

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA  
RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE  
CAFÉ (*Coffea arabica*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA  
CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

**HUGO IANKEL CALDERÓN SALAZAR**

**GUATEMALA, JULIO DE 2021**



**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**ÁREA INTEGRADA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA  
RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE  
CAFÉ (*Coffea arabica*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA  
CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

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

**POR**

**HUGO IANKEL CALDERÓN SALAZAR**

**EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO INGENIERO AGRÓNOMO**

**EN**

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA EN EL GRADO ACADÉMICO DE  
LICENCIADO**

**GUATEMALA, JULIO DE 2021**



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

**RECTOR EN FUNCIONES**

LICENCIADO M.A. PABLO ERNESTO OLIVA SOTO

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA**

DECANO	Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes
VOCAL 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 González Álvarez
VOCAL V	Br. Sergio Vladimir González Paz
SECRETARIO	Ing. Agr. Walter Arnoldo Reyes Sanabria

Guatemala, julio de 2021



Guatemala, julio de 2021

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

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el TRABAJO DE GRADUACIÓN: **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.”**, como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

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

Atentamente,

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and a long horizontal stroke extending to the right.

**HUGO IANKEL CALDERÓN SALAZAR**





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



REF. Sem. 7/2021

EL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: "CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A"

DESARROLLADO POR EL ESTUDIANTE: HUGO IANKEL CALDERÓN SALAZAR

CARNE: 201502995

HA SIDO EVALUADO POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Víctor Hermógenes Castillo Díaz  
Ing. Agr. César Linneo García Contreras  
Ing. Agr. Silvel Elías Gramajo

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

Ing. Agr. César Linneo García Contreras  
ASESOR ESPECÍFICO

Ing. Agr. Silvel Elías Gramajo  
DOCENTE-ASESOR EPS

Ing. Agr. Carlos Fernando López Bucar  
DIRECTOR DEL IIA



Recibí  
Hugo Calderón  
23/02/2021

CFLB/nm  
c.c. Archivo





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



Ref. SAIEPSA.49.2021

Guatemala, 17 de junio de 2021

TRABAJO DE GRADUACIÓN: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTADOS PARA RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ENFASIS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ GUATEMALA, C.A.

ESTUDIANTE: HUGO IANKEL CALDERÓN SALAZAR

No. CARNÉ 201502995

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

“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTADOS PARA RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ENFASIS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ GUATEMALA, C.A.”

LA CUAL HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Victor Hermógenes Castillo Díaz  
Ing. Agr. César Linneo García Contreras  
Ing. Agr. Silvel A. Elías Gramajo

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





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

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA

*Hereditada Internacionalmente*



No. 53.2021

Trabajo de Graduación: "CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A."

Estudiante: Hugo Iankel Calderón Salazar

Carné: 201502995

"IMPRÍMASE"

Ing. Agr. Waldemar Nufio Reyes  
DECANO





## ACTO QUE DEDICO

**A:**

- DIOS** Por ser mi luz, mi guía, mi fortaleza y mi todo. Por proveerme sabiduría durante toda mi carrera universitaria y estar conmigo en cada momento.
- MIS PADRES** Juan Antonio Calderón Rosales y Sylvia Ninnet Salazar Barrios, por su inmenso apoyo en todo sentido, amor, paciencia y cariño.
- MIS HERMANOS** David Alexis Calderón Salazar y Juan Antonio Calderón por estar para mí en todo momento, aconsejarme y animarme cuando más lo necesité.
- MI FAMILIA** Mis abuelitos paternos Juan Antonio Calderón Mejicanos y María Teresa Rosales García (†). Mis abuelitos maternos Edgar Heriberto Salazar Serrano (†) y Susana Alejandra Barrios López (†) por ser una fuente de amor e inspiración para mí.
- MI FAMILIA** Mis tíos, tías, primos, primas, y demás familia por su enorme cariño en los momentos más importantes.
- MIS AMIGOS** Fernando Ramírez, Erick Mejía, Emeli Ramírez, Carlos de León, Dulce Godoy, Carlos López Andrade, Álvaro Rodas, Melvin Gómez, César Flores Polanco, Gustavo López, Franz Fuentes, Juan Tian, Federico Pérez, Nelson Mendoza, Milton Arreaga y Neydi Morales por su compañerismo, amistad y apoyo durante mis años de carrera universitaria y EPS.



## TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

**A:**

DIOS, FUENTE DE AMOR INAGOTABLE Y SABIDURÍA. MI PROVEEDOR Y SALVADOR

MI PATRIA, GUATEMALA

LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, MI ALMA MÁTER

LA GLORIOSA FACULTAD DE AGRONOMÍA

MIS CATEDRÁTICOS

LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN

MI APRECIADA FAMILIA

MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS



## AGRADECIMIENTOS

**A:**

**Mi supervisor y asesor específico** el Ing. Agr. Silvel Elías Gramajo e Ing. Agr. César Linneo García respectivamente, por su enorme apoyo, colaboración y orientación durante la realización de mis prácticas de EPS.

**Ingeniero Agrónomo Carlos Fernando López Búcaro** por su apoyo durante mi carrera universitaria y específicamente en la elaboración del presente documento.

**Universidad de San Carlos de Guatemala** por ser mi alma máter.

**Facultad de Agronomía** por todos los conocimientos adquiridos durante toda mi carrera universitaria para mi formación académica y profesional.

**Comité Campesino del Altiplano -CCDA-** por haberme dado la oportunidad de realizar mi Ejercicio Profesional Supervisado en sus instalaciones y áreas de influencia, lo cual me permitió adquirir conocimientos valiosos y enriquecedores para mi formación profesional. Asimismo, por el apoyo técnico que me brindaron en la elaboración de mis actividades de investigación y por el cariño que recibí desde mi llegada a Cerro de Oro.

**Caficultores de la aldea Cerro de Oro** por su gran cariño al recibirme y haberme permitido elaborar mi diagnóstico en sus respectivas parcelas de café.



## ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I	
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ	1
1. Introducción	3
2. Marco referencial	4
2.1 Asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-	4
2.2 Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá	5
2.2.1. Características de la población	6
2.2.2. Potencialidades, limitaciones y riesgos de la comunidad	7
2.2.3. Economía de la aldea	7
2.2.4. Actividad turística en la aldea	8
2.2.5. Organización política de la aldea	8
3. Objetivos	9
3.1 Objetivo general	9
3.2 Objetivos específicos	9
4. Metodología	10
4.1 Recopilación de información primaria	10
4.2 Recopilación de información secundaria	14
5. Resultado y discusión	15
5.1 Hallazgos relevantes de la producción de café en la aldea Cerro de Oro	15
5.2 Fortalezas y debilidades inherentes al manejo agronómico y producción de café en la aldea Cerro de Oro	17
5.3 Problemas o deficiencias en el cultivo de café en Cerro de Oro para determinar posibles soluciones	21
6. Conclusiones	23
7. Recomendaciones	24

	Página
8. Bibliografía	25
CAPÍTULO II	
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE CAFÉ ( <i>Coffea arabica</i> ) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.	27
1. Introducción	29
2. Marco teórico	31
2.1 Marco conceptual	31
2.1.1 Biofermentos	31
2.1.2 Fermentación	32
2.1.3 Nutrición vegetal	33
2.1.4 Materias primas utilizadas y aportes a los abonos fermentados	34
2.1.5 Principales biofertilizantes	37
2.1.6 Principales caldos multiminerales	39
2.1.7. Abono orgánico	40
2.2 Marco referencial	42
2.2.1 Asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-	42
2.2.2 Área de influencia del CCDA	42
2.2.3. Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá	43
2.2.5 Localización de la aldea Cerro de Oro	43
3. Objetivos	44
3.1 Objetivo general	44
3.2 Objetivos específicos	44
4. Hipótesis	45
5. Metodología	45
5.1 Realización de análisis físico químico a nivel de laboratorio (laboratorio de suelo agua FAUSAC)	45

5.2 Análisis e interpretación de resultados de análisis físico químico	46
5.3 Material y equipo utilizado	47
5.4 Biofermentos preparados	47
5.5 Características del área experimental	48
5.6 Periodo experimental	48
5.7 Planificación y detalles de actividades que se realizaron	49
5.7.1 Compra y adquisición de materias primas	49
5.7.2 Planificación de biopreparados que se prepararon	49
5.7.3 Definición de proceso de formulación de cada biopreparados	53
5.7.4 Preparación de un lugar adecuado para almacenaje	61
5.8 Recomendaciones de dosis y usos	61
6. Resultados y discusion	62
6.1 Requerimientos nutricionales del cultivo	66
6.2 Comparación de los resultados de los contenidos fisicoquímicos de los biofermentos con los requerimientos nutricionales del cultivo	69
6.3 Requerimientos específicos del cultivo de café según cada etapa específica	71
6.3.1 Fase de semillero (P, N, Ca)	71
6.3.2 Fase de vivero (P, N, Ca, Zn)	72
6.3.3 Fase vegetativa en campo (N, K, Mn, Fe, Mg, Cu, Zn)	73
6.3.4 Prefloración (P)	74
6.3.5 Floración y desarrollo del grano (Cu, Zn, Ca, P)	75
6.4 Recomendaciones en nutrición en café (dosis tiempo y cantidad de aplicación)	75
6.4.1 Bokashi	77
6.4.2 Microorganismos de montaña sólidos	79
6.4.3 Compost	80
6.4.4 Caldo biomultimineral	81
6.4.5 Supermagro	82
6.4.6 Microorganismos de montaña líquidos	84
8.Conclusiones	85
9. Recomendaciones	87

	Página
10. Bibliografía	88
11. Anexos	91
CAPÍTULO III	
SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ	96
1. PRESENTACIÓN	99
2. OBJETIVOS	100
2.1 Objetivo general	100
2.2 Objetivos específicos	100
3. Servicio 1: Desarrollo de una propuesta de marca para impulsar la comercialización de los biofermentos orgánicos preparados por campesinos en la aldea Cerro de Oro	99
3.1 Planteamiento del problema	101
3.2 Objetivos	101
3.2.2 Objetivos específicos	101
3.3 Metodología	102
3.4 Resultados	102
3.5 Conclusiones	112
3.6 Evaluación	112
3.7 Recomendaciones	113
4. Servicio 2: Elaboración de un manual técnico sobre medidas y prácticas correctas en el cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> ) para recuperar la calidad de los cafetales en la región de Cerro de Oro	114
4.1 Planteamiento del Problema	114
4.2 Objetivos	114
4.2.2 Objetivos específicos	115
4.3 Metodología	115
4.4 Resultados	116
4.5 Conclusiones	119

	Página
4.6 Evaluación	119
4.7 Recomendaciones	120
5. Servicio 3: Asistencia técnica sobre aspectos generales y específicos del cultivo de café ( <i>Coffea arabica</i> ) a productores de la aldea Cerro de Oro	121
5.1 Planteamiento del problema	121
5.2 Objetivos	121
5.2.1 Objetivo general	121
5.2.2 Objetivos específicos	122
5.3 Metodología	122
5.4 Resultados	123
5.5 Conclusiones	127
5.6 Evaluación	127
5.7 Recomendaciones	128
6. Resumen de actividades y servicios EPS	129
6. Bibliografía	130

