

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS
ÁCIDOS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN
MARCOS, GUATEMALA, C.A.**

EDUARDO RAFAEL GARCIA DE LA CRUZ

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS
ÁCIDOS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN
MARCOS, GUATEMALA, C.A.**

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

POR

EDUARDO RAFAEL GARCÍA DE LA CRUZ

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

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

RECTOR

Ing. M.Sc. Murphy Olimpo Paiz Recinos

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL I	Dr. Marvin Roberto Salguero Barahona
VOCAL II	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL III	Ing. Agr. M.A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL IV	P. Agr. Marlon Estuardo Gonzales Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Wladimir Gonzáles Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020

Guatemala noviembre de 2020

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de graduación titulado: **“EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A. ”** como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

EDUARDO RAFAEL GARCÍA DE LA CRUZ

ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS Por ser el pilar de mi vida y darme la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta.

MIS PADRES Manuel García y Berta de la Cruz por el trabajo y sacrificio realizado con amor para formarme como profesional y persona de bien, espero poder devolverles tan noble gesto.

MIS HERMANOS Ana, Oswaldo, Clara y Mario por el apoyo brindado durante toda la vida, y por ser mis compañeros de muchos momentos de alegría, los quiero bastante.

MIS TIOS Y PRIMOS Con mucho cariño por ser parte de este logro, alentándome en todo momento.

MIS ABUELOS Francisco de la Cruz, Florentina Cruz, Marcos García (†) y Clara Pirir (†) por ser los que me inculcaron el amor a la agricultura.

MIS SOBRINOS Diego, Lorein, Jafet, Jazmín y Kimberly por compartir momentos inolvidables con cada uno.

MI NOVIA Ana Victoria por ser la persona que me apoyó en los buenos y malos momentos, siempre confiando en mí y brindándome el amor incondicional para ir por el buen camino, siendo un motivo más para lograr la meta.

MIS AMIGOS Cada uno de los integrantes de El Punto, por compartir buenos momentos a lo largo de nuestra carrera universitaria.

También a mis amigos de siempre en especial a: Antonio Barrios Daniel Martínez, Sara Cruz y Stephanie Cruz.

AGRADECIMIENTOS

A:

MIS ASESORES

Dr. Iván Dimitri Santos y Dr. Adalberto Rodríguez, por su asesoría y colaboración brindada para finalizar el presente trabajo de graduación.

FINCA ORIFLAMA

A los caporales, personal de seguridad, trabajadores de campo y trabajadores de beneficio, que me apoyaron durante todo el proceso de EPS en especial a Obeldo Ángel, Dora Guzman, Carlos Guzman, Oscar Matul, Osias de Leon.

INGENIERO JOSE MARIO RENGIFO GÓMEZ

Por confiar en la educación superior nacional y en mi persona para mejorar las condiciones de finca Oriflama y por enseñarme muchos aspectos de la caficultura y la vida.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
RESUMEN	vii
CAPÍTULO I	1
DIAGNÓSTICO GENERAL DE FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.	1
1.1. INTRODUCCIÓN.....	2
1.2. OBJETIVOS	3
1.2.1. General.....	3
1.2.2. Específicos	3
1.3. MARCO REFERENCIAL	4
1.3.1. Ubicación geográfica	4
1.3.2. Vías de acceso	4
1.3.3. Suelos	4
1.3.4. Zona de vida.....	7
1.4. METODOLOGÍA.....	8
1.5. RESULTADOS	9
1.5.1. Organigrama	9
1.5.2. Superficie total.....	9
1.5.3. Variedades de café cultivadas.....	10
1.5.4. Área del beneficio de café	11
1.5.5. Almácigo.....	13
1.5.6. Medios de comunicación	13
1.5.7. Transporte	14
1.5.8. Equipo	14
1.5.9. Recursos forestales.....	15
1.5.10. Recursos hídricos.....	15
1.5.11. Plagas	16
1.5.11.1. Insectos	16
A. Broca del café (<i>Hypotenemus hampeii</i>).....	16
B. Cochinilla (<i>Dysmicoccus criptus</i>).....	16

	Página
1.5.11.2. Hongos	16
A. Roya (<i>Hemileia vastatrix</i>)	16
B. Ojo de gallo (<i>Mycena citricolor</i>)	17
D. Antracnosis (<i>Colletotrichum sp</i>).....	17
E. Mancha de derrite (<i>Phoma sp.</i>).....	17
1.5.12. Manejo agronómico del café (<i>Coffea arábica</i>).....	17
1.5.12.1. Almácigo.....	17
A. Selección de semilla.....	17
B. Semillero	18
1.5.13. Plantaciones en campo definitivo	18
1.5.13.1. Control de malezas.....	18
1.5.13.2. Manejo de sombra.....	18
1.5.13.3. Manejo de tejido	18
1.5.13.4. Fertilización	19
1.5.13.5. Manejo de plagas	19
1.5.13.6. Manejo de enfermedades.....	19
1.5.14. Problemas encontrados.....	20
1.5.15. Priorización de problemas	20
1.6. CONCLUSIONES.....	23
1.7. BIBLIOGRAFÍA.....	24
CAPÍTULO II	25
EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS, FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.	25
2.1. INTRODUCCIÓN.....	26
2.2. MARCO CONCEPTUAL.....	27
2.2.1. Marco teórico.....	27
2.2.1.1. El cultivo de café	27
2.2.1.2. Clasificación taxonómica	27
2.2.1.3. Densidad de siembra.....	27
2.2.1.4. Suelo	28

2.2.1.5.	Fertilidad.....	28
A.	Deficiencia de nitrógeno	28
B.	Deficiencia de fósforo	28
C.	Deficiencia de potasio	29
2.2.1.6.	Nutrimientos esenciales para la planta.....	29
A.	Macronutrientes primarios	30
B.	Macronutrientes secundarios	30
2.2.1.7.	Micronutrientes	30
2.2.1.8.	Elementos complementarios	30
2.2.1.9.	Textura	32
2.2.1.10.	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	32
2.2.1.11.	Saturación de bases.....	32
2.2.1.12.	pH.....	32
A.	Efectos de un pH ácido en el suelo	34
2.2.1.13.	Acidez del suelo	34
A.	Causas de la acidez del suelo.....	35
2.2.1.14.	Enmiendas	35
2.2.1.15.	Fuentes de enmienda.....	36
2.2.1.16.	Tipos de cal	36
A.	Cal calcita (CaCO_3)	36
B.	Hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	37
C.	Oxido de calcio (CaO)	37
D.	Cal dolomita ($\text{CaCO}_3\text{-MgCO}_3$)	37
2.2.1.17.	Pureza química.....	38
2.2.1.18.	Eficiencia granulométrica (tamaño de partícula)	38
2.2.1.19.	Poder relativo de neutralización total.....	39
2.3.	OBJETIVOS	40
2.3.1.	General.....	40
2.3.2.	Específicos	40
2.4.	HIPÓTESIS	40

	Página
2.5. METODOLOGÍA.....	41
2.5.1. Fase de gabinete.....	41
2.5.1.1. Recopilación y análisis de datos.....	41
2.5.1.2. Elaboración y cálculo de los tratamientos	41
A. Cálculo para el carbonato de calcio.....	42
B. Cálculo para el hidróxido de calcio	42
2.5.1.3. Variedad de café	43
2.5.1.4. Número de plantas por bloque	43
2.5.1.5. Área total del proyecto.....	43
2.5.1.6. Diseño estadístico	44
2.5.1.7. Distribución espacial.....	44
2.5.1.8. Hipótesis estadísticas.....	44
2.5.1.9. Modelo estadístico.....	45
2.5.2. Fase de campo.....	45
2.5.2.1. Establecimiento de los tratamientos	45
2.5.2.2. Aplicación de las formulaciones químicas	45
2.5.2.3. Manejo agronómico del cultivo	46
2.5.2.4. Análisis de la información.....	46
2.5.2.5. Variables de respuesta.....	46
2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
2.7. CONCLUSIONES.....	54
2.8. RECOMENDACIONES	55
3.9. BIBLIOGRAFÍA.....	56
CAPÍTULO III	59
SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS	59
3.1. INTRODUCCIÓN.....	60
3.2. OBJETIVOS	61
3.2.1. General.....	61
3.2.2. Específicos	61

3.3.	SERVICIO UNO: CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE FINCA ORIFLAMA SOBRE “MANEJO ADECUADO DE AGROQUÍMICOS”	61
3.3.1.	Problemática	61
3.3.2.	Objetivos	61
3.3.3.	Metodología.....	62
3.3.3.1.	Demostración en campo.....	63
3.3.4.	Resultados	63
3.3.5.	Evaluación	64
3.4.	SERVICIO DOS: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN.....	64
3.4.1.	Problemática	64
3.4.2.	Objetivo	64
3.4.3.	Metodología.....	64
3.4.4.	Resultados	65
3.4.5.	Evaluación	65
3.5.	SERVICIO TRES: ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS TÉCNICO DE AGROQUÍMICOS UTILIZADOS EN FINCA ORIFLAMA PARA RESPALDO DE AUDITORÍA RAINFOREST ALLIANCE®.....	66
3.5.1.	Problemática	66
3.5.2.	Objetivo	66
3.5.3.	Resultados	66
3.5.3.1.	Justificación producto Diazinon	66
A.	Control de los peligros al utilizar el producto Diazinon	67
3.5.3.2.	Justificación del producto Triadimenol.....	67
A.	Control de los peligros al utilizar el producto Triadimenol	68
3.5.3.3.	Justificación del producto Azoxystrobin	68
A.	Control de los peligros al utilizar el producto Azoxystrobin.....	69
3.5.4.	Evaluación	69
3.6.	ANEXOS	70

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Descripción de las técnicas utilizadas para la recolección de datos en finca.....	8
Figura 2. Imagen satelital de finca Oriflama y los lotes que la conforman.....	10
Figura 3. Plantación de café adulto var. Catimor.....	11
Figura 4. Flujograma del proceso de beneficiado en finca Oriflama.....	12
Figura 5. Plántulas de café en almácigo.	13
Figura 6. Capacitación del manejo adecuado de agroquímicos.	62
Figura 7. Finalización de la charla impartida.	63
Figura 8.A. Hoja de asistencia a capacitación "manejo adecuado de agroquímicos".	70
Figura 9A. Demostración del uso de equipo de protección personal.	71
Figura 10A. Plantilla para mantenimiento de equipo de fumigación.....	72
Figura 11A. Plantilla 2 para registro de mantenimiento equipo de fumigación.	73

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Características químicas de los suelos de finca Oriflama.....	6
Cuadro 2. Características químicas de suelos de finca Oriflama.	6
Cuadro 3. Organigrama de finca Oriflama.....	9
Cuadro 4. Secciones en las que se divide finca Oriflama.	9
Cuadro 5. Ponderación de criterios para determinar la importancia de problemas encontrados en finca Oriflama.....	20
Cuadro 6. Matriz de priorización de problemas.	21
Cuadro 7. Principales problemas encontrados en finca Oriflama.....	22
Cuadro 8. Factores y rangos de las variables edáficas adecuadas para el cultivo de café (Coffea arábica).....	30
Cuadro 9. Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado.....	38
Cuadro 10. Eficiencia granulométrica de la cal con base en el tipo de malla.	39
Cuadro 11. Valores químicos y granulométricos de las distintas fuentes de calcio.....	42
Cuadro 12. Descripción de los tratamientos.....	43
Cuadro 13. Distribución espacial de los tratamientos.....	44
Cuadro 14. Dosis por planta según la fuente de calcio.	46
Cuadro 15. Resultados del análisis químico de suelos en laboratorio del ICTA.	48
Cuadro 16. ANDEVA para la variable pH.	49
Cuadro 17. Post ANDEVA para variable pH.....	50
Cuadro 18. ANDEVA para la variable sumatoria de bases.	51
Cuadro 19. Post ANDEVA para variable sumatoria de bases.	52
Cuadro 20. Fertilizantes requeridos para aportar elementos al suelo.	65

EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.

EVALUATION OF CALCIUM SOURCES (Ca) FOR CORRECTION OF ACID SOILS. DIAGNOSIS AND SERVICES AT FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.

RESUMEN

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) fue realizado en el periodo de agosto del 2016 a mayo del 2017 en la finca Oriflama ubicada a 246 km de la ciudad capital en el municipio de La Reforma, San Marcos. La finca produce café y macadamia para exportación, posee tres zonas altitudinales; la zona baja se encuentra a 1,000 m s.n.m; la zona media se encuentra a 1,350 m s.n.m; y la zona alta a 1,500 m s.n.m., la finca está certificada por Rainforest Alliance y C.A.F.E. Practices de Starbucks®.

El presente documento contiene el informe de diagnóstico, la investigación de campo y los servicios realizados en finca Oriflama. En el diagnóstico se priorizaron los problemas encontrados que afectan al desarrollo óptimo del cultivo de café. Se determinaron tres problemas.

El primer problema es el pH ácido en el suelo derivado del excesivo uso de sulfato de amonio, el cual por su efecto residual ácido contribuye a la acidificación de estos suelos. Otro factor son las altas precipitaciones propias de la zona, que producen un lavado de bases hacia perfiles más bajos del suelo.

El segundo problema es la mala aplicación de agroquímicos en campo que provoca un control deficiente de arvenses, plagas y enfermedades que a su vez repercuten en costos elevados y desperdicio de productos químicos ya que no cuentan con el equipo de aplicación calibrado y desconocen el modo de acción de los distintos agroquímicos.

El tercer problema es que no existe un plan de fertilización de acuerdo a los análisis de suelos y requerimientos del cultivo.

La investigación constituyó la evaluación de dos fuentes de calcio, carbonato de calcio con dosis de 3 ton/ha, 6 ton/ha y 9 ton/ha y de hidróxido de calcio con dosis de 2 ton/ha, 4 ton/ha y 6 ton/ha, para seleccionar la fuente de calcio y la dosis óptima para mejorar las propiedades químicas y corregir la acidez del suelo en finca Oriflama. La investigación se realizó en un periodo de seis meses.

Las dos fuentes de calcio fueron estadísticamente iguales en la corrección del pH ácido y el contenido de bases en el suelo de finca Oriflama por lo que cualquiera de las dos fuentes de calcio puede aplicarse como regulador de la acidez y como mejorador de las propiedades químicas de los suelos de finca Oriflama. La dosis óptima del carbonato de calcio es 3 ton/ha y del hidróxido de calcio es de 2 ton/ha, estas dosis son las que mejor reaccionaron a las condiciones presentes en el suelo.

Se realizaron dos servicios basados en la priorización de problemas que se encontraron en el diagnóstico y adicional se realiza una documentación requerida por parte de la empresa.

El primer servicio fue la capacitación hacia los trabajadores de finca Oriflama, con el tema de manejo adecuado de agroquímicos. Esta charla fue impartida también como uno de los requisitos para que la finca pudiera poder optar a las certificaciones de Rainforest Alliance y C.A.F.E. practices.

El segundo servicio fue elaborar un plan de fertilización enfocado en las necesidades del cultivo y las propiedades químicas de los suelos de finca Oriflama basado en el análisis de laboratorio para el periodo 2017-2018.

El tercer servicio consistió en la elaboración de un documento técnico que justifica el uso de tres productos químicos para corregir un hallazgo dejado por la auditoría 2015 de Rainforest Alliance® por parte de la FIIT®.

