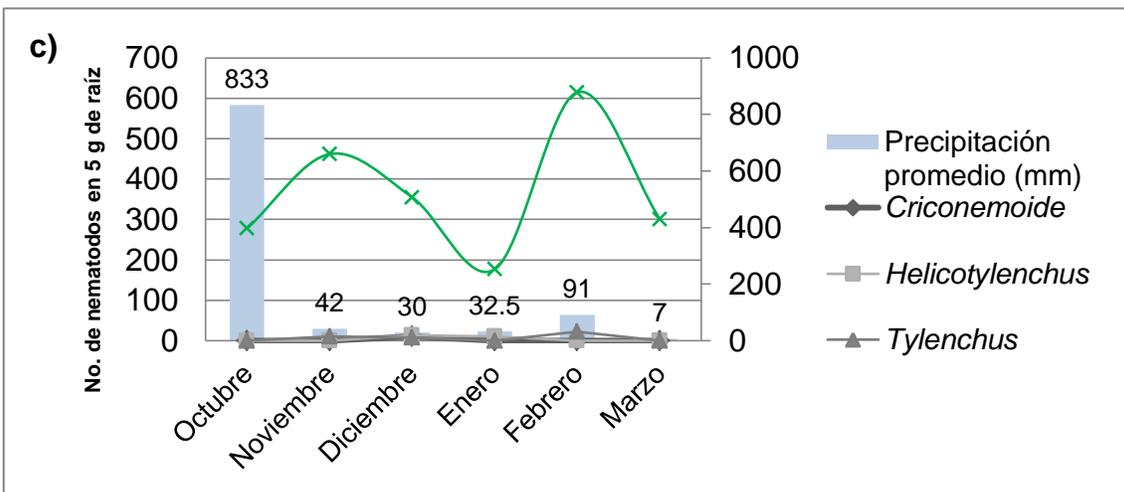
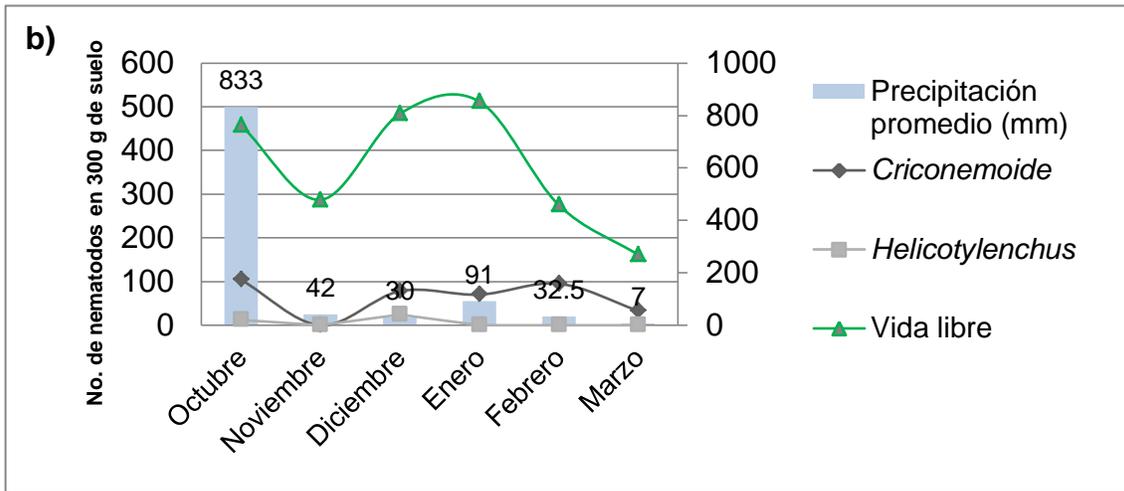
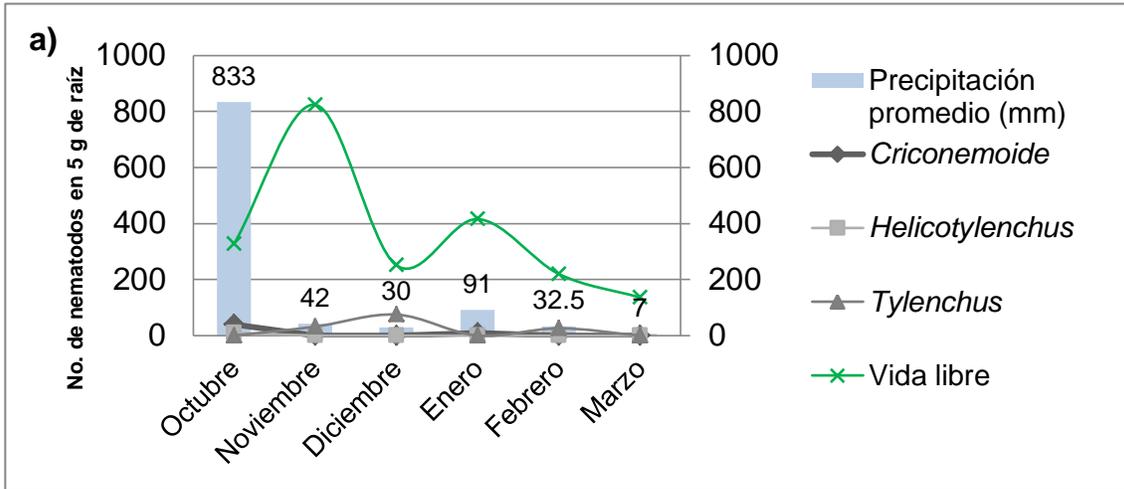
Figura 42. Dinámica poblacional de nematodos del género *Pratylenchus spp.*, *Meloidogyne spp.* y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitépéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

La dinámica poblacional de la gráfica a) en la figura 42, fue superior el género *Pratylenchus*. En la gráfica b), se mostró que este mismo género no conservó la misma estabilidad de sus poblaciones a partir del mes enero, el único mes que desarrollo crecimiento fue durante el mes de diciembre donde las precipitaciones fueron casi ausentes.

En la gráfica c), la dinámica poblacional de *Pratylenchus* fue superior a los demás nematodos, su máxima población llegó a los 1273 nematodos, mientras que en la gráfica d), la población de los nematodos de vida libre estuvieron por arriba de los nematodos parásitos logrando en el mes de febrero 864 nematodos en 300 g de suelo.

En todas las gráficas de la figura 42, las poblaciones del género *Meloidogyne* estuvieron por debajo de los nematodos de vida libre.

D. Dinámica poblacional de las comunidades de otros géneros de nematodos parásitos encontrados en café en finca Las Nubes.



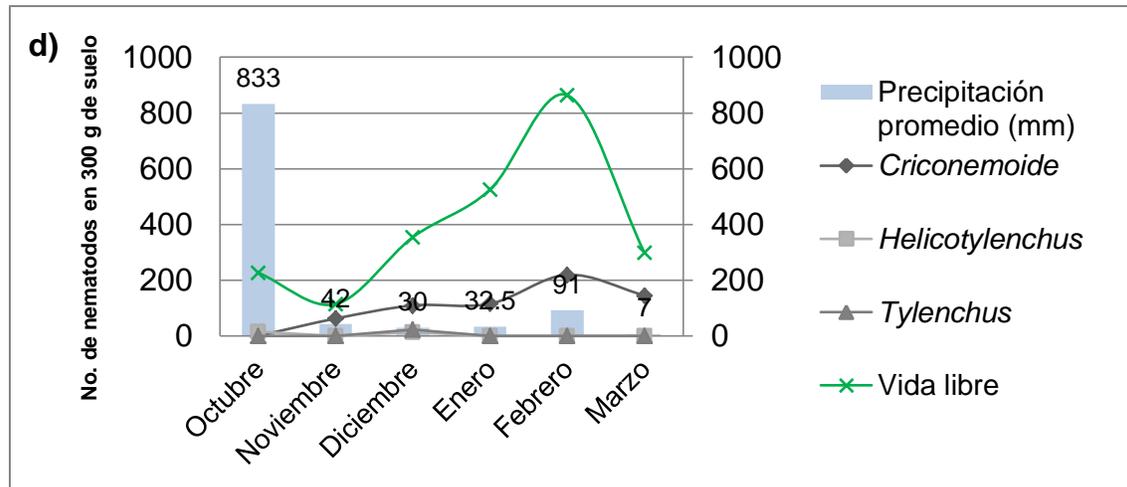


Figura 43. Dinámica poblacional de nematodos del género *Criconemoide* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

El comportamiento poblacional de los otros géneros de nematodos parásitos encontrados en café en el estrato medio fue semejante al estrato bajo. Sus poblaciones permanecieron por debajo de los nematodos de vida libre.

En el mes de marzo, se observa que de todas las poblaciones de nematodos tuvieron un descenso, además los géneros de importancia económica no fueron una amenaza a las plantaciones de café para este estrato.

E. Cuantificación de la biodiversidad de nematodos en café

Cuadro 9. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato medio en suelo y raíz en planta de café adulta en finca Las Nubes.

	<i>Pratylenchus</i> spp.	<i>Meloidogyne</i> spp.	<i>Criconemoide</i> spp.	<i>Helicotylenchus</i> spp.	<i>Tylenchus</i> spp.	Vida libre
Taxos	12	10	8	3	3	12
Individuos	4000	1053	608	46	133	4351
Índice de Simpson (D)	0.8565	0.8315	0.8234	0.6125	0.5859	0.8955
Índice de Shannon Wiener (H)	2.145	1.988	1.869	1.022	0.9849	2.367

Con respecto al análisis de los índices de biodiversidad del cuadro 9 se determina que los nematodos con mayor diversidad (Shannon Wiener = H') son los de vida libre ($H' = 2.367$), seguido el género parásito *Pratylenchus* ($H' = 2.145$). Los géneros menos diversos fueron *Meloidogyne* ($H' = 1.988$), luego *Criconemoide*, *Helicotylenchus*, y *Tylenchus*.

El índice de dominancia (Simpson) lo obtuvo de nuevo los nematodos de vida libre ($D = 0.8955$) al poseer el valor más alto, consecutivamente estuvo *Pratylenchus* ($D = 0.8565$). Los menos dominante fueron *Meloidogyne* ($D = 0.4861$) *Criconemoide* y *Helicotylenchus*.

Cuadro 10. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato medio en suelo y raíz en resiembra de café en finca Las Nubes.

	<i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i>	<i>Criconemoide</i> <i>spp.</i>	<i>Helicotylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Tylenchus</i> <i>spp.</i>	Vida libre
Taxos	12	11	6	4	4	12
Individuos	5989	748	660	49	63	4569
Índice de Simpson (D)	0.8502	0.8832	0.7749	0.7464	0.7095	0.8938
Índice de Shannon Wiener (H)	2.073	2.244	1.587	1.379	1.302	2.356

Los nematodos con mayor diversidad (Shannon Wiener = H') fueron los de vida libre ($H' = 2.356$). El género que le sigue fue *Meloidogyne* ($H' = 2.244$) y *Pratylenchus*, mientras que los géneros menos diversos fueron: *Criconemoide*, *Helicotylenchus*, y *Tylenchus*. Estos géneros con menor diversidad tuvieron semejanza con las plantas adultas del cuadro 9.

La dominancia de acuerdo al índice de Simpson, lo obtuvo los nematodos de vida libre al tener el valor más mayor ($D = 0.8938$). Los géneros *Meloidogyne* ($D = 0.8832$) *Pratylenchus* ($D = 0.8502$) ocuparon el segundo puesto de dominancia en el medio. Los nematodos *Criconemoide* y *Helicotylenchus* no se caracterizan absolutamente por ser dominantes en el estrato medio.

2.7.3.3 Estrato alto (1500-1800 msnm)

A. Abundancias de géneros de nematodos parásitos en café (%)

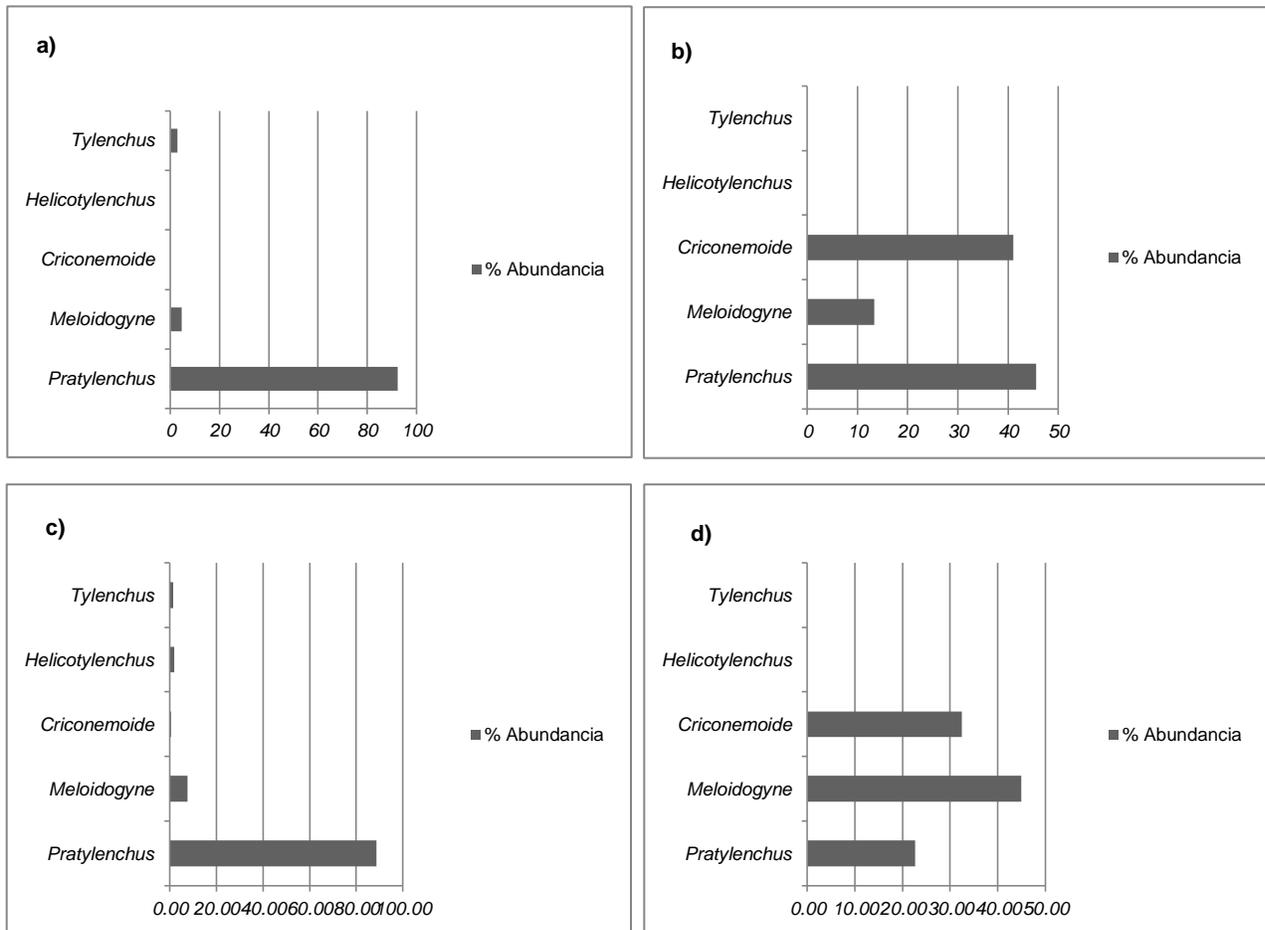


Figura 44. Abundancia de géneros de nematodos encontrados en el estrato alto de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

Analizando los porcentajes de abundancias entre los géneros de nematodos parásitos en el estrato alto de la figura 44, el género *Pratylenchus* es considerado como el más abundante en el sistema radical entre el 89% y 93%.

Mientras que el suelo, no solo se presentó el género *Pratylenchus* con 45% de abundancia en plantaciones adultas sino que se encontraron otros géneros como *Criconemoide*. y *Meloidogyne* que correspondieron abundancias del 41% y 45%.