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>	<b>Página</b>
Figura 1. Presencia del CCDA	5
Figura 2. Entrevista a productoras de café	10
Figura 3. Entrevista a productor de café	11
Figura 4. Formato de encuesta a productores	12
Figura 5. Formato de encuesta a productores	13
Figura 6. Parcela de café visitada	18
Figura 7. Estado actual del café	19

	Página
Figura 8. Planta afectada por la roya	20
Figura 9. Vista frontal de biofábrica	48
Figura 10. Elaboración de Microorganismos de Montaña Sólidos	54
Figura 11. Lombricomposteras ubicadas en instalaciones del CCDA	55
Figura 12. Elaboración de compost	56
Figura 13. Revisión de humedad en lombricomposteras	57
Figura 14. Lombrices rojas encargadas de descomposición	57
Figura 15. Preparación de Microorganismos de montaña líquidos	58
Figura 16. Pesaje de materiales para Caldo biomultimineral	60
Figura 17. Elaboración de caldo biomultimineral	60
Figura 18. Requerimientos nutricionales de P durante ciclo de café	74
Figura 19. Resultados de laboratorio de biofermentos sólidos	93
Figura 20. Resultados de laboratorio de biofermentos líquidos	94
Figura 21. Absorción de nutrientes esenciales en café	94
Figura 22. Remoción de nutrientes esenciales en café por cosecha	95
Figura 23. Absorción de micronutrientes en café	95
Figura 24. Remoción de micronutrientes en café por cosecha	96
Figura 25. Logo para propuesta de marca de biofermentos	104
Figura 26. Preparación de biofermentos en biofábrica central del CCDA	104
Figura 27. Preparación de biofermentos en biofábrica central del CCDA	105
Figura 28. Preparación de compost por caficultores de Cerro de Oro	105
Figura 29. Preparación de caldo biomultimineral por caficultores de Cerro de Oro	106
Figura 30. Preparación de supermagro por caficultores de Cerro de Oro	106
Figura 31. Trifoliar informativo bokashi	107
Figura 32. Etiqueta informativa para bokashi	107

	Página
Figura 33. Trifoliar informativo caldo biomultimineral	108
Figura 34. Etiqueta informativa para caldo biomultimineral	108
Figura 35. Trifoliar informativo lombricompost	109
Figura 36. Etiqueta informativa lombricompost	109
Figura 37. Trifoliar para microorganismos de montaña líquidos	110
Figura 38. Etiqueta microorganismos de montaña líquidos”	110
Figura 39. Trifoliar microorganismos de montaña sólidos	111
Figura 40. Etiqueta microorganismos de montaña sólidos	111
Figura 41. Trifoliar informativo supermagro	112
Figura 42. Etiqueta informativa supermagro	112
Figura 43. Visita a parcela de café para recopilación de información	117
Figura 44. Recopilación de información primaria	118
Figura 45. Carátula de manual técnico elaborado	118
Figura 46. Índice de manual técnico elaborado	119
Figura 47. Índice de manual técnico	119
Figura 48. Participación en taller sobre asistencia técnica	124
Figura 49. Participantes en taller sobre asistencia técnica	125
Figura 50. Participación en taller en la aldea Cerro de Oro	125
Figura 51. Ponencia en taller en la aldea Cerro de Oro	126
Figura 52. Captura de video elaborado para apoyo técnico	126
Figura 53. Captura de video elaborado para apoyo técnico	127
Figura 54. Captura de video elaborado para apoyo técnico	127

**ÍNDICE DE CUADROS****CUADRO****Página**

Cuadro 1. Características de la población de la aldea Cerro de Oro	6
Cuadro 2. Materia prima para la elaboración de microorganismos de montaña sólidos	50
Cuadro 3. Materia prima para la elaboración de bokashi	50
Cuadro 4. Materia prima para la elaboración de compost	51
Cuadro 5. Materia prima para la elaboración de microorganismos de montaña líquidos	51
Cuadro 6. Materia prima para la elaboración de supermagro	52
Cuadro 7. Materia prima para la elaboración de caldo biomultimineral	53
Cuadro 8. Resultados de laboratorio de biofermentos sólidos	62
Cuadro 9. Resultados de laboratorio de biofermentos líquidos	64
Cuadro 10. Cantidades extraídas de elementos de la planta de café en el suelo	67
Cuadro 11. Requerimientos nutricionales del cultivo de café	67
Cuadro 12. Presencia de elementos en las hojas	69
Cuadro 13. Resultados de laboratorio de biofermentos sólidos	70
Cuadro 14. Resultados de laboratorio de biofermentos líquidos	71
Cuadro 15. Resumen actividades EPSA	130



**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA  
RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE  
CAFÉ (*Coffea arabica*), DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA  
CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**

**RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación están contenidos tres capítulos que detallan las actividades realizadas durante las prácticas del Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-, que estuvieron comprendidas en el periodo de agosto de 2019 a mayo de 2020 y fueron realizadas en la aldea Cerro de Oro, perteneciente al municipio de Santiago Atitlán, departamento de Sololá.

El Capítulo I contiene el diagnóstico en la situación del cultivo de café en la aldea Cerro de Oro, al sur del lago de Atitlán, en donde las características edáficas y climáticas han sido aprovechadas para el desarrollo del cultivo. Para este diagnóstico se realizaron visitas directas en las parcelas de distintos caficultores y se realizaron entrevista para conocer las condiciones generales sobre el manejo del cultivo y se complementó con información secundaria para tener un panorama más amplio del estado actual del cultivo.

El Capítulo II versa sobre la investigación en donde se evaluaron y caracterizaron seis biofermentos orgánicos para el cultivo de café. Los biofermentos evaluados fueron los siguientes: bokashi, microorganismos de montaña sólidos, compost, caldo biomultimineral, microorganismos de montaña líquidos y supermagro. El objetivo principal de esta investigación fue definir una serie de recomendaciones generales sobre uso y aplicación de estos biopreparados haciendo énfasis en el cultivo de café. Para ello, mediante análisis de laboratorio, se examinaron las características puntuales de todos los preparados y se estableció la correcta aplicación en cada una de las etapas del cultivo de acuerdo a los requerimientos fenológicos. Como principal resultado, se comprobó que los seis biofermentos orgánicos analizados son aptos para la nutrición vegetal del cultivo de café debido a sus propiedades fisicoquímicas que suplen los requerimientos del cultivo. En

cuanto a los preparados sólidos analizados, el bokashi resultó con un mejor contenido nutricional por la oferta de Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Na. Tomando en consideración los materiales orgánicos líquidos, el caldo biomultimineral se considera importante por sus características antifúngicas y por lo que aporta a la planta en su fase vegetativa de campo específicamente.

En el Capítulo III se presentan los servicios realizados en la comunidad Cerro de Oro. Se llevaron a cabo tres servicios haciendo énfasis en el cultivo de café ya que un gran porcentaje de los agricultores de esta zona se dedican al mismo, lo cual supone que la economía de estas familias depende en gran parte de los ingresos que se generan a través del este cultivo. Sin embargo, ha sido notorio el poco desarrollo que ha tenido el cultivo de café de esta región en los últimos años, lo cual se puede ver reflejado en los rendimientos bajos que se han reportado últimamente. Esto se puede deber a diversos factores. Uno de ellos es la falta de apoyo técnico que prácticamente ha sido nulo. Otro puede ser la falta de manejo agronómico que se le da al cultivo por parte los campesinos del área. Esta falta de manejo se puede explicar por limitaciones económicas o en algunas ocasiones falta de conocimiento debido a la falta de capacitaciones. En base a esta problemática se plantearon los siguientes servicios: a) desarrollo de una marca para impulsar la comercialización de los biofermentos orgánicos preparados en el CCDA, b) elaboración de manual técnico sobre medidas y prácticas correctas para recuperación de la calidad de cafetales, y c) asistencia técnica sobre aspectos generales y específicos del cultivo de café a productores de la aldea Cerro de Oro.



## **CAPÍTULO I**

### **DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DEL CULTIVO DE CAFÉ (COFFEA ARABICA) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, PERTENECIENTE AL MUNICIPIO DE SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ**



## 1. INTRODUCCIÓN

El Comité Campesino del Altiplano -CCDA- es una organización dedicada a luchar por los derechos campesinos, específicamente en el tema agrario. Mediante la implementación de distintos programas, el CCDA promueve el desarrollo de las comunidades campesinas del altiplano del país, buscando elevar su nivel de vida. Cada programa del CCDA busca la igualdad de condiciones y la construcción de un estado multiétnico, pluricultural y multilingüe. Uno de estos programas es el “Apoyo a la Competitividad Rural Campesina-Indígena en las cadenas de café, panela y hortalizas AWAL Q’ANIL”, el cual apoya a productores de café en los municipios de Santiago Atitlán, San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó.

El programa “AWAL Q’ANIL” fue lanzado el 19 de marzo del 2019 por parte de la Unión Europea -UE- en conjunto con el centro cooperativo sueco “WE EFFECT” y pretende contribuir a la reducción de la pobreza rural, generación de empleo y a la mejora de la calidad de vida de campesinos productores de café. Una de las comunidades beneficiadas con este programa es la aldea Cerro de Oro, ubicada en el municipio de Santiago Atitlán, departamento de Sololá.

Se realizó el diagnóstico sobre la situación actual del cultivo de café en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán para evaluar las condiciones reales del cultivo en la región mencionada. Este diagnóstico se realizó en parcelas de productores vinculados al CCDA y al proyecto mencionado anteriormente. Este proceso se llevó a cabo mediante la implementación de entrevistas directas a los productores para recabar información primaria, así como la consulta de fuentes bibliográficas para recopilar información secundaria.

## **2. MARCO REFERENCIAL**

### **2.1 Asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-**

Una organización que lucha por el acceso a la tierra y los derechos laborales de los campesinos mayas en Guatemala. El objetivo estratégico del CCDA es promover el desarrollo de las comunidades campesinas de Guatemala para elevar su nivel de vida, mediante la implementación de programas y proyectos que respondan a la búsqueda de igualdad de condiciones, la participación e incidencia en los procesos y espacios políticos, sociales económicos y culturales del país en el marco de la construcción de un nuevo estado multiétnico, pluricultural y multilingüe y de unidad nacional.

El CCDA participa actualmente a nivel regional, departamental, nacional e internacional en reivindicaciones como acceso a tierra y la situación agraria, derechos laborales, derechos humanos y la situación cultural Maya. A través de su trabajo varios miembros reciben apoyo en cuestiones de tierra, reciben crédito, becas educativas, y tienen la oportunidad de participar en varias capacitaciones ofrecidas por el CCDA y otras organizaciones afiliadas.

A nivel nacional, el CCDA forma parte de la Coordinadora Nacional de Organizaciones Campesinas (CNOO). A través de este grupo, campesinos pueden organizarse y luchar juntos para mejorar sus condiciones de vida. Es decir que organizaciones campesinas como el CCDA pueden manifestar juntos para expresar su descontento con la falta políticas del gobierno a favor del desarrollo rural y hacer un llamado para una mejor Guatemala que toma en cuenta las necesidades campesinas e indígenas (de León, 2016).

El CCDA está presente en siete departamentos

1. Chimaltenango
2. Huehuetenango
3. San Marcos
4. Sololá
5. Suchitupéquez
6. Quiché

## 7. Escuintla



Fuente: sitio web CCDA, 2019.