1.1. INTRODUCCIÓN

Previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en grado de licenciado por parte de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala se debe de realizar el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS- el cual tiene como objetivo ayudar al futuro profesional a desarrollar sus habilidades y aplicar los conocimientos obtenidos a lo largo de su carrera.

El presente diagnóstico se realizó en el periodo del 1 al 22 de agosto del año 2016 en la finca Oriflama, en el municipio de La Reforma, San Marcos. El diagnóstico se hizo para identificar la forma de operar de la finca, las ventajas, desventajas, identificación de problemas y tener bases para la investigación correspondiente al EPS.

La finca en la actualidad está cultivada con café (*Coffea arábica*) como cultivo principal y macadamia (*Macadamia integrifolia*) como producto secundario para la comercialización de su fruto. La finca cuenta con un área de siembra aproximada de 160.83 ha.

La información para realizar el presente diagnóstico se obtuvo mediante pláticas con el administrador de la finca, el mayordomo de campo, recorridos en motocicleta, observación y revisión bibliográfica. Luego de la recolección se procedió a ordenar la información para poder digitar los datos y elaborar una matriz de problemas para determinar el problema principal que afecta al proceso del cultivo de café, para proponer un plan de servicios y puntos de investigación para beneficio de la finca y el sector cafetalero.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. General

Determinar la situación actual de operación y funcionamiento de finca Oriflama, ubicada en el municipio de La Reforma, San Marcos.

1.2.2. Específicos

1. Definir la problemática que afecta al cultivo de café (*Coffea arábica*) en finca Oriflama.
2. Proponer estrategias para solucionar los problemas encontrados.

1.3. MARCO REFERENCIAL

1.3.1. Ubicación geográfica

La finca Oriflama se encuentra ubicada en el municipio de La Reforma, departamento de San Marcos, a 253 km de la capital según el kilometraje puesto en la carretera por las autoridades municipales. Las coordenadas son 28°20'00'' a 45°38'00'' latitud Norte y 17°10'00'' a 30°20'00'' latitud Oeste según se puede constatar en la hoja cartográfica del municipio de Coatepeque edición 3DMA serie E754, hoja 1,860 III, escala 1: 50,000 (Instituto Geográfico Militar, 1986).

1.3.2. Vías de acceso

Para llegar a la finca Oriflama se debe de llegar al municipio de La Reforma, siguiendo la ruta del Pacífico se pasa por Mazatenango, Retalhuleu, Coatepeque hasta llegar a La Reforma a 253 km desde la ciudad capital, en donde se cruza hacia el norte en el kilómetro 265 aproximadamente en el caserío Puntarenas.

Del municipio La Reforma hacia finca Oriflama hay tres vías de acceso que son de terracería:

- Se puede entrar con vehículo de doble tracción pasando por el cantón La Palma, caserío Santa Teresa, Caserío Puntarenas, finca Arabia hasta llegar a finca Oriflama.
- El segundo camino tiene bastantes irregularidades que limita el acceso vehicular limitándolo a paso peatonal, va de La Reforma, pasando por finca La Igualdad hasta llegar a finca Oriflama.
- La tercera vía de acceso también es de terracería; es por La Reforma, pasando por el cantón La Palma, el caserío Santa Teresa, Caserío Puntarenas, finca la Paz y por último la finca Oriflama.

1.3.3. Suelos

Según Padilla, T (2012), los suelos de la zona pertenecen al orden de los Andisoles, los Andisoles se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como a partir de otros materiales piroclásticos. Su fertilidad es considerable, aptos para la agricultura.

Las principales características son:

- Connotación: suelos negros de paisajes volcánicos del An=negro y do=suelo.
- Material parental: principalmente cenizas volcánicas, pero también tobas, piedra pómez, cenizas y otras eyecciones volcánicas.
- Ambiente: de relieves ondulados a montañosos, en regiones húmedas, árticas a tropicales con un amplio rango de tipos de vegetación.
- Desarrollo del perfil: perfil AC o ABC. Rápida intemperización (alteración biogeoquímica) del material volcánico poroso dando como resultado una acumulación de complejos estables órgano-minerales y minerales de orden de rango corto como el Alófana, Imogolita y Ferrihidrita.

Los Andisoles se caracterizan por la presencia de un horizonte Andico o un horizonte Vítrico.

El horizonte Andico es rico en Alófana o complejos de humus – aluminio mientras que un horizonte Vítrico contiene vidrio volcánico en abundancia.

Según Simmons, Tárano & Pinto (1959). en su clasificación de suelos ubican esta área en el grupo III de la zona marquense, la cual corresponde al declive del Pacífico y está formado por un sistema de abanico aluviales coalescentes, incluyendo algunas áreas con base rocosa.

Suelos poco profundos sobre materiales volcánicos en relieve inclinado o escarpado perteneciente a la serie Chuvá. La pendiente es muy alta encontrándose hasta de 88 % en algunos lotes lo que propicia a la erosión si no se realiza una correcta contención de la tierra.

La serie de Chuvá está constituida por material madre de ceniza volcánica suelta principalmente pomáceo, color gris oscuro, con alto drenaje, con muy baja capacidad de abastecimiento de humedad.

En los Cuadros 1 y 2 se presentan las características químicas de los suelos de finca Oriflama obtenidos a través de análisis de laboratorio.

Cuadro 1. Características químicas de los suelos de finca Oriflama.

No Lab	Identificación	mg/L		Cmol/L			mg/L		Cmol/L		mg/L					%
		pH	Fosforo	Potasio	Calcio	Magnesio	Azufre	Aluminio	Acidez Total	Cobre	Hierro	Manganeso	Zinc	Boro	M.O	
		Rango adecuado	5.5- 6.5	20- 40	0.15- 0.30	4-- 12	1-- 5	10- 100		0- 1	0.1- 2.5	20- 150	8-- 80	0.2- 2	1-- 5	3-- 6
5077	L. Buena vista	5.18	319.86	0.51	4.5	0.71	8.31	0.16	6.71	3.39	36.72	1.78	1.16	0.2	4.21	
5078	L.Santa Aida	6.48	273.76	0.52	4.54	0.72	21.04	0.17	6.71	1.41	33.08	1.45	0.62	0.17	4.11	
5079	L. San Joaquin	5.05	296.79	0.53	3.82	0.55	8.41	0.25	6.57	2.65	34.8	1.72	1.24	0.32	5.37	
5080	L. Miraflores	5.17	90.71	0.58	3.25	0.74	15.01	0.19	6.18	1.8	34.54	2.51	0.92	0.13	3.08	
5081	L. Miramar	4.62	285.05	0.44	3.48	0.49	10.24	0.33	6.8	2.28	35.66	1.8	0.9	0.17	3.97	

Fuente: AnaLab 2016.

Cuadro 2. Características químicas de suelos de finca Oriflama.

No. Lab	Identificación	Cmol/L	Porcentaje de saturación en el CIC de				& Sat. Aluminio .. M	Equilibrio de bases				Cmol/L	*** SB	**** V
			CIC	Potasio	Calcio	Magnesio		Ca/K	Mg/K	Ca/Mg	(Ca+Mg)/K			
			Rango adecuado	10 a 15	4 a 5	34 a 40		12 a 15	menor de 25	5 a 25	2.5 a 15			
5077	L. Buena Vista	12.42	4.11	36.18	5.69	2.79	8.79	1.38	6.36	10.18	5.71	45.99		
5078	L. Santa Ida	12.48	4.13	36.35	5.75	2.8	8.8	1.39	6.32	10.2	5.77	46.23		
5079	L. San Joaquin	11.47	4.58	33.3	4.79	4.9	7.26	1.04	6.95	8.31	4.89	42.67		
5080	L. Miraflores	10.74	5.38	30.23	6.85	3.96	5.61	1.27	4.41	6.89	4.56	42.46		
5081	L. Miramar	11.21	3.93	31.07	4.35	6.96	7.91	1.11	7.15	9.01	4.41	39.34		

Fuente: AnaLab 2016.

1.3.4. Zona de vida

La finca Oriflama pertenece a la zona de vida Bosque Húmedo Tropical de Holdrige (bh-T). Esta zona de vida registra precipitaciones pluviales anuales que, en promedio, varían entre 1,426 mm y 4,071 mm, siendo su valor medio de 2,199 mm. Los valores de temperatura mínima y máxima promedio anual se encuentran comprendidos entre los 24 °C y 28.1 °C, siendo el valor promedio para todo el sistema ecológico de 25.65 °C (IARNA-URL. 2018).

La relación que se establece entre la evapotranspiración potencial y los volúmenes de precipitación pluvial promedio para esta zona de vida es de 0.69 mm, lo que significa que de cada milímetro de precipitación que ocurre, se evapotranspiran 0.69 mm, haciendo que este sea considerado como un ecosistema excedentario en agua (IARNA-URL. 2018).

Se encuentra dividida en tres zonas altitudinales, la zona baja está ubicada en 1,000 m s.n.m, la zona media está ubicada en 1,300 m s.n.m. y la zona alta está ubicada en 1,500 m s.n.m.

1.4. METODOLOGÍA

En la Figura 1 se presentan las técnicas que se utilizaron durante la recolección de datos para establecer la matriz de problemas.

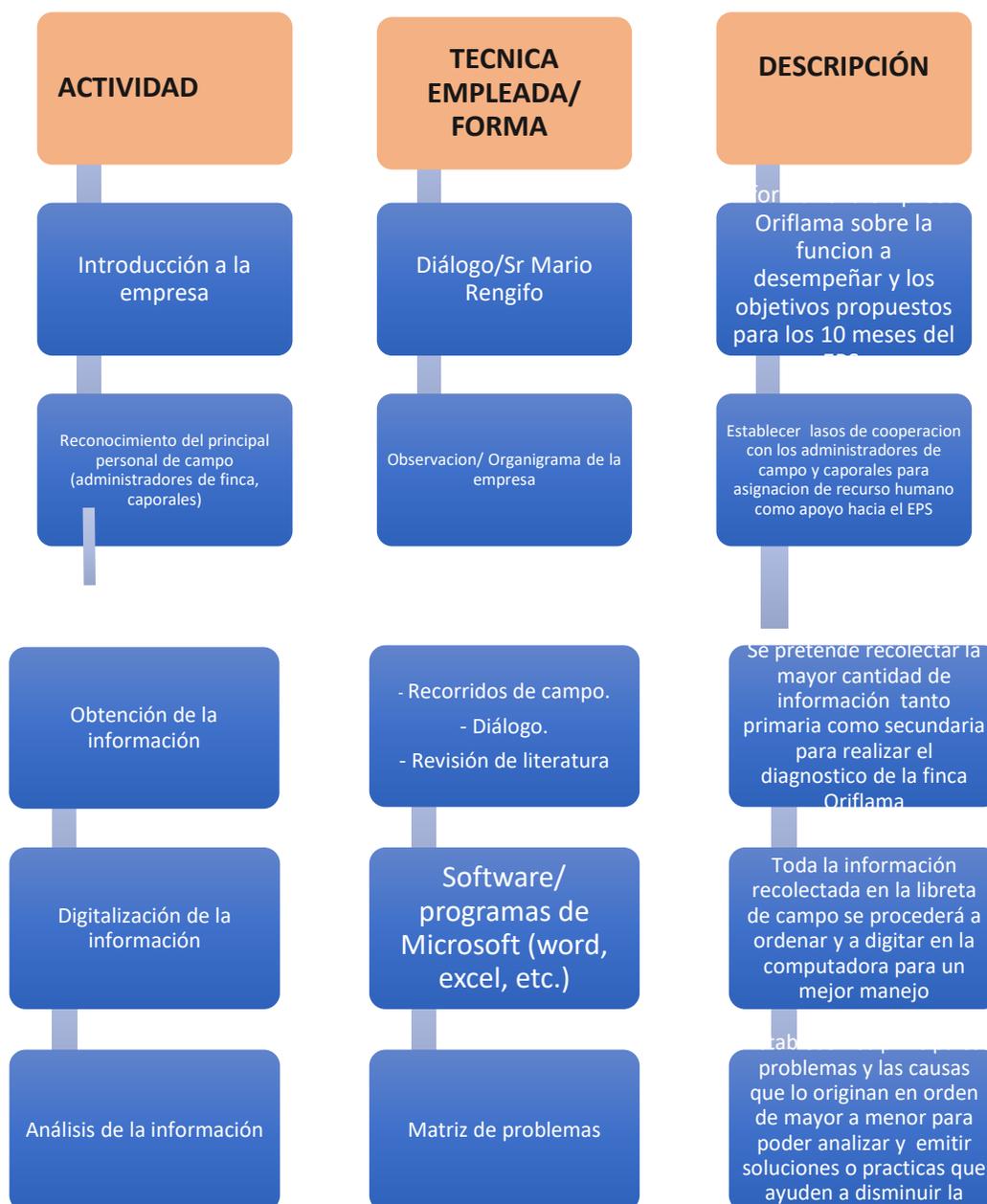


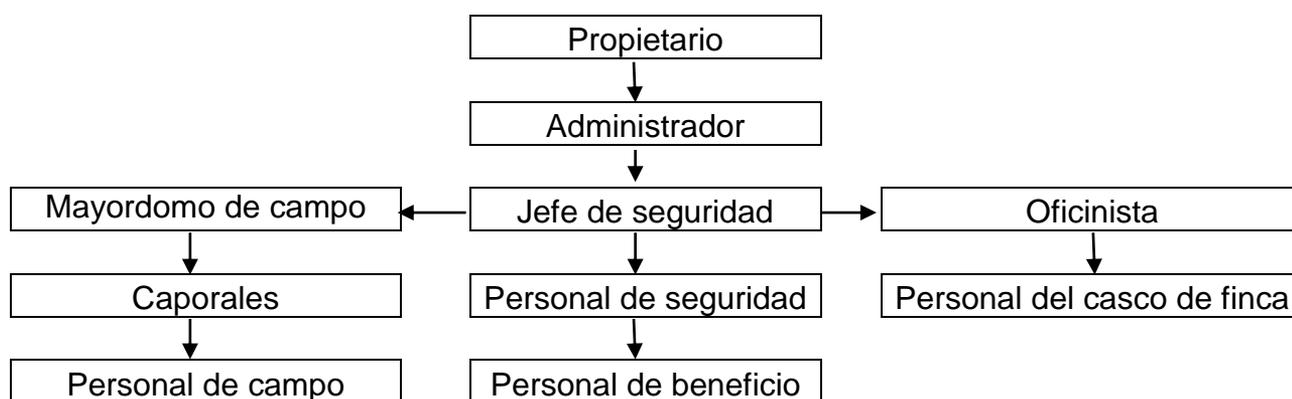
Figura 1. Descripción de las técnicas utilizadas para la recolección de datos en finca.

1.5. RESULTADOS

1.5.1. Organigrama

La empresa se encuentra organizada como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Organigrama de finca Oriflama.



1.5.2. Superficie total

La finca Oriflama está ubicada a 1,300 m s.n.m en promedio y cuenta con una extensión total de 176.4 ha de las cuales 160.83 ha son de área cultivada, las superficies de cultivo poseen un 89 % de pendiente y el resto de área cultivada es en planicie.

La finca se divide en 10 lotes que se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Secciones en las que se divide finca Oriflama.