B. Comparaciones de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre en café (%)

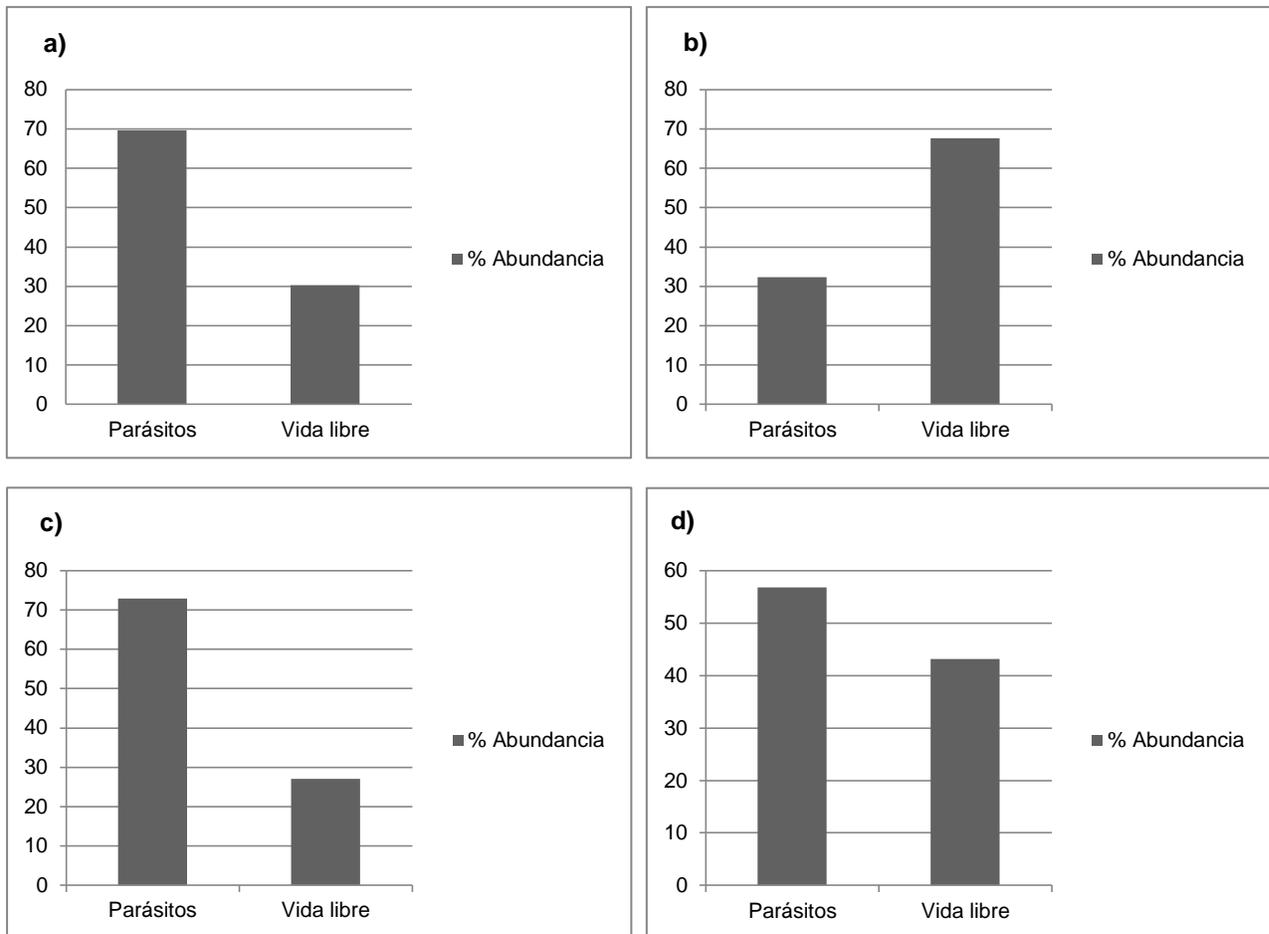
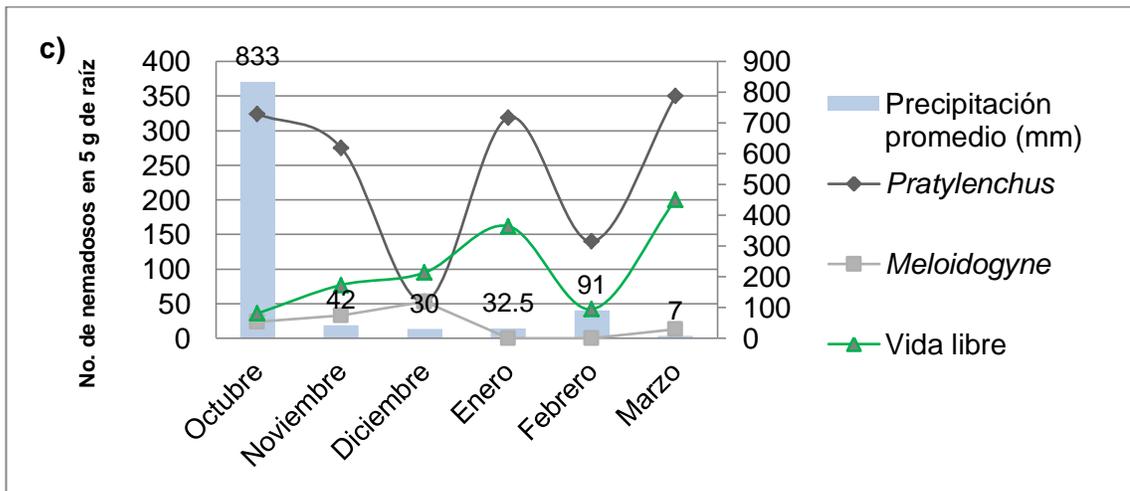
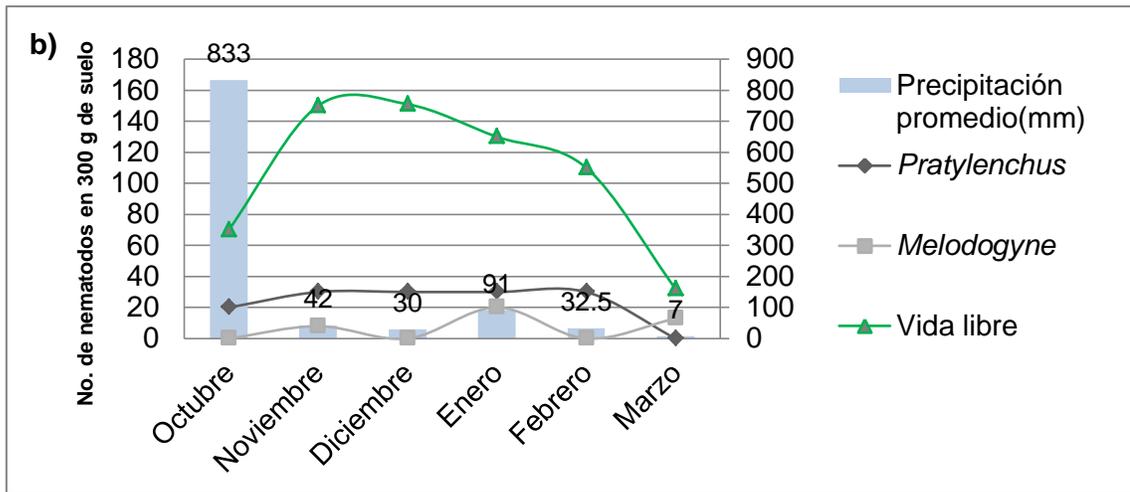
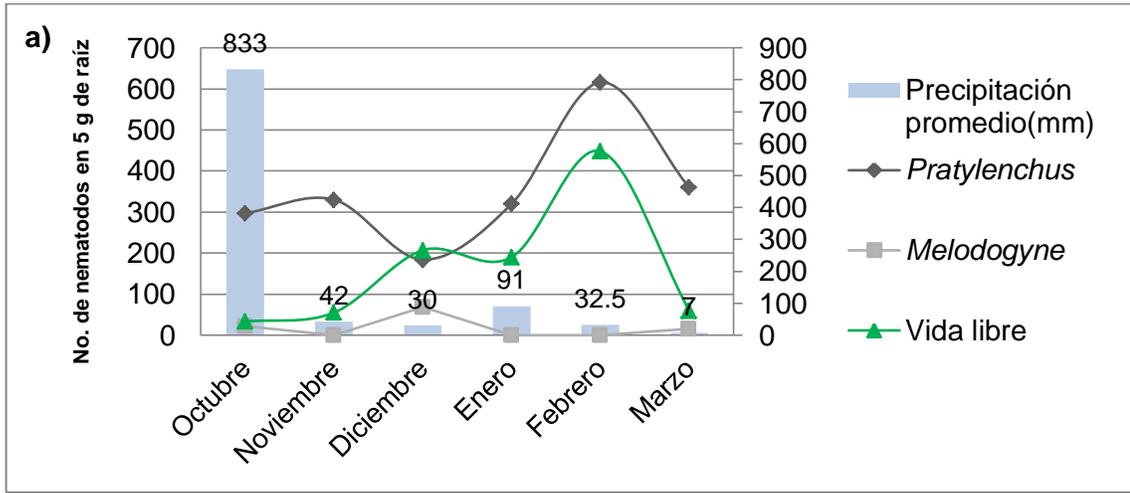


Figura 45. Relación de abundancias de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

El porcentaje más alto de abundancias en general lo presentaron los parásitos. En las raíces de las plantaciones adultas y resiembras de café que se muestran en las gráficas a) y c) alcanzó la abundancia más alta con 70%. También se observa que en la gráfica d), los nematodos alcanzaron el 57%

Para los nematodos de vida libre no se hicieron presentes altas abundancias a acepción en la gráfica b) donde se tuvo una abundancia casi del 70% en el suelo en plantas adultas.

C. Dinámica poblacional de nematodos parásitos y nematodos de vida libre de octubre 2011 a marzo 2012 en café



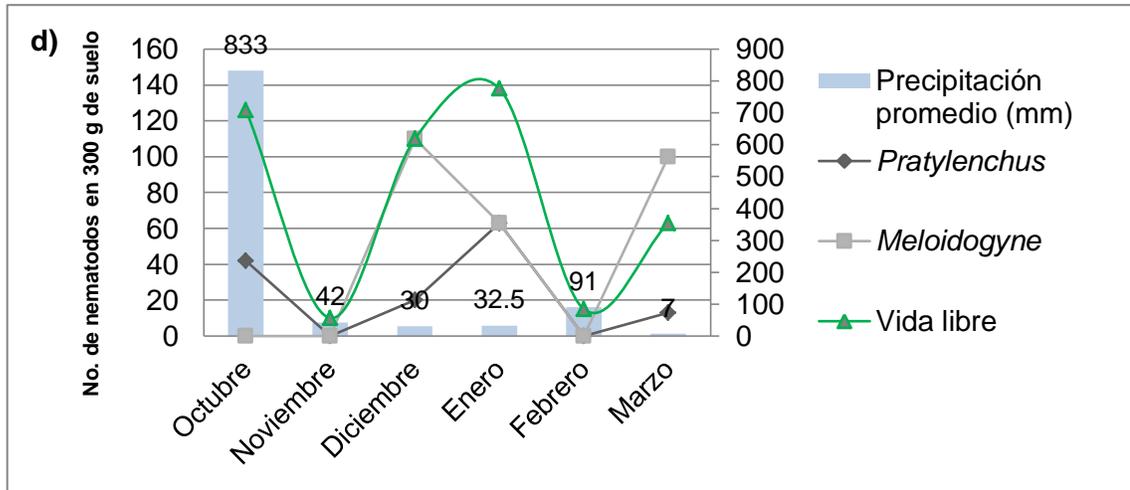


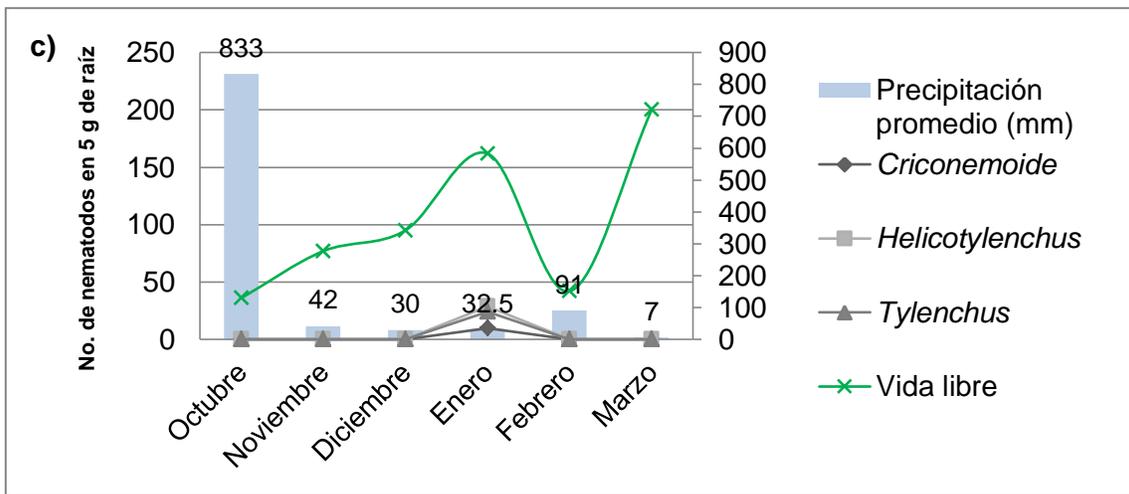
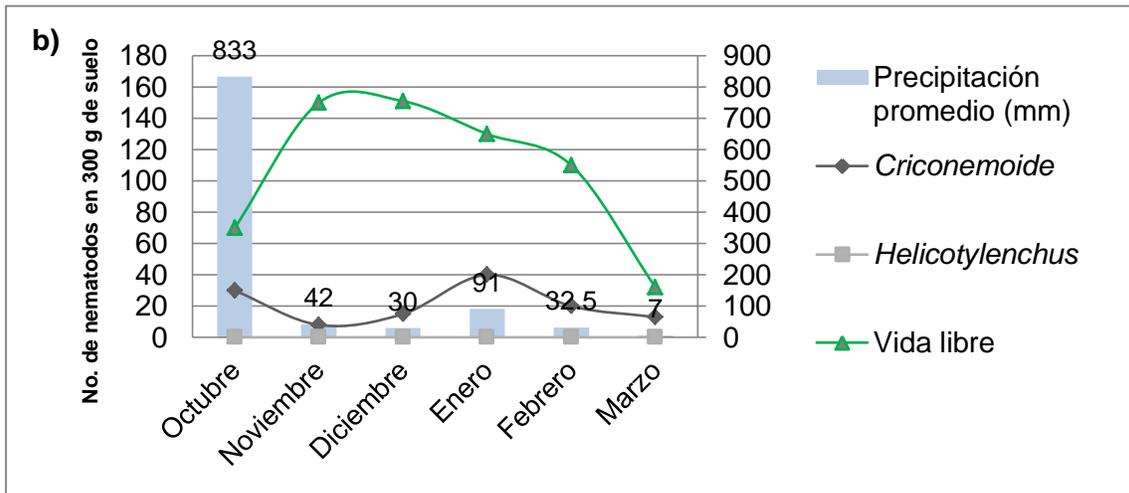
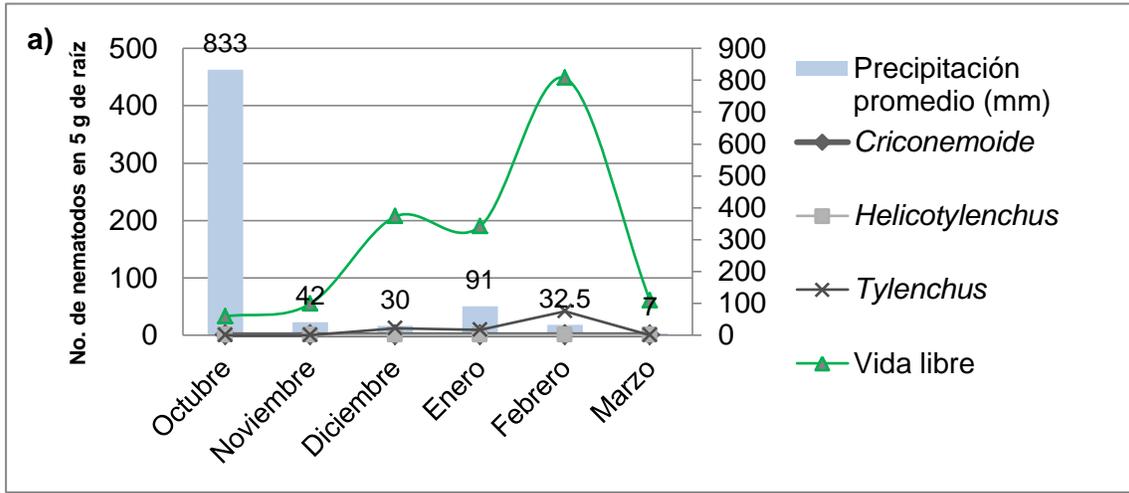
Figura 46. Dinámica poblacional de nematodos del género *Pratylenchus* spp., *Meloidogyne* spp. y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitpequez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

Las dinámicas poblacionales del género *Pratylenchus* fueron estables y superiores en comparación de los otros nematodos parásitos en las raíces para las dos edades de la planta de café.

En la gráfica a) y c) de la figura 46, *Pratylenchus* se incrementó entre los meses de enero y marzo alcanzando una población de 350 y 616 nematodos en solo 5 g de raíz. La curva de la dinámica poblacional de los nematodos de vida libre de la gráfica b), fue mayor a los parásitos durante los 6 meses. En la gráfica d), el comportamiento poblacional del género *Meloidogyne* sobresalió y presentó poblaciones entre 100 y 110 nematodos en 300 g de suelo.

En todo el estudio realizado en los tres estratos altitudinales en la finca, únicamente en el estrato alto el género *Meloidogyne* tuvo un comportamiento semejante a los nematodos de vida libre pero al finalizar el estudio en el mes de marzo este género superó a todos los demás nematodos.

D. Dinámica poblacional de las comunidades de otros géneros de nematodos parásitos encontrados en café.



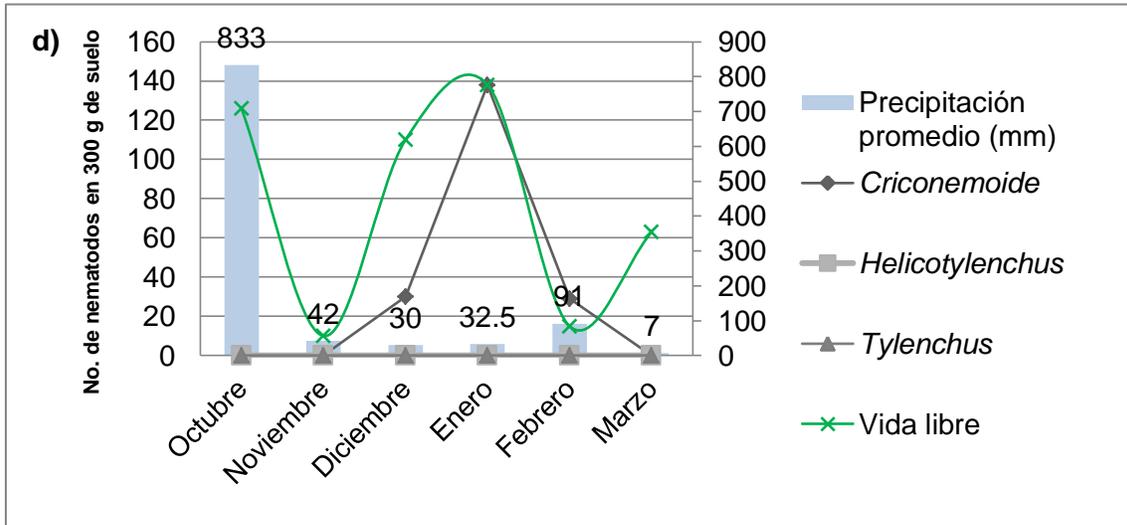


Figura 47. Dinámica poblacional de nematodos del género *Criconemoide* spp., *Helicotylenchus* spp., *Tylenchus* spp. y nematodos de vida libre y nematodos de vida libre en los meses de octubre a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitépéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

En la gráfica a), b) y c) de la figura 47, las poblaciones de los géneros de nematodos parásitos encontrados en el café fueron superados por los de vida libre. Las máximas poblaciones de estos organismos fueron entre 200 y 448 nematodos en 5 g de raíz en las plantas de café adultas y resiembras. Mientras que en el suelo, se llegó a obtener como máximo 160 nematodos de vida libre en las plantaciones adultas.