Figura 1. Presencia del CCDA.

### 2.2 Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá

La aldea Cerro de Oro se localiza al noreste de la cabecera municipal y a una altura de 1,600 m.s.n.m, en las coordenadas latitudinales  $14^{\circ}40'09''$  norte y longitudinales  $91^{\circ}10'45''$  oeste. Dista de la cabecera municipal de Santiago Atitlán a 10 km y a 45 km de la cabecera departamental de Sololá. La comunidad colinda al norte con el lago de Atitlán, al sur con el cantón Chu'ul, al este con el municipio de San Lucas Tolimán y al oeste con la comunidad de Chuk Muk, del municipio de Santiago Atitlán (León, 2016).

Administrativamente la aldea Cerro de Oro pertenece al municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá.

### 2.2.1. Características de la población

La aldea Cerro de Oro cuenta con una población de 6,850 habitantes, la cual se distribuye según edades y sexo tal como se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Características de la población de la aldea Cerro de Oro.

Rango de edad	Mujeres	Hombres	TOTAL	%
De 0 a 29 días	94	58	152	2.2
De 29 días a 1 año	311	294	605	8.83
De 1 a 9 años	531	554	1085	15.84
De 9 a 20 años	909	862	1771	25.86
De 20 a 49 años	1397	1263	2660	38.83
49 o más	275	302	577	8.42
TOTAL	3517	3333	6850	100

Fuente: Centro de Salud Cerro de Oro año 2019.

Del total de habitantes de la aldea Cerro de Oro, la población predominante es de origen Maya Tz'utujil correspondiéndole 90 %, mientras 6 % es Maya Kaqchikel y 4 % a otros como mestiza, K'iche', etc (COCODE, 2012).

En cuanto a la composición por sexo, las mujeres representan el 51.34 % y los hombres el 48.66 %. La población es mayoritariamente joven con edad menos a 20 años distribuidos de la siguiente forma: 11.05 % de niños y niñas menores de 1 año, 15.84 % de 1 a 9 años, 25.86 % de 9 a 20 años y el 38.83 % de 20 a 49 años.

En resumen, se puede decir que la población de la aldea Cerro de Oro es mayoritariamente femenina y joven.

En la comunidad viven aproximadamente 1,142 familias, con un promedio de 5 a 6 miembros por cada una; también se estiman 1,028 viviendas (COCODE, 2012).

### **2.2.2. Potencialidades, limitaciones y riesgos de la comunidad**

La mayoría de los sectores de la comunidad cuentan con servicio de energía eléctrica. Existe infraestructura educativa del nivel primario en cada uno de los seis cantones que conforman Cerro de Oro, la escuela del cantón Patzilín con diez aulas, la Escuela Bilingüe con quince aulas, la escuela El Centro con nueve aulas, escuela La Cumbre con seis aulas, escuela Paguacal con 17 aulas y escuela Tzanguacal con cinco aulas. La aldea cuenta con 3 institutos del nivel básico y un Instituto de diversificado, todos por cooperativas aulas. Existe un puesto de salud en el cantón Tzanchalí y un Centro de Convergencia en Paguacal, y uno en Patzalín Abaj, los cuales han contribuido con el servicio de salud en la comunidad, aunque existe la necesidad de fortalecerlos o transformarlos a un hospital para servicio de la comunidad. Se cuenta con vías y medios de transporte, que permiten el traslado diario de personas desde y hacia el municipio de San Lucas Tolimán y a la cabecera municipal de Santiago Atitlán, aunque este es brindado comúnmente por picop y moto taxis (COCODE, 2012).

### **2.2.3. Economía de la aldea**

La Fuente de ingresos más importante en la comunidad es lo que gira alrededor de la actividad acuícola, como la pesca (peces y cangrejos), elaboración de petates

aprovechando el tul y otras. La actividad agrícola esta cimentada en el cultivo del café, maíz, frijol y pitahaya, aunque también se cuenta con frutales como aguacate y jocote; es una fuente principal de ingresos económicos. El cultivo de pitahaya actualmente tiene una fuerte presencia en el área, convirtiéndolo en el cultivo más importante junto con el café (Robles, 2019).

El cultivo de café es ampliamente extendido a lo largo del territorio de Cerro de Oro. Esto se debe a que las condiciones climáticas del área se adaptan a los requerimientos del cultivo. Es decir: temperatura, humedad relativa, altura sobre el nivel del mar y precipitación (Conde, 2004).

#### **2.2.4. Actividad turística en la aldea**

El turismo es parte importante de Cerro de Oro. Esta aldea es elegida como un destino turístico debido a su belleza natural y paisajes. La aldea está ubicada en las orillas del Lago Atitlán, por lo que se puede apreciar una buena vista de este lago desde el lugar. La aldea cuenta con una playa comunal. Además, es visitada también para poder apreciar y conocer acerca de la cultura maya-Tz'utujil (COCODE, 2012).

#### **2.2.5. Organización política de la aldea**

Existe en la aldea una autoridad local, expresada en la Alcaldía Comunitaria, con espacio y determinación propia, el cual está conformada por unos 50 miembros quienes son elegidos y sirven a la comunidad por 2 periodos alternos entre 6 a 10 años, sumando un total de 2 años de servicio. La organización comunitaria, encabezada por su Alcaldía Auxiliar y el órgano de coordinación del COCODE con el apoyo de la Sociedad Civil se muestra fortalecida y con amplia participación e incidencia en la vida y el desarrollo del lugar, con gran sentido y mística de servicio, sin esperar pago alguno. Existe una participación ciudadana activa, con mucha iniciativa y bien organizada (COCODE, 2012).

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Conocer la situación actual del cultivo de café (*Coffea arabica*) en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá.

#### **3.2 Objetivos específicos**

1. Definir los hallazgos más relevantes en cuanto a la producción de café en Cerro de Oro mediante entrevistas directas con productores del área.
2. Identificar fortalezas y debilidades inherentes al manejo agronómico y producción de café en la aldea Cerro de Oro.
3. Mencionar los problemas o deficiencias en el cultivo de café en Cerro de Oro para determinar posibles soluciones a los mismos.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1 Recopilación de información primaria

Se elaboró una boleta o encuesta con el objetivo de recabar información de primera mano. Esta boleta se formuló con preguntas básicas y elementales para obtener información sobre la situación actual del café en la aldea Cerro de Oro. Se visitaron diez parcelas, de diferente extensión y dueño, para este fin. Cabe mencionar que todas las parcelas se encontraban dentro de los límites de la aldea Cerro de Oro. Previo a iniciar cada entrevista, se hizo un pequeño recorrido en el terreno para observar aspectos generales de la parcela. Asimismo, se tomaron algunas fotografías de los hallazgos más relevantes. En cada parcela se entrevistó al dueño de esta y se le hizo la entrevista de forma oral como se muestra en las figuras 2 y 3.



Fuente: propia, 2019.

Figura 2. Entrevista a productoras de café.



Fuente: propia, 2019.

Figura 3. Entrevista a productor de café.

Luego de este proceso, se tabuló toda la información recopilada. A continuación, en las figuras 4 y 5, se muestra el diseño de la boleta utilizada para entrevistar a cada uno de los productores.

### ENCUESTA PARA RECOPIACION DE INFORMACION EN PACELAS DE CAFÉ

Nombre(s) del entrevistado/a:	
Fecha:	Encuestador

Comunidad	Municipio
Grupo étnico	

¿Quiénes viven en su hogar?	Parentesco	Edad	Nivel de educación	¿A qué se dedica? (actividad)

Extensión total del terreno (cuerdas)

¿Es usted dueño de la parcela?

Si es alquilado el terreno, ¿cuál es el costo del alquiler?

¿Cuál fue el rendimiento en quintales por cuerda (en maduro) de la última cosecha?

¿Cómo ha variado el rendimiento con relación a los últimos 3 años?

¿Quién le compra el café?

¿Cuánto le pagan por un quintal de café?

Fuente: propia, 2019.

Figura 4. Formato de encuesta a productores.

¿Cuántos jornales contrata en un año?

¿Cuánto paga por un jornal?

Plagas y enfermedades que le afectan

En caso de que existan, de que forma las maneja o controla

Qué tipo de fertilización utiliza. Orgánica o química

Qué productos utiliza en la fertilización

¿Qué otros gastos tienen en la producción del café?

Qué tipo de podas realiza en el cultivo

Cultivos alternos.

Que árboles de sombra maneja

Densidad de sombra

Considera que la densidad de sombra es adecuada

Realiza podas a los árboles de sombra

Ha realizado algún estudio de suelo

Conoce las limitantes del suelo en cuanto a nutrientes

¿Recibe asistencia técnica? ¿por parte de quién?

¿Cuántas veces al año?

Fuente: propia, 2019.

Figura 5. Formato de encuesta a productores.

## **4.2 Recopilación de información secundaria**

Esto se realizó mediante la investigación en libros, documentos en internet, y documentos escritos que fueron proporcionados por la alcaldía auxiliar de la Aldea Cerro de Oro. En dichos textos se extrajo toda la información pertinente para complementar a aquella de primera mano.

## 5. RESULTADO Y DISCUSION

### 5.1 Hallazgos relevantes de la producción de café en la aldea Cerro de Oro

Un gran porcentaje de los agricultores del municipio de Santiago Atitlán, y específicamente la aldea de Cerro de Oro se dedican al cultivo de café. Esto supone que la economía de las familias de esta región depende en gran parte de los ingresos que se generan a través del cultivo de este cultivo, convirtiéndolo en el más importante de la aldea. La gran mayoría de los productores de café se denominan “pequeños caficultores” o “pequeños productores”, debido a la poca extensión de terreno con la que cuentan para producir. De las diez parcelas visitadas, la extensión de terreno con la que contaba cada productor se encontraba en un rango entre 0.0276 ha o 276.6 m<sup>2</sup> a 0.22 ha o 2,212.76 m<sup>2</sup>.

Todas las personas entrevistadas respondieron que sí eran dueños de sus parcelas, o por lo menos familiares cercanos del dueño. Ninguna persona cuenta con un terreno alquilado o arrendado, lo que supone una ventaja ya que se cuenta con mayor libertad y capacidad de decisión sobre sus propios terrenos. Al mismo tiempo, esto representa un plus económico a los pequeños productores de café de Cerro de Oro.

En la parte de comercialización y los mercados donde se mueve el café de los productores entrevistados, todos respondieron que venden su café a compradores o intermediarios. Estos compradores se encargan de acopiar el café para luego distribuirlo a los beneficios correspondientes y darle el proceso respectivo a café. En cuanto al precio que venden su café a estos intermediarios, los precios fluctuaron entre Q 0.75 a Q 1.25 por libra de café maduro. Incluso un productor comentó que, dependiendo de la calidad de su café, un intermediario podría llegar a pagar hasta Q 1.50 por libra de café maduro.

Con relación a la contratación de trabajadores (personas ajenas a la familia) para realizar labores en el manejo del cultivo, el 50 % de productores entrevistados no contratan mano de obra y el 50 % si lo hacen. Entre los productores que, si contratan a algún trabajador, todos coincidieron en el pago del jornal, el cual fue de Q 35 por tarea.