No.	Lote
1	Buena Vista
2	San Carlos
3	Santa Ida
4	San Joaquín
5	Miramar
6	Recuerdo
7	Limonares
8	Venados
9	Mojón Tabasco
10	Miraflor

En la Figura 2 se muestra una imagen satelital tomada con a través de Google Earth® del área correspondiente a finca Oriflama y los lotes en las que está dividida.

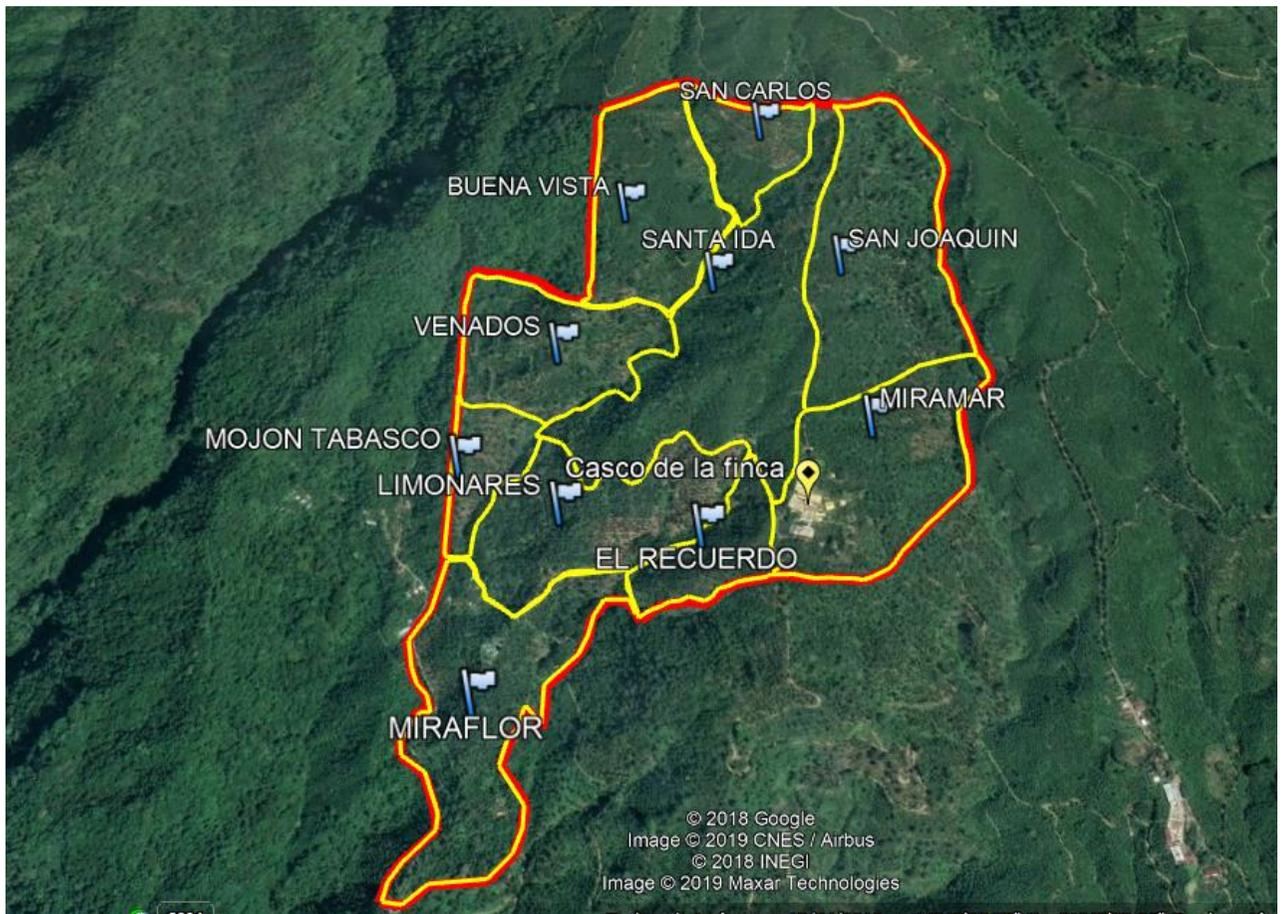


Figura 2. Elaboración en base a Google Earth 2020.

En el casco de la finca se encuentra: casa patronal, oficina, dormitorios de empleados fijos, beneficio de café, patio de secado, estanque de peces, servicios sanitarios, comedor, bodega de agroquímicos, parqueo, taller general, beneficio de macadamia, bodega general, parqueo.

1.5.3. Variedades de café cultivadas

Las plantas de café (*Coffea arabica*) están distribuidas a 2 m x 0.80 m.

En los lotes se encuentran distintas variedades de café, las cuales son:

- Caturra.
- Sarchimor.
- Catimor.
- Bourbon.
- Costa Rica 95.
- Pacamara.
- Castillo.

En la Figura 3 se muestra una plantación de café adulto.



Figura 3. Plantación de café adulto var. Catimor.

1.5.4. Área del beneficio de café

El beneficio consta de dos partes: el beneficio seco y el beneficio húmedo.

El objetivo principal del beneficio y de la finca en general es reducir el consumo de agua, por lo que el despulpado se realiza en seco y se utiliza agua re-circulada para hacer la clasificación del grano.

La fermentación se realiza en un promedio de 14 horas, al terminar el proceso de fermentación pasa al área de lavado, mediante una bomba separadora de sólidos. Al finalizar la selección se traslada a los correteos para la clasificación por densidad.

El agua miel es llevada hacia las acequias de sedimentación y el agua de los correteos es analizada cada año para verificar los parámetros exigidos de ley previos a descargarlas en las corrientes naturales de agua.

Después de lavado, el grano pasa al “oreado” en los patios en donde se procura una humedad de 35 % antes de ser ingresado a la secadora.

En los hornos de secado se utiliza el “cascabillo” residual del café para reducir el uso de leña y evitar la tala de árboles, con este material se obtiene una mayor intensidad de calor y reduce la emisión de gases tóxicos al ambiente.

El grano es secado hasta llegar al 12 % de humedad, luego es trasladado a la retrilladora que se encarga de retirar el pergamino del café seco, al tener el grano en oro se hace la clasificación mecánica y manual para obtener café de primera, listo para exportación.

El proceso de beneficiado se muestra en la Figura 4.

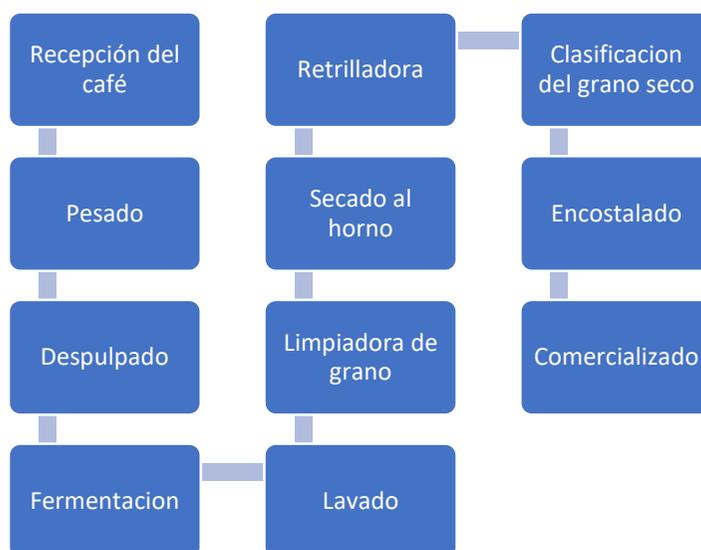


Figura 4. Flujograma del proceso de beneficiado en finca Oriflama.

1.5.5. Almacigo.

Esta área cuenta con: semilleros, bodega, servicios sanitarios, comedor, sustratos para las bolsas y tubetes.

En la Figura 5 se muestran plántulas de café en almacigo.



Figura 5. Plántulas de café en almacigo.

En el almacigo se reproducen pilones de:

- Café (*Coffea arábica*).
- Macadamia (*Macadamia integrifolia*).
- Ciprés, (*Cupressus sempervirens*).
- Chalúm (*Inga xalapensis*).

1.5.6. Medios de comunicación

El único medio de comunicación es mediante teléfonos celulares que se ven afectados por la señal.

1.5.7. Transporte

La finca cuenta con un camión marca Mazda, modelo 93 que se encarga de movilizar insumos, almácigo, plaguicidas, fertilizantes, agua, entre otros.

El administrador, mayordomo de campo y seguridad se movilizan en automóviles y motocicletas propias y recorridos a pie.

1.5.8. Equipo

La finca cuenta con el equipo básico para realizar las aplicaciones de agroquímicos y también para llevar a cabo las distintas actividades de campo y administrativas, dentro del equipo se pueden enlistar:

- Mobiliario.
- Una computadora.
- Una impresora.
- Dos bombas mecánicas marca Matabi.
- Dos bombas de motor marca Maruyama.
- Cinco machetes.
- Cinco azadónes.
- Cinco palas.
- Fertilizantes.
- Plaguicidas.
- Una soldadora.
- 20,000 tubetes.
- 20,000 bolsas.

1.5.9. Recursos forestales

El área total de la finca se encuentra cubierto de diversas especies forestales, dentro de las cuales figuran principalmente las siguientes:

- Chalúm (*Inga xalapensis*).
- Palo de pito (*Erythrina bertheorana*).
- Guaba (*Inga vera*).
- Quina (*Cinchona officinalis*).
- Encino (*Licania arbórea*).
- Ciprés (*Cupresus lucitana*).
- Gravilea (*Grevillea robusta*).
- Casuarina (*Casuarina equisetifolia*).
- Pino (*Pinus* sp.)
- Naranja (*Citrus sinensis*).
- Limón (*Citrus limon*).
- Aguacate (*Persea americana*).
- Lima (*Citrus limetta*).
- Izote (*Yucca elephantipes*).
- Bambú (*Bambusa* sp.)

1.5.10. Recursos hídricos

La finca cuenta con vario seis nacimientos de agua que proveen agua hacia el casco para consumo vario.

En el lote San Joaquín se encuentran dos nacimientos de agua que han sido entubados hacia depósitos de cemento y que son los que proporcionan el vital líquido al casco de la finca.

En el lote Miramar existen igualmente dos nacimientos de agua que no se utilizan y se dejan correr hacia el río más cercano.

En el lote Santa Ida se encuentran dos nacimientos que se entubaron y que son los que proveen el agua hacia el beneficio para lavado del café.

1.5.11. Plagas

1.5.11.1. Insectos

A. Broca del café (*Hypotenemus hampeii*)

Afecta a todo el grano maduro y verde, se encuentra alta densidad poblacional (mayor a 45 % de presencia por planta) (Noriega, S. 2000). Produce pérdida de peso en el fruto, así como coloración negruzca en estado avanzado del fruto.

B. Cochinilla (*Dysmicoccus criptus*)

Esta plaga se encuentra presente en el suelo y se manifiesta en áreas en donde se ha aplicado pulpa de café y cascara de macadamia ya que al no estar totalmente descompuesta produce sustancias que atraen al insecto. Produce daños a la raíz ocasionando amarillamiento y debilitación de la planta.

1.5.11.2. Hongos

A. Roya (*Hemileia vastatrix*)

Esta enfermedad presenta micelios del hongo de color naranja en el envés de la hoja provocando caída de hojas, daños foliares, poca actividad fotosintética de la planta debilitándola. Se ve favorecida por alta precipitación y alta densidad de sombra.

B. Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Los daños se localizan en las hojas con el apareamiento de manchas necróticas redondas que producen daño severo de la hoja inhibiendo la fotosíntesis, provoca caída de hojas y muerte de la planta. Se produce por poca entrada de luz al cultivo, alta humedad, altas precipitaciones.

C. Mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*)

Produce necrosamiento en la hoja, presenta estructuras reproductivas en el haz de la hoja provocando pérdida foliar.

D. Antracnosis (*Colletotrichum* sp.)

Se observan manchas circulares y muerte directa de hojas y fruto. La enfermedad avanza de arriba hacia debajo de la planta. Los frutos presentan daños y empardecimiento.

E. Mancha de derrite (*Phoma* sp.)

La enfermedad se observa en el follaje de la planta, se observan manchas de coloración oscura que forman anillos de 1 a 3 cm de diámetro, estas manchas empiezan en el borde de las hojas principalmente en los brotes nuevos. Se observa la enfermedad principalmente en los lotes más altos de la finca.

1.5.12. Manejo agronómico del café (*Coffea arabica*)

1.5.12.1. Almácigo

A. Selección de semilla

En la época de octubre – noviembre se buscan por sección, cuerda, pante y variedad, las plantas que tengan más producción y las mejores características físicas del grano, también se escogen las plantas que estén libres de enfermedades para no propagar el inoculo. El corte se realiza a la mitad de la bandola, luego se procede a despulpar a mano, después se lava para desechar el grano vano.

El proceso de secado se hace bajo el sol en el patio de secado tratando de lograr una humedad de 25 % a 30 %. A excepción de la semilla de la variedad Robusta, todas las variedades seleccionadas provienen de finca Oriflama.

B. Semillero

Para el semillero se utiliza arena como sustrato. La siembra se realiza al voleo tratando de que no queden semillas una sobre la otra, luego se tapa con el sustrato procurando una capa delgada y se cubre con rastrojo (paja) para evitar que animales lleguen a comérselas, primero se siembra el patrón y a los doce días se siembra la variedad.

Se utilizan bolsas de polietileno de medidas 7 in x 10 in x 3 in, utilizando como sustrato tierra, arena y materia orgánica en relación 2:1:1. El trasplante se realiza a los 60 días en la etapa de soldadito en donde se realiza el injerto reina. Se utilizan agroquímicos para el control y manejo durante el crecimiento.

1.5.13. Plantaciones en campo definitivo

1.5.13.1. Control de malezas

El control de malezas se realiza de 2 métodos:

- Manual: se realizan 3 veces al año en los meses de abril, julio, octubre.
- Químico: se realiza una vez al año, regularmente en la época seca.

1.5.13.2. Manejo de sombra

Se realiza un corte con machete o serrucho a las ramas más bajas y frondosas de los árboles, se dejan 2 a 3 “banderas” por árbol. Los meses de desombrado son febrero y marzo. Entre las especies que brindan sombra son: Chalúm (*Inga xalapensis*) y guaba (*Inga vera*) con mayor dosel de cobertura.

1.5.13.3. Manejo de tejido

Se realiza poda selectiva tipo recepa, las podas se realizan en los meses de marzo y abril, se hace en toda la finca, pero solo en pequeñas áreas sin un orden.

1.5.13.4. Fertilización

La fertilización regularmente se realiza de la siguiente manera:

- Sulfato de amonio: 6 oz/planta al año (2 oz/planta en mayo, 2 oz/planta en agosto, 2 oz/planta en noviembre).
- DAP: 4 oz/planta (2 oz/planta en septiembre, 2 oz/planta en marzo).
- 20-20-20: 4 oz/planta en mayo.
- Cal dolomita: 2 oz/planta en abril.