En la gráfica d), el otro género de nematodo que únicamente se muestra competente con los de vida libre fue *Criconemoide* empezando a incrementarse en diciembre y alcanzó su máximo valor de 138 nematodos en 300 g de suelo, no obstante este género fue descendiendo en el mes de febrero y en marzo las poblaciones llegaron a ser ausentes.

E. Cuantificación de la biodiversidad de los géneros de nematodos en café

Cuadro 11. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato alto en suelo y raíz en planta de café adulta en finca Las Nubes.

	<i>Pratylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Meloidogyne</i> <i>spp.</i>	<i>Criconemoide</i> <i>spp.</i>	<i>Helicotylenchus</i> <i>spp.</i>	<i>Tylenchus</i> <i>spp.</i>	Vida libre
Taxos	11	6	7	0	3	12
Individuos	2247	147	139	0	64	1636
Índice de Simpson (D)	0.8324	0.7176	0.8175	-	0.5098	0.8627
Índice de Shannon Wiener (H')	1.952	1.516	1.816	-	0.8803	2.214

Los índices de biodiversidad que se expone en el cuadro 11, determinan que los nematodos de mayor diversidad (Shannon Wiener = H') fueron los de vida libre ($H' = 2.214$) luego fue el género *Pratylenchus* ($H' = 1.952$). Los géneros menos diversos fueron *Criconemoide* ($H' = 1.816$), luego *Meloidogyne* y *Tylenchus*.

La dominancia que se calculó por el índice de Simpson lo consiguieron los nematodos de vida libre ($D = 0.8627$), consecutivamente fue el género *Pratylenchus* ($D = 0.8324$), mientras que por las escasez de las poblaciones que fueron determinados como los menos dominantes fueron los géneros *Criconemoide* ($D = 0.8175$) y *Tylenchus*.

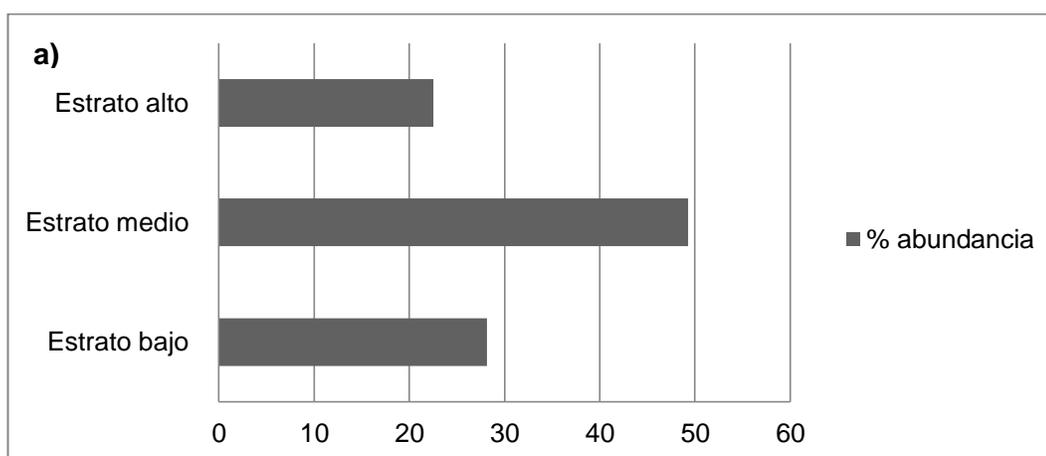
Cuadro 12. Estimación de índices de biodiversidad de los nematodos encontrados en el estrato alto en suelo y raíz en resiembra de café en finca Las Nubes.

	<i>Pratylenchus spp.</i>	<i>Meloidogyne spp.</i>	<i>Criconemoide spp.</i>	<i>Helicotylenchus spp.</i>	<i>Tylenchus spp.</i>	Vida libre
Taxos	10	7	4	1	1	12
Individuos	1599	396	207	29	24	1074
Índice de Simpson (D)	0.8304	0.8042	0.5126	0	0	0.8825
Índice de Shannon Wiener (H)	1.923	1.754	0.972	0	0	2.26

En las resiembras de café mostraron una gran diversidad (Shannon Wiener = H') los nematodos de vida libre ($H' = 2.26$). El género de nematodo que le sigue con esta misma característica fue *Pratylenchus* ($H' = 1.923$) y *Meloidogyne* ($H' = 1.754$), mientras que el género menos diverso fue *Criconemoide*.

La dominancia lo adquirieron los nematodos de vida libre ($D = 0.8825$) seguido el género *Pratylenchus* ($D = 0.8042$). El único género que no se caracterizó dominante para este estrato fue *Criconemoide*.

2.7.3.4 Abundancias de nematodos de vida libre en café (%)



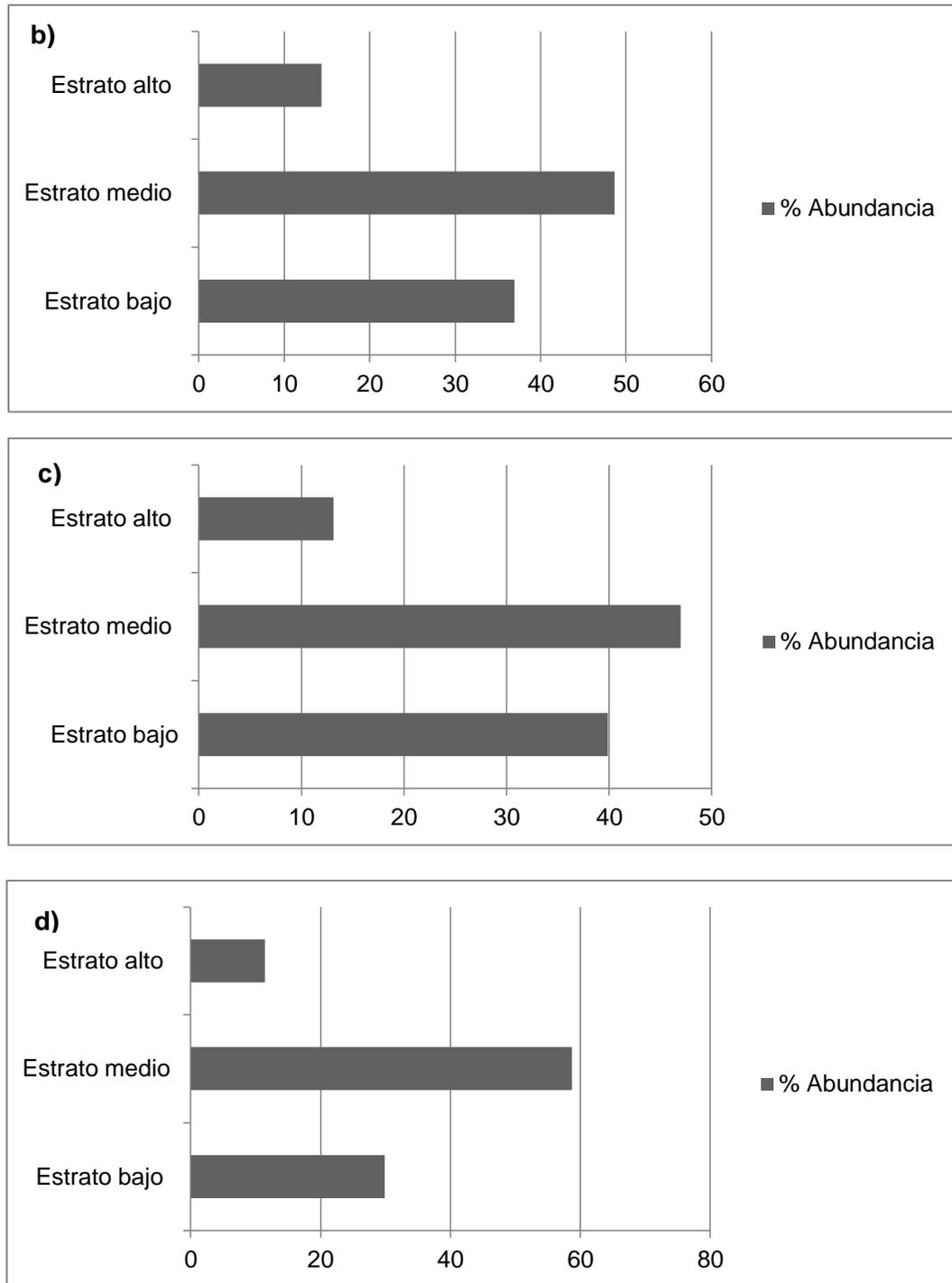


Figura 48. Abundancia de nematodos de vida libre en tres estratos altitudinales octubre 2011 a marzo 2012 en café en finca Las Nubes, San Francisco Zapotitlán, Suchitepéquez. (a) En raíces planta adulta, (b) En suelo planta adulta, (c) En raíces resiembra, (d) En suelo resiembra.

En la figura 48, se exponen las gráficas de las abundancias expresadas en porcentajes de los nematodos de vida libre, con la intención de crear comparaciones de los porcentajes entre los estratos estudiados en finca Las Nubes.

Podemos observar que en todas las gráficas de barras horizontales, la mayor abundancia de nematodos de vida libre se obtuvo en el estrato medio (1200-1500 msnm) seguido el estrato bajo, en los suelos y raíces. La menor abundancia fue en el estrato alto, sin embargo este dato al ser inferior, no afectado al café, puesto que los índices de biodiversidad que se calcularon anteriormente para cada estrato mostraron que los nematodos de vida libre alcanzaron mayor diversidad y dominancia en el suelo y en las raíces.

En la fase de campo, para mejor la eficiencia de la confiabilidad de las estimaciones de las comunidades de nematodos, se procedió a estratificar el campo en regiones de altitudes con probabilidad de diferencia de densidades de nematodos.

La importancia que fue en determinar la composición de las comunidades y su estructura de estos, fue enfocada a la relación entre ellos y el medio en el que vivían. Esta determinación fue obtenida a través de los cálculos de: abundancias, dinámicas poblacionales e índices de biodiversidad de los nematodos. Con los resultados adquiridos podemos discutir lo siguiente: Los cálculos de índices de biodiversidad de todas las comunidades de nematodos indicaron que los nematodos de vida libre fueron los organismos que sobresalieron en su medio de sobrevivencia, puesto que adquirieron mayor abundancia y dominancia en la relación del suelo y la raíz en las plantas de café en cada uno de los estratos altitudinales estudiados.

La abundancia y dominancia de los nematodos benéficos o de vida libre fue un factor importante de supervivencias, demostrando que los suelos de esa región son suelos sanos.

Las cantidades elevadas de estos nematodos favorecen a la planta de café porque poseen hábitos alimenticios específicos en el suelo. Como se muestran en las figuras 28, 29 y 30, a través de los análisis nematológicos, se distinguieron (en base a la morfología de su aparato bucal) principalmente dos grupos funcionales: depredadores y omnívoros, además de otro grupo: bacteriófago.

Los nematodos depredadores y omnívoros se alimentan de varios microorganismos, principalmente de nematodos parásitos de plantas, considerando que fue esta una de las principales razones que se obtuvo en el decrecimiento en las poblaciones de nematodos parásitos en cada una de las comunidades en los estratos altitudinales.

De lo contrario, altas poblaciones de nematodos parásitos sería perjudiciales desde el punto de vista de producción porque implicaría pérdidas en rendimiento y daño a las plantas de café.

Las condiciones de mayor abundancia de nematodos benéficos o de vida libre en la finca pudieran obedecer al hecho de que a pesar de las aplicaciones de productos químicos que pueden permitir un detrimento en la nematofauna, así como las condiciones de humedad en suelo, la poda de árboles de sombra y la incorporación de hojarasca como fuente de materia orgánica pudieron ayudar a la fertilidad del suelo y la aparición de estos organismos. Además estas características mencionadas, proporcionan un ambiente favorable para los procesos de descomposición y mineralización de elementos como el carbono y el nitrógeno al momento en que según Ecoplexity (2010), el nematodo se alimenta de una presa lo que origina la liberación de nitrógeno en el suelo, y esta es utilizable para la planta, además estos organismos excretan más carbono que las mismas bacterias en la rizósfera.

Con respecto a los géneros de nematodos parásitos, se evaluó que a lo largo del tiempo manifestaron principalmente dentro de la comunidad los géneros *Pratylenchus spp.* y *Meloidogyne spp.*, considerandos como los más importantes en el cultivo de café. Otros géneros como *Helicotylenchus spp.*, *Criconemoides spp.* y *Tylenchus spp.*, fueron encontrados también en varios estratos, sin embargo no presentaron mayores abundancias ni fueron dominantes en los suelos y raíces del café durante el tiempo de estudio.

De todos los géneros de nematodos parásito, el género *Pratylenchus spp.* fue el más abundante en cada estrato altitudinal, debido a su gran movilidad en la rizósfera que le permite cumplir sus funciones de sobrevivencia, sin importar el estado fenológico de la planta. No obstante, es importante mencionar que las plantaciones de café fueron injertadas con la variedad Robusta en donde crea un alto nivel de tolerancia y resistencia frente a este género de nematodo parásito al café.

Generalmente las condiciones en que se encontraban las raíces de café al momento de los muestreos para los análisis, eran raíces sanas y no se observó ningún síntoma necrótico, lo que conservó hasta cierto punto las poblaciones de algunos nematodos parásitos en la disponibilidad de alimento, de lo contrario si las raíces estaban en mal estado, con poco crecimiento, las poblaciones de algunos de estos hubieran tendido a decrecer.

Las gráficas del comportamiento poblacional de los nematodos, mostraron mucha variabilidad en forma ascendente y decreciente en el tiempo. Y es que este comportamiento intervino por varios componentes, como el contenido de humedad en el suelo, porque los nematodos requieren de gran necesidad de oxígeno y la saturación de agua en el suelo durante los meses que se presentaron lluvias intervino sus funciones. No obstante los nematodos necesitan de una película de agua entre las partículas del suelo para lograr moverse y es considerado un factor ecológico muy importante que ejerce en la sobrevivencia de estos organismos. En general cuando se presentan suelos secos la sobrevivencia de nematodos es baja.

Según Esquivel (1996) citado por Wallace, hay un tamaño óptimo de partículas del suelo para el movimiento de cada género de nematodo. El tamaño del poro puede afectar la facilidad del desplazamiento del nematodo en el suelo, porque ellos no pueden ejercer suficiente presión para forzar y pasar entre ellas y sus agregados.

Los suelos con alto contenido de arcilla o de textura gruesa inhiben el movimiento de los nematodos y pueden estar colonizados por ciertos géneros como *Pratylenchus spp.*, esto pudo ser una razón importante de mayor presencia y distribución de poblaciones de este género en toda la finca, ya que los suelos en dicha región poseen cierta cantidad de arcilla.

De acuerdo al índice de diversidad de Shannon y al índice de dominancia de Simpson, los resultados fueron semejantes entre los estratos. Los valores del índice de Shannon para los nematodos benéficos fue mayor, señalando mayor biodiversidad y riqueza en comparación a los nematodos parásitos.

Sin embargo en las mayorías de los agroecosistemas y ecosistemas naturales para que hubieran sido biodiversos los estratos, debieron estar los valores calculados entre 1 y 5, pero estos manifestaron que dentro de las comunidades de nematodos de finca las Nubes tuvieron poca diversidad de nematodos parásitos, a excepción del género *Pratylenchus*, los valores fueron cercanos a los de vida libre manifestando diversidad en el estrato bajo en resiembra y en estrato medio en ambas edades de las plantas de café, además también el género *Meloidogyne* mostró diversidad en este mismo estrato pero en resiembra.

Al existir diversidad dentro del rango mencionado anteriormente, estarían equitativamente más distribuidos y tendría mayor posibilidad de ser encontrados en muestreos posteriores.

De la misma forma, los valores de los índices de Simpson que indicaron la dominancia lo obtuvieron los nematodos de vida libre porque los valores estuvieron cercanos a 1. En cambio entre los géneros de nematodos parásitos, la dominancia fue mayor primeramente para el género *Pratylenchus* y luego fue el género *Meloidogyne*.