Un hallazgo que también resultó relevante fue que aproximadamente la mitad de los productores entrevistados indicaron que han elaborado, en algún momento, productos

considerados como biofermentos. Estos productos son aplicados para fertilización o para erradicación de plagas y enfermedades en el cultivo de café. Sin embargo, los han realizado solo para utilizar en sus propias parcelas y nunca han tenido la iniciativa de fabricar estos productos en cantidades mayores para poder comercializarlo y así obtener algún ingreso económico extra.

En el manejo técnico del cultivo, todos los productores lo realizan. El 1 % realiza podas de manejo en el cultivo. Asimismo, todos realizan podas en los árboles de sombra, esto para regular la densidad de sombra. Los productores consideran que la densidad de sombra es adecuada para sus cultivos, sin embargo, siempre es necesario hacer el manejo de podas mencionado. La gran mayoría de los productores utiliza la Gravilea para sombra, sin embargo, existen en las demás parcelas otro tipo de árboles para este fin, como lo son: jocote, limón, amate, mango y aguacate.

Algo que resulta interesante, es que solo un productor ha realizado en algún momento un estudio de suelos para el suelo de su terreno. Este indico que, gracias a ese estudio, le fue posible conocer las deficiencias nutricionales de su suelo. Sin embargo, los demás productores nunca han tenido la posibilidad de hacer un estudio de suelos, lo cual se considera como una tremenda desventaja para ellos.

Por último, un solo productor indicó que ha recibido algún tipo de capacitación en determinado momento. Curiosamente, este productor es el mismo que fue el único en indicar que ha hecho análisis de suelo de su terreno. Este productor comentó que recibe aproximadamente cinco capacitaciones al año en temas de manejo del café por parte de la Asociación Nacional del Café (ANACAFE). El resto de los productores nunca han tenido la oportunidad de ser capacitados o de recibir asistencia técnica, lo cual también representa una enorme desventaja para poder competir o lograr que sus rendimientos aumenten.

## **5.2 Fortalezas y debilidades inherentes al manejo agronómico y producción de café en la aldea Cerro de Oro**

Una de las principales limitantes en cuanto al manejo del cultivo de café en la región es un déficit en fertilizaciones de productos agrícolas que aporten a la nutrición del suelo. Un suelo deficiente en elementos y compuestos trae como consecuencias disminuciones considerables en la calidad de las plantas. El hecho que las plantas no logren obtener los nutrientes necesarios repercute de manera negativa en sus funciones y procesos metabólicos, por ejemplo: bajos rendimientos, madurez prematura, malformación de raíces, retraso en la madurez y menor resistencia a plagas y enfermedades.

A esto se le suma que los caficultores de la región sur de la cuenca del lago de Atitlán, específicamente en la aldea Cerro de Oro, en su mayoría no hacen aplicaciones de elementos o aplicaciones son deficientes. Esta deficiencia trae consecuencias que son evidentes y notorias en el cultivo. Es por esta razón que se vuelve necesario considerar los biofermentos.

Se puede considerar que no existe un manejo agronómico adecuado en el café por la falta de capacitación a los productores. Todos los caficultores entrevistados indicaron que no han recibido apoyo técnico por parte de ninguna institución y que nunca han participado en algún taller sobre manejo de este cultivo. Esto puede explicar porque los agricultores dedicados al cultivo de café en la región no realizan ningún tipo de fertilización o algún otro manejo necesario en el cultivo.

Por otra parte, se observó que la mayoría de las parcelas están ubicadas en terrenos muy desfavorables para la producción de café. Esto porque estas están ubicadas en espacios muy quebrados como se muestra en la figura 6 (la mayoría en las faldas del volcán Tolimán), los cuales cuentan con muchas piedras, lo que limita el espacio y desarrollo radicular. En algunas parcelas se observó bastante presencia de basura.



Fuente: propia, 2019.

Figura 6. Parcela de café visitada.

Asimismo, algunos productores comentaron que la edad de sus cafetales es muy vieja, por lo que tienen el deseo de renovar completamente la plantación. Otra limitante observada fue el poco desarrollo de las matas de café. Según comentó uno de los productores, las lluvias para el presente ciclo del cultivo han sido muy irregulares y escasas. Por lo que ellos consideran que la falta de agua en el cultivo es la razón por la cual no han logrado un óptimo desarrollo de sus cafetales, lo que se verá reflejado en un bajo rendimiento o granos que no se desarrollan correctamente, como se muestra en la figura 7. Otra desventaja es la escasa o nula asistencia técnica que existe para los productores de café del área (únicamente uno había recibido asistencia técnica), lo que se puede traducir en un desconocimiento del manejo correcto y de las generalidades del cultivo de café.



Fuente: propia, 2019.

Figura 7. Estado actual del café.

De manera personal, se logró observar que en las parcelas de café no realizan algún tipo de manejo de conservación de suelos. Esto a pesar de contar con terrenos muy quebrados y de pendiente muy alta, como se mencionó anteriormente. La mayoría de los productores considera que la Roya les ha ocasionado pérdidas y reducción en su producción y unos pocos han considerado que el Ojo de Gallo les ha provocado daños. En la figura 8 se muestra una planta de café infectada con *Hemileia vastatrix*, hongo causante de la enfermedad de la Roya del Café. El principal problema de esto es que solo dos de los nueve productores realizan algún tipo de manejo para contrarrestar los efectos de estas enfermedades. De igual forma, únicamente dos de los productores realizan aportes de nutrientes al suelo o fertilizaciones.



Fuente: propia, 2019.

Figura 8. Planta afectada por la Roya del café.

Sin embargo, a pesar de una serie extensa de desventajas o debilidades que se encontraron inherentes al manejo agronómico y producción de café en la aldea Cerro de Oro, se identificaron importantes fortalezas y ventajas en este rubro. Todos los productores que fueron entrevistados mencionaron que ellos eran los dueños del terreno observado. Esto representa un factor positivo para ellos por lo que representa económicamente y por la libertad de decidir sobre sus propias parcelas.

Otra de las ventajas externas que se puede considerar para el cultivo de café en la región son las condiciones climáticas. La altura de cada una de las parcelas fluctuó entre 1558 m.s.n.m. y 1681 m.s.n.m. Esta altura se considera muy apta para el establecimiento del cultivo de café y se considera ideal para obtención de rendimientos aceptables y buena adaptabilidad de cada una de las variedades que se utilizan. Por otra parte, el clima templado-frío del área también permite que el café se desarrolle adecuadamente.

### 5.3 Problemas o deficiencias en el cultivo de café en Cerro de Oro para determinar posibles soluciones

En cuanto al rendimiento que cada uno de los productores obtuvo en la pasada cosecha, se cuenta con un problema real. De acuerdo con lo reportado por los productores, sus rendimientos se han mantenido bajos e incluso han decrecido con relación a los últimos años. El rendimiento más bajo que se encontró fue de apenas 3.64 quintales en cereza por hectárea. El rendimiento más alto que se encontró fue de 36.36 quintales en cereza por hectárea. Si comparamos estos rendimientos con el promedio que se ha mantenido en los últimos años que es de 97 quintales en cereza por hectárea. Se puede notar que incluso el rendimiento más alto que se obtuvo está muy lejano al promedio nacional, lo cual hace ver que la producción de café en la región de Cerro de Oro es muy baja (MAGA, 2016).

En cuanto al manejo de fertilización, plagas y enfermedades. La gran mayoría de los productores que se entrevistaron no hacen ningún tipo de manejo en este rubro. Casi ninguno realiza fertilizaciones para aumentar la producción y rendimiento del café. Únicamente dos productores indicaron que, si lo hacían, uno aplicaba el fertilizante químico 20-20-0 de NPK y el otro urea 46-0-0 de NPK. Cabe mencionar que lo hacían en bajas cantidades y no con tanta frecuencia.

Por otra parte, en cuanto a las plagas y enfermedades, las únicas que se observaron y los productores mencionaron que les afectaban era la Roya (causada por *Hemileia vastatrix*) y Ojo de Gallo (ocasionado por *Mycena citricolor*). De igual forma, la mayoría indicó que no hacen ningún tipo de manejo para eliminar o contrarrestar las enfermedades. Únicamente 2 productores realizaban algún tipo de manejo. El primero aplicaba cal en polvo y el segundo un producto químico conocido como Caporal. Sin embargo, las aplicaciones son deficientes.

Todas estas limitantes mencionadas se ven reflejadas en la baja producción del café para la aldea de Cerro de Oro. Como mencionaron todos los productores, los rendimientos para sus parcelas han decaído de forma significativa. No se han obtenido los resultados

esperados para las últimas cosechas e incluso algunos de los entrevistados indicaron que no esperan obtener producción para la presente cosecha de café.

El casi nulo manejo en cuanto a fertilización, plagas y enfermedades explica por qué el total de los caficultores indicaron que el rendimiento en sus parcelas había disminuido de manera considerable con relación a los últimos años. Basados en esta principal problemática se deben plantear medidas para hallar soluciones y recuperar la calidad y rendimiento del café en la región. Estas medidas o acciones deben girar en torno a planes integrales de fertilización orgánica y manejo orgánico de plagas y enfermedades. Es importante considerar el “factor orgánico” debido a las ventajas que tiene en su uso y porque la mayoría de los productores de la región están relacionados con fertilizantes orgánicos.

## 6. CONCLUSIONES

1. El cultivo de café es el más importante para la aldea de Cerro de Oro. Dicho cultivo representa un importante ingreso económico para los agricultores y campesinos del área. Esto se debe al clima de la región que es muy favorable para el desarrollo y crecimiento óptimo del cultivo.
2. Los rendimientos en la producción de café son muy bajos comparándolos con la producción promedio a nivel nacional. Incluso estos rendimientos han venido decayendo los últimos años y hay algunos productores que no esperan obtener cosecha para el presente año.
3. La producción de café en la aldea Cerro de Oro se ha visto afectada por distintos factores como lo es la irregularidad en las lluvias en el sector, las enfermedades como lo son la Roya y el Ojo de Gallo, el deficiente manejo agronómico que se le da al cultivo, la poca o nula fertilización y aportes de nutrientes al café, la poca o nula asistencia técnica o capacitaciones que reciben los productores y los terrenos muy quebrados.

## 7. RECOMENDACIONES

1. Es evidente el abandono y desinterés por parte de algunos productores que le han dado al cultivo de café. Esto debido a las limitaciones que estos han encontrado en el manejo de cultivo. Es importante considerar que el café ha representado un importante ingreso económico para muchas familias en la aldea Cerro de Oro, gracias a que las condiciones climáticas en esta área se adecuan a los requerimientos de este cultivo. Por lo tanto, es puntual tomar medidas o acciones para solucionar los problemas por los cuales la gente ha abandonado sus cafetales y así lograr un desarrollo económico mediante este importante cultivo.
2. Es vital considerar dentro del manejo que se realiza en el café, planes de fertilización. Esto debido a que en muchas ocasiones la planta no es capaz de suplir todas sus necesidades nutricionales de lo que el suelo le puede brindar. Es por ello que resulta importante aplicar productos orgánicos al suelo que puedan proporcionar elementos y nutrientes para la planta para completar su requerimiento nutricional.
3. Es importante concientizar a la población, específicamente a los caficultores de la aldea Cerro de Oro acerca de la importancia del café y de levantar la calidad y producción de este. Esto sin duda traerá beneficios a la aldea y permitirá una mejora en la economía de la región.