1.5.13.5. Manejo de plagas

Para el control de la broca se realiza:

- Control manual: en época de cosecha se trata de no dejar frutos tirados para evitar que se conviertan en medio de reproducción de las larvas.
- Control etológico: se colocan trampas de botella con una mezcla de etanol y metanol en relación 1:1 como atrayente y agua con jabón para que la broca se quede atrapada. Se colocan 48 trampas por manzana. (ANACAFE, 1991.)

1.5.13.6. Manejo de enfermedades

- Roya (*Hemileia vastatrix*): para el control de roya se aplica el producto Mancuerna 28 SC (Triazol + Estrobirulina) en dosis de 0.3 L/mz junto con 0.1 L/mz de adherente, en los meses de mayo, julio, septiembre.
- Ojo de gallo (*Mycena citricolor*): se realizan aplicaciones del producto Alto 10 SL (triazol) en dosis de 0.35 L/mz + 0.1 L/mz de adherente. Las aplicaciones se realizan solo en focos de mayor incidencia de la plaga.
- Mancha mantecosa (*Phoma*, sp.): debido a la doble molécula del producto Mancuerna 28 SC, es capaz de controlar la roya junto con la Phoma con la misma dosis y forma de aplicación.

1.5.14. Problemas encontrados

- No existe un plan de fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo en base a análisis de suelos.
- El control de malezas se realiza de una manera irregular ya que no se controlan uniformemente y el tamaño no es el adecuado al momento de aplicar herbicidas.
- No hay un correcto manejo de sombra, se deja mucho material vegetal en los árboles de sombra, provocando el desarrollo de enfermedades.
- El pH es muy ácido y limita ciertas propiedades del suelo como el contenido de bases.
- No se implementa plan de manejo de tejidos.
- No existe un plan de renovación de plantas en la finca.
- Los agroquímicos no son aplicados eficientemente.

1.5.15. Priorización de problemas

En el Cuadro 5 se muestran los valores de ponderación para determinar la importancia de los problemas encontrados según su impacto en el cultivo de café de finca Oriflama.

Cuadro 5. Ponderación de criterios para determinar la importancia de problemas encontrados en finca Oriflama.

Criterio	Valor (%)
Daño al cultivo	40
Baja producción	35
Perdidas económicas	25

Para determinar la lista de importancia de los problemas encontrados se colocó una ponderación de 1 a 5 en donde 1 es el más bajo y 5 más alto y con letras de la "A" a la "F" en donde "A" es el primer problema y "F" es el último problema.

En el Cuadro 6 se detalla el orden de los problemas encontrados en finca Oriflama.

Cuadro 6. Matriz de priorización de problemas.

Opcion criterio	Daño al cultivo	Valor (%)	Total	Baja produccion	Valor (%)	Total	Perdidas económicas	Valor (%)	Total	Gran Total	Orden del problema
No existe un plan de fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo en base a análisis de suelos	4	40	1.6	4	35	1.4	3	25	0.75	3.75	C
El control de malezas se realiza de una manera irregular ya que no se controlan en forma uniforme por toda la finca y el tamaño no es el adecuado al momento de aplicar herbicidas.	2	40	0.8	1	35	0.35	3	25	0.75	1.9	F
No hay un correcto manejo de sombra, se deja mucho material vegetal en los árboles de sombra, provocando el desarrollo de enfermedades.	3	40	1.2	3	35	1.05	3	25	0.75	3	D
El pH es muy ácido y limita ciertas propiedades del suelo como el contenido de bases	4	40	1.6	5	35	1.75	5	25	1.25	4.6	A
No se implementa plan de manejo de tejidos.	4	40	1.6	4	35	1.4	3	25	0.75	3.75	C
No existe un plan de renovación de plantas en la finca.	2	40	0.8	4	35	1.4	2	25	0.5	2.7	E
Los agroquímicos no son aplicados eficientemente.	3	40	1.2	4	35	1.4	5	25	1.25	3.85	B

De acuerdo al análisis en la matriz de priorización, los problemas principales se detallan en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Principales problemas encontrados en finca Oriflama.

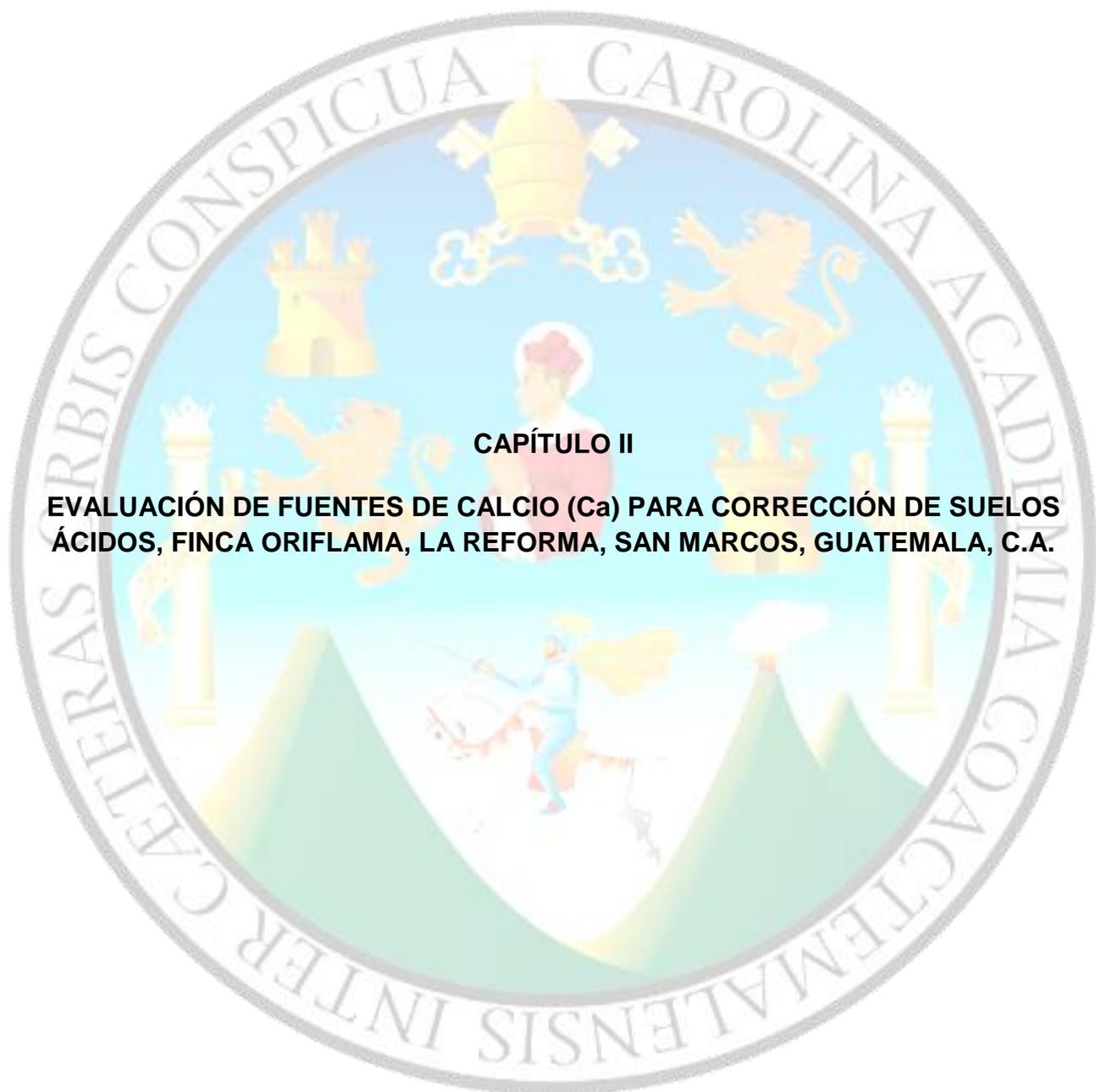
PROBLEMA	ORDEN
El pH es muy ácido y limita ciertas propiedades del suelo como el contenido de bases.	A
Los agroquímicos no son aplicados eficientemente.	B
No se implementa plan de manejo de tejidos.	C
No existe un plan de fertilización de acuerdo a las necesidades del cultivo en base a análisis de suelos	C
No hay un correcto manejo de sombra, se deja mucho material vegetal en los árboles de sombra, provocando el desarrollo de enfermedades.	D
No existe un plan de renovación de plantas en la finca.	E
El control de malezas se realiza de una manera irregular ya que no se controlan en forma uniforme por toda la finca y el tamaño no es el adecuado al momento de aplicar herbicidas.	F

1.6. CONCLUSIONES

1. El problema principal que afecta al cultivo, repercute en bajas producciones y que produce pérdidas económicas es el pH ácido.
2. Se realizará una investigación para evaluar dos fuentes de calcio que ayuden a mejorar el pH ácido y balancear el contenido de bases. También se realizarán servicios para brindar capacitación técnica en el manejo y uso de agroquímicos.

1.7. BIBLIOGRAFÍA

- Asociación Nacional del Café, Guatemala (ANACAFE). (1991). *Manual de caficultura. (2 ed.)* Guatemala: ANACAFE.
- Asociación Nacional de Café, Guatemala (ANACAFE). (1999). *El encalado en cafetales*. Obtenido de ANACAFE: <https://www.anacafe.org/caficultura/manuales/#>
- Asociación Nacional del Café, Guatemala (ANACAFE). (2010). *Área cultivada de café en Guatemala*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de ANACAFE: <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Area cultivada en Guatemala>
- Farfán, S. (2007). *Estudio de la fertilidad de los suelos de la finca El Chapín cultivada con palma africana (Elaeis guineensis) en el municipio de El Estor, departamento de Izabal. (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala).*
- Instituto Geográfico Militar, Guatemala (IGM). (1986). *Mapa topográfico de la República de Guatemala: Hoja Coatepeque, no. 1860-III* . Guatemala: IGM.
- Noriega, S. (2000). *Diagnóstico general de la Finca Oriflama, La Reforma, San Marcos. (Informe de EPSm, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala).*
- Simmons, C., Tárano, J. M., & Pinto, J. H. (1959). *Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: José de Pineda Ibarra.



CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS, FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.

2.1. INTRODUCCIÓN

Según datos de ANACAFE en el 2016 el cultivo de café en Guatemala (252,000 ha), representó un alto ingreso económico y fuentes de empleo para el área campesina. Entre San Marcos y Santa Rosa, se tiene casi un tercio del área total sembrada de café en el país, Chimaltenango y Quetzaltenango con igual área sembrada (9.30 %), ocupan el tercer y cuarto lugar.

La finca Oriflama cuenta con una extensión cultivada de café (*Coffea arabica*) de 162 ha, con doce variedades establecidas en diez lotes, produciendo actualmente cerca de 547,681 kg de café en cereza.

En las zonas cafetaleras de San Marcos y específicamente en la finca Oriflama se presentan problemas en la fertilidad de estos suelos y en especial su pH, posiblemente debido a su origen (cenizas volcánicas) y otros factores como alta precipitación, alto grado de pendiente y un plan de fertilización aún insipiente para este cultivo.

En suelos de la finca Oriflama, se presentan suelos con textura franca – arcillosa y pendientes de hasta 65 % con problemas de pH ácido (4.62 – 5.48) que reduce la disponibilidad de los elementos como el calcio (Ca), zinc (Zn), boro (B), magnesio (Mg) provocando un desbalance de bases.

Debido a la zona de vida donde se ubica la finca, las altas precipitaciones (4,891 mm anuales al 2015, con 3.59 mm diarios en promedio), condiciones que favorecen el lavado de bases hacia perfiles más profundos del suelo, favoreciendo la acidez.

La presente investigación se enfocó en seleccionar la fuente de calcio y la dosis óptima con el objetivo de mejorar las propiedades químicas y corrección de acidez en este suelo. La cual se desarrolló en el municipio de La Reforma, San Marcos específicamente en finca Oriflama en el periodo de agosto 2016 – mayo 2017.

Al finalizar la investigación se obtuvo que el hidróxido de calcio y el carbonato de calcio corrigieron los problemas de pH ácidos en los suelos de Finca Oriflama, la dosis para el hidróxido de calcio fue de 2 ton/ha y para el carbonato de calcio fue de 3 ton/ha.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. Marco teórico

2.2.1.1. El cultivo de café

En Guatemala típicamente se cultivan variedades de la especie *Coffea arabica* ya que es la que presenta mejores resultados en cuanto a rendimiento, resistencia a enfermedades, plagas y buena morfología en general.

Otra especie es *Coffea canephora* con la variedad Robusta que comúnmente se utiliza como patrón al momento de injertar debido a que presenta tolerancia a muchas plagas y enfermedades, especialmente a nemátodos.

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

- Reino: Plantae.
- División: Antófitas.
- Clase: Dicotiledónea.
- Orden: Rubiales.
- Familia: Rubiácea.
- Género: *Coffea*.

2.2.1.3. Densidad de siembra

Para ANACAFE (1999), la densidad de siembra ha sido motivo de discusión durante varios años, existiendo corrientes que impulsan alta densidad y otras que son opuestas. Por lo general para variedades con un porte alto se recomiendan distancias de 2.40 m x 1.20 m, mientras que para variedades de porte bajo se recomienda de 2 m x 1 m. En variedades de porte alto no se recomiendan más de 2,400 plantas/mz y en variedades de porte bajo no más de 3,500 plantas/mz.

2.2.1.4. Suelo

Es el material de origen rocoso que sirve como soporte de la planta y que provee de algunos elementos para su correcto desarrollo de los distintos órganos y frutos. El suelo posee varias características físicas, químicas y biológicas que favorecen a la productividad de la planta.

2.2.1.5. Fertilidad

Se refiere a la capacidad que tienen los suelos para proporcionar en cantidades adecuadas y formas los elementos para que las plantas puedan absorberlos más fácilmente. Estos elementos deben de estar en un equilibrio con las características físicas y biológicas del suelo.

La movilidad de los elementos en el suelo es fundamental para su disponibilidad y absorción, la misma está en función de la textura, estructura, materia orgánica y el pH del suelo, entran también la fijación e interacción entre los elementos y el suelo, los cuales inciden en los procesos de movilidad, adsorción, interacción y absorción (ANACAFE, 2010).

Una deficiencia de los elementos puede provocar alteraciones en la planta, a continuación, se enlista los problemas que causa el déficit de elementos en el suelo.

A. Deficiencia de nitrógeno

Cuando existe deficiencia de nitrógeno, se ve reflejado en la planta como enanismo, pérdida uniforme del color de la hoja, la producción de proteína se limita provocando vulnerabilidad al ataque de patógenos, reducción de raíz, raquitismo en el tallo (ANACAFE, 1991).

B. Deficiencia de fósforo

Si el fósforo no se encuentra presente o en forma disponible para la planta, la floración y el desarrollo del fruto se verán afectados, los síntomas visuales son en hojas con manchas rojizas o pardo rojizas especialmente en las adultas y viejas (ANACAFE, 1991).

C. Deficiencia de potasio

Es el elemento que los tejidos requieren en mayor cantidad, actúa como activador enzimático, incrementa el efecto del nitrógeno y contribuye a la fijación del nitrógeno atmosférico. Para el área de la reforma es indispensable que el potasio se encuentre de manera adecuada en el suelo para que la planta lo absorba ya que se encarga de dar a la planta resistencia a las bajas temperaturas. También mejora el color, sabor y la calidad del fruto (ANACAFE, 1991).