2.8 CONCLUSIONES

- En el almácigo se reconocieron un total de 517 nematodos parásitos pertenecientes a los géneros *Pratylenchus spp.*, *Criconemoide spp.* y *Tylenchus spp* y 1094 nematodos benéficos o de vida libre del grupo básico de depredadores y omnívoros.
- En el campo fueron cuantificados un total de 28,418 nematodos parásitos que correspondieron a los géneros *Pratylenchus spp.*, *Meloidogyne spp*, *Criconemoide spp.*, *Helicotylenchus spp.* y *Tylenchus spp.* y un total de 17,591 nematodos de vida libre distinguiendo por sus hábitos alimenticios tres grupos básicos: depredadores, omnívoros y bacteriófagos.
- Las poblaciones de nematodos parásitos y de vida libre desarrollaron un crecimiento en proporción al tiempo y al crecimiento radical de la planta de café ya que fue influenciado por la disponibilidad de alimento, que obtuvo un efecto positivo para los nematodos parásitos por ser organismos obligados.
- Los nematodos benéficos o de vida libre fueron los nematodos con mayor abundancia y dominancia dentro de todas las comunidades tanto en el campo como en el almácigo. Mientras que de todos los géneros parásitos, *Pratylenchus spp* fue el más abundante y dominante en ambas fases.
- La variabilidad de forma ascendente y decreciente de los nematodos en cada estrato estuvo relacionado por varios factores que dependió de su sobrevivencia y su desarrollo como: la humedad del suelo, la disponibilidad de alimento, la textura y estructura del suelo.
- Las sintomatologías vistas del almácigo no estuvo relacionado con el ataque de nematodos parásitos, demostrando que al ser trasplantadas al campo no fueron un medio de dispersión al campo definitivo.

- La riqueza de los nematodos de vida libre favorecen en los procesos de descomposición y mineralización de elementos en el suelo la planta. Además estos organismos ejercieron un impacto en las poblaciones de nematodos parásitos al ser tomados como presas como fuente de alimento decreciendo sus poblaciones.

2.9 RECOMENDACIONES

Al realizar un estudio profundo de nematodos en suelo, es importante analizar los resultados en varios muestreos en un tiempo determinado, con el propósito de conocer el comportamiento de estos organismos, ya que un simple listado de estos no es suficiente en la toma de decisiones.

La detección de nematodos en muestras de suelo no implica necesariamente la aplicación inmediata de productos, sino que es indispensable conocer la identidad (géneros o especies) y la cantidad de individuos presentes por muestra a fin de tomar acciones concretas.

Las aplicaciones de productos químicos contra nematodos no siempre implican una solución al problema pues puede traer inconvenientes como: la contaminación de suelos, agua y la aparición de organismos resistentes.

La toma de muestras ayudará a detectar los posibles problemas tempranamente y contribuirá un mejor manejo de las poblaciones de nematodos presentes en el suelo.

La mejor estrategia del manejo de nematodos, es el monitoreo y el cuidado fitosanitario de la producción de plantas de café libres de nematodos parásitos desde el almácigo con el fin de prevenir diseminaciones en el momento de ser trasplantadas al campo definitivo.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrios, GN. 2008. Fitopatología. 2 ed. México, LIMUSA. 838 p.
2. Alfaro, M. 2011. Guía técnica para la prevención del mal de viñas, en la región suroriental de Guatemala. Guatemala, ANACAFE. 174 p.
3. Alvarado, M; Rojas, G. 1994. El cultivo y beneficiado del café (en línea). San José, Costa Rica, EUNED. 160 p. Consultado 18 abr 2011. Disponible en http://books.google.com.gt/books/about/Cultivo_y_Beneficiado_Del_Caf%C3%A9.html?hl=es&id=15qrSG-51I4C&redir_esc=y
4. Álvarez, L. 2004. Café y caña de azúcar son los principales cultivos permanentes (en línea). Guatemala. Consultado 3 jul 2012. Disponible en <http://www.elperiodico.com.gt/es/20041101/actualidad/8989/>
5. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 1985. Curso sobre manejo integrado de plagas del cafeto con énfasis en broca del fruto (*Hypothenemus hampei*, Ferr) (en línea). Guatemala, IICA. 274 p. Consultado 4 mar 2014. Disponible en http://books.google.com.gt/books?id=W9sOAQAIAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
6. _____. 2006. Guía técnica de caficultura. Guatemala. 213 p.
7. _____. 2009. Fluctuación de poblaciones de nematodos en el cultivo del café: nematodos presentes en la caficultura de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 12 jul 2012. Disponible en http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Fluctuacion_de_nemátodos_cultivo
8. Arcila, J. 2007. Crecimiento y desarrollo de la planta de café (en línea). Colombia, CENICAFÉ. Consultado 27 jun 2012. Disponible en <http://www.cenicafe.org/es/documents/LibroSistemasProduccionCapitulo2.pdf>
9. Azpilicueta, C; Aruani, M; Reeb, P; Sánchez, E. 2008. Estructura de la comunidad de nematodos del suelo bajo dos niveles de fertilización nitrogenada en alto valle de Río Negro, Argentina (en línea). Argentina. Consultado 25 set 2011. Disponible en <http://journals.fcla.edu/nematropica/article/view/64449/62117>
10. Balaña, RP. 2003. Determinación del cafeto efecto económico de los nematodos fitoparásitos en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.) en la finca Unión Tacaná, Nuevo Progreso San Marcos, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 48 p.
11. Bertrand, B; Anthony, F. 1998. La creación de los híbridos (en línea). Costa Rica, CATIE. Consultado 24 set 2012. Disponible en intranet.catie.ac.cr/intranet/catie_cafecrisis/documentos/hibridos.doc

12. Café del Pacífico, GT. 2009. Asociación de reservas naturales privadas de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 10 set 2011. Disponible en http://www.reservasdeguatemala.org/index.php?option=com_content&view=article&id=133:reservanaturalnubes&catid=43:reservasgeneral
13. CafesSiboney.com. 2012. Varietal Caturra (en línea). España. Consultado 24 set 2012. Disponible en <http://www.cafesiboney.com/varietales/detalle/id=0x991bc19479944e638b2519fd6f9af13b>
14. CENICAFÉ (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CO). 2010a. Mejoramiento y variedades de café (en línea). Colombia. Consultado 24 set 2012. Disponible en <http://bioinformatics.cenicafe.org/index.php/bioinformatics/faqs/P80>
15. _____. 2010b. Las características principales de la variedad Costa Rica 95 (en línea). Colombia. Consultado 24 set 2012. Disponible en <http://bioinformatics.cenicafe.org/index.php/bioinformatics/faqs/P80>
16. COFENAC (Consejo Cafetalero Nacional, EC). 2005. Calidad física y organoléptica de los cafés robustas ecuatorianos (en línea). Ecuador. Consultado 24 set 2012. Disponible en <http://cofenac.org/documentos/Estudio-Calidad-Cafes-Robustas.pdf>
17. Coste, R. 1978. El café. Barcelona, España, Blume. 285 p.
18. Dajoz, R. 1979. Tratado de ecología: diversidad biológica (en línea). Madrid, España, Mundi Prensa. Consultado 14 jul 2012. Disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/DiversBiol.htm>
19. De Guate.com. 2009a. Historia del café en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 9 jul 2012. Guatemala. Disponible en http://www.deguate.com/artman/publish/cultura-platillos-bebidas_guatemala/historia-del-cafe-en-guatemala.shtml.
20. _____. 2009b. Recursos naturales del municipio de San Francisco Zapotitlán (en línea). Guatemala. Consultado 2 ene 2014. Guatemala. Disponible en <http://www.deguate.com/municipios/pages/suchitepequez/san-francisco-zapotitlan/recursos-naturales.php#.Uv8NyWJ5Pxp>
21. Ecoplexity.org. 2010. Evaluación de nematodos (en línea). Oregón, US, Portland State University (PSU). Consultado 14 jul 2012. Disponible en <http://ecoplexity.org/node/614?page=0,3>

22. Escobar, MM. 2008. Poblaciones de nematodos fitoparásitos asociados a diferentes sistemas de manejo de café en el municipio de Masatepe, departamento de Masaya (ciclo 2006-2007). Consultado 7 feb 2014. Disponible en http://biblioteca.catie.ac.cr:5151/repositoriomap/bitstream/123456789/229/1/Escobar_Poblaciones_Nematodos.pdf
23. Esquivel, Al. 1996. Influencia del suelo sobre las poblaciones de nematodos (en línea). Costa Rica. Consultado 4 feb 2014. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_X/a50-2388-III_057.pdf
24. Fernández, E. 2008. Sistema silvopastoril establecidos en *Pinus radiata* D. Don y *Betula alba* L. en Galicia: productividad, biodiversidad y sumideros de carbono (en línea). España. Consultado 2 feb 2014. Disponible en https://minerva.usc.es/bitstream/10347/2409/1/9788497509916_content.pdf
25. Flores, M. 1983. Técnicas modernas para el cultivo de café (en línea). El Salvador, ISIC. Consultado 17 set 2011. Disponible en <http://books.google.com.gt/books?id=FwNAQAAIAAJ&pg=PA16&lpg=PA16&dq=T%C3%A9cnicas+modernas+para+el+cultivo+de+café%C3%A9&source=bl&ots=-Ub1qmYud&sig=FfciNoz9S8IWZHHI6sm37XROPJI&hl=es-419&sa=X&ei=5BViUK7GLJTU8ASCKlGwCw&sqj=2&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=T%C3%A9cnicas%20modernas%20para%20el%20cultivo%20de%20café%C3%A9&f=false>
26. Gliessman, SR. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible: índices de diversidad de especies (en línea). Costa Rica, CATIE. Consultado 14 jul 2012. Disponible en http://books.google.com.gt/books?id=rnqan8BOVNAC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
27. Guevara, F. 2010. Primer estudio de la biodiversidad entomológica en un área representativa del bosque seco de Jalapa, en Guatemala (en línea). Guatemala, USAC, FAUSAC / CONCYT. Consultado 12 ene 2014. Disponible en <http://glifos.concyt.gob.gt/digital/fodecyt/fodecyt%202006.83.pdf>
28. Gutiérrez, J. 2002. Apuntes sobre biodiversidad y conservación de insectos: dilemas, ficciones y soluciones (en línea). Madrid, España, Sea-Entomología.org. Consultado 24 set 2011. Disponible en <http://www.sea-entomologia.org/aracnet/2/biodiv/index.htm>
29. Guzmán Piedrahita, OA. 2010. Importancia de los nematodos espiral, *Helicotylenchus multicinctus* (COBB) Golden y *H. dihystra* (COBB) Sher, en banano y plátano (en línea). Agronomía (CO)19(2):19-32. Consultado 4 mar 2014. Disponible en [http://200.21.104.25/agronomia/downloads/Agronomia19\(2\)_3.pdf](http://200.21.104.25/agronomia/downloads/Agronomia19(2)_3.pdf)

30. IHCAFE (Instituto Hondureño del Café, HN). 2004. Sarchimor T-5296 (en línea). Honduras. Consultado 28 jun 2012. Disponible en http://econegociosagricolas.com/ena/files/Variedad_con_Resistencia_Genetica_a_los_Nematodos.pdf
31. Ingredientscafé.com. 2001. Variedades ofrecidas en Ingredients: café (en línea) España. Consultada 24 set 2012. Disponible en <http://www.ingredientscafe.es/lacarta/nuestro-cafe/>
32. Mancilla, H. 2011. Población y comunidades: fluctuaciones de la población (en línea). Slideshare.net. Consultado 14 jul 2012. Disponible en <http://www.slideshare.net/hmancilla/poblacin-ecologa>
33. Mejia, LA. 1999. Evaluación del control químico de nematodos fitopatógenos y cochinilla (Pseudococcidae), en la finca Las Nubes San Francisco Zapotitlan, Suchitepequez. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala. USAC. 75 p.
34. Molina, M; Ortega, J. 1996. Determinación del tamaño del conglomerado de plantas para el muestreo de nematodos en café (en línea). Managua, Nicaragua, Universidad Nacional Agraria, Escuela de Sanidad Vegetal. 59 p. Consultado 11 de jul del 2012. Disponible en <http://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnh10m722.pdf>
35. Monge, LF. 1999. Manejo de la nutrición y fertilización del cultivo de café orgánico en Costa Rica (en línea). Costa Rica, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Consultado 17 set 2011. Disponible en http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_XI/a50-6907-III_175.pdf
36. Moreno, CE. 2001. Métodos para medir la biodiversidad (en línea). España, CYTED / ORCYT-UNESCO / SEA. 86 p. Consultado 24 set 2011. Disponible en <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
37. Morgan, A. 2008. Identificación de nematodos parásitos de las plantas. Carolina del Sur, Estados Unidos, Universidad de Clemson. 89 p.
38. Navas, A. 1988. Los nematodos del suelo y su influencia en la producción vegetal (en línea). Madrid, España, Instituto de Edafología y Biología Vegetal C.S.I.C. Consultado 12 jul 2012. Disponible en http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_Hort%2FHort_1988_39_50_62.pdf
39. Odum, E. 1998. Ecología. 2 ed. México, CECSA. 125 p.
40. Orozco, E. 2010. Extracción y determinación de nematodos. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 6 p.

41. PROMECAFE (Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café, SV). 2006. Aspectos botánicos: morfología del café (en línea). El Salvador. 27 de junio del 2012. Disponible en <http://www.procafe.com.sv/menu/Generalidades/AspectosBotanicos.htm>
42. Ramírez, R; Díaz, P; Garro, Y. 2007. Evaluación de las diferentes especies de nematodos presentes en suelos sometidos a distintos sistemas de manejo en un andisol en el municipio de Marinilla (en línea). Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Medicina. Consultado 24 set 2012. Disponible en http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/rramirez/evaluacion_de_las_diferentes_especies_de_nematodos_presentes_en_suelos_sometidos_a_distintos_sistemas_de_manejo_en_un_andisol_en_el_municipio_de_marinilla.pdf
43. Rivera, CG. 2007. Conceptos introductorios a la fitopatología (en línea). Costa Rica. Consultado 17 set 2011. Disponible en http://books.google.com.gt/books?id=xpTHXEWG_t8C&pg=PR5&lpg=PR5&dq=Conceptos+introductorios+a+la+fitopatologia+Rivera&source=bl&ots=OPMPZ3IEVe&sig=f9BQZacd2jB9sRBNjQOeAM80_gE&hl=es-419&sa=X&ei=wBZiUKb9JMSlqQH5-oGgAw&ved=0CB0Q6AEwAA#v=onepage&q=Conceptos%20introductorios%20a%20la%20fitopatologia%20Rivera&f=false
44. Román, J; Acosta, N. 1984. Nematodo diagnóstico y combate (en línea). Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico, Servicio de Extensión Agrícola, Recito Universitario de Mayaguez. 29 p. Consultado 2 mar 2014. Disponible en <http://academic.uprm.edu/ofarrill/HTMLobj234/NematodosDiagnosticoyCombate.pdf>
45. Roux, G; Camacho, C. 1992. Caracterización de la cadena del café (en línea). In Grupo Chorlavi, GT. 2012. Importancia del café en el sector agrícola guatemalteco. Guatemala. Consultado 20 jul 2012. Disponible en <http://www.grupochorlavi.org/cafe/docs/guatemala.pdf>
46. Salatiel, G. 2000. Biodiversidade e caracterização da estrutura do cominidades donematoides em campo do soja (*Glycino max* Marr.). Tesis Ing. Agr. Brasília, BR, Universidade do Brasilia. 66 p.
47. Samuel, B; Jones, Jr. 1987. Sistemática vegetal. 2 ed. México, McGraw Hill. 536 p.
48. Sarmiento, F. 2001. Diccionario de ecología: paisajes, conservación y desarrollo sustentable para Latinoamérica (en línea). Quito, Ecuador, Proyecto Ensayo Hispánico. Consultado 12 jul 2012. Disponible en <http://www.ensayistas.org/critica/ecologia/diccionario/aa.htm>
49. Seaside coffea.com. 2012. Variedades de café (en línea). Nicaragua. Consultado 24 set 2012. Disponible en http://www.seasidecoffee.com/nuestro-producto_79871.html

50. Simmons, C; Tárano, JM; Pinto, JH. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José De Pineda Ibarra. 1000 p.
51. Specialty Coffee, PA. 2012. Variedades de café (en línea) Panamá. Consultado 24 set 2012. Disponible en <http://espanol.scap-panama.com/cultura/variedades>
52. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Naturales, AR; Museo República de Argentina, AR. 2008. Estimación de la diversidad específica, índices de diversidad (en línea). Argentina. Consultado 14 jul 2012. Disponible en <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/ecocomunidades/TPN3.pdf>
53. UNL (University of Nebraska Laboratory, US). 2012. Género Criconemoide (en línea). US. Consultado 24 set 2012. Disponible en <http://nematode.unl.edu/criconemidae.htm>
54. William, F; Peter, G. 1996. Plant-parasitic nematodes a pictorial key to genera. 15 ed. US, HH Lyon. 277 p.

CAPÍTULO III
INFORME FINAL DE SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA LAS NUBES, SAN
FRANCISCO ZAPOTITLÁN, SUCHITEPÉQUEZ

3.1 PRESENTACIÓN

Los servicios realizados durante el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- fueron para aportar y solventar algunos de los problemas que afectan a la producción de café en finca Las Nubes. Estos fueron identificados a través del diagnóstico en el capítulo I.

En la época lluviosa, las enfermedades en el café en la finca, es unas de las principales causas que afectan en su producción. En exclusiva, la enfermedad ojo de gallo ocasionada por el patógeno *Mycena citricolor* L. perjudica a unas 20 ha de café y su grado de severidad se contempla cuando el hongo se fija al fruto creando un daño permanente en el grano. En algunas áreas en el campo, se observó que la epidemia del hongo originó intensa caída de hojas en varias etapas fenológicas, envejecimiento a temprana edad y la muerte en plantas de café.

El manejo de esta enfermedad ha resultado ser difícil durante el invierno en esta región y se han evaluados varios productos nuevos del mercado de diferentes empresas.

En el primer servicio que fue aplicado al campo, consistió en el montaje de cuatro ensayos en donde fueron evaluados en cada uno tres productos diferentes para el manejo de ojo de gallo, aplicado en dos diferentes dosis con tres frecuencias de aplicaciones diferentes.

En el segundo servicio, se efectuó durante el proceso de la cosecha de café a inicios del mes de septiembre del 2011 en donde se ejecutó muestreos de frutos de café en el beneficio. Los muestreos fueron dirigidos a los frutos de café cortados de los diferentes lotes antes de ser ingresados a los tanques de agua con el fin de determinar las condiciones en que entran los frutos al beneficio.