## 8. BIBLIOGRAFIA

1. Alcaldía Auxiliar Cerro de Oro, Sololá, Guatemala. (2012). *Plan comunitario de desarrollo de la aldea Cerro de Oro*. Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala: Alcaldía Cerro de Oro.
2. Conde Sánchez, M. A. (2004). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de un beneficio húmedo ecológico de café en Fraijanes, Guatemala*. Obtenido de (Tesis MSc. Ev. Proy., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Económicas: Guatemala): [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03\\_2690.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/03/03_2690.pdf)
3. Consejo Comunitario de Desarrollo, Cerro de Oro, Sololá, Guatemala (COCODE). (2012). *Plan comunitario de desarrollo de la aldea Cerro de Oro*. Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala: Municipalidad.
4. De León Sánchez, W. S. (2016). *Apoyo al plan nacional para el combate de la roya en plantaciones de café en el altiplano de Guatemala*. Obtenido de (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5968/1/WALTER%20SEBASTI%C3%81N%20D%20LE%C3%93N%20S%C3%81NCHEZ.pdf>
5. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala (MAGA). (2016). *El agro en cifras: Café*. Obtenido de Guatemala: MAGA: <https://www.maga.gob.gt/download/EI%20agro16.pdf>
6. Robles, E. (2019). *Producción y exportación del café guatemalteco*. Obtenido de Guatemala: Centro de Comercio Internacional: <https://www.deguate.com/economia/produccion/produccion-y-exportacion-de-cafe-guatemalteco.shtml>


  
 Rolando Barrios



**CAPÍTULO II**

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE SEIS BIOFERMENTOS PARA  
RECOMENDACIONES DE NUTRICIÓN VEGETAL CON ÉNFASIS EN EL CULTIVO DE  
CAFÉ (*Coffea arabica*) EN LA ALDEA CERRO DE ORO, SANTIAGO ATITLÁN,  
SOLOLÁ, GUATEMALA, C.A.**



## 1. INTRODUCCION

Los biofermentos son productos agrícolas que se obtienen de un proceso de fermentación anaeróbica de materiales orgánicos. Esta fermentación se da mediante organismos microbiológicos que se encargan de transformar la materia prima en minerales, vitaminas, aminoácidos y ácidos orgánicos. Estos se consideran como una alternativa a los productos químicos, ya que los productos sintetizados pueden llegar a ser dañinos para el cultivo. La aplicación desmedida de fertilizantes y productos químicos puede perjudicar no solo el medio ambiente y el suelo, si no la salud de los consumidores futuros de los cultivos. El exceso de químicos amenaza la seguridad alimentaria de familias dedicadas a la producción de cultivos, así como la sostenibilidad económica y ecológica por tratarse de una explotación agrícola.

Estos productos orgánicos constituyen un recurso agrícola con el que se pueden sustituir algunos de los abonos químicos, permitiendo al productor disminuir su dependencia de insumos externos y promover un tipo de agricultura sostenible.

Además, un suelo deficiente en elementos y compuestos trae como consecuencias disminuciones considerables en la calidad de las plantas. El hecho que las plantas no logren obtener los nutrientes necesarios repercute de manera negativa en sus funciones y procesos metabólicos, por ejemplo: bajos rendimientos, madurez prematura, malformación de raíces, retraso en la madurez y menor resistencia a plagas y enfermedades. A esto se le suma que los caficultores de la región sur de la cuenca del lago de Atitlán, específicamente en la aldea Cerro de Oro, en su mayoría no hacen aplicaciones de elementos o aplicaciones son deficientes. Esta deficiencia trae consecuencias que son evidentes y notorias en el cultivo. Es por esta razón que se vuelve necesario considerar los biofermentos.

La planta requiere de ciertos elementos mayores como nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros elementos menores en sus formas asimilables, los cuales resultan esenciales para su correcto desarrollo. Estos elementos y nutrientes se obtienen principalmente del suelo a través del sistema radicular de la planta. Sin embargo, en la

mayoría de los casos, los elementos que ofrece el suelo no son suficientes para llenar los requerimientos de cada planta durante cada etapa de su ciclo.

Una fertilización adecuada en el cultivo de café puede llegar a mejorar la calidad de esta. Se habla de una fertilización adecuada cuando se aplica en la planta las dosis correctas en el momento indicado, tomando en cuenta las necesidades fisiológicas del cultivo y de las condiciones del suelo. Al momento de aportarle a la planta los elementos que no pudo obtener de lo que le ofrece el suelo, esta logra un desarrollo ideal y esto se ve reflejado en un rendimiento óptimo, lo cual representa un impulso económico o simplemente evitar pérdidas por no ocuparse de la fertilización en la planta.

Es importante considerar un correcto desarrollo de este cultivo debido a que el sector caficutor ha sido parte importante de la historia y economía del país, impulsando el desarrollo y calidad de vida de miles de caficultores. La actividad del sector caficutor guatemalteco ha generado una serie de efectos positivos como la creación de empleos, el ingreso de divisas y el aumento en la producción.

Por esta razón, como parte del Ejercicio Profesional Supervisado –EPS-, en representación de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos –FAUSAC- y con el apoyo técnico de la asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-, se propuso llevar a cabo la presente investigación en la cual se analizarán y se caracterizarán seis biofermentos orgánicos para posteriores recomendaciones en nutrición en el cultivo de café. El objetivo fue proponer dosis correctas en este cultivo para corregir deficiencias en nutrición y mejorar el desarrollo a lo largo del ciclo. Dicha investigación se llevó a cabo durante el periodo de noviembre de 2019 a marzo del año 2020 en la aldea Cerro de Oro, ubicada en el municipio de Santiago Atitlán, departamento de Sololá.

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Marco conceptual**

#### **2.1.1 Biofermentos**

Los biofermentos o biofertilizantes son abonos foliares líquidos y abonos sólidos que se obtienen mediante la fermentación anaeróbica. Los biofermentos son el producto de un proceso de fermentación de materiales orgánicos, que se origina a partir de la intensa actividad de microorganismos que se encuentran en la naturaleza de manera libre. Estos microorganismos encontrados en los biofermentos juegan un papel importante en la agricultura, así como también en la producción de alimentos (Restrepo, 2012).

Los biofermentos son una excelente alternativa para suplir las necesidades nutricionales en los cultivos, para protegerlos de enfermedades y una de las herramientas más importantes para evitar la dependencia de insumos externos y reconvertir sus sistemas convencionales en sistemas productivos agroecológicos u orgánicos (Restrepo, 2012).

Los biofertilizantes son básicamente resultado de diferentes procesos de elaboración, para los cuales es necesaria la utilización de diferentes insumos que al final caracterizan a cada uno de ellos en específico por sus propiedades. Generalmente se usan materias primas iniciando por sales minerales que contienen macroelementos y microelementos esenciales que son los requeridos por las plantas y que son los que funcionan de manera inmediata a la hora de la aspersión (León, 2016).

Estos biopreparados, como se mencionó, deben atravesar un proceso de fermentación biológica, ya que mediante este proceso se obtienen las principales vitaminas, enzimas, aminoácidos, antibióticos y compuestos microbianos que estimulan el desarrollo de las plantas. Esto quiere decir que la fermentación es vital para la fabricación de los biopreparados (León, 2016).

### 2.1.2 Fermentación

Fue descubierta por el químico francés Louis Pasteur, quien la describió como *la vie sans l'air* (la vida sin el aire). La fermentación típica es llevada a cabo por las levaduras. También algunos metazoos y protistas son capaces de realizarlo (Bronowski, 2006).

En términos generales, la fermentación es un proceso catabólico de oxidación incompleta, que no requiere oxígeno (anaeróbico) y cuyo producto final es un compuesto orgánico. El proceso de fermentación es característico de algunos microorganismos como las bacterias y levaduras. También se produce en la mayoría de las células animales, incluido el ser humano (Bronowski, 2006).

#### A. Usos

De acuerdo con su uso industrial, la fermentación tiene 5 distintos usos (Bronowski, 2006):

- Enriquecimiento de la dieta a través del desarrollo de sabores, aromas y texturas en los alimentos.
- Preservación de cantidades substanciales de alimentos a través de ácido láctico, etanol, ácido acético y fermentaciones alcalinas.
- Enriquecimiento de sustratos con proteína, aminoácidos, ácidos grasos esenciales y vitaminas.
- Detoxificación durante el proceso de fermentación alimenticia.
- Disminución de los tiempos de cocinado y de los requerimientos de combustible.

El proceso de biofermentación aporta vitaminas, enzimas, aminoácidos, ácidos orgánicos, antibióticos y una gran riqueza microbiana que contribuyen a equilibrar dinámicamente el suelo y la planta, al ser absorbidas por las hojas y las raíces, los biofertilizantes fortalecen y estimulan la protección de los cultivos contra el ataque de plagas, insectos y enfermedades, además de ser fundamentales en la nutrición vegetal (León, 2016).

### 2.1.3 Nutrición vegetal

La nutrición en las plantas es fundamental para que estas puedan llevar a cabo cada uno de sus procesos metabólicos y funcionar de manera adecuada. Se conoce como nutrición vegetal a todos los procesos en conjunto mediante los cuales los cultivos extraen sustancias para poder fabricar sus componentes celulares o usar estos como fuente de energía. Posterior a ello la planta es capaz de desarrollar sus procesos adecuadamente (Mengel, 2000).

La nutrición en las plantas vasculares se da por medio de las raíces, que a través de sus pelos absorbentes extraen los elementos necesarios de la solución nutritiva del suelo. Además, participan otros órganos como el tallo y las hojas que son los órganos de nutrición de los vegetales vasculares y que en conjunto constituyen el aparato vegetativo (Mengel, 2000).

#### A. Órganos involucrados en la nutrición vegetal

La función específica de cada órgano dentro de la nutrición vegetal es la siguiente:

- Raíz: subterránea (normalmente) a través de la cual obtienen agua y sales disueltas.
- Tallo: estructura por la cual transportan el agua y las sales minerales desde la raíz a la hoja, y los productos de la fotosíntesis desde la hoja a la raíz y al resto del vegetal.
- Hojas: es el lugar donde los compuestos inorgánicos se transforman en orgánicos. Esta función la realizan transformando la energía de la luz en energía química de enlace.

En las hojas se efectúa la fotosíntesis (proceso fundamental para obtención de energía); la planta recibe aminoácidos y azúcares que constituyen la savia elaborada. Bajo las hojas,

los estomas permiten la evaporación de una parte del agua absorbida (oxígeno: O<sub>2</sub>) y la absorción de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Por el tallo, circulan los dos tipos de savia: la savia bruta por el xilema y la savia elaborada por el floema (Raven, 2007).

La incorporación del agua y nutrientes se realiza a través de las raíces y los pelos absorbentes. Estas estructuras aumentan considerablemente la superficie de contacto de la raíz con el suelo. El agua penetra la raíz por medio de ósmosis. Esto se da porque en el interior de la raíz, los solutos se encuentran mucho más concentrados que fuera de ella. Todos los nutrientes requieren energía para penetrar en la raíz y transportarse dentro de ella, por lo tanto, su transporte es activo. Se realiza en contra de gradiente de concentración.