D. Deficiencia de micronutrientes

Según Magra, & Ausilio (2004), cuando las plantas tienen deficiencia de nutrientes empiezan a auto-consumir su tejido y eso las hace más débiles y menos resistentes a las infecciones provocadas por un gran número de hongos.

Algunos síntomas de elementos menores se detallan a continuación:

- Boro: la falta de este elemento produce un crecimiento lento y pocas raíces.
- Cobre: el borde de las hojas presenta quemaduras. Puede causar esterilidad y bajo peso.
- Molibdeno: reduce el crecimiento, produce amarillamiento, marchitez, caída de hojas.
- Calcio: presenta pérdida del color verde, en forma de una palidez muy leve, en los bordes de las hojas nuevas. La planta es más susceptible a enfermedades.
- Magnesio: reduce considerablemente la producción de fotosíntesis, presenta manchas y moteado pardo amarillento en los espacios entre las venas de hojas adultas y viejas.
- Azufre: se manifiesta como pérdida del color verde normal en las hojas de la punta de la rama hacia atrás.

2.2.1.6. Nutrientes esenciales para la planta

Como toda planta, el café necesita de los 16 elementos para la nutrición de las plantas, pueden ser aportados por el suelo en su composición, la atmósfera o también pueden ser suministrados vía suelo o bien vía foliar. Están divididos de la siguiente forma:

A. Macronutrientes primarios

Son los requeridos en mayor cantidad por la planta, nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), que influyen en las principales actividades metabólicas del vegetal.

B. Macronutrientes secundarios

Son los que la planta requiere en cantidad menor que los primarios pero que también influyen en los procesos de una manera directa o indirectamente, estos elementos son: calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S).

2.2.1.7. Micronutrientes

Son los que requiere la planta en pequeñas cantidades y que sirven como complemento o como activadores de algunos procesos celulares y enzimáticos, estos son: boro (B), cobre (Cu), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), zinc (Zn) y cloro (Cl).

2.2.1.8. Elementos complementarios

Son los que la planta absorbe del agua y del aire y que son esenciales: carbono (C), oxígeno (O) e hidrógeno (H).

Para ANACAFE (1999) la fertilización y enmiendas se distribuye de la siguiente forma:

- Elementos nutrientes de la planta: se debe de conocer la disponibilidad de nutrientes presentes en el suelo, su movilidad, funciones y síntomas de deficiencia en la planta, ya que ello permite establecer la necesidad de suministrar los elementos esenciales a través de la fertilización y enmiendas.
- Fertilizantes y enmiendas: su uso debe de estar condicionado a los resultados emitidos por el laboratorio de suelos.
- Dosis, épocas y métodos de aplicación: depende de factores relacionados al suelo, a la productividad del cafetal y al clima de la región. La cantidad a aplicar también depende de la densidad de la plantación.

En el Cuadro 8 se describen las principales características edáficas óptimas para el buen desarrollo del cultivo de café.

Cuadro 8. Factores y rangos de las variables edáficas adecuadas para el cultivo de café (*Coffea arabica*).

FACTOR	RANGO ADECUADO	CONDICIONES LIMITANTES
Textura	Franco	Suelos muy arenosos favorecen la pérdida de humedad y lixiviado de nutrientes. Se incrementa la temperatura del suelo y el riesgo de lavado en terrenos inclinados. Su capacidad de retención de agua es muy baja.
	Franco arcilloso	
	Franco arenoso	
	Franco arcillo-arenoso	Suelos muy arcillosos son impermeables, mal aireados, muy pegajosos cuando están húmedos. En el verano se secan rápidamente y se agrietan. En el invierno se encharcan fácilmente requiriendo prácticas de drenaje.
pH	5.5 - 6.5	Debajo de 5.5 ocurre menor disponibilidad para la absorción de nutrientes, mayor acidez en el suelo, mayor disponibilidad de aluminio, manganeso y hierro, causando toxicidad. Favorece enfermedades fungosas de la raíz.
		Arriba de 6.5 disminuye la disponibilidad de fósforo, cobre, hierro, manganeso y zinc. Puede ocurrir toxicidad por sodio y boro.
Fertilidad natural	Alta a media	Los suelos con fertilidad natural baja son muy pobres en nutrientes y presentan baja capacidad productiva. Requieren alto costo de acondicionamiento y fertilización.
Materia orgánica	Mayor de 3 %	Debajo de 3 % disminuye la capacidad de retener agua, aumenta riesgos de erosión, dificulta la agregación y porosidad del suelo, menor actividad microbiana, menor retención y reciclaje de nutrientes
Pendiente de terreno	0 - 45 grados	Pendientes mayores a 45 grados favorecen el lavado del suelo y dificultan las labores del cultivo.

Fuente: ANACAFE (1991).

2.2.1.9. Textura

Es la proporción de arena, limo y arcilla que están presentes en el suelo y está relacionada con el tamaño de las partículas que lo componen. La textura del suelo influye en la infiltración, drenaje, retención de nutrientes, entre otros.

2.2.1.10. Capacidad de intercambio catiónico (CIC)

Se conoce comúnmente como CIC, se refiere a la capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes, es decir que puede existir interacción entre un catión y otro. Mientras más alta es la CIC mayor es la cantidad de cationes que pueda retener.

La importancia de la capacidad de intercambio catiónico según Pereira (2011) es:

- Controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas: K, Mg, Ca entre otros.
- Interviene en los procesos de floculación – dispersión de arcilla y por consiguiente en el desarrollo de la estructura y estabilidad de los agregados.
- Determina el papel del suelo como depurador natural al permitir la retención de elementos contaminantes incorporados al suelo.

2.2.1.11. Saturación de bases

Es la suma de las bases cambiabiles como el calcio (Ca), magnesio (Mg), potasio (K) y sodio (Na), que se expresa como el porcentaje de la CIC total del suelo.

2.2.1.12. pH

Es el logaritmo negativo de la actividad de los iones de hidrogeno (H^+). El pH influye en la disponibilidad de los nutrientes, en especial al fosforo (P) y los micronutrientes. El pH va de una escala de 0 a 14 siendo 7 el nivel neutro, adecuado o recomendable para la mayoría de cultivos. Al tener un valor del pH inferior a 6 se considera un suelo ácido, si se tiene un pH superior a 8 se considera un suelo básico.

Ortiz (2013) dice que “los suelos ácidos regularmente son muy bajos en niveles de cationes y presenta mucha lixiviación, se caracterizan por tener altas precipitaciones. En cambio, un suelo alcalino se presenta en zonas de bajas precipitaciones y mal drenaje”.

El pH afecta las propiedades químicas del suelo como la solubilización, disponibilidad y absorción de algunos elementos en el suelo (Ca, Mg, K, P y elementos menores). También se ve afectado el porcentaje de saturación de bases y el porcentaje de saturación de la acidez. Las cargas eléctricas también presentan inestabilidad por lo tanto también la CIC y la CICe.

Las propiedades biológicas también se ven influenciadas por el pH los tipos de organismos presentes y su actividad. A pH menor de 5.5 la actividad de las bacterias y actinomicetes es baja, los hongos son más adaptables y se desarrollan en un ámbito de pH más amplio, hasta soportar pH más ácidos.

La nitrificación, la fijación de nitrógeno, la mineralización y la amonificación prosperan mejor bajo condiciones neutras, ya que la participación de las bacterias en estos procesos es decisiva. Una elevada acidez inhibe la actividad de las lombrices (Ortiz, 2013).

El desarrollo vegetal de las plantas a pH menor de 4.0 se produce trastornos en el sistema radical por efectos del ion H^+ .

Para Ortiz (2013), la acidez del suelo puede ser causada por:

- Pérdida de bases: debido a la alta precipitación que excede a la evapotranspiración durante la mayor parte del año, alcanzando niveles de percolación muy altos y por esto las bases Ca y Mg son lixiviadas en abundancia con esa agua y son sustituidas en sus posiciones por iones ácidos en el suelo.
- Producción de iones ácidos: fuentes permanentes que generan iones ácidos al medio: las exudaciones radicales, la mineralización de la materia orgánica y la solubilización de fertilizantes nitrogenados.

En los suelos, los hidrogeniones se encuentran tanto en la solución, como en el complejo de cambio, dando origen a los 2 tipos de acidez conocidas; la activa o real (en solución) y la acidez de cambio o de reserva (para los adsorbidos). Pereira Morales, Maycotte Morales, Restrepo, Mauro, Calle Montes & Velarde (2011), también indican que: “si se eliminan H^+ de la solución, se liberan otros tantos H^+ adsorbidos. Como consecuencia el suelo muestra una fuerte resistencia a cualquier modificación de su pH, está fuertemente tamponado”.

A. Efectos de un pH ácido en el suelo

El pH ejerce la influencia individual más importante sobre el aprovechamiento de los nutrientes, que presentan el adecuado crecimiento y producción de los diversos cultivos y plantas en general, de tal forma que el valor de la reacción del suelo sirve como un indicador de la disponibilidad de elementos (Bertsch, 1995).

Altos niveles de saturación de aluminio reducen el crecimiento de raíces, inhibiendo su elongación y penetración en el suelo y consecuentemente reduciendo la absorción de agua y nutrientes, así como la capacidad de las raíces de llegar a estos en el subsuelo.

Aunque para Ortiz (2013), el aluminio también obstaculiza la translocación de nutrientes de la parte aérea, los cuales se manifiestan principalmente como deficiencias de fósforo, calcio y magnesio.

2.2.1.13. Acidez del suelo

La acidez es considerada uno de los factores químicos en el suelo que pueden afectar o beneficiar al cultivo según sea el caso.

La acidez está determinada principalmente por la asociación de elementos como el hidrógeno (H^+) y el aluminio (Al), es por eso que se indica que la acidez del suelo se encuentra midiendo el hidrógeno activo en el suelo expresado convencionalmente como el valor de pH.

Para Molina (1999), la acidez se puede clasificar así:

- Acidez activa: hidrógeno (H^+) disociado en la solución del suelo y proveniente de diferentes fuentes.
- Acidez intercambiable: hidrógeno y aluminio intercambiable retenidos en los coloides del suelo por fuerzas electrostáticas.
- Acidez no intercambiable: hidrógeno en enlace covalente en la superficie de los minerales arcillosos de carga variable.
- Acidez potencial: acidez intercambiable + acidez no intercambiable.

A. Causas de la acidez del suelo

Son muchas las causas que producen una reducción en el pH del suelo y se ven influenciadas dependiendo del tipo del cultivo, condiciones climáticas y el manejo agronómico en cada área de cultivo. Algunas causas concretas pueden ser:

- Material de origen: según el tipo de roca madre del suelo.
- Factor biótico: los desechos de la actividad orgánica son naturalmente ácidos.
- Precipitaciones: al momento de intercambiar el ion H^+ del agua por los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ y Na^+ .
- Uso de fertilizantes nitrogenados.
- Presencia de aluminio intercambiable.

2.2.1.14. Enmiendas

Para Magra & Ausilio (2004) "las enmiendas son productos de naturaleza mineral u orgánica que al incorporarse al suelo modifican favorablemente sus propiedades físicas y/o químicas sin tener en cuenta su valor como fertilizantes". Regularmente se le llama así a la acción de corregir el pH del suelo ya sea para un suelo ácido o para un suelo alcalino.

Existen diversos productos que pueden ser utilizados como enmiendas como, por ejemplo: carbonato de calcio, hidróxido de calcio, sulfato de magnesio, sulfato de calcio entre otras más que suelen utilizarse en la mayoría de los casos.

Comúnmente se le denomina encalado a la acción de aplicar la fuente de enmienda (sales básicas) para corrección del pH. Los productos que se utilizan como alcalinizantes o correctivos de la acidez del suelo son principalmente carbonatos, óxidos, hidróxidos y silicatos de calcio y/o magnesio. Debido a su diferente naturaleza química, estos materiales presentan una capacidad de neutralización variable (Espinoza & Molina, 1998).

La acción neutralizante de los materiales de encalado no se debe en forma directa al calcio y el magnesio, sino más bien a las bases químicas a la cual están ligados estos cationes CO_3 , OH^- y SiO_3 . Los cationes reemplazan a los iones ácidos de las posiciones intercambiables y los ponen en solución y al entrar en contacto la cal con el agua del suelo las sales básicas se disocian y generan cationes y OH^- .

Los OH generados por los carbonatos, hidróxidos y silicatos son los que neutralizan la acidez del suelo al propiciar la precipitación del aluminio como $\text{Al}(\text{OH})_3$ y la formación de agua (Espinoza & Molina, 1998).

2.2.1.15. Fuentes de enmienda

En el mercado agrícola existen diversos productos con distintas formulaciones químicas para corregir un pH ácido todos orientados a suplir la necesidad de las bases que el suelo necesita para equilibrarse.

Para Molina (1999) algunos de los aspectos más importantes de considerar en la determinación de la eficiencia agronómica de un material de encalado es su calidad, la cual está fundamentada en los siguientes factores:

- Pureza química y poder neutralizante: permite conocer su composición química y expresarla como equivalente de carbonato de calcio. La composición molecular del material y la alta cantidad de contaminantes que contenga, tales como arcilla o minerales de hierro determinan este valor.
- Forma química: con base en las diferentes formas químicas existentes, se presentan también diferentes capacidades de neutralización y reactividad.
- Tamaño de partícula: la fineza de las partículas individuales de la cal determina su velocidad de reacción. A menor tamaño de partícula aumenta la superficie de contacto.
- Poder de neutralización total: representa un índice de eficiencia del material de encalado ya que considera la pureza química y la fineza. Se obtiene multiplicando la eficiencia granulométrica por el equivalente químico.

2.2.1.16. Tipos de cal

A. Cal calcita (CaCO_3)

Es el material más utilizado para encalar los suelos. Está compuesto en su mayoría por carbonatos de calcio con muy poco magnesio. Se obtiene a partir de roca caliza, roca calcárea o calcita, la cual es molida y pasada por mallas de diferentes tamaños para luego ser empacada.

En su forma pura contiene 40 % de calcio. Las rocas calizas no son puras, ya que pueden contener algunas impurezas que incluyen arcilla, hierro, arena y granos de limo (Espinoza & Molina, 1998).

B. Hidróxido de calcio (Ca(OH)₂)

Se obtiene a partir de la reacción del óxido de calcio con agua. Se conoce como cal apagada o hidratada y es la forma en que se comercializa el CaO producido por calcinación. Posee alto grado de solubilidad y de rápida reacción en el suelo, presenta el 54 % de Ca en su forma pura. Es un material de mayor costo que el carbonato y con una reacción intermedia entre este y el CaO en neutralizar la acidez del suelo (Espinoza & Molina, 1998).

C. Óxido de calcio (CaO)

Se le conoce también como cal viva o cal quemada, es un polvo blanco muy difícil y desagradable de manejar. Se fabrica calcinado al horno piedra caliza. Cuando se aplica al suelo reacciona de inmediato y por esta razón este material es ideal cuando se desean resultados rápidos (Espinoza & Molina, 1998).

D. Cal dolomita (CaCO₃-MgCO₃)

El carbonato doble de calcio y magnesio reacciona más lentamente en el suelo que la calcita, tiene la ventaja que suministra magnesio elemento deficiente con frecuencia en suelos ácidos (Espinoza & Molina, 1998).