Las condiciones fueron determinadas a través de la clasificación establecida por la finca que está orientada al estado físico del fruto de café. Luego se cuantificaron conforme a su clasificación para registrarse y compararse la calidad de los frutos de las cosechas de años anteriores. Sin embargo este servicio no se pudo completar hasta finalizar la cosecha, por lo que solo se dispone de algunos resultados de unos cuantos lotes que se consiguió realizar en este servicio durante la cosecha 2011 de café.

3.2 ÁREA DE INFLUENCIA

Finca Las Nubes se ubica en el municipio de San Francisco Zapotitlán del departamento de Suchitepéquez, en las coordenadas latitud Norte 14° 39' 20'' y longitud Oeste 91° 29' 80''. Dicha región tiene una extensión de 552 ha dedicadas a la producción de café.

3.3 OBJETIVO GENERAL

- Intervenir en el mejoramiento de los procesos productivos del café en finca Las Nubes para mejorar los rendimientos a través de los servicios propuestos durante el proceso de la Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-.

3.4 SERVICIOS PRESTADOS

3.4.1 Evaluación preliminar de fungicidas para el manejo de ojo de gallo (*Mycena citricolor* L.) en café.

3.4.1.1 Definición del problema

La presencia del ojo de gallo ocasionado por *Mycena citricolor* L. es una de las enfermedades más importantes que afecta en finca Las Nubes durante la época lluviosa. Múltiples causas son las que están involucradas en la incidencia de esta enfermedad donde es apta para su desarrollo, entre las cuales sobresalen las variaciones de las altitudes que van de 1200 a 1500 msnm, la alta humedad relativa, las bajas temperaturas y las precipitaciones entre 2000 y 5000 mm al año. Otras de las causas que induce al desarrollo del hongo es la prolongación del mojado foliar en áreas con pendientes donde la radiación solar no se presentó a tempranas horas en las mañanas, así como algunas variedades de café que son susceptibles al ataque de éste y la sobrevivencia del inóculo primario a lo largo de todo el año que principia la aparición de la enfermedad cuando se inicia la época lluviosa. En la finca se considera que los daños más severos por el hongo son dirigidos al fruto, que por lo tanto da origen desperfectos permanentes en los granos de café. De ser así, la clasificación de estos granos son introducidos a las clasificaciones de frutos defectuosos y de menor clase porque alteran el sabor característico de la bebida de café.

Otro severo daño que fue observado en el campo a causa de la epidemia de la enfermedad fueron las defoliaciones intensas presentes en las plantaciones de café que estimulan el envejecimiento y la baja capacidad de producción para el siguiente año.

En la actualidad el manejo de la enfermedad en la finca, se realiza de forma integrada ya que si las prácticas se aíslan los resultados serían de poco éxito en la producción de café y la reducción de la enfermedad.

Las prácticas que se integran en dicha región para el manejo de la enfermedad son las podas y la regulación adecuada de sombras para facilitar la entrada de luz y reducir la humedad. También la realización de aplicaciones de fungicidas resulta ser eficiente en algunos sectores con productos nuevos del mercado, que se caracterizan por ser de baja toxicidad y no ejercer un impacto al medio ambiente. Se considera que en la finca las aplicaciones de productos fungicidas son de forma deficiente en varios sectores de los cafetales, debido a que se hallaron desigualdades en el mojado foliar de los fungicidas al momento de las aplicaciones consiguiendo menor reducción en el manejo y el efecto de la enfermedad, mientras que en los sectores donde se aplicaron de forma correspondiente se logró una mayor eficiencia del hongo.

Entre las interrogantes a las que se les quiere dar respuesta a través de este servicio están: Habrá un efecto por alguno de los productos utilizados en el manejo de la enfermedad ojo de gallo, que dosis tendrá mayor reducción de la enfermedad, influirá en el manejo de la enfermedad los diferentes programas de aplicaciones de los productos enlazadores.

En este servicio, no se realizó ningún cálculo estadístico porque presentaron diversificación en los coeficientes de variaciones entre los experimentos. La razón se debió a la forma que fueron tomados los datos de campo a lo largo del estudio. Los resultados de cada ensayo se describen de acuerdo al comportamiento de la curva de la enfermedad ojo de gallo en el tiempo.

3.4.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de los tres productos fungicidas en dos diferentes estados de desarrollo en café para el manejo de ojo de gallo (*Mycena citricolor* L.).
- Evaluar dos diferentes dosis de cada producto fungicida en tres frecuencias de aplicaciones diferentes para el manejo de ojo de gallo (*Mycena citricolor* L.)
- Describir en cada experimento el comportamiento de la enfermedad ojo de gallo (*Mycena citricolor* L.) a lo largo del tiempo.

3.4.1.3 Metodología

a) Selección del sitio experimental y variedad de café

Se seleccionó un área afectada por el hongo ojo de gallo que contenían surcos con diferentes etapas fenológicas de plantas de café (plantas recepadas y adultas). En el área seleccionada se efectuaba una poda 2 de 6 surcos, a una variedad de café susceptible al ataque de esta enfermedad. La variedad seleccionada fue Sarchimor.

b) Fungicidas evaluados

Los productos que se evaluaron en los ensayos fueron proporcionados por la empresa Enlaza y fueron los siguientes:

- a) Enlazador Extra
- b) Enlazador
- c) Enlazador X-2

Estos productos se caracterizan por ser fertilizantes protectantes a base calcio, magnesio, silicio y tiene agentes oxidantes y neutralizantes que ejercen un control preventivo y curativo para microorganismos fitopatógenos. El efecto de los productos entra en contacto con las esporas, la pared celular o con la estructura externa del patógeno, lo que promueve un letal y efectivo control mediante el proceso denominando oxidación química.

Los agentes oxidantes que presentaron estos productos destruyen los polisacáridos, proteínas y lípidos del sustrato que se constituyen en el medio del hongo necesita para reproducirse.

El producto Enlazador X-2 no solo posee los neutralizantes mencionados anteriormente también cobre que gradualmente libera pequeñas cantidades que desplaza a otros minerales esenciales para el desarrollo del tubo germinativo y de toda espora que puede encontrarse sobre la superficie de la planta de café. Al aplicar este tipo de enlazador sobre la hoja, las esporas morirán antes de penetrar los tejidos de la planta. Según la dosis que recomienda la empresa Enlaza, es dependiendo de las condiciones de las áreas que se establece el cultivo de café.

En el estudio fueron evaluado las dosis 2.86 y 8.60 kg/ha, que habitualmente la empresa a recomendado.

c) Identificación de unidad experimental y los tratamientos

En el estudio de campo se utilizaron cuatro ensayos. Cada uno fue evaluado tres productos distintos con tres frecuencias de aplicaciones diferentes en desiguales estados de desarrollo fenológico de café.

La unidad experimental tuvo un área de 384 m² con un distanciamiento entre surco de 1 m y entre planta 0.80 m

A continuación se presenta los tratamientos y el diseño experimental evaluado en plantas de café recepadas y adultas en las dosis de 2.86 y 8.60 kg/ha

- T1. Enlazador Extra con frecuencia aplicación de 10 días.
- T2. Enlazador Extra con frecuencia aplicación de 15 días.
- T3. Enlazador Extra con frecuencia aplicación de 20 días.
- T4. Enlazador con frecuencia aplicación de 10 días.
- T5. Enlazador con frecuencia aplicación de 15 días.
- T6. Enlazador con frecuencia aplicación de 20 días.
- T7. Enlazador X-2 con frecuencia aplicación de 10 días.
- T8. Enlazador X-2 con frecuencia aplicación de 15 días.
- T9. Enlazador X-2 con frecuencia aplicación de 20 días
- T10. Testigo relativo



Figura 49. Diseño experimental designados en los cuatro ensayos para el manejo de la enfermedad ojo de gallo en café en finca Las Nubes.

d) Muestreo y cuantificación de la incidencia de ojo de gallo

Se eligieron 10 plantas para cada tratamiento, después se seleccionó al azar 6 plantas para realizar las cuantificaciones semanales de ojo de gallo identificadas con nylon tres bandolas (bandola alta, bandola media y bandola baja), de manera que se obtuviera un muestro representativo para cada planta. Posteriormente se realizaron las cuantificaciones semanalmente de la incidencia de ojo de gallo para cada ensayo.

Fue calculada la presencia de la enfermedad generalizada en una escala cualitativa expresada en porcentaje, utilizando la siguiente formula:

$$\text{Incidencia} = \frac{\# \text{ de plantas enfermas}}{\text{total de plantas}} \times 100$$

3.4.1.4 Resultados y discusión

A continuación se presentan las gráficas del comportamiento de la enfermedad ojo de gallo de octubre 2011 a agosto 2012 para cada ensayo, al evaluar tres diferentes productos aplicados en tres frecuencias en las dosis 2.86 y 8.60 kg/ha

a) Ensayo I: Dosis 2.86 kg/ha

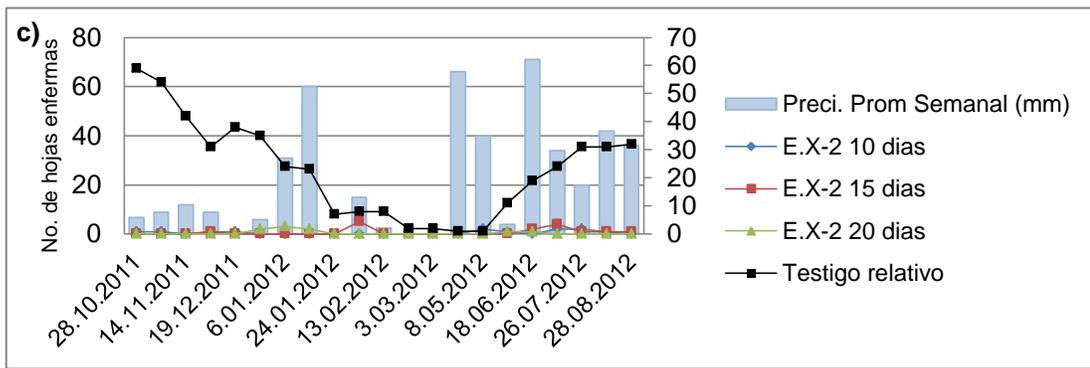
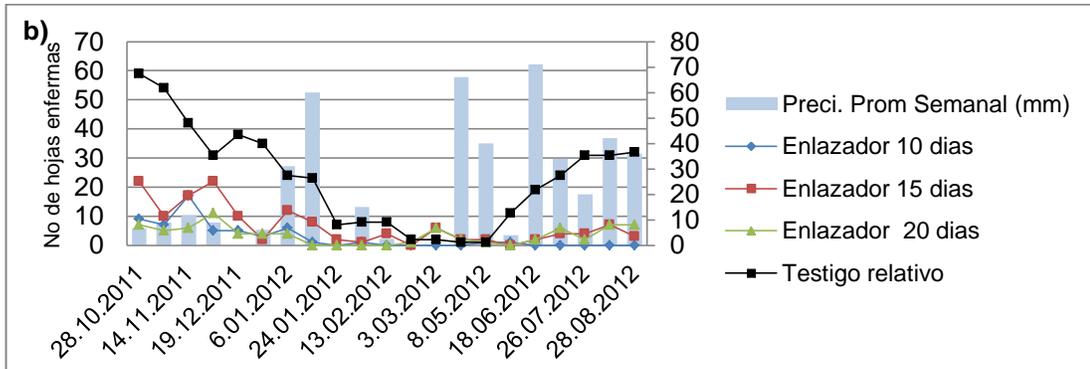
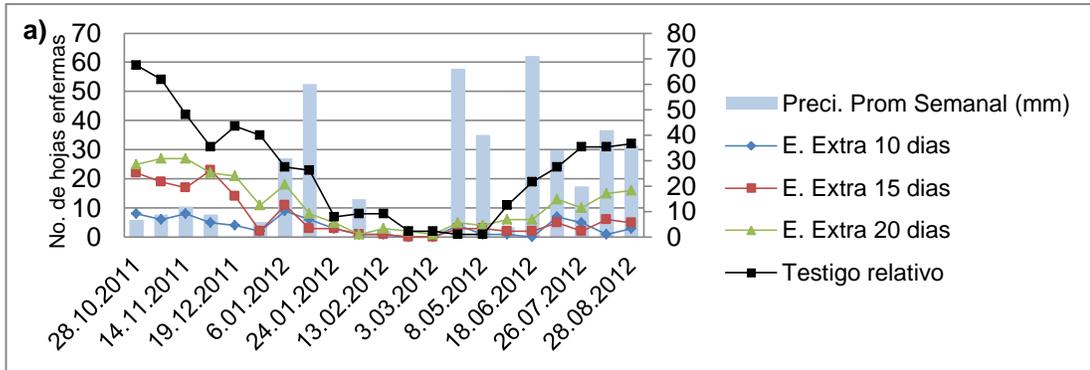


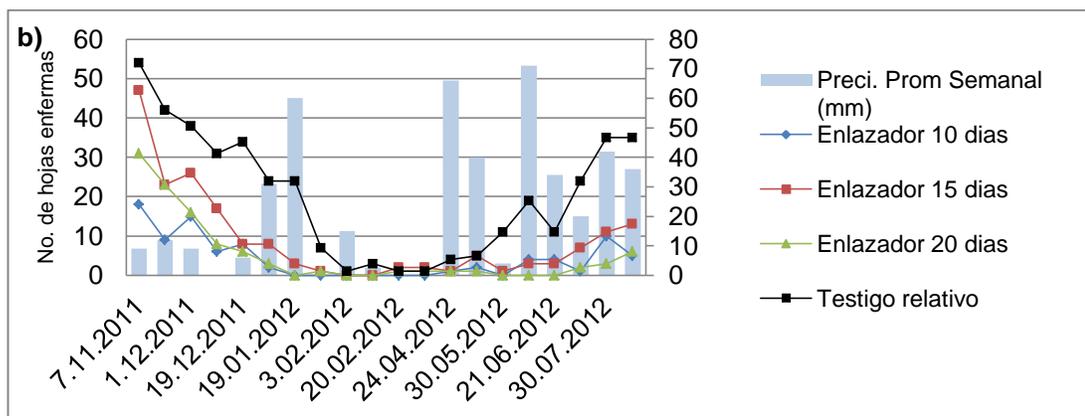
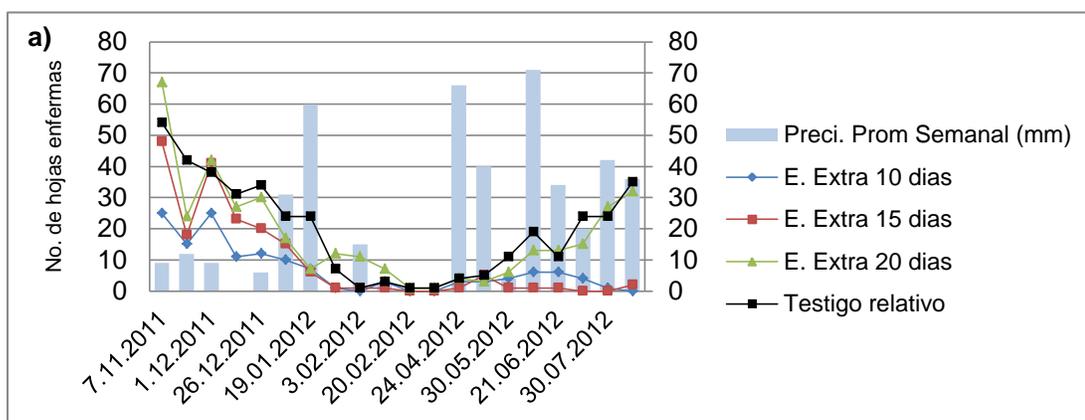
Figura 50. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café recepadas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.

Los mejores tratamientos fueron tomados con el menor número de hojas enfermas, en la figura 50, la figura a) se observa que la enfermedad se redujo efectivamente en comparación al testigo relativo cuando fue aplicado el Enlazador Extra a cada 10 y 15 días. Con el producto Enlazador en la figura b), la curva de la enfermedad también se redujo, llegando a obtener 0 hojas enfermas al ser utilizado el producto a cada 10 días.

En la figura c), se aprecia que al momento de iniciar el experimento no se presentó incidencia de ojo de gallo. El efecto del Enlazador X-2 fue eficiente en las tres frecuencias de aplicaciones y durante su monitoreo no hubo desarrollo de la enfermedad en la época lluviosa, mostrando que el efecto característico del fungicida no solo es curativo sino también preventivo al momento en que el hongo quiso desarrollarse e introducirse en alguna parte aérea de la planta.

En las tres gráficas de la figura 50, se determina que el testigo relativo fue disminuyendo en el mes de febrero. Al momento de iniciarse las primeras lluvias en el mes de mayo, la epidemia de la enfermedad se fue acrecentando.

b) Ensayo II : Dosis 8.59kg/ha



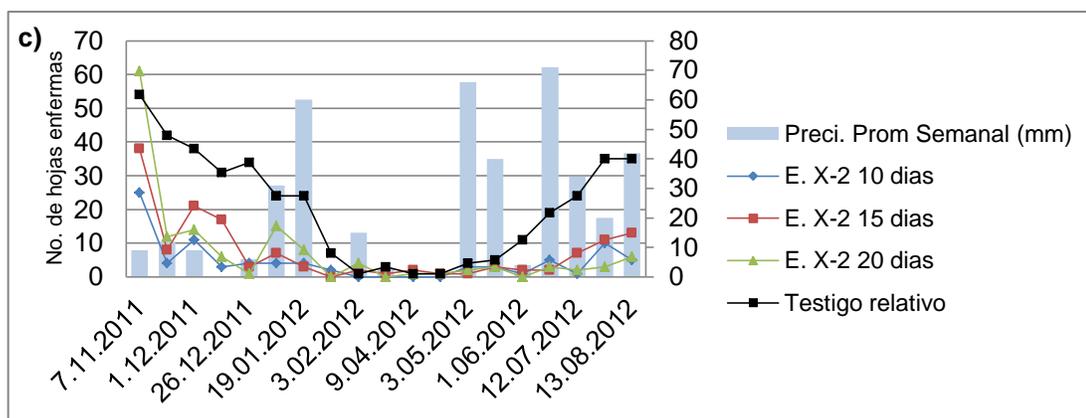


Figura 51. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café recepadas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.