Los procesos implicados en la nutrición son: la absorción de los nutrientes, el intercambio de gases (oxígeno y dióxido de carbono), el transporte de nutrientes por todo el organismo, el catabolismo (degradación de las moléculas en otras más sencillas con obtención de energía) y la excreción de sustancias tóxicas producidas durante el metabolismo celular (Raven, 2007).

#### **2.1.4 Materias primas utilizadas y aportes a los abonos fermentados**

Para la elaboración de los distintos tipos de biofermentos sólidos y líquidos existentes se emplean una serie de materiales con distintas características. Cada una de estas características físicas y químicas determinarán la naturaleza de cada fermento. Cabe recordar que estos materiales o materias primas son de fácil obtención ya que la gran mayoría se obtiene en áreas de trabajo agrícola. A continuación, se mencionarán las principales materias primas y sus aportes a los biofermentos.

### **A. Carbón**

Mejora las características físicas del suelo con aireación, absorción de humedad y calor (energía). Su alto grado de porosidad beneficia la actividad macro y microbiológica de la tierra, al mismo tiempo, funciona con el efecto tipo "esponja sólida", el cual consiste en la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente nutrientes útiles a las plantas, disminuyendo la pérdida y el lavado de los mismos en el suelo (Amador, 2001).

### **B. Gallinaza**

Es la principal fuente de nitrógeno en la fabricación de los abonos fermentados. Su principal aporte consiste en mejorar las características de la fertilidad del suelo con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro. Dependiendo de su origen, puede aportar otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad, los cuales mejorarán las condiciones físicas del suelo (Amador, 2001).

### **C. Cascarilla de arroz**

Mejora las características físicas del suelo y de los abonos orgánicos, facilitando la aireación, absorción de humedad y el filtraje de nutrientes. Beneficia el incremento de la actividad macro y microbiológica de la tierra al mismo tiempo que estimula el desarrollo uniforme y abundante del sistema radical de las plantas (Amador, 2001). Es una fuente rica en sílice, lo que favorece a los vegetales para darle una mayor resistencia contra insectos y microorganismos. A largo plazo, se convierte en una constante fuente de humus. En la forma de cascarilla carbonizada, aporta principalmente fósforo y potasio, al mismo tiempo que ayuda a corregir la acidez de los suelos.

#### **D. Melaza**

Es la principal fuente energética para la fermentación de los abonos orgánicos, favoreciendo la multiplicación de la actividad microbiológica. Es rica en potasio, calcio, magnesio y contiene micronutrientes, principalmente boro.

#### **E. Levadura**

Constituye en la principal fuente de inoculación microbiológica para la fabricación de los abonos orgánicos fermentados. Muchos agricultores la utilizaron inicialmente, para desarrollar su primera experiencia en la fabricación de los abonos fermentados, utilizaron con éxito la levadura para pan, tierra de floresta o los dos ingredientes al mismo tiempo (Amador, 2001).

#### **F. Tierra común**

Entre muchos aportes, tiene la función de darle una mayor homogeneidad física al abono y distribuir su humedad; con su volumen, aumenta el medio propicio para el desarrollo de la actividad microbiológica de los abonos y consecuentemente, lograr una buena fermentación. Por otro lado, funciona como una esponja, al tener la capacidad de retener, filtrar y liberar gradualmente los nutrientes a las plantas de acuerdo a sus necesidades. Dependiendo de su origen, puede aportar variados tipos de arcilla, inoculación microbiológica y otros elementos minerales indispensables al desarrollo normal de los vegetales.

#### **G. Cal agrícola**

Su función principal es regular la acidez que se presenta durante todo el proceso de la fermentación, cuando se está elaborando el abono orgánico, dependiendo de su origen,

natural o fabricado, puede contribuir con otros minerales útiles a las plantas. En Guatemala se le conoce comúnmente en el medio rural con el nombre de cal agrícola (Amador, 2001).

## **H. Agua**

Tiene la propiedad de homogeneizar la humedad de todos los ingredientes que componen el abono, propicia las condiciones ideales para el buen desarrollo de la actividad y reproducción microbiológica durante todo el proceso de la fermentación cuando se están fabricando los abonos orgánicos.

### **2.1.5 Principales biofertilizantes**

Los principales biofertilizantes que se preparan en Guatemala son los siguientes: supermagro para desarrollo vegetativo, microorganismos de montaña sólidos, microorganismos de montaña líquidos, biofermento para prefloración, biofermento para postfloración, biofermento para engorde de granos de café y biofermento para maduración de granos de café (León, 2016).

Cabe mencionar que algunos de estos biofertilizantes pueden ser recomendados para utilizar en cultivos diferentes al café. Esto siempre considerando las dosis correctas dependiendo el cultivo, ya que cada uno tiene distintos requerimientos y necesidades nutricionales.

#### **A. Microorganismos de montaña sólidos**

Funcionan como estimulantes de crecimiento y fructificación. Es recomendable aplicarlo en la etapa fenológica vegetativa, floración y fructificación. Aplicarlo al bokashi mejora la

adsorción de nutrientes e incrementa la flora benéfica del suelo. Viene siendo un componente efectivo si se mezcla con algún caldo mineral (fungistático), también cabe recordar que es el componente importante de los biofertilizantes.

### **B. Supermagro para desarrollo vegetativo**

Se utiliza como tratamiento en el cultivo de café, haciendo dos aplicaciones al año. Solventa necesidades nutritivas en los cultivos como hortalizas, almacigo de café, cafetales en crecimiento en campo, aplicarlo inmediatamente después de la cosecha para suplir nutrimentos necesarios para la planta. Este biofertilizante se puede mezclar con un caldo mineral y se aplica de forma foliar (León, 2016).

### **C. Biofermento para prefloración**

Este biofermento es considerado rico en boro. El boro (bórax) vigoriza la emergencia del botón floral, influye en la fertilidad del polen y participa en la formación de semillas. El potasio favorece la calidad del fruto y ayuda a las plantas a ser resistentes a fitopatógenos. El producto se asperja sobre la planta en la etapa fenológica reproductiva (emergencia de espigas florales, desarrollo y hasta que revienta el botón floral). Este biofermento también es viable utilizarlo en otros cultivos distintos al café.

### **D. Biofermento para postfloración o formación de frutos**

Se considera este producto ser rico en fósforo. El fósforo (P) es esencial en la formación de semillas, acelera la maduración e incrementa el desarrollo radical del cafeto. El bio vigoriza el grano y le provee resistencia contra el ataque de insectos y enfermedades. El producto se aplica inmediatamente después de la floración con una frecuencia de 30 días. Se asperja sobre el follaje del cafeto (León, 2016).

## **E. Abono para llenado de granos**

Es un producto considerado rico en potasio. Este solventa necesidades nutritivas de cafetales en la etapa de llenado de grano debido a que el potasio mejora la calidad del fruto. Este producto también es posible mezclarlo con un caldo mineral o con algún otro biofertilizante.

## **F. Biofermento para formación de peso y maduración**

Solventa necesidades nutritivas de formación de peso, calidad en tasa y maduración.

### **2.1.6 Principales caldos multiminerales**

#### **A. Caldo biomultimineral**

Este es el principal producto orgánico para el control de roya (*Hemileia vastatrix*). Asimismo, este caldo también controla otras enfermedades como lo es el ojo de gallo causado por *Mycena citricolor*. La frecuencia de aplicación del producto depende de la incidencia de la enfermedad en el cultivo. Siempre su forma de aplicación es vía foliar y es recomendable para otros cultivos como cítricos y hortalizas (Mora, 2006).

#### **B. Caldo de bordelés**

Acción fungicida, combate de enfermedades causadas por hongos, control de la roya del café causado por (*Hemileia vastatrix*), ojo de gallo causado por (*Mycena citricolor*), mal de hilachas (*Pelicularia koleroga*). Se aplica en el follaje de la planta, forma asperjada, se puede mezclar con otros caldos minerales tal es el caso del multimineral y es también efectiva la mezcla del producto con un biofertilizante.

### **C. Caldo visosa**

Este caldo se recomienda para cultivos que presentan carencias de minerales y para el combate de enfermedades causadas por hongos, es excelente para proteger el café de la roya, actúa en forma preventiva y por su contenido de dos tipos de compuestos, cobre y calcio, tiene acción inmediata y prolongada que protege por un mayor número de días los cultivos contra las enfermedades fungosas y bacteriales (León, 2016).

### **D. Caldo sulfocálcico**

Este producto orgánico es utilizado principalmente para el control de la roya. Su frecuencia de aplicación también depende de que tan avanzada este la enfermedad. Su aplicación es foliar, específicamente en el envés de las hojas debido a que es en esa región donde el hongo se desarrolla (Mora, 2006).

#### **2.1.7. Abono orgánico**

Se conoce como abono orgánico a la mezcla de materiales que se obtienen de la degradación y mineralización de residuos orgánicos de origen animal (estiércoles), vegetal (restos de cosechas) y restos leñosos e industriales (lodos de depuradoras) que se aplican a los suelos. Esto quiere decir que este tipo de abonos son de origen natural y se dejan afuera todos los compuestos inorgánicos o sales minerales. Estos pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo después de la cosecha; cultivos para abonos en verde (principalmente leguminosas fijadoras de nitrógeno); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol, purín); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas; desechos domésticos, (basuras de vivienda, excretas); compost preparado con distintas mezclas (Mora, 2006).

## **A. Ventajas**

Los abonos orgánicos cuentan con las ventajas que permiten reciclar o reutilizar los restos vegetales que quedan de cosechas pasadas. Asimismo, aumentan la actividad microbiana del suelo y ayudan a recuperar la materia orgánica del suelo, favoreciendo la retención de nutrientes y permitiendo una mejor capacidad de absorción de agua. Otra de las ventajas importantes de estos fertilizantes orgánicos es que necesitan menos inversión económica para su elaboración, ya que algunas materias primas se pueden conseguir en la misma área de trabajo (Mosquera, 2010).

## **B. Tipos**

### **a. Estiércol**

Los estiércoles son los excrementos de los animales que resultan como desechos del proceso de digestión de los alimentos que consumen. Generalmente entre el 60 % y 80 % de lo que consume el animal lo elimina como estiércol.

### **b. Humus de lombriz**

Se denomina humus de lombriz a los excrementos de las lombrices dedicadas especialmente a transformar residuos orgánicos y también a los que producen las lombrices de tierra como sus desechos de digestión.

### **c. Abono verde**

En la mayoría de los casos es la mejor técnica para asociarse con la fosfatación en la corrección y fertilización inicial del suelo. Consiste en adaptar al terreno una planta que

genere gran cantidad de biomasa y que colabore con la estructura del suelo. Generalmente constituyen buenos forrajes y por lo general son plantas leguminosas por su aporte de nitrógeno al suelo.

#### **d. Bokashi**

Es uno de los abonos orgánico más completos, porque con él se incorpora al suelo macro y micronutrientes básicos para las plantas. Es un proceso de descomposición en presencia de aire y bajo condiciones controladas, obteniendo resultados a corto plazo.