En el Cuadro 9 se presentan las características químicas de las distintas fuentes de enmienda y su contenido de calcio para la corrección de suelos ácidos.

Cuadro 9. Equivalentes químicos y composición química de materiales de encalado.

Material	Equivalente Químico (EQ)	Fórmula	Contenido de Ca (%)	Contenido de Mg (%)
Carbonato de Calcio	100	CaCO ₃	40.00	--
Dolomita	108	CaCO ₃ MgCO	21.60	13.10
Oxido de Calcio	179	CaO	71.00	--
Hidróxido de Calcio	138	Ca(OH) ²	54.00	--
Hidróxido de Magnesio	172	Mg(OH) ²	--	41.00
Carbonato de Magnesio	119	MgCO ₃	--	28.50
Oxido de Magnesio	248	MgO	--	60.00
Silicato de Calcio	86	CaSiO ₃	34.40	--
Silicato de Magnesio	100	MgSiO ₃	--	24.00

Fuente: Molina (1999).

2.2.1.17. Pureza química

Para la determinación de la pureza química se utiliza el criterio de equivalente químico (EQ) que se define como la capacidad que tiene el material encalante para neutralizar la acidez comparado con el poder de neutralización del CaCO₃ químicamente puro, al cual se le asigna un valor de 100 %.

2.2.1.18. Eficiencia granulométrica (tamaño de partícula)

La fineza de las partículas individuales de la cal determina su velocidad de reacción. Para estimar la fineza o eficiencia granulométrica (EG) de un material de encalado, se pesa una cantidad determinada del material y se cierne en una secuencia de mallas.

Tal como se muestra en el Cuadro 10, existen diversos tamaños de granulometría.

Cuadro 10. Eficiencia granulométrica de la cal con base en el tipo de malla.

Numero de malla mesh	Tamaño de los orificios (mm)	Eficiencia relativa (%)
< 8	> 2.36	0
8 a 20	2.36 - 0.85	20
20 a 40	0.85 - 0.42	40
20 a 60	0.85 - 0.25	60
> 60	< 0.25	100

Fuente: Molina, (1999).

2.2.1.19. Poder relativo de neutralización total

Para valorar en forma conjunta la pureza química y la fuerza de los materiales de encalado se utiliza un parámetro denominado Índice de eficiencia conocido también como poder de neutralización total (PRNT). Este PRNT indica que porcentaje de la cal, expresada por su equivalente químico (EQ), es capaz de reaccionar en un lapso de 3 meses (Molina, 1999).

2.3. OBJETIVOS

2.3.1. General

Evaluar algunas propiedades químicas y corrección de acidez, utilizando dos fuentes de calcio en los suelos de la finca Oriflama.

2.3.2. Específicos

1. Evaluar hidróxidos y carbonatos como fuentes de calcio, para mejorar los contenidos de bases y corregir el pH en los suelos de la finca Oriflama, La Reforma, San Marcos.
2. Determinar la dosis óptima de las fuentes de calcio para corrección del pH ácido en los suelos de la finca Oriflama, La Reforma, San Marcos.

2.4. HIPÓTESIS

Al menos una de las fuentes de calcio evaluadas mejorará los contenidos de bases y corregirá el pH en los suelos de finca Oriflama de La Reforma, San Marcos.

2.5. METODOLOGÍA

2.5.1. Fase de gabinete

2.5.1.1. Recopilación y análisis de datos

En esta etapa se obtuvieron datos que aportaron a la estructuración del proyecto, tales como: análisis de suelos, mapas fisiográficos, datos climatológicos, mapas de la finca, antecedentes de investigación, diagnósticos, documentos técnicos, revisión bibliográfica, que fueron analizados conjuntamente con el asesor para una correcta toma de decisión y considerar la mejor opción sobre la forma de iniciar, delimitar y manejo del proyecto.

2.5.1.2. Elaboración y cálculo de los tratamientos

En base a los resultados del análisis del suelo se calculó la dosis requerida por el suelo en estudio, la siguiente ecuación se utiliza para obtener la dosis requerida de carbonato de calcio (CaCO_3) e hidróxido de calcio ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

La fórmula para calcular la dosis de cal es: $\text{Ton CaCO}_3 = \frac{1.5 (\text{PSA}_{\text{suelo}} - \text{PSA}_{\text{permitido}}) * \text{CICE}}{100} * F$.

$\text{PSA}_{\text{suelo}}$ = es el porcentaje de saturación de acidez que presenta el suelo.

$\text{PSA}_{\text{permitido}}$ = es el porcentaje de saturación de acidez que el cultivo puede tolerar.

CICE = capacidad de intercambio catiónica efectiva.

1.5 = constante para contrastar el aluminio soluble del suelo.

$$F = \frac{100}{\text{PRNT}}$$

$$\text{PRNT} = \frac{\text{Eficiencia química del producto (EQ)} * \text{Eficiencia Granulométrica del producto (EG)}}{100}$$

El PRNT indica que porcentaje de cal expresada por su equivalente químico es capaz de reaccionar en un lapso de tiempo determinado. Mientras mayor es el valor del PRNT, más reactivo será el producto utilizado.

En el cuadro 11 se muestran los equivalentes químicos y granulométricos de las fuentes de calcio a utilizar en la investigación.

Cuadro 11. Valores químicos y granulométricos de las distintas fuentes de calcio.

Fuente de calcio	Equivalente químico (EQ)	Equivalente granulométrico (EG)
Carbonato de calcio	100	100
Hidróxido de calcio	100	138

Fuente: Bioska (2016).

$$PSA_{\text{suelo}} = \text{aluminio total} / (\text{bases}) = 60.66$$

$$PSA_{\text{permitido}} \text{ por el cultivo} = 25$$

A. Cálculo para el carbonato de calcio

$$F = \frac{100}{100} = 1$$

$$EQ = 100$$

$$EG = 100$$

$$PRNT = \frac{100 * 100}{100} = 100$$

$$Ton CaCO_3 = \frac{1.5 (60.66 - 25) * 11.21}{100} * 1 = 6$$

B. Cálculo para el hidróxido de calcio

$$F = \frac{100}{138} = 0.72$$

$$EQ = 100$$

$$EG = 138$$

$$PRNT = \frac{100 * 138}{100} = 138$$

$$\text{Ton Ca(OH)}_2 = \frac{1.5 (60.66 - 25) * 11.21}{100} * 0.72 = 4.32$$

Las descripciones de los tratamientos se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Descripción de los tratamientos.

Distribución de tratamientos		
Tratamiento	Dosis (ton/ha)	Fuente de calcio
T1	0	ninguno
T2	3	Carbonato de calcio
T3	6	Carbonato de calcio
T4	9	Carbonato de calcio
T5	2	Hidróxido de calcio
T6	4	Hidróxido de calcio
T7	6	Hidróxido de calcio

2.5.1.3. Variedad de café

La investigación se desarrolló en café variedad Castillo con 2 años de haberse establecido en campo.

2.5.1.4. Número de plantas por bloque

Se utilizaron 2 hileras (surcos) con 5 plantas por tratamiento a una distancia de 2 m x 0.8 m para un total de 90 plantas por bloque. El total de plantas para el proyecto fue de 270 plantas.

2.5.1.5. Área total del proyecto

Se estimó un área total de 432 m² para el desarrollo de la investigación.

2.5.1.6. Diseño estadístico

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas para la evaluación de dos tipos de formulaciones de enmiendas: carbonato de calcio que será denominado como el factor "A1" y el hidróxido de calcio que será denominado como el factor "A2" y el "A3" testigo sin ninguna aplicación, las tres formulaciones con tres dosis que serán denominados como N1, N2 y N3 distribuidos en 3 bloques.

2.5.1.7. Distribución espacial

En el cuadro 13 se presenta como estuvieron distribuidos en campo los distintos tratamientos de la investigación.

Cuadro 13. Distribución espacial de los tratamientos.

BLOQUE 1	A1			A2			A3		
	N1	N2	N3	N1	N2	N3	0	0	0
BLOQUE 2	A2			A3			A1		
	N1	N3	N2	0	0	0	N2	N3	N1
BLOQUE 3	A2			A1			A3		
	N3	N2	N1	N2	N1	N3	0	0	0

2.5.1.8. Hipótesis estadísticas

Ho: $\mu_1 = \mu_{a..}$, contra

Ha: por lo menos $\mu_i \neq \mu_i$ para $i \neq i$

Ho: $\mu_{i.k} \mu_{i..} \mu_{..k} + \mu = 0$, contra

Ha: $\mu_{i.k} \mu_{i..} \mu_{..k} + \mu \neq 0$ para algún i y k .

Ho: $\mu_{..1} = \dots = \mu_{..k}$ contra

Ha: por lo menos $\mu_{..k} \neq \mu_{..k}$ para $k \neq k$

Fuente: tomado de González & López (2015).

2.5.1.9. Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + (\alpha\rho)_{ik} + E_{ijk}.$$

Y_{ijk} = Variable de respuesta medida en la ijk - ésima unidad experimental.

μ = Media general.

β_j = Efecto del j - ésimo bloque.

α_i = Efecto del i - ésimo nivel del factor A.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Efecto de la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el j - ésimo bloque, que es utilizado como residuo de parcelas grandes y es representado por error(a).

ρ_k = Efecto del k - ésimo nivel del factor B.

$(\alpha\rho)_{ik}$ = Efecto debido a la interacción del i -ésimo nivel del factor A con el k - ésimo nivel del factor B.

E_{ijk} = Error experimental asociado a Y_{ijk} , es utilizado como residuo a nivel de parcela pequeña

Fuente: tomado de González & López (2015).

2.5.2. Fase de campo

2.5.2.1. Establecimiento de los tratamientos

Mediante el uso de imágenes satelitales con el software de Google Earth®, se efectuó la ubicación de los puntos que delimitan al lote en estudio y posteriormente se establecieron el número de plantas por parcela y por nivel para identificarlos.

2.5.2.2. Aplicación de las formulaciones químicas

Se realizó la aplicación de las fuentes de calcio por encima del suelo en la base de la planta en forma de círculo con la medida establecida en la fase de gabinete. La aplicación de los materiales encalantes se hicieron con recipientes plásticos previamente calibrados.

En el Cuadro 14 se presenta la dosis utilizada por planta según la fuente de calcio.

Cuadro 14. Dosis por planta según la fuente de calcio.

Fuente de calcio	Nivel	Dosis (kg/planta)
Carbonato de calcio	1	0.23
Carbonato de calcio	2	0.45
Carbonato de calcio	3	0.68
Hidróxido de calcio	1	0.16
Hidróxido de calcio	2	0.30
Hidróxido de calcio	3	0.48

2.5.2.3. Manejo agronómico del cultivo

Durante el tiempo que duró la investigación, se llevaron a cabo las siguientes aplicaciones de productos químicos.

- Aplicación de fertilizante (sulfato de amonio) al suelo = 2 oz/planta.
- Limpia manual.
- Herbicida de contacto (paraquat) = 2.15 L/ha.
- Fungicida (estrobirulina y triazol) foliar = 0.5 L/ha.

2.5.2.4. Análisis de la información

Se utilizó el software denominado InfoStat® para realizar un análisis de varianza y determinar las diferencias significativas de manera estadística debido a la aplicación de los tratamientos.

2.5.2.5. Variables de respuesta

Las variables de respuesta y la forma de evaluación de cada una fueron:

- pH en el suelo.
- Contenido de bases del suelo.

Para evaluar las variables pH y bases, se realizó un análisis de suelo por cada área de tratamiento según especificado en la distribución espacial (21 muestras), a los cuatro meses de aplicados los tratamientos, tiempo prudencial en donde las enmiendas ya han reaccionado en el suelo. El muestreo de suelos se hizo a 0.20 m de profundidad.

2.6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se tabularon en el programa estadístico InfoStat® como se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Resultados del análisis químico de suelos en laboratorio del ICTA.

Bloque	Método	Niveles	pH	Sumatoria de bases	Fosforo (ppm)	Potasio (Cmol/l)	Calcio (Cmol/L)	Magnesio (Cmol/L)
1	Carbonato de calcio	N1	6.10	13.60	2.50	1.05	11.30	1.20
1	Carbonato de calcio	N2	6.40	11.10	2.50	1.05	8.80	1.20
1	Carbonato de calcio	N3	6.00	3.60	2.50	0.82	2.20	0.60
1	Hidróxido de calcio	N1	6.30	8.90	4.50	1.01	6.80	1.10
1	Hidróxido de calcio	N2	6.30	20.10	12.50	0.97	18.20	0.90
1	Hidróxido de calcio	N3	6.20	9.80	2.50	1.01	7.80	1.00
1	Testigo	N1	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
1	Testigo	N2	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
1	Testigo	N3	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
2	Carbonato de calcio	N1	6.30	10.29	2.50	1.19	7.30	1.80
2	Carbonato de calcio	N2	6.60	12.10	2.00	2.10	8.60	1.40
2	Carbonato de calcio	N3	6.30	8.91	2.50	1.01	7.20	0.70
2	Hidróxido de calcio	N1	6.20	5.80	3.50	1.00	4.10	0.70
2	Hidróxido de calcio	N2	6.20	8.57	2.50	1.17	6.20	1.20
2	Hidróxido de calcio	N3	6.20	7.89	2.50	1.09	5.90	0.90
2	Testigo	N1	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
2	Testigo	N2	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
2	Testigo	N3	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
3	Carbonato de calcio	N1	6.00	2.35	2.00	1.05	0.80	0.50
3	Carbonato de calcio	N2	6.00	1.86	2.00	1.06	0.40	0.40
3	Carbonato de calcio	N3	6.00	2.95	8.00	0.85	1.50	0.60
3	Hidróxido de calcio	N1	6.30	5.57	2.50	0.97	3.90	0.70
3	Hidróxido de calcio	N2	6.00	5.52	2.50	0.92	3.90	0.70
3	Hidróxido de calcio	N3	5.90	7.24	3.00	0.94	5.70	0.60
3	Testigo	N1	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
3	Testigo	N2	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80
3	Testigo	N3	6.00	5.54	3.00	1.04	3.70	0.80

Para la variable pH se hizo un análisis de varianza con el 5 % de probabilidad y los resultados se muestran en el Cuadro 16.

Cuadro 16. ANDEVA para la variable pH.

ANALISIS DE VARIANZA				
pH				
Variable	N	R°	R° Ajustado	CV
pH	27	0.86	0.70	1.51

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.64	14	0.05	5.40	0.0029
bloque	0.15	2	0.07	8.74	0.0046
método	0.20	2	0.10	11.87	0.0014
niveles	0.05	2	0.02	2.74	0.1047
método/método*bloque	0.00	0	0.00	sd	sd
método*bloque	0.16	4	0.04	4.57	0.018
método*niveles	0.09	4	0.02	2.67	0.0836
Error	0.10	12	0.01		
Total	0.75	26			

El coeficiente de correlación (R^2) 0.86 indica que el modelo estadístico si se ajusta al experimento realizado. El coeficiente de variación es bajo (1.51) que indica pocos datos atípicos, las fuentes de enmienda y los niveles aplicados en los tratamientos producen el mismo efecto en el suelo, no mostrando diferencias significativas.

El análisis estadístico muestra que no existen diferencias significativas en los niveles de enmienda aplicados, ni en la interacción entre el material encalante y nivel de enmienda aplicados al suelo ($p > 0.05$), por lo que el último indicador será el material encalante utilizado.