En el ensayo II, en la primera semana se observó alta incidencia de la enfermedad en comparación al ensayo I, la razón es que las plantaciones presentaban mayores defoliaciones y la epidemia de la enfermedad surgía de algunas hojas nuevas y viejas. En este ensayo se evaluaron las mismas variables al ensayo anterior utilizando la dosis de 8.59 kg/ ha.

En la figura 51, las curvas de la enfermedad de la gráfica a) se redujo al aplicar a cada 10 y 15 días. Cuando fue aplicado a cada 20 días, el comportamiento de la enfermedad presentó similitud al testigo señalando que no hubo efecto en la enfermedad.

En la gráfica b), cuando se utilizó el Enlazador, el efecto en contra de la enfermedad fue mejor cuando se empleó a cada 10 y 20 días, logrando obtener 6 hojas enfermas al finalizar el estudio. Así de la misma manera ocurrió con el producto Enlazador X-2 en la gráfica c).

En este ensayo la curva de la enfermedad de testigo tuvo similitud al ensayo II, donde el testigo relativo disminuyó en el mes de febrero y fue ascendiendo el hongo a partir del mes de abril.

c) Ensayo III: Dosis 2.86 kg/ha

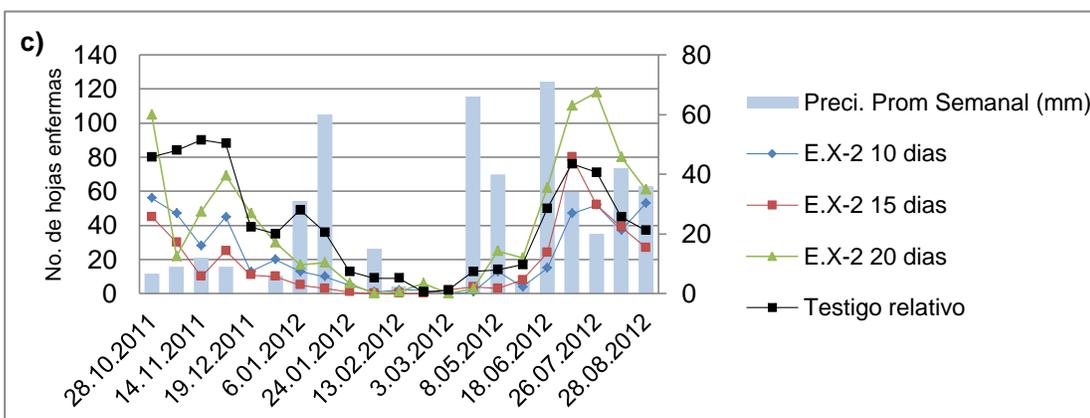
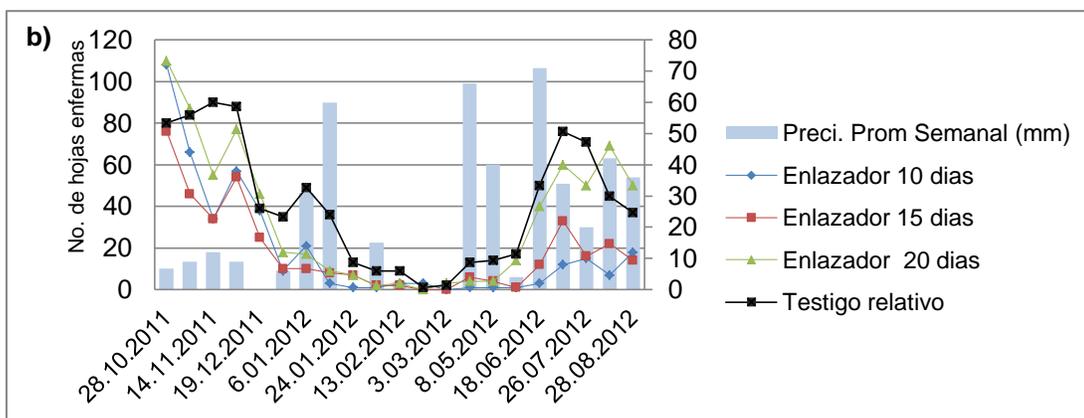
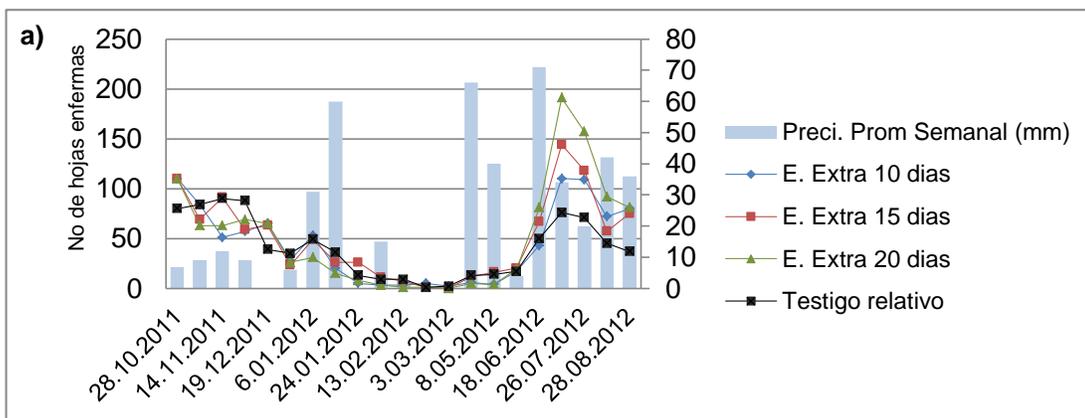


Figura 52. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café adultas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.

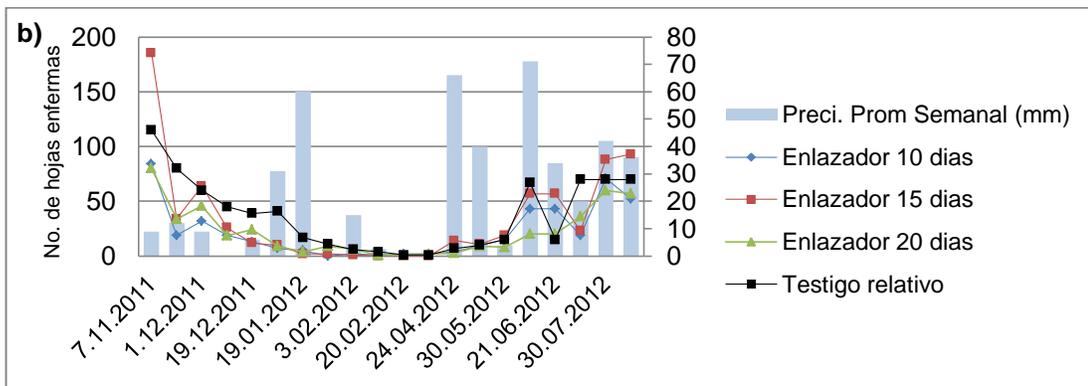
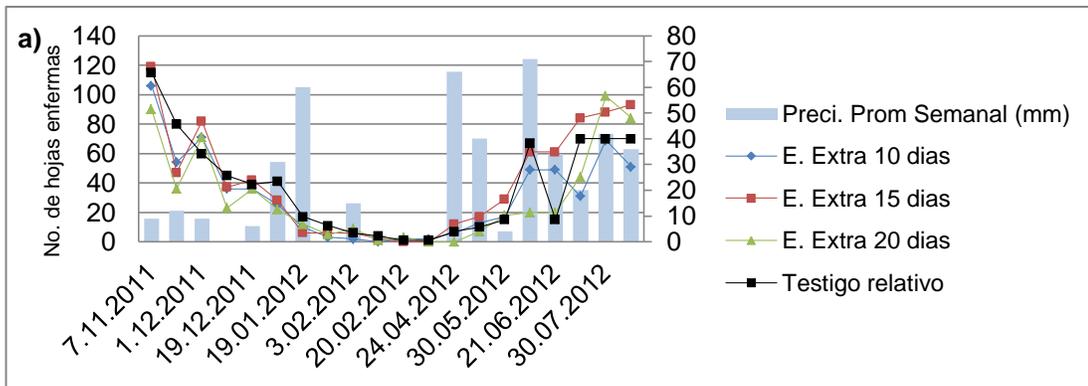
En este ensayo, fueron evaluados los mismos factores (productos y frecuencias de aplicaciones) pero en plantas de café adultas.

Los resultados del comportamiento de la enfermedad en la gráfica a) de la figura 52 se considera que no hubo un efecto positivo en ninguna de las aplicaciones realizadas en contra de la enfermedad ojo de gallo con el producto Enlazador Extra.

En la gráfica b), cuando fue empleado el producto Enlazador, se consiguió mejor efecto al aplicarse a cada 10 y 15 días. Con relación al Enlazador X-2 de la gráfica c), el mejor efecto fue cuando se aplicó cada 15 días logrando al finalizar el estudio 27 hojas enfermas.

El comportamiento del testigo fue de forma descendiente al disminuir las lluvias en el mes de diciembre, no obstante la curva ascendió nuevamente al presentar las primeras precipitaciones en el mes de mayo.

d) Ensayo IV : Dosis 8.59kg/ha



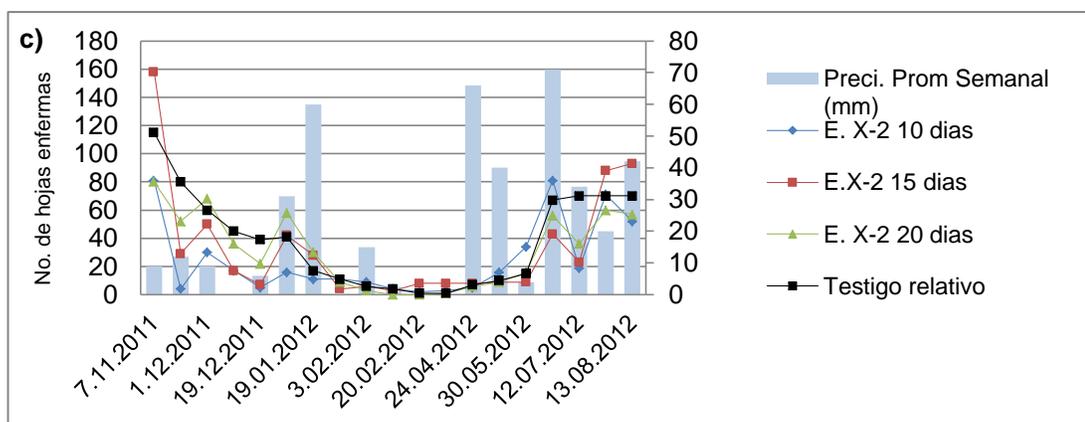


Figura 53. Curva de la enfermedad ojo de gallo en plantas de café adultas aplicadas en tres frecuencias de aplicaciones con tres productos diferentes en finca Las Nubes: a) Enlazador Extra, b) Enlazador y c) Enlazador X-2.

Por lógica en el ensayo IV, se tenía en espera un mejor manejo de la enfermedad en comparación al ensayo anterior al ser incrementada la dosis, pero como se puede apreciar la curva de la enfermedad fue incrementándose al iniciar la época lluviosa. En la gráfica a) de la figura 53, el mejor efecto del Enlazador Extra fue cuando fue empleada la máxima frecuencia de aplicación. El comportamiento del testigo en este ensayo fue aún mejor que cuando se aplicó a cada 15 y 20 días.

Con el producto Enlazador el efecto de la enfermedad tuvo como diferencia de 13 hojas enfermas entre las frecuencias a cada 10 y 20 días y el testigo, así mismo ocurrió con el Enlazador X-2 en la gráfica c).

Para discutir lo ocurrido en los cuatro ensayos, existen varias razones con respecto a este efecto, y es que puede deberse a que al aumentar las frecuencias y la dosis no se reduce la enfermedad en un 100%, el origen de la incidencia de otras enfermedades observadas como Antracnosis y Phoma provocaron también daños en las hojas durante el período de las lluvias. Igualmente influyó principalmente el retraso y la irresponsabilidad de la entrega de los productos Enlazadores por parte de la empresa encargada. Lo que condujo al incumplimiento del cronograma de aplicaciones correspondiente durante el tiempo en que duró el estudio en la finca.

En las primeras cuantificaciones de la enfermedad de los ensayos I y II, se encontró entre un 40% y 47% de incidencia de ojo de gallo. En el invierno 2012 se hizo el mismo conteo en los mismos ensayos para establecer una comparación entre los inviernos de los años 2011 y 2012. El resultado fue que en el año 2012 hubo una incidencia entre el 28% y 30%. Así mismo, se procedió al mismo cálculo en los ensayos III y IV, en el que el promedio de incidencia en el primer año fue de 90% al 93%, mientras que en el siguiente año fue del 38%.

La explicación de lo anteriormente mencionado fue que en el año 2011, la epidemia de la enfermedad fue mayor, a raíz de las precipitaciones intensas provocadas por la depresión 12E en el Pacífico. Las precipitaciones de ese mismo año llegaron a ser aproximadamente los 5,000 mm, dando como resultado una fuerte epidemia de la enfermedad a causa de su sobrevivencia, reproducción y desarrollo.

Es importante mencionar que el área donde se establecieron los experimentos, fue un área donde se manejaba poda de ciclo 2 de 6 surcos. Juntamente con este manejo y los productos Enlazadores, utilizados en diferentes frecuencias de aplicaciones, se descubrió la efectividad en el café con respecto al manejo del hongo. Esto se debió a la entrada de luz que redujo la humedad entre los surcos de los cafetales.

En la mayoría de las gráficas de los ensayos evaluados, la enfermedad tuvo un comportamiento con bastante similitud ya que la curva de la enfermedad mostró un descenso en el mes de enero, donde las lluvias disminuyeron y la duración de luz aumento.

En los meses de abril y mayo del año 2012, iniciaron las precipitaciones y la enfermedad principio a incrementar su reproducción, originando nuevos daños en algunas hojas viejas, hojas nuevas, en tallos y frutos de café.

En la época seca del año 2012 entre los meses de febrero a abril, no se observó la emisión de gemas ni la caída de hojas debido a que no es un ambiente favorable para el desarrollo de la epidemia, además varias plantas de café fueron recuperando su follaje, a causa de las defoliaciones severas que se produjo en la época lluviosa del año 2011.

Sin embargo en las áreas de los ensayos en los monitores en la época seca, se observó el inóculo primario, ya que durante la mañana las plantaciones de café recibían radiación solar hasta las 9 am dando como resultado un mojado foliar prolongado, que fue favorable para el hongo accediendo a su sobrevivencia de un año a otro.

3.4.1.5 Conclusiones

- Con los ensayos realizados, se evaluó el manejo de la enfermedad en plantas de café recepadas, consiguiendo tener un efecto positivo en los tres productos fungicidas, gracias a las prácticas agrícolas que beneficia el ingreso de luz que beneficia de gran manera en la disminución del desarrollo y sobrevivencia del hongo en la época lluviosa.
- El mejor efecto para el manejo del ojo de gallo en las plantas de café recepadas, fue utilizando la dosis de 2.86kg/ha con el Enlazador X-2 aplicado a cada 10 días. Este producto tuvo carácter preventivo actuando contra el ataque del ojo de gallo a lo largo del tiempo bajo las condiciones de lluvias intensas. En la dosis de 8.59kg/ha en plantas de café recepadas, el mejor efecto del Enlazador Extra fue cuando se aplicó a cada 10 y 15 días. Mientras que el mejor efecto que tuvo para los productos Enlazador y Enlazador X-2 fue cuando se utilizaron a cada 10 y 20 días.
- El efecto superior en contra de la enfermedad en el ensayo III fue únicamente en los productos Enlazador al ser utilizado a cada 10 y 15 días y en el Enlazador X-2 con la frecuencia de aplicación a cada 15 días. Al evaluar el aumento de la dosis de estos productos en plantas adultas de café en el ensayo IV, no alcanzo el efecto positivo como se esperaba, ya que los tres productos Enlazadores presentaron similitud al testigo relativo con la mínima diferencia de hojas enfermas.

3.4.1.6 Recomendaciones

En general la finca realizaba aplicaciones con el producto Enlazador en la dosis de 8.59kg/ha durante la época de lluvia en todas las plantaciones de café. Sin duda puede resultar efectivo si se utilizada a cada 10 o 20 días pero no se emplea ninguno programa de aplicación con este producto en la finca. Además de seguir con la frecuencia de aplicación a cada 10 días no sería posible en la finca, principalmente porque no daría tiempo en cubrir toda el área afectada por la enfermedad en la época lluviosa, y no se daría abasto con el equipo y el personal para las aplicaciones.

Como medida preventiva se deberá contemplar en la finca programas integrados y aplicaciones de productos sistémicos antes de la época lluviosa

3.4.1.7 Constancias



Figura 54 . Daños y ataques severos de ojo de gallo ocasionada por *Mycena citricolor* L. en café en finca Las Nubes a) tallo, b) Frutos, c) Hoja.



Figura 55. Condiciones favorables para la sobrevivencia y el desarrollo del ojo de gallo en café en finca Las Nubes.



Figura 56. Aplicaciones de Enlazadores para el manejo de ojo de gallo en café en finca Las Nubes.

3.4.2 Clasificación y cuantificación de frutos de café en finca Las Nubes

3.4.2.1 Definición del problema

La etapa de corte o cosecha de café se procede cuando la cáscara del fruto ha tomado color de cereza. La recolecta se inicia en el mes de septiembre y es considerada una tarea delicada, por cuanto se debe tener cuidado de no dañar hojas, botones o cortar frutos inmaduros, pues existe diferencia significativa en la calidad de la bebida del café donde puede ser alterada si el café se beneficia cuando este verde, completamente maduro o sobre-maduro.