## **2.2 Marco referencial**

### **2.2.1 Asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-**

Una organización que lucha por el acceso a la tierra y los derechos laborales de los campesinos mayas en Guatemala. El CCDA participa actualmente a nivel regional, departamental, nacional e internacional en reivindicaciones como acceso a tierra y la situación agraria, derechos laborales, derechos humanos y la situación cultural maya. A través de su trabajo varios miembros reciben apoyo en cuestiones de tierra, reciben crédito, becas educativas, y tienen la oportunidad de participar en varias capacitaciones ofrecidas por el CCDA y otras organizaciones afiliadas. Organizaciones campesinas como el CCDA pueden manifestar juntos para expresar su descontento con la falta políticas del gobierno a favor del desarrollo rural y hacer un llamado para una mejor Guatemala que toma en cuenta las necesidades campesinas e indígenas.

### **2.2.2 Área de influencia del CCDA**

El CCDA tiene una influencia importante en los departamentos de Chimaltenango, Huehuetenango, San Marcos, Sololá, Suchitepéquez, Quiché y Escuintla. En los

departamentos enlistados anteriormente, la asociación tiene de alguna manera incidencia mediante la implementación de proyectos en beneficio de los campesinos asociados. Las oficinas centrales de la asociación están ubicadas en la comunidad de Santa Cruz Quixayá, en el municipio de San Lucas Tolimán. El CCDA cuenta con un beneficio húmedo de café ubicado en una región conocida como Pacamán, en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán. A unos 2 km de estas instalaciones el CCDA cuenta con una biofábrica. Esta biofábrica es un espacio dedicado a la elaboración de biopreparados y biofermentos a base de materiales orgánicos. En este espacio se llevan a cabo todos los procesos de elaboración de materia prima hasta llegar al producto final o el abono orgánico preparado

### **2.2.3. Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá**

La aldea Cerro de Oro se localiza al noreste de la cabecera municipal y a una altura de 1,600 m s.n.m en las coordenadas latitudinales 14°40'09'' norte y longitudinales 91°10'45'' oeste. Dista de la cabecera municipal de Santiago Atitlán a 10 km y a 45 km de la cabecera departamental de Sololá. La comunidad colinda al norte con el Lago de Atitlán, al sur con el cantón Chu'ul, al este con el municipio de San Lucas Tolimán y al oeste con la comunidad de Chuk Muk, del municipio de Santiago Atitlán. Administrativamente la aldea Cerro de Oro pertenece al municipio de Santiago Atitlán del departamento de Sololá.

### **2.2.5 Localización de la aldea Cerro de Oro**

Para llegar a la comunidad desde la Ciudad de Guatemala, se toma la carretera CA-2 hasta llegar a Cocales donde se cruza en la carretera que se dirige al municipio de Patulul, Suchitepéquez y luego a San Lucas Tolimán, Sololá (RN-11). Otra ruta para llegar a Cerro de Oro desde la capital es tomando la carretera Interamericana (CA-1) y en el kilómetro

117 se toma el desvío a Las Trampas, se pasa por Godínez hasta llegar a San Lucas Tolimán. Luego se toma la carretera que va de San Lucas Tolimán para Santiago Atitlán. La aldea se encuentra en el km 7.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

Definir recomendaciones generales sobre uso y aplicación de seis biofermentos orgánicos haciendo énfasis en el cultivo de café.

#### **3.2 Objetivos específicos**

1. Analizar las características físicas y químicas de seis biofermentos orgánicos para recomendaciones de nutrición vegetal en el cultivo de café.
2. Identificar dosis adecuadas de seis biofermentos para uso en el cultivo de café basados en características fisicoquímicas y requerimientos del cultivo.
3. Establecer la correcta aplicación de seis biofermentos orgánicos en cada una de las etapas del ciclo del cultivo de café de acuerdo a los requerimientos en cada fase específica.

#### **4. HIPÓTESIS**

Los seis biofermentos orgánicos analizados son aptos para la nutrición vegetal del cultivo de café debido a sus propiedades fisicoquímicas que suplen los requerimientos del cultivo.

#### **5. METODOLOGIA**

Cabe mencionar que para la presente investigación no se consideró realizar una prueba de campo para analizar cada uno de los seis biofermentos orgánicos, esto debido a la contingencia y restricciones de movilidad surgidas por la pandemia del nuevo Coronavirus o COVID-19.

##### **5.1 Realización de análisis físico químico a nivel de laboratorio (laboratorio de suelo y agua FAUSAC)**

Las muestras representativas de cada biopreparado elaboradas en la biofábrica central del CCDA fueron llevadas al laboratorio de suelo, planta y agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía, ubicado en el edificio UVIGER, en el campus central de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Para todos los biofermentos sólidos (bokashi, microorganismos de montaña sólidos y lombricompost) se definió una muestra de 1 lb para cada uno de estos. Para todos los biofermentos líquidos (supermagro, microorganismos de montaña líquidos y caldo biomultimineral) se definió una muestra de 1 l por cada uno. Estas muestras se trasladaron de manera correcta, en envases plásticos y se hizo en un lugar ventilado para un correcto análisis. Una deficiencia en este proceso

pudo haber alterado los biofermentos y así los resultados de laboratorio, por lo que se procuró tener estas consideraciones.

Análisis de laboratorio realizado:

- Análisis de abono orgánico sólido: este tipo de análisis midió en una muestra de biofermento sólido (bokashi, microorganismos de montaña sólidos y lombricompost) el pH; la conductividad eléctrica (medida en mS/cm); presencia de fósforo, potasio, calcio y magnesio (%); presencia de cobre, zinc, hierro, manganeso y sodio (ppm); relación carbono/nitrógeno; y nitrógeno en el suelo (%).
- Análisis de abono orgánico líquido: este tipo de análisis midió en una muestra de biofermento líquido (supermagro, microorganismos de montaña líquidos y caldo biomultimineral) el pH; la conductividad eléctrica (medida en mS/cm); presencia de fósforo, potasio, calcio, magnesio, cobre, zinc, hierro, manganeso y sodio (ppm) y el porcentaje de nitrógeno total.

## **5.2 Análisis e interpretación de resultados de análisis físico químico**

Al obtener los resultados de los exámenes, se analizaron cada uno de los componentes de estos. El tipo de datos que se recabaron fueron de índole cualitativo. Al obtener toda la información después del análisis de laboratorio fue importante reducir la información, por lo cual existió la necesidad de ordenar la información, de modo que se contó únicamente con la necesaria, con datos que fueron fáciles para el análisis, comprensibles y relevantes. Para la presentación y análisis de datos se propusieron dosis y recomendaciones en base a la información que arrojó cada análisis de cada biofermento diferente.

Se interpretaron los resultados y se detallaron las características de cada biopreparado que reflejaron los resultados tomando en cuenta que este análisis es en base al cultivo de café, por lo que se investigó exhaustivamente los requerimientos de la planta en cada

etapa para conocer cual biofermento se adapta mejor a cuál etapa y por qué. Estos resultados y análisis fueron la base para posteriormente identificar dosis adecuadas para los seis biofermentos en el cultivo de café.

### **5.3 Material y equipo utilizado**

A continuación, se enlista el material y equipo que se utilizó para la elaboración de los seis biofermentos.

- Materia prima (sales minerales, pulpa, estiércol, levadura, panela, afrecho, melaza, lombriz coqueta roja, etc.).
- Toneles herméticos.
- Olla metálica.
- Bombas.
- Láminas.
- Recipientes plásticos.
- Paletas de madera.
- Nylon.
- Palas de volteo.
- Agua.
- Equipo personal de protección: gafas, mascarilla, overol, guantes y botas de hule.
- Recurso humano.

### **5.4 Biofermentos preparados**

- Microorganismos de montaña.
- Bokashi.
- Compost.
- Microorganismos de montaña líquidos.
- Supermagro.

- Caldo Biomultimineral.

### 5.5 Características del área experimental

La elaboración de los biopreparados se llevó a cabo en las instalaciones de la biofábrica central del CCDA, ubicada en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá. Esta biofábrica es un espacio dedicado a la elaboración de biopreparados y biofermentos a base de materiales orgánicos. En este espacio se llevan a cabo todos los procesos de elaboración de materia prima hasta llegar al producto final o el abono orgánico preparado. La biofábrica central del CCDA tiene un área de 25 m x 27 m y una altura de 6.5 m. Esta tiene aproximadamente 5 años de funcionamiento. En la figura 9 se muestra la vista frontal de la biofábrica central del CCDA.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 9. Vista frontal de biofábrica.

### 5.6 Periodo experimental

El periodo en el que se desarrolló la investigación fue de la primera semana del mes de noviembre de 2019 y finalizó a inicios de abril de 2020.

## **5.7 Planificación y detalles de actividades que se realizaron**

A continuación, se detallan las actividades que se realizaron para la obtención de las muestras representativas de seis biofermentos: bokashi, microorganismos de montaña sólidos, compost, microorganismos de montaña líquidos, supermagro y caldo biomultimineral.

### **5.7.1 Compra y adquisición de materias primas**

Se obtuvieron cada uno de los materiales para elaborar todos los biopreparados. Esto incluye cada una de las materias primas e insumos necesarios para preparar cada biofermento. Las compras se realizaron en mercados regionales, agroservicios, ferreterías y otras materias primas se obtuvieron en áreas de trabajo agrícolas (ceniza, estiércol, pulpa de café, tierra común).

### **5.7.2 Planificación de biopreparados que se prepararon**

Se definió la cantidad y procedencia de cada materia prima que se utilizó para el proceso. Asimismo, se calculó cuanto de cada insumo se necesitó de acuerdo con el volumen de producción planteado para cada biofermento. Estos volúmenes se basaron en recomendaciones técnicas, factores económicos y necesidades propias de la investigación.

A continuación, se detalla las materias primas que se utilizaron para cada uno de los biopreparados, y la cantidad utilizada de cada una de ellas.

### A. Microorganismos de montaña sólidos

En el cuadro 2 se muestra la materia prima para elaborar ½ saco de microorganismos de montaña preparados.

Cuadro 2. Materia prima para la elaboración de microorganismos de montaña sólidos.

Ingredientes	Cantidades	Unidades
Microorganismos de montaña	½	Saco
Panela	1	Maquetas
Afrecho	½	Saco

Fuente: (CCDA, 2016)

### B. Bokashi

En el cuadro 3 se muestra la materia prima y las cantidades para preparar ½ saco de bokashi.

Cuadro 3. Materia prima para la elaboración de bokashi.

Ingredientes	Cantidades	Unidades
Tierra común	½	Saco
Estiércol	½	Saco
Afrecho	¼	Saco
Levadura	10	Gramos
Panela	1	Maqueta

Fuente: (CCDA, 2016)

### C. Compost

En el cuadro 4 se muestra la materia prima para extraer una muestra de ½ saco de compost.

Cuadro 4. Materia prima para la elaboración de compost.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Unidades</b>
Tierra común	2	Sacos
Lombriz roja ( <i>Eisenia foetida</i> )	200	Lombrices
Pulpa de café	4	Sacos
Cal agrícola	5	Libras
Ceniza	3	Libras

Fuente: (CCDA, 2016)

### D. Microorganismos de montaña líquidos

En el cuadro 5 se muestran los materiales, así como las cantidades para elaborar una muestra de 1 l de microorganismos de montaña líquidos.