El método (fuente de calcio) si representa diferencias significativas entre el carbonato de calcio y el hidróxido de calcio con respecto al testigo, por lo que se procedió a realizar una prueba de Tukey para verificar cuál de los 2 materiales presenta mejores resultados para elevar el pH del suelo, los resultados se muestran en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Post ANDEVA para variable pH.

TEST: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11608				
ERROR: 0.0085 gl:12				
método	Medias	n	E.E.	
Testigo	6.00	9	0.03	A
Hidróxido de calcio	6.18	9	0.03	B
Carbonato de calcio	6.19	9	0.03	B

Existen diferencias significativas entre los tratamientos con fuentes de calcio y el testigo para el aumento en el pH del suelo, sin embargo, no existe diferencia significativa entre el hidróxido de calcio y el carbonato de calcio.

Existen propiedades químicas de los hidróxidos y carbonatos que pueden minimizar el efecto residual de las enmiendas, en el caso de la cal hidratada el grado de fineza es más alto que de la cal agrícola por lo que existirá más área de contacto entre los coloides y reacciona más rápido que el carbonato de calcio, como también influye en pérdida por viento o escorrentía que afecta a la dosis aplicada.

Aunque la cal hidratada contenga más calcio puro (Ca = 54 %) que de la cal agrícola (Ca = 40 %) esto no significa que pueda elevar más el pH del suelo porque el ion Ca^{2+} no interviene en las reacciones de incremento del pH.

Los valores medios del pH indican gran similitud entre los dos materiales encalantes utilizados y los dos aumentaron el pH del suelo en comparación al testigo sin ningún tratamiento.

Las dosis empleadas no produjeron algún efecto significativo por lo que se infiere que el pH del suelo de finca Oriflama puede manejarse a dosis bajas de la calculada, aunque se utilice el criterio de aluminio intercambiable o saturación de bases como criterio de aplicación de enmiendas, en algunos casos puede subestimarse o sobreestimarse el dato de cal en suelos Andisoles.

La dosis óptima para el carbonato de calcio es de 3 ton/ha y el óptimo para el hidróxido de calcio es de 2 ton/ha.

El material encalante aplicado puede reaccionar a dosis más bajas de la calculada debido a las propiedades del suelo (textura franco arenosa: facilita la precipitación del aluminio a estratos más bajos).

Según Farfán (2007) “la alta capacidad tampón de los Andisoles se debe a que las arcillas resultantes de la meteorización de las cenizas volcánicas (alófana, Imogolita y complejos humus-Al) tienen una superficie muy reactiva” es por ello que los métodos tradicionales de cálculo de enmiendas pueden ser usados como referencia y se pueden aplicar dosis más bajas para reducir costos y teniendo el mismo efecto en el suelo.

Para la variable sumatoria de bases se hizo un análisis de varianza al 5 % de probabilidad y los resultados se muestran en el Cuadro 18.

Cuadro 18. ANDEVA para la variable sumatoria de bases.

ANALISIS DE VARIANZA				
Sumatoria de bases				
Variable	N	R°	R° Ajustado	CV
Sumatoria de bases	27	0.78	0.51	37.01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	299.64	14	21.40	2.96	0.0333
bloque	100.10	2	50.05	6.93	0.0100
método	48.78	2	24.39	3.38	0.0686
niveles	20.57	2	10.29	1.42	0.2785
método/método*bloque	0.00	0	0.00	sd	sd
método*bloque	93.98	4	23.49	3.25	0.0502
método*niveles	36.20	4	9.05	1.25	0.3407
Error	86.64	12	7.22		
Total	386.27	26			

El coeficiente de correlación (0.78) indica que el modelo si se ajusta al experimento. El coeficiente de variación alto se ve afectado por algunos datos atípicos que son resultado de un mal proceso de laboratorio. Es por eso que estadísticamente no existen diferencias significativas en el ANDEVA.

Si se revisa el Cuadro 15, claramente se ve que el calcio y el magnesio si aumentaron en comparación del testigo, el potasio se mantuvo constante. Con esto se evidencia que el aporte principal de elemento es el calcio y en menor proporción el magnesio, por lo que no existe correlación con los demás elementos del suelo.

Cuando se aplica cualquier fuente de calcio, el ion Ca^2 ocupa el lugar que dejan los iones de Al^{3+} y el H^+ .

Los resultados de post ANDEVA para la variable sumatoria de bases se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Post ANDEVA para variable sumatoria de bases.

TEST: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.11608				
ERROR: 0.0085 gl:12				
método	Medias	n	E.E.	
N3	6.33	9	0.98	A
N1	7.01	9	0.98	A
N2	8.43	9	0.98	A

Si se observan las medias de los dos materiales se puede inferir que, a dosis menores a la calculada, la sumatoria de bases es menor y con la dosis calculada la sumatoria de bases sube en comparación de que si se aplica una dosis más alta. Estadísticamente todos los niveles (dosis) de las fuentes de calcio son iguales para balancear las bases en el suelo.

Entonces un sobre encalado puede afectar y bloquear el efecto de las fuentes de calcio, provocando que el compuesto hidroxilo no reaccione con el ion H^+ y por tanto no pueda desplazar al aluminio y al hidrógeno. Según Farfán (2007) dice: “el sobre-encalado promueve la dispersión de los agregados del suelo debido a que produce cambios en la superficie de los coloides que llevan a que dominen las fuerzas de repulsión entre partículas” con esto se sabe que puede llegar a formas costras en la parte superficial del suelo provocando que se tapen los poros y produciendo lenta infiltración de los elementos.

En los resultados del experimento realizado se debe de tomar en cuenta el método y la solución extractora que utilizó el laboratorio de suelos del ICTA (Melich I) ya que se presentan datos atípicos que afectan a la determinación de las propiedades químicas del suelo.

La aplicación de las enmiendas también produjo cambios visibles en la planta (hojas verdes sin deficiencia de magnesio, entrenudos gruesos, venas foliares sin coloración amarillenta y un buen vigor de la planta en general).

El carbonato de calcio tuvo mayor aporte de calcio esto se debe a que los carbonatos son una base débil por lo que reaccionan más lento teniendo un mayor efecto residual en el suelo.

Por otra parte, el hidróxido de calcio es una base fuerte que reacciona mucho más rápido, pero no tiene mayor efecto residual, es por eso que, al momento del muestreo de suelos final, el carbonato de calcio tenía mayor presencia de sus componentes en comparación del hidróxido de calcio, lo que hace indicar que el OH^- que reacciona para desplazar el hidrógeno hacia estratos más bajos ya se había consumido y el Al^+ nuevamente estaba tomando el lugar del calcio en los 5 cm – 10 cm del suelo.

El testigo presenta los mismos datos en los 3 bloques porque se tomaron 27 submuestras que representaran a los 3 bloques y 3 estratos por parcela para poder obtener una muestra representativa tratando de homogenizar la muestra definitiva por motivos de reducción de costos para el proyecto.

El manganeso se ve disminuido en los tratamientos con carbonato de calcio evidenciando su poder de desplazamiento.

2.7. CONCLUSIONES

1. Estadísticamente las dos fuentes de calcio (hidróxidos y carbonatos) fueron superiores al testigo (sin aplicación de material encalante). Sin embargo, ambas fuentes fueron estadísticamente iguales en la corrección del pH ácido y el contenido de bases en suelos de la finca Oriflama. Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada.
2. Las dosis óptimas estadísticamente iguales, para corregir la acidez y aumentar el contenido de bases del suelo de finca Oriflama, fueron 3 ton/ha de carbonato de calcio (tratamiento 2) y 2 ton/ha de hidróxido de calcio (tratamiento 5).

2.8. RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis económico de la relación beneficio/costo para seleccionar la fuente de calcio que represente el menor costo en el proceso de producción para finca Oriflama.
2. Se recomienda realizar un análisis de suelo cada año, previo a la incorporación de materiales encalantes.
3. Para Finca Oriflama se recomienda aplicar Carbonato de Calcio a dosis de 3 ton/ha.

3.9. BIBLIOGRAFÍA

- Anzueto, F. (2013). *Variedades de café resistentes a roya*. Obtenido de El Cafetal, 35(2), 3-5 : <https://www.anacafe.org/uploads/file/994322fc9be142579b05ddaea4c84e43/El-Cafetal-14.pdf>
- Asociación Nacional del Café, Guatemala, (ANACAFE). (1991). *Manual de caficultura*. (2 ed.) . Guatemala: ANACAFE.
- Asociación Nacional de Café, Guatemala (ANACAFE). (1999). *El encalado en cafetales*. Obtenido de ANACAFE: <https://www.anacafe.org/caficultura/manuales/#>
- Asociación Nacional del Café, Guatemala (ANACAFE). (2010). *Área cultivada de café en Guatemala*. Recuperado el 10 de Septiembre de 2016, de ANACAFE: <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=Area cultivada en Guatemala>
- Bertsch, F. (1995). *La fertilidad de los suelos y su manejo*. San José, Costa Rica, San Jose, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del suelo. Recuperado el Septiembre de 2016, de Asociacion costarricense de la ciencia del suelo.
- Carballo, A., & Quiroga, V. (1976). *Manual práctico para el análisis de experimentos de campo*. Obtenido de San José, Costa Rica: IICA: <https://books.google.com.gt/books?id=Ix4OAQAIAAJ&printsec=frontcover&dq=inauthor:%22Quiroga,+V.%22&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjv7P3V2dPjAhWxo1kKHTOWBTcQ6AEIjAA#v=onepage&q&f=false>
- Espinoza, J., & Molina, E. (1998). *Acidez y encalado de los suelos*. Obtenido de Italia: International Plant Nutrition Institute: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/libros/Acidez%20y%20encalado%20de%20suelos,%20libro%20por%20%20J%20Espinoza%20y%20E%20Molina.pdf>
- FAO, Italia. (2007). *Erosión y pérdida de fertilidad del suelo*. Roma, Italia: FAO. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S06.htm
- Farfán, S. (2007). *Estudio de la fertilidad de los suelos de la finca El Chapín cultivada con palma africana (Elaeis guineensis) en el municipio de El Estor, departamento de Izabal. (Tesis Ing. Agr.)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala.

- González Ramírez, B. H., & López Bautista, E. A. (2015). *Diseño y análisis de experimentos, fundamentos y aplicaciones en agronomía*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía, Centro de Telemática.
- Hun, E. (1991). *Diagnóstico de los suelos cultivados con café (Coffea arabica) con énfasis en la fertilidad, en la Unidad Docente Productiva "Sabana Grande", en El Rodeo, Escuintla. (Tesis Ing. Agr)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala.
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). (1989). *Manual de recomendaciones para el cultivo del café*. San José, Costa Rica, Costa Rica: ICAFFE.
- Instituto Geográfico Militar, Guatemala (IGM). (1986). *Mapa topográfico de la República de Guatemala: Hoja Coatepeque, no. 1860-III*. Guatemala: IGM.
- Jordan, A. (2006). *Manual de edafología*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.
- Magra, G., & Ausilio, A. (2004). *Corrección de la acidez de los suelos*. Recuperado el 3 de Septiembre de 2016, de Agromensajes de la Facultad, no. 13: www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/13/9AM13.htm
- Molina, E. (1999). *Acidez y encalado de suelos*. Roma, Italia: International Plant Nutrition Institute.
- Noriega, S. (2000). *Diagnóstico general de la Finca Oriflama, La Reforma, San Marcos. (Informe de EPS)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala.
- Ortíz, R. (2013). *Evaluación de dosis y fuentes de enmiendas calcáreas en la fertilidad del suelo y el crecimiento de piña en finca Tres Amigos*. San Carlos, Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Padilla, T. (2012). *Síntesis climática de Guatemala*. Guatemala.
- Pedrosa, H. (1998). *Fundamentos de experimentación agrícola*. Obtenido de Centro de Estudios de Ecodesarrollo para el Trópico: <http://cenida.una.edu.ni/textos/c10p372.pdf>

- Pereira Morales, C. A., Maycotte Morales, C. C., Restrepo, B. E., Mauro, F., Calle Montes, A., & Velarde, M. J. (2011). *Edafología 1*. Obtenido de Colombia: EuropeAid / Universidad en el campo / Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo / Universidad de Caldas / Università degli Studi Guglielmo Marconi / Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua / Universitas Major Pacensis Divi Andre : <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- Ruesga González, I., Peña Peña, E., Exposito Elizagaray, I., & Gardon, D. (2005). *Libro de experimentación agrícola*. Obtenido de El Vedado, La Habana, Cuba: Centro Universitario Vladimir I. Lenin, Las Tunas: https://www.researchgate.net/publication/329880204_LIBRO_DE_EXPERIMENTACION_AGRICOLA/download
- Santos Castillo, I. D. (2013). *El agua en el suelo*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía.
- Simmons, C., Tárano, J. M., & Pinto, J. H. (1959). *Clasificación y reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: José de Pineda Ibarra.
- Tobías, H., & Lira, E. (2000). *Primera aproximación al mapa de clasificación taxonómica de los suelos de la República de Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA).



CAPÍTULO III
SERVICIOS REALIZADOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS

3.1. INTRODUCCIÓN

Los servicios realizados en finca Oriflama del municipio de La Reforma, San Marcos, se basaron en los resultados obtenidos en el diagnóstico, mediante la priorización de problemas se determinó que existía una mala aplicación de agroquímicos y también se determinó la carencia de un plan de fertilización basado en un análisis de suelos, por lo que se realizaron dos servicios para mejorar los procesos y el manejo agronómico en finca Oriflama.

La empresa solicitó de manera adicional, la elaboración de un documento técnico para fundamentar el uso de algunos agroquímicos dentro de la finca con el fin de respaldar la documentación correspondiente al proceso de certificación de Rainforest Alliance® para el año 2016.

El primer servicio fue la capacitación al personal de la finca con el tema “Manejo adecuado de agroquímicos” con el cual se les explicó a los trabajadores el significado de las etiquetas y simbología de los recipientes que contienen agroquímicos, la correcta manipulación de productos químicos, las dosis adecuadas, calibración de equipo, uso del equipo personal de protección, correcta aplicación de agroquímicos, limpieza de equipo y desecho de envases vacíos.

La capacitación constó de 2 partes, la primera fue la presentación teórica de la simbología de los envases que contienen agroquímicos, la clasificación según el color de la franja de seguridad, el tipo de agroquímico y su forma de acción. Y la segunda parte fue una demostración del uso del equipo de protección personal (EPP) en campo con los recursos que cuenta finca Oriflama.

El segundo servicio consistió en la elaboración de un programa de fertilización para un ciclo productivo de café basado en los análisis de laboratorio para el periodo 2017 – 2018. Se implementaron aplicaciones de fertilizantes foliares según la fenología del cultivo para maximizar la productividad de la planta de café (*Coffea arabica*).

El tercer servicio fue la elaboración de un documento técnico sobre el uso de 3 agroquímicos para el manejo agronómico en almácigos y campo.

3.2. OBJETIVOS

3.2.1. General

Optimizar el manejo agronómico de finca Oriflama para mejorar el desarrollo de la planta de café (*Coffea arabica*).

3.2.2. Específicos

1. Capacitar al personal de finca Oriflama en el manejo adecuado de agroquímicos.
2. Elaborar un plan de fertilización para el café, basado en los requerimientos de la planta y según el resultado del análisis de suelo.
3. Elaborar un documento técnico como base para las aplicaciones de algunos agroquímicos.

3.3. SERVICIO UNO: CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE FINCA ORIFLAMA SOBRE “MANEJO ADECUADO DE AGROQUÍMICOS”

3.3.1. Problemática

Durante el desarrollo del diagnóstico se evaluó la forma de aplicación de los productos químicos y se determinó que no se aplicaban de una manera eficiente, además de que no se utilizaba el equipo de protección personal (EPP) para resguardo de la salud de los aplicadores, también la mayoría de los aplicadores desconocía la simbología de las etiquetas de los envases que contienen agroquímicos.

3.3.2. Objetivos

1. Capacitar al personal de finca Oriflama en el manejo adecuado de agroquímicos para mejorar las aplicaciones de agroquímicos.
2. Definir la importancia del uso del equipo de protección personal.

3.3.3. Metodología

Se realizó una charla en donde se capacitó a los trabajadores para que comprendieran el modo de acción de los agroquímicos (contacto – sistémico), la clasificación por producto según su función (herbicida, fungicida, nematicida, bactericida, adherente, entre otros), también se les explico la simbología del envase para que pudieran comprender que significaba cada uno (franja de seguridad, panfleto, ingrediente activo, nombre comercial, familia a la que pertenece el ingrediente activo, etc).

A lo largo de la charla se resolvieron dudas y se dejó un espacio para que los trabajadores compartieran las experiencias según el área de trabajo (aplicadores, bodeguero, almacigo, preparadores de producto).

Mediante el uso de fotografías y videos se mostraron las formas incorrectas de manipulación y aplicación de los distintos agroquímicos que se realizan en otras fincas y el riesgo que conlleva el no utilizar el equipo de protección personal (EPP) desde que sale el producto de la bodega hasta la limpieza de las bombas de aplicación.

En la Figura 6 y 7 se muestra la charla brindada a los trabajadores de finca Oriflama.



Figura 6. Capacitación del manejo adecuado de agroquímicos.



Figura 7. Finalización de la charla impartida.

3.3.3.1. Demostración en campo

Al finalizar la charla se les mostró la forma correcta del uso del equipo de protección personal al momento de realizar las aplicaciones y cada uno tuvo que explicar y señalar la simbología y el lugar donde se encuentran ubicadas las distintas especificaciones de los envases que contienen agroquímicos.

3.3.4. Resultados

En el área de bodega se tiene más orden y los productos son manipulados con el cuidado respectivo, al entrar a la bodega es obligatorio el uso de guantes, lentes y mascarilla como mínimo para resguardar la seguridad de la persona. El bodeguero se encargó de clasificar los productos según su función, y ordenarlos por su categoría toxicológica para llevar un mejor control de los agroquímicos.

Para realizar las mezclas, la persona encargada debe de verificar el ingrediente activo y los principales síntomas de intoxicación, así como la portación de un kit de primeros auxilios básico para prevenir accidentes. El panfleto de los productos es archivado en la oficina y se le da copia al bodeguero y a la persona encargada de preparar las mezclas.

3.3.5. Evaluación

Con la capacitación se logró compra de repuestos para las bombas de aspersión ya que contaban con varias piezas dañadas provocando goteos, escurrimientos entre otros.

Los trabajadores entendieron la importancia de usar el equipo de protección personal mientras están manipulando agroquímicos desde que salen de la bodega hasta que regresan todo el equipo ya lavado a la bodega.

3.4. SERVICIO DOS: ELABORACIÓN DE UN PLAN DE FERTILIZACIÓN

3.4.1. Problemática

En el manejo agronómico de la finca, no existe un plan de fertilización de acorde a las necesidades nutrimentales según la fenología del cultivo o basado en un análisis de suelo previo, que sirva para diagnosticar los elementos faltantes del suelo y como balancear los nutrientes que la planta necesita para lograr un óptimo desarrollo.

3.4.2. Objetivo

Realizar un plan de fertilización para el cultivo de café (*Coffea arabica*) según las características del suelo de finca Oriflama.

3.4.3. Metodología

En base al análisis de suelo se procedió a realizar los cálculos correspondientes para establecer la cantidad de fertilizante a utilizar, así como la época de aplicación según la etapa fenológica del cultivo.

3.4.4. Resultados

Para el ciclo 2017 - 2018 se tiene contemplado realizar 3 fertilizaciones al suelo y 2 fertilizaciones aplicados vía foliar.

Los fertilizantes que se aplicaron se detallan en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Fertilizantes requeridos para aportar elementos al suelo.

No.	Tipo de aplicación	Época de aplicación	Fórmula	Dosis	Tipo de cafetal
1	Granular	febrero - marzo	CaCO ₃	226 kg/ha	Plantía
				453 kg/ha	Adulto
2	Granular	2 meses después de floración	(20 - 5 - 20)	226 kg/ha	Plantía
				362 kg/ha	Adulto
3	Granular	5 meses después de floración	(23 - 0 - 30)	362 kg/ha	Plantía
				453 kg/ha	Adulto
1	Foliar	2 meses después de floración	zinc - boro	1 L/ha	Plantía
				1.4 L/ha	Adulto
2	Foliar	5 meses después de floración	zinc - boro	1 L/ha	Plantía
				1.4 L/ha	Adulto

3.4.5. Evaluación

Con la elaboración de un plan de fertilización se logró mejorar el estado nutricional de la plantación y se obtuvo un grano de mejor calidad y mayor peso, plantas vigorosas y con mayor resistencia al ataque de enfermedades.

Al tener claras las épocas de aplicación y la dosis por manzana se contribuyó a la reducción de costos ya que se compró la cantidad exacta de fertilizante para toda la plantación de finca Oriflana y se garantizó que cada planta recibiera los elementos necesarios para un mejor aprovechamiento y no tener pérdidas de nutrientes.

3.5. SERVICIO TRES: ELABORACIÓN DE UN ANÁLISIS TÉCNICO DE AGROQUÍMICOS UTILIZADOS EN FINCA ORIFLAMA PARA RESPALDO DE AUDITORÍA RAINFOREST ALLIANCE®.

3.5.1. Problemática

Cada año se realiza una auditoria por parte de la FIIT en finca Orifloma, para obtener el sello de Rainforest Alliance®, en la auditoria del 2015 se dejó como observación de parte de los auditores la falta de un documento técnico que respalde el uso de productos químicos que tienen categoría toxicológica II y III, por lo que fue necesario la elaboración de dicho documento.

3.5.2. Objetivo

Justificar el uso de productos químicos con categoría toxicológica II y III para aprobación de la auditoria de FIIT en finca Orifloma.

3.5.3. Resultados

3.5.3.1. Justificación producto Diazinon

El producto químico comercialmente denominado como Diazinon 60 EC de tipo organofosforado posee el ingrediente activo Diazinon el cual es de amplio espectro para control de insectos del suelo como: gallina ciega (*Phyllophaga* sp.), cochinillas de la raíz (*Dysmicoccus cryptus*), pulgones (*Aphis coffea*) que son los que se manifiestan regularmente en el almacigo actuando en forma de contacto, ingestión y por vapor.

Al utilizar el producto se asegura una erradicación total de insectos que siempre se encuentran en el sustrato y que reducen la capacidad de germinación de las semillas seleccionadas. Dichos insectos no pueden eliminarse de otra forma debido a sus características físicas y sus hábitos alimenticios.

La aplicación del insecticida tiene los siguientes beneficios:

- Control: por ser de amplio espectro puede controlar varios insectos en una sola aplicación pudiendo contrarrestar diversas órdenes de insectos como: coleóptera, homóptera, díptera entre otras. Evitando la aplicación posterior de productos selectivos.

- Manejo: por su residualidad en el sustrato, el producto garantiza el manejo de insectos por 60 días, en los cuales la semilla ya ha realizado casi el 90 % de su proceso germinativo dejando por un lado cualquier amenaza de ataque por parte de las plagas.

A. Control de los peligros al utilizar el producto Diazinon

Según el panfleto de la casa comercial se menciona los siguientes peligros:

- Toxicidad para peces: se da por la contaminación directa de afluentes de agua. En finca Oriflama se cuenta con un proceso de conservación de ecosistemas, por lo que, al lavar el equipo de aplicación, los fluidos se depositan en el BIODEP donde se filtra el agua antes de que llegue al manto freático. Y los envases se limpian con el triple lavado y son devueltos a las casas comerciales.
- Toxicidad para humanos: el producto es dañino si se tiene contacto con los ojos, ingestión, inhalación o con la piel. Para lo cual la finca ha implementado charlas y cursos de manejo seguro de productos químicos para los colaboradores encargados del almacenaje y aplicación de los mismos. Así también se les provee de equipo de protección como guantes, lentes, camisa manga larga, pantalón, mascarilla y gabacha plástica para evitar el contacto accidental.
- Toxicidad para abejas (*Apis mellífera*): se da por los vapores emitidos posteriormente a la aplicación en el suelo. En los almácigos de Oriflama después de aplicar el químico en cada estructura, se les coloca una cobertura natural (rastrajo, hojas anchas) para evitar la emisión del vapor hacia el exterior.

3.5.3.2. Justificación del producto Triadimenol

El producto Caporal 25 DC contiene el ingrediente activo Triadimenol de la familia química Triazol, este producto es de amplio espectro para hongos del phylum Basidiomycota como roya y ojo de gallo, entre otras.

Al ser de amplio espectro el producto Caporal se incluye en el plan de manejo de enfermedades para aplicar al inicio de las lluvias por su acción protectante y erradicante. El efecto del Caporal 25 DC brinda 50 días de control.

Según la casa fabricante, el producto posee una categoría toxicológica grado III con cinta azul.

A. Control de los peligros al utilizar el producto Triadimenol

- Toxicidad para animales: según consta en el panfleto dicho producto puede afectar la vida de los peces y crustáceos si se llegaran a contaminar las fuentes hídricas. La finca Oriflama lleva un plan de aplicación por lote, realizando sus aplicaciones a no más de 10 metros de distancia de las fuentes de agua. Y también al lavar el equipo de aplicación se realiza en áreas específicas como el BIODÉP.
- Toxicidad para humanos: el producto es dañino si se tiene contacto con los ojos, ingestión, inhalación o con la piel. Para lo cual la finca ha implementado charlas y cursos de manejo seguro de productos químicos para los colaboradores encargados del almacén y aplicación de los mismos. Así también se les provee de equipo de protección como guantes, lentes, camisa manga larga, pantalón, mascarilla y gabacha plástica para evitar el contacto accidental.

3.5.3.3. Justificación del producto Azoxystrobin

El producto denominado comercialmente como Mancuerna 28 SC, es un fungicida que posee dos tipos de grupos químicos: Triazol y Estrobirulina que tienen como ingrediente activo el Cyproconazol y Azoxystrobin respectivamente. Estos dos ingredientes son protectantes, erradicantes y anti – esporulantes. Regularmente ANACAFE recomienda el uso de los productos como: Opus, Alto, Caporal, entre otros más que poseen solo un ingrediente activo, regularmente del grupo Triazol que no proporcionan más de 30 días de control.

En finca Oriflama se utilizó el producto Mancuerna 28 SC para el control y erradicación de la roya del café (*Hemileia vastatrix*), por ser un producto de acción sistémica, se introduce por todos los tejidos conductores entrando por los estomas de las hojas inhibiendo la esporulación.

Por su formulación, el fungicida Mancuerna tiene la capacidad de controlar el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) de forma chocante inhibiendo la síntesis del ergosterol, ya que sus estructuras de reproducción se encuentran en el haz de la hoja. La aplicación del producto en mención produce los siguientes beneficios:

- Económico: se evita la compra y aplicación de un segundo producto para el control del ojo de gallo. Reduciendo el pago de jornales, logística entre otros.

- Ecosistema: ayuda a reducir el sobre – uso de productos químicos (más de 3 aplicaciones de igual número de ingredientes activos) que dañen los ecosistemas cercanos a las plantaciones.
- Manejo del cultivo: el efecto de la aplicación del fungicida Mancuerna 28 SC dura aproximadamente 45 días de control.

A. Control de los peligros al utilizar el producto Azoxystrobin

Según la casa fabricante, el producto posee una categoría toxicológica grado II con cinta amarilla.

- Toxicidad para animales: según consta en el panfleto dicho producto puede afectar la vida de los peces y crustáceos si se llegaran a contaminar las fuentes hídricas. La finca Oriflama lleva un plan de aplicación por lote, realizando sus aplicaciones a no más de 10 m de distancia de las fuentes de agua. Y también al lavar el equipo de aplicación se realiza en áreas específicas como el BIODPEP.
- Toxicidad para humanos: el producto es dañino si se tiene contacto con los ojos, ingestión, inhalación o con la piel. Para lo cual la finca ha implementado charlas y cursos de manejo seguro de productos químicos para los colaboradores encargados del almacenaje y aplicación de los mismos. Así también se les provee de equipo de protección como guantes, lentes, camisa manga larga, pantalón, mascarilla y gabacha plástica para evitar el contacto accidental.

3.5.4. Evaluación

Se logró que la FIIT eliminara el hallazgo dejado en el 2015, también con la elaboración del documento se cuenta con respaldo para futuras auditorias.



Figura 9A. Demostración del uso de equipo de protección personal.



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



REF. Sem. 59/2019

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca)
PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS,
FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN
MARCOS, GUATEMALA, C.A."

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: EDUARDO RAFAEL
GARCÍA DE LA CRUZ

CARNE: 201210572

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Dr. Marvin Salguero Barahona
Dr. Iván Dimitri Santos Castillo
Dr. Adalberto B. Rodríguez García

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


Dr. Iván Dimitri Santos Castillo
ASESOR ESPECIFICO


Dr. Adalberto B. Rodríguez García
DOCENTE ASESOR EPS


Ing. Agr. Waldemar Nulo Reyes
DIRECTOR DEL IIA

WNR/nm
c.c. Archivo





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
AREA INTEGRADA –EPS-



Ref. SAIEPSA.6.Seg.2020

Guatemala, 24 de septiembre de 2020

TRABAJO DE GRADUACIÓN: EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: EDUARDO RAFAEL GARCÍA DE LA CRUZ

No. CARNÉ 2012-10572

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

“EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS, FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Dr. Marvin Salguero Barahona
 Dr. Iván Dimitri Santos Castillo
 Dr. Adalberto B. Rodríguez García

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

“Id y enseñad a Todos”

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

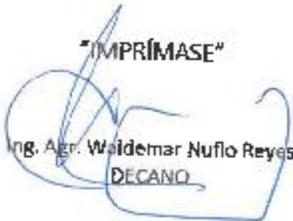


cc.archivo
 PPR/azud



No. 21-2020

Trabajo de Graduación:	"EVALUACIÓN DE FUENTES DE CALCIO (Ca) PARA CORRECCIÓN DE SUELOS ÁCIDOS. DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS EN FINCA ORIFLAMA, LA REFORMA, SAN MARCOS, GUATEMALA, C.A."
Estudiante:	Eduardo Rafael García de la Cruz
Carné:	201210572

"IMPRÍMASE"

 Ing. Agr. Waldemar Nuflo Reyes
 DECANO