Los cortadores de café se distribuyen en los diferentes lotes de la finca y se han observado en el beneficio frutos en distintas condiciones como maduro buenos, vanos, verdes, fermentados y secos o enfermos

Por esa razón se toma un muestreo representativo de cada lote para la identificación de la calidad de café. Esta clasificación de los frutos fueron determinados por una escala establecida en la finca que se enfoca de acuerdo a las condiciones físicas que se encuentran el fruto al momento de llegar al beneficio.

3.4.2.2 Objetivos específicos

- Realizar la clasificación de la calidad de café durante la cosecha del año 2011.
- Identificar y conocer la clasificación de calidad de frutos de café que establece finca Las Nubes.
- Determinar la calidad de café cortado de acuerdo al muestreo de cada lote.
- Determinar si existe algún efecto al procesar frutos defectuosos de café en el beneficiado húmedo.

3.4.2.3 Metodología

Se tomó una muestra de café en cereza de cada lote en el beneficio antes de ingresar a los tanques de agua limpia. El muestreo se realizó en forma aleatorio de forma representativa para cada lote en donde fue recibido diariamente durante la cosecha. Luego se procedió a pesar una libra de café en cereza de la muestra recolectada y teniendo la libra de café fue depositado en un recipiente con una capacidad de dos litros de agua y se colocó un litro y medio de agua limpia.

Después se dejó reposar un minuto para que se asentaran las cerezas y se pudieran clasificar. Las cerezas con poco peso subieron a la superficie y las cerezas sanas quedaron al fondo. Rápidamente se extrajeron del depósito y se clasificaron y cuantificaron de acuerdo al cuadro 13 en una mesa clasificadora de café.

a) Escala de clasificación de calidad de café en cereza

La clasificación de calidad de café que establece la finca fue:

- **Maduro bueno:** caracterizado por ser un fruto sin daños y deformaciones por plagas, enfermedades, ni desbalance de nutrientes y la uniformidad de su color rojo indica maduración en forma natural y en su punto.
- **Camagüe:** se caracteriza por ser una cereza que no se maduró totalmente. En general son frutos semimaduros y pueden llamarse vanos o sacanes.
- **Secos o enfermos:** son frutos atacados por enfermedades fungosas como koleroga, antracnosis u ojo de gallo así como la deficiencia nutricional interviene dando como resultado un grano negro.
- **Sobremaduros:** también son llamados fermentos, se produce una mancha en el grano y existe una fermentación dispareja, con la consecuencia de un grano defectuoso.

Cuadro 13. Clasificación de frutos de café de finca Las Nubes

			
<p>Maduro bueno</p>	<p>Semimaduro o Camagüe</p>	<p>Secos o enfermos</p>	<p>Sobremaduros o fermentados</p>

3.4.2.4 Resultados

A continuación se presentan las gráficas en columnas agrupadas de la clasificación de los frutos de café de algunos lotes establecidos en finca Las Nubes durante la cosecha 2011.

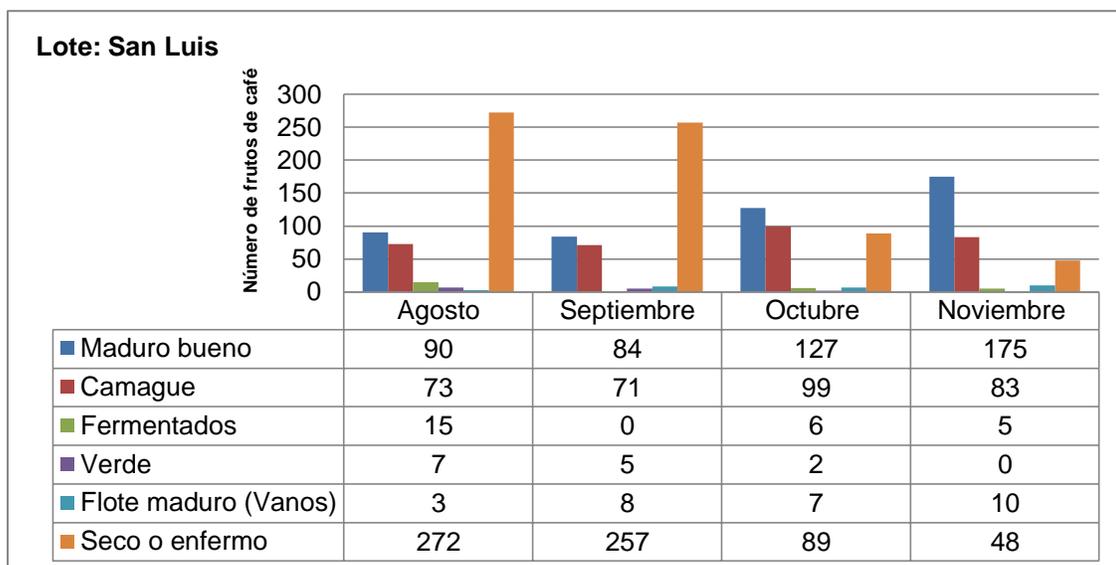


Figura 57. Clasificación y cuantificación de frutos de café de agosto a noviembre 2011 del lote San Luis en finca Las Nubes.

Cuadro 14. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote San Luis en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	476	30.99
Camagüe	326	21.22
Fermentos	26	1.69
Verde	14	0.91
Flotes maduro (Vanos)	28	1.82
Secos o enfermos	666	43.36
Total	1536	100.00

Durante los meses de agosto y septiembre en lote San Luis, hubo mayor ingreso de frutos secos o enfermos al beneficio pero se redujo a partir del mes de octubre. Los resultados más altos expresados en porcentajes fue del 43.36% para los secos o enfermos y del 30.99% para los frutos maduros buenos.

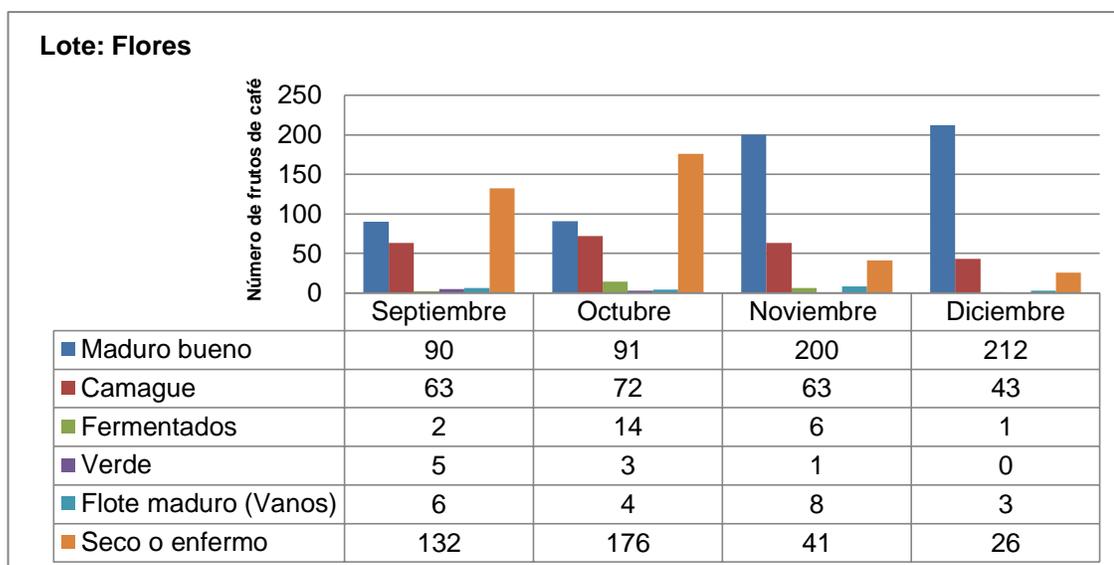


Figura 58. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a diciembre 2011 del lote Flores en finca Las Nubes.

Cuadro 15. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Flores en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	593	46.99
Camagüe	241	19.10
Fermentos	23	1.82
Verde	9	0.71
Flotes maduro (Vanos)	21	1.66
Secos o enfermos	375	29.71
Total	1262	100.00

En el lote Flores, el ingreso de los frutos secos o enfermos fue bastante parecido al lote San Luis. En los meses de noviembre y diciembre el ingreso de frutos maduros buenos aumentó relativamente. El registro del ingreso total de frutos maduros buenos a lo largo de los meses fue del 46.99%, luego fueron los frutos secos o enfermos con el 29.71%.

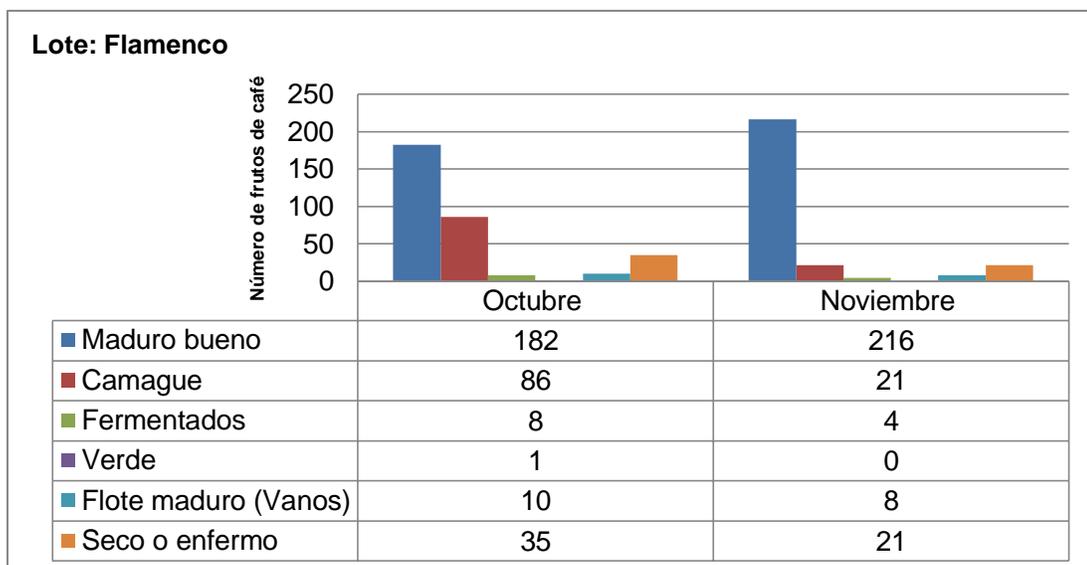


Figura 59. Clasificación y cuantificación de frutos de café de octubre a noviembre 2011 del lote Flamenco en finca Las Nubes

Cuadro 16. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Flamenco en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	398	67.23
Camagüe	107	18.07
Fermentos	12	2.03
Verde	1	0.17
Flotes maduro (Vanos)	18	3.04
Secos o enfermos	56	9.46
Total	592	100.00

En el lote Flamenco, solo se obtuvo el conteo de dos meses: octubre y noviembre. En estos meses sobresalió el número de frutos de café maduros buenos en relación a las otras clasificaciones de frutos que se caracterizan por ser defectuosos.

El registro del ingreso total de frutos maduros buenos expresado en porcentaje a lo largo de los meses fue del 67.23%, seguido de camagües con el 18.07% y los secos o enfermos del 9.46%.

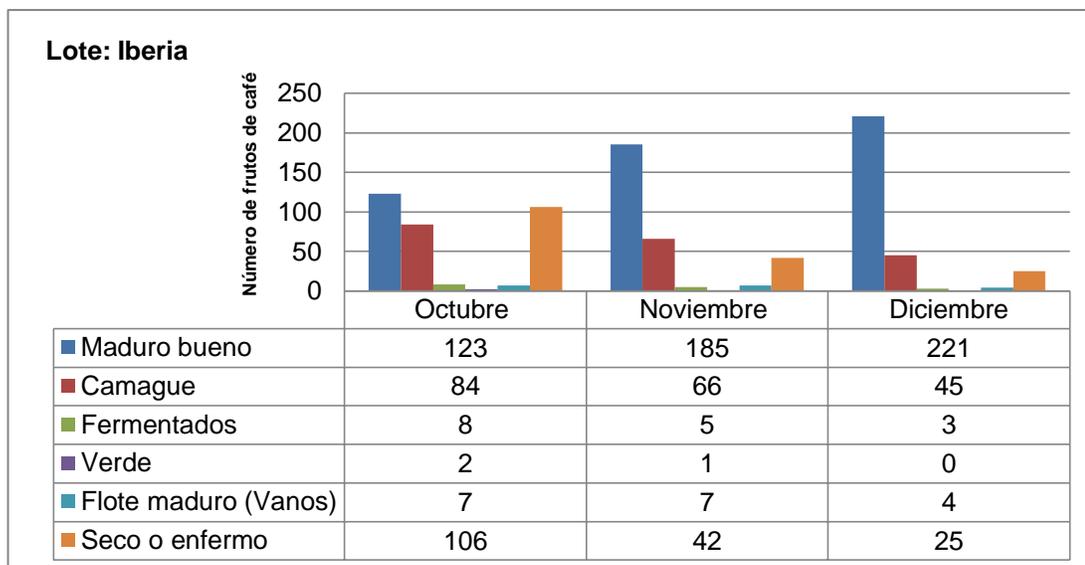


Figura 60. Clasificación y cuantificación de frutos de café de octubre a diciembre 2011 del lote Iberia en finca Las Nubes.

Cuadro 17. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Iberia en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	529	56.64
Camagüe	195	20.88
Fermentos	16	1.71
Verde	3	0.32
Flotes maduro (Vanos)	18	1.93
Secos o enfermos	173	18.52
Total	934	100

En el lote Iberia, se obtuvieron registros de los meses de octubre a diciembre. En estos dos meses el ingreso de frutos maduros buenos al beneficio fue en forma ascendente.

El registro del ingreso total de fruto maduro bueno fue del 56.64%, seguido de los camagües con el 20.88% mientras que los frutos secos o enfermos fue del 18.52%.

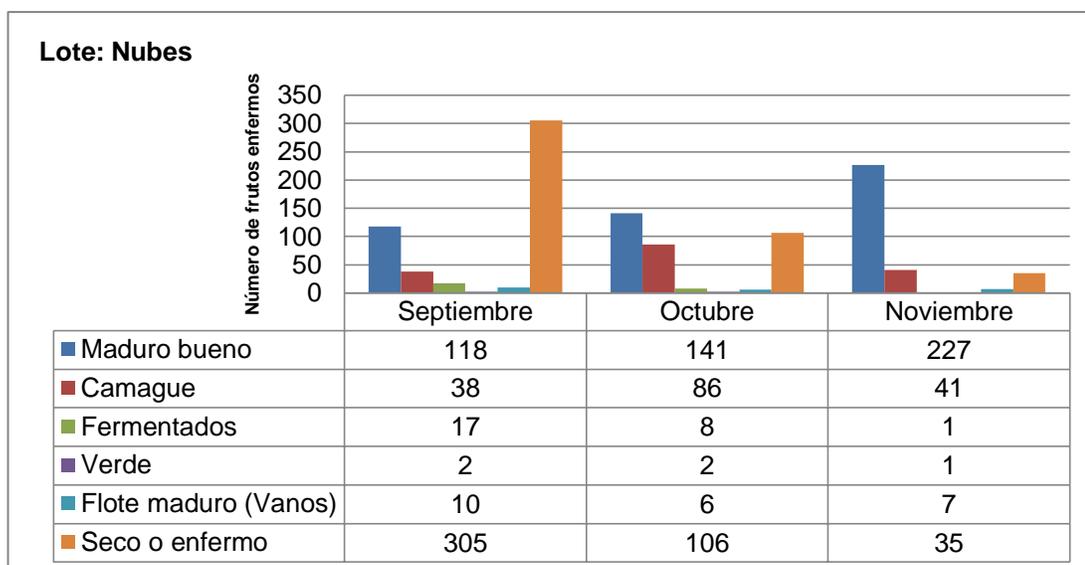


Figura 61. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a noviembre 2011 del lote Nubes en finca Las Nubes.

Cuadro 18. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Nubes en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	486	42.22
Camague	165	14.34
Fermentos	26	2.26
Verde	5	0.43
Flotes maduro (Vanos)	23	2.00
Secos o enfermos	446	38.75
Total	1151	100.00

En el lote Nubes, se logró tener registros a partir del mes de septiembre al mes de noviembre, reconociendo que estos meses tuvo un ingreso mayor pero no considerable de frutos maduros buenos. En el mes de septiembre aumentó el ingreso de frutos secos o enfermos y disminuyó a partir del mes de octubre. El ingreso total de fruto maduro bueno expresado en porcentaje fue del 42.22%, seguido de frutos secos o enfermos del 38.75%. El valor del porcentaje de los secos o enfermos fue alto debido a lo sucedido del mes de septiembre.