Cuadro 5. Materia prima para la elaboración de microorganismos de montaña líquidos.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Unidades</b>
Microorganismos de montaña sólidos preparados	6	Libras
Panela	1	Maquetas
Suero de leche	½	Litro

Fuente: (CCDA, 2016)

## E. Supermagro

En el cuadro 6 se muestra la materia prima para elaborar una muestra de 1 l de supermagro.

Cuadro 6. Materia prima para la elaboración de supermagro.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Unidades</b>
Suero	½	Litro
Ceniza	3	Libras
Harina de roca	¼	Saco
Microorganismos de montaña sólidos	¼	Saco
Estiércol	½	Saco
Panela	1	Maqueta
Sulfato de cobre	1	Libra
Sulfato de magnesio	1	Libra
Sulfato de manganeso	1	Libra
Sulfato de potasio	1	Libra
Sulfato de zinc	1	Libra
Sulfato de Boro	1	Libra

Fuente: (CCDA, 2016)

## F. Caldo biomultimineral

En el cuadro 7 se muestra la materia prima y cantidades para la muestra de 1 l de Caldo biomultimineral.

Cuadro 7. Materia prima para la elaboración de caldo biomultimineral.

<b>Ingredientes</b>	<b>Cantidades</b>	<b>Unidades</b>
Sulfato de zinc	1	Libra
Cal agrícola	1	Libra
Harina de rocas	1.5	Libras
Azufre	1.5	Libras
Cenizas	1	Libra

Fuente: (CCDA, 2016)

### 5.7.3 Definición de proceso de formulación de cada biopreparados

En esta etapa se detallaron las “recetas” para formular cada biopreparado, es decir, se describió el proceso de formulación de cada biofermento ya con las cantidades establecidas previamente. Se explicaron los pasos a seguir los cuales se detallan a continuación.

## A. Microorganismos de montaña sólidos

1. Se recolectaron los microorganismos de montaña en un bosque aledaño a la biofábrica central del CCDA. Se buscó un bosque sano, sin haber sido cultivado con anterioridad.
2. Se mezclaron los materiales (panela y afrecho) junto con lo que fue recolectado en un bote de 10 l como se muestra en la figura 10. Fue necesario buscar un lugar con humedad intermedia y limpio para el caso. Es necesario recalcar que la panela fue disuelta en agua para agregarse.
3. Se selló el bote utilizado de manera que se evitase el ingreso de oxígeno. Luego se almacenó en un lugar fresco durante un período de 30 días.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 10. Elaboración de Microorganismos de Montaña Sólidos.

## B. Bokashi

1. Se mezcló la tierra común con el afrecho para comenzar con la mezcla. Para esto se utilizó un nylon que se extendió en el suelo.

2. Por otra parte, se diluyeron 5 l de agua en la panela, con el fin de que esta fuera líquida y así poderse agregar a la mezcla. Ya con este líquido terminado, se mojó la mezcla anterior mientras se revolvió. Para poder encontrar la humedad adecuada de la mezcla se realizó la prueba del puño. Se tomó una muestra pequeña dentro de la mano y se apretó esta hasta que no goteara y mantuviera su forma original.
3. Se revolvió 2 veces el día de la elaboración con el fin de oxigenar la mezcla y que la temperatura dentro de ella pudiera disminuir y luego se cubrió la mezcla.
4. Al segundo día se volvió a mezclar buscando dejar el volcán en 0.3 m de altura para lograr una aireación aceptable y se volvió a cubrir la mezcla.
5. Al tercer y cuarto día se volvió a revolver la mezcla. La altura del volcán se redujo a 0.15 m y ya no fue necesario cubrir la mezcla.
6. Al séptimo día la mezcla se extendió, con el fin de que esta perdiera la humedad y que la temperatura descendiera.
7. Por último, la mezcla se almacenó en sacos sin mucha humedad, en un lugar bajo la sombra, seco y con suficiente ventilación.

### **C. Compost**

Para la fabricación del compost se utilizaron las piletas o “lombricomposteras” ubicadas dentro de las instalaciones del beneficio húmedo del CCDA. En este lugar se cuenta con 10 lombricomposteras como se muestra en la figura 11. Cada una con las dimensiones de 0.7 m de ancho por 4 m de longitud. Para la elaboración del compost se utilizó una de ellas.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 11. Lombricomposteras ubicadas en instalaciones del CCDA.

1. Como base se colocó la tierra común, a esta se le agrego la cal agrícola y las cenizas.
2. Como “capa” se agregó la pulpa de café. Cabe mencionar que esta era pulpa fresca y recién extraída del grano ya que durante el proceso de elaboración del compost se contaba con la época de cosecha de café en el beneficio húmedo.
3. Por último, se agregaron las lombrices rojas, como se muestra en la figura 11, a la mezcla dentro de las piletas de compost y se mojó con una cantidad considerable de agua. Luego se esto se cubrió con nylon y se dejó reposando una semana.
4. Cada semana se iba revisando cómo iba el proceso, en donde las lombrices se iban encargando de “descomponer” la mezcla para convertirla en el compost. Asimismo, se iba revisando la humedad como se muestra en las figuras 12 y 13, para conocer si era necesario agregar agua a la mezcla.
5. Luego de un mes y una semana se guardó el compost finalizado en sacos y botes para poder obtener muestras.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 12. Elaboración de compost.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 13. Revisión de humedad en lombricomposteras.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 14. Lombrices rojas encargadas de descomposición.

#### **D. Microorganismos de montaña líquidos**

1. En un saco se colocaron 5 lb de microorganismos de montaña sólidos ya elaborados anteriormente y seleccionados.
2. En un recipiente aparte, se mezclaron 10 l de agua con una maqueta de panela y  $\frac{1}{2}$  galones de suero de leche. Esto se mezcló utilizando una paleta.
3. Luego se sumergió el saco, como se muestra en la figura 15, en donde se colocaron los microorganismos de montaña sólidos dentro del recipiente con la mezcla anterior como si fuese una bolsa de té.
4. Se selló el recipiente y se dejó reposar por 30 días en un lugar seco y fresco.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 15. Preparación de Microorganismos de montaña líquidos.

### **E. Supermagro**

1. Utilizando un tonel se preparó una “base” del biofermento. A esta primera mezcla se le agregó suero de leche, ceniza, harina de rocas, microorganismos de montaña sólidos, estiércol de vaca y panela. Esta base se revolvió bien hasta lograr una mezcla homogénea. Se cerró y se dejó reposando por 5 días.
2. Al quinto día se destapó el tonel y se agregaron los sulfatos, los cuales son los siguientes: sulfato de cobre, sulfato de magnesio, sulfato de manganeso, sulfato de potasio, sulfato de zinc y sulfato de boro. Se mezclaron bien con la base previamente preparada y luego se volvió a cerrar para dejar reposar 30 días.

### **F. Caldo biomultimineral**

Este es el único biofermento que se elaboró y se concluyó su preparación el mismo día.

1. Se comenzó por hervir en una olla especial, 10 l de agua.
2. Se pesaron los materiales sólidos para aplicar la cantidad correcta para cada uno como se muestra en la figura 16.
3. Aparte se mezclaron los materiales sólidos como se muestra en la figura 17, exceptuando el sulfato de zinc. Se procuró que los materiales quedaran mezclados correctamente y que se tuviera una mezcla homogénea.
4. Luego se aplicó esta mezcla en el agua hirviendo y se “coció” durante 20 minutos. Durante el transcurso de este tiempo se mezcló constantemente utilizando una paleta.
5. Al terminar este tiempo, se coló la mezcla en otro recipiente y se dejó al aire libre para que la nueva mezcla se enfriara.
6. Por último, cuando la temperatura ya había bajado considerablemente se aplicó el sulfato de zinc.
7. Luego se envasó en botes especiales listo para ser utilizado.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 16. Pesaje de materiales para Caldo biomultimineral.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 17. Elaboración de caldo biomultimineral.

#### **5.7.4 Preparación de un lugar adecuado para almacenaje**

Cada biopreparado se almacenó en un sitio específico, con las condiciones ideales para que no se alteraran sus propiedades. Fue necesario contar con este espacio adecuado para guardar los productos que se elaboraron. Esto para que estos pudieran seguir siendo útiles y no se perdieran sus características físicas y químicas en el tiempo que estuvieron almacenados cada uno de los productos.

#### **5.8 Recomendaciones de dosis y usos**

Se realizaron recomendaciones de los biopreparados para uso en nutrición vegetal. Esto de acuerdo con el análisis realizado en la etapa anterior, se hicieron recomendaciones de dosis y usos de cada biopreparado haciendo énfasis en el cultivo de café. Se utilizaron todos los datos recabados en el proceso de análisis e interpretación de resultados de

laboratorio, además de toda la información de índole secundaria recolectada ampliamente en distintas fuentes bibliográficas.

Por otra parte, se detalló la correcta aplicación de cada uno de los biopreparados. Esto se hizo de igual manera, analizando e interpretando los resultados que arrojaron los resultados de laboratorio de los biofermentos. Además, se analizó la naturaleza física de cada producto orgánico y las necesidades nutricionales (dosis) de la planta de café, para poder llegar a determinar cuál era la manera correcta de aplicar cada uno de los productos en el cafeto.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

Al finalizar la etapa de elaboración de los 6 biofermentos, se extrajeron muestras significativas como se mencionó anteriormente. Luego, se analizaron estas muestras en el Laboratorio de Suelo, Planta, Agua “Salvador Castillo Orellana”.

A continuación, en el cuadro 8 , se muestran los resultados de análisis de los materiales orgánicos sólidos: microorganismos de montaña sólidos, bokashi y compost.

Cuadro 8. Resultados de laboratorio de biofermentos sólidos.

Biopreparado	pH	mS/cm C.E.	%				Ppm					%		C:N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT	
<b>Bokashi</b>	10.4	22.35	0.38	2.25	5.00	0.71	55	115	4,250	365	2,650	7.00		
<b>M. de Montaña</b>	4.9	10.25	0.56	0.75	1.13	0.33	15	55	2,400	465	1,450	34.80	3.50	9.9:1
<b>Compost</b>	10.6	28.85	0.28	2.75	1.31	0.34	20	100	3,200	115	1,550	15.51	1.86	8.3:1

De manera inicial, se puede observar que los valores de pH están un poco alejados de valores aun considerados como neutros. El pH del bokashi es de 10.4, el del compost es de 10.6 y el de los microorganismos de montaña sólidos es de 4.9. Para elevar el pH de los microorganismos de montaña sólidos se recomienda el encalado, que consiste en incorporar al producto calcio y magnesio para neutralizar la acidez del biopreparado. Para disminuir el pH del bokashi y el compost se recomienda aplicar a ambos productos el nitrógeno como sulfato de amonio para acidificar los biofermentos. Con esto se corrigen los niveles de pH.

En cuanto a la conductividad eléctrica ( $\sigma$ ), la cual para el presente análisis fue medida en mS/cm (milisiemens por centímetro) arrojó valores relativamente normales con respecto a los valores normales. La C.E para el bokashi fue de 22.35 mS/cm, para el compost fue de 28.85 mS/cm y para los microorganismos de montaña sólidos fue de 10.25 mS/cm el cual fue el más bajo de los tres biofermentos