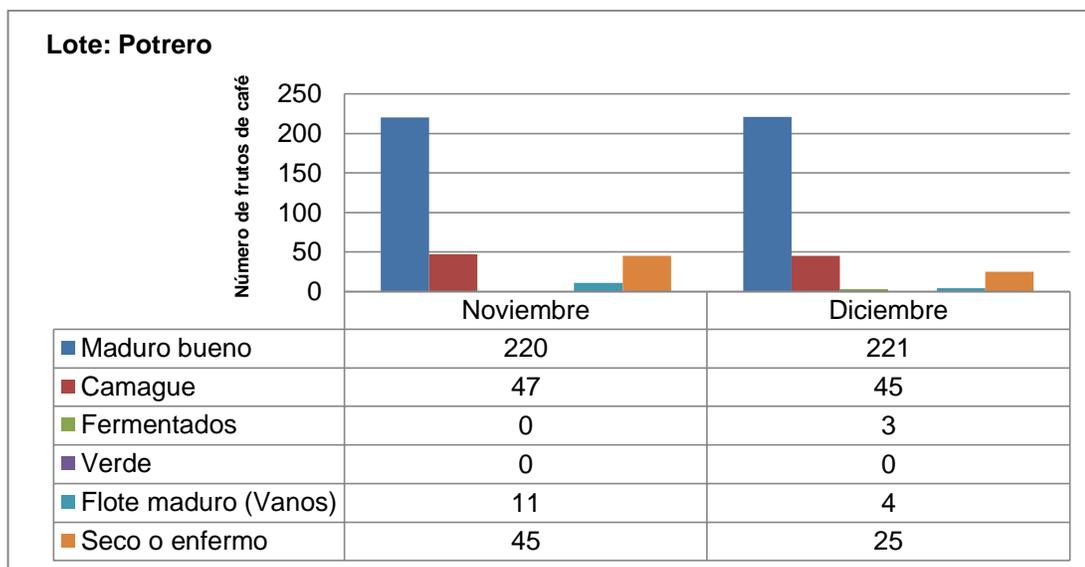


Figura 62. Clasificación y cuantificación de frutos de café de noviembre a diciembre 2011 del lote Potrero en finca Las Nubes.

Cuadro 19. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Potrero en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	441	71.01
Camagüe	92	14.81
Fermentos	3	0.48
Verde	0	0.00
Flotes maduro (Vanos)	15	2.42
Secos o enfermos	70	11.27
Total	621	100.00

En el lote Potrero, se tuvieron datos de los muestreos realizados de los meses de noviembre y diciembre. En ambos meses hubo buen ingreso de frutos maduros buenos al beneficio, en donde el registro del ingreso total expresado en porcentaje fue del 71.01% y luego fueron los camagües con el 14.81%.

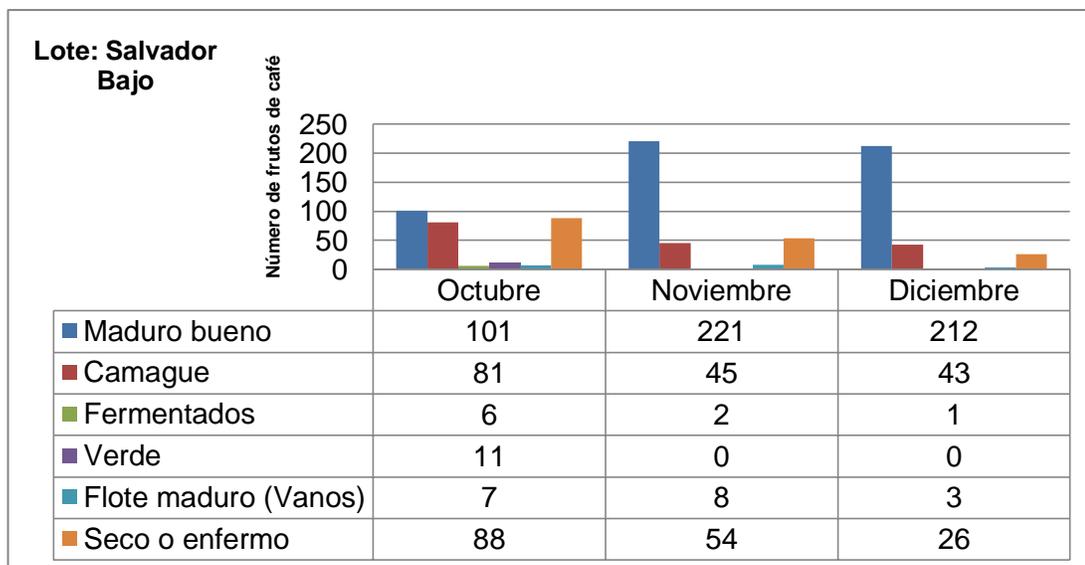


Figura 63. Clasificación y cuantificación de frutos de café de octubre a diciembre 2011 del lote Salvador Bajo en finca Las Nubes.

Cuadro 20. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Salvador Bajo en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	534	58.75
Camagüe	169	18.59
Fermentos	9	0.99
Verde	11	1.21
Flotes maduro (Vanos)	18	1.98
Secos o enfermos	168	18.48
Total	909	100.00

En el lote Salvador Bajo, se obtuvieron muestreos de los meses de octubre a diciembre. En cada uno de los meses alcanzó un ingreso alto de frutos maduros buenos.

El registro del ingreso total de los frutos maduros buenos expresado en porcentaje fue del 58.75%, luego fueron los frutos secos o enfermos y camagües, donde tuvieron semejanza en los porcentajes del 18.60%.

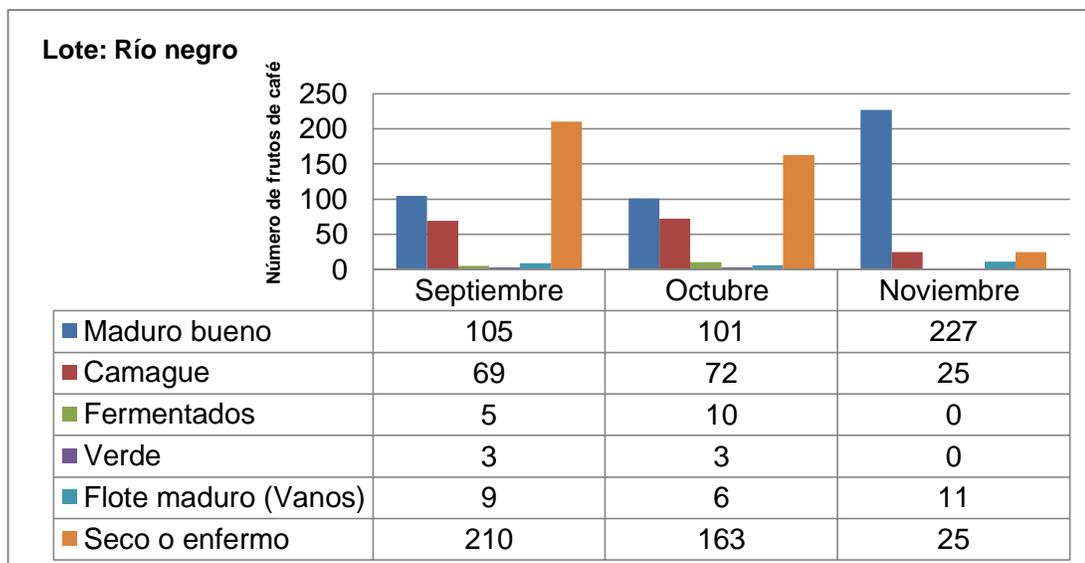


Figura 64. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a noviembre 2011 del lote Río Negro en finca Las Nubes.

Cuadro 21. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote Río Negro en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	433	41.48
Camague	166	15.90
Fermentos	15	1.44
Verde	6	0.57
Flotes maduro (Vanos)	26	2.49
Secos o enfermos	398	38.12
Total	1044	100.00

En el lote Río Negro, se alcanzó datos de los muestreos a partir del mes de septiembre hasta el mes de noviembre. En los dos primeros meses hubo mayor ingreso de frutos secos o enfermos, pero a partir del tercer mes se inició el ingreso de frutos maduros buenos.

A pesar de lo mencionado anteriormente, el porcentaje más alto lo tuvo los frutos maduros buenos con el 41.48%, gracias al ingreso alto que se produjo en el mes de noviembre. Después lo consiguió la clasificación de frutos secos o enfermos con el 38.12%.

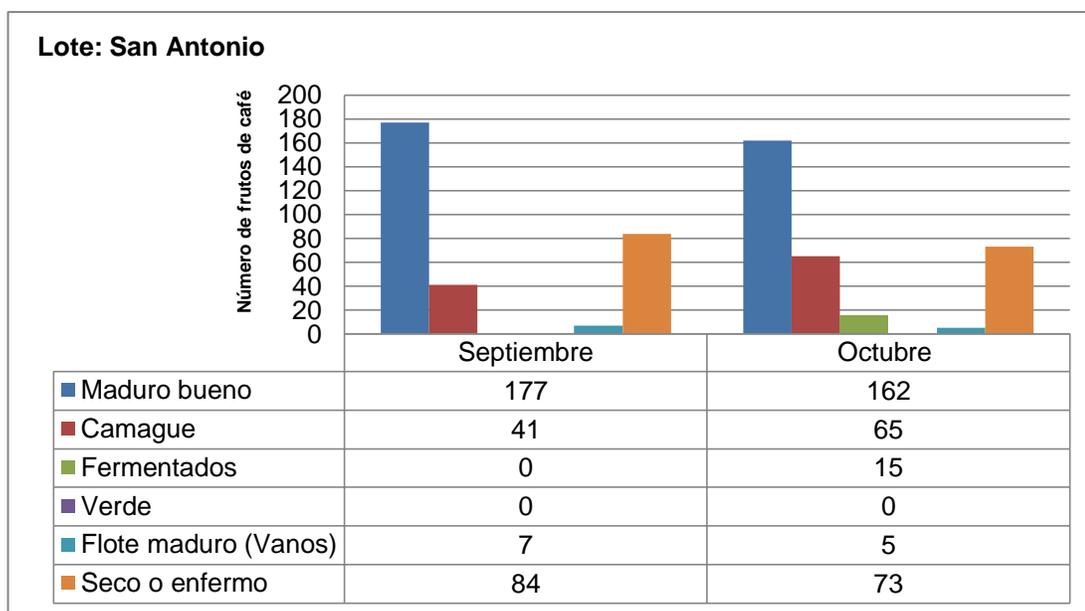


Figura 65. Clasificación y cuantificación de frutos de café de septiembre a octubre 2011 del lote San Antonio en finca Las Nubes.

Cuadro 22. Clasificación de frutos de café expresado en porcentajes del lote San Antonio en finca Las Nubes.

Clasificación	Total de frutos	%
Maduro Bueno	339	53.90
Camague	106	16.85
Fermentos	15	2.38
Verde	0	0.00
Flotes maduro (Vanos)	12	1.91
Secos o enfermos	157	24.96
Total	629	100.00

En el lote San Antonio se obtuvo solamente dos registros de los meses de septiembre y octubre. En cada mes tuvo mayor ingreso los frutos maduros buenos que representaron el 53.90%.

El grado de maduración del café en finca Las Nubes es uno de los factores que más influye en la calidad de la cosecha, en el rendimiento, en el beneficiado y en la calidad de la bebida en taza.

El inicio de la madurez del café en el año 2011, dió inicio en el mes de agosto en el área más baja de la finca (lote San Luis), las condiciones de maduración del café en ese lugar es desuniforme, y es así como en una misma rama se observan frutos en diferentes estados de desarrollo y en varios grados de madurez, razón por la cual es necesario realizar varias recolecciones de frutos en los mismos lotes. Esta desuniformidad de maduración está vinculada por varios factores entre ellos el crecimiento de la planta influenciado por las condiciones climáticas, la nutrición, la edad y el manejo en dicho lugar.

Es habitual que en todos los años la cosecha en la finca se extienda hasta en el mes de marzo, pero no se logró hacer la clasificación y cuantificación hasta ese mes, concluyéndose esta práctica en diciembre 2011.

Posteriormente en la finca, la cosecha se alarga y se llega a los cortes finales en el mes de marzo. En estas fechas se realiza un corte parejo, debido a que los cortadores empiezan a ausentarse por la escasez de los frutos.

Durante las cosechas de algunos lotes, se logró realizar los muestreos en el beneficio de la finca, luego fueron analizados en gráficas de barras agrupadas en los meses que fueron recolectados y también expresados en porcentajes.

En general, los resultados de las gráficas y porcentajes, mostraron que en el mes de agosto, septiembre e inicios de octubre del 2011, el conteo de frutos enfermos o secos aumentó en relación al número de frutos maduros buenos, porque en el mes de septiembre las precipitaciones se intensificaron por la depresión 12E en el Pacífico presentándose enfermedades fungosas en los cafetales.

En esa época fueron identificadas las enfermedades como el mal de hilachas (*Pellicularia Koleroga*), antracnosis (*Colletotrichum gloesporoides*) y ojo de gallo (*Mycena citricolor* L.) estas enfermedades fueron en su mayoría los orígenes de los daños en los frutos de café en el campo.

En el mes noviembre, las lluvias fueron disminuyendo, permitiendo para algunos lotes acrecentar el ingreso del café maduro bueno durante su corte, manifestado en los lotes: Flores, Flamenco, Iberia, Nubes, Potrero, Salvador bajo y Río Negro.

Los frutos que fueron identificadas como Camagües alcanzaron un promedio del 18% en general. Los demás porcentajes de las otras clasificaciones de frutos de café como: fermentos, verdes o vanos fueron bajos.

Los granos de todos los frutos imperfectos, se caracteriza por ser defectuoso y cierta cantidad de estos, provocan una taza o bebida defectuosa, ya que estos granos pueden alterar el sabor característico del café, estimulando su calidad. Por lo que estos se clasifican como de segunda o tercera clase y se comercializan en el mercado local debido a que no es adecuada su exportación por ejercer un impacto económico a la finca.

Cada uno de estos tipos de frutos posee características físicas y químicas específicas, que determinan la cantidad y calidad del producto obtenido durante los procesos de beneficio.

El proceso de beneficiado húmedo dificulta procesar frutos imperfectos, no solo porque altera la calidad del producto final sino que además presenta una alteración significativa en cuanto a la conversión de fruto maduro a pergamino seco, con la consecuencia de pérdida significativa de peso en relación con el peso del fruto maduro. También para que el proceso de despulpado sea eficiente, es necesaria la acción lubricante de la miel que contiene el fruto maduro, por lo que frutos no maduros o dañados afectan dicho proceso y como se mencionó anteriormente alteran la calidad del producto final.

3.4.2.5 Conclusiones

- La ejecución del muestreo representativo de cada lote durante la cosecha de café en finca Las Nubes, es para la identificación del corte del fruto de café al entrar al beneficio y puede ser utilizado para hacer comparaciones de cosechas de años anteriores. La clasificación de fruto se determinada por una escala establecida por la finca que fue enfocada de acuerdo a las condiciones que se encontraba los frutos.
- Fueron reconocidos cuatro diferentes frutos de café durante la cosecha en el cual fueron maduro bueno, camagüe, secos o enfermos y sobre maduros o fermentados.
- Las altas precipitaciones en el mes de septiembre a causa de una depresión tropical, aumentó la incidencia de enfermedades fungosas que afectaron al fruto de café, considerando que esta fue la principal causa del ingreso de frutos de cafés secos o enfermos al beneficiado con porcentajes de 38 y 43% en su totalidad.

Al finalizar las lluvias, se comprobó que el ingreso de frutos maduro bueno aumentó en el beneficio en los meses octubre, noviembre y diciembre 2011. Los frutos que fueron clasificados como Camagüe presentaron el 18% en cada lote, este defecto se debe principalmente por deficiencia nutricional en la planta mientras que los frutos que fueron clasificados como verdes, fermentos y vanos fueron de bajo porcentaje durante el ingreso al beneficio.

- Muchos de estos frutos defectuosos resulta ser difíciles de despulpador, porque al momento de hacerse este procedimiento se necesita la acción lubricante de la miel que contiene el fruto maduro bueno, además la calidad de fruto dependerá del estado del grano.

Los granos de todos los frutos imperfectos, se caracteriza por ser defectuoso y cierta cantidad de estos, provocan una taza o bebida defectuosa, ya que estos granos alteran el sabor característico del café.

3.4.2.6 Constancias

Clasificación de frutos de café en finca las Nubes.			
Fecha:		Fecha:	
Caporal:		Caporal:	
Peso:		Peso:	
Total de Granos:		Total de Granos:	
Granos clasificados		Granos clasificados	
Maduro bueno		Maduro bueno	
Camagua		Camagua	
Seco o enfermos		Seco o enfermos	
Vano maduro		Vano maduro	
Flotes		Flotes	
Fermento		Fermento	
Total de granos		Total de granos	
Granos clasificados		Granos clasificados	
Maduro bueno		Maduro bueno	
Camagua		Camagua	
Seco o enfermos		Seco o enfermos	
Vano maduro		Vano maduro	
Flotes		Flotes	
Fermento		Fermento	
Total de granos		Total de granos	

Figura 66. Boleta utilizada para clasificar y cuantificar los frutos de café en finca Las Nubes.



Figura 67. Mesa utilizada para la cuantificación y clasificación de frutos de café en finca Las Nubes.

3.4.2.7 Bibliografía

1. ANACAFE (Asociación Nacional del Café, GT). 2011. Guía técnica para la prevención del mal de viñas en la región suroriental de Guatemala. Guatemala. 173 p.
2. _____. 2005. Manual del beneficiado húmedo del café. Guatemala. 250 p.
3. _____. 2013. El beneficiado húmedo (en línea). Guatemala. Consultado 13 abr 2013. Disponible en http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Caficultura_BeneficiadoHumedo
4. El Cafetalito.com. 2013. El proceso: la cosecha (en línea). Guatemala. Consultado 12 jun 2013. Disponible en <http://www.elcafetalito.com/proceso.html>
5. Leal Trujillo, SE. 2011. Evaluación de fungicidas químicos y biológicos para el manejo de ojo de gallo ocasionada por *Mycena citricolor* en café (*Coffea arabica*) en finca La Soledad, Acatenango, Chimaltenango. Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 70 p.
6. López Bautista, EA. 2009. Diseño y análisis de experimentos: fundamentos y aplicaciones en agronomía. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 169 p.
7. Pacheco Sapón, ARF. 2012. Epidemiología de la enfermedad ojo de gallo del café (*Coffea arabica*) causada por el hongo *Mycena citricolor* Berk. & Curt. en el área del centro occidental de Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, USAC. 91 p
8. PROMECAFE (Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura, CR). 2010. Guía técnica para el beneficiado del café protegido bajo una indicación geográfica o denominación del origen. Guatemala. 211 p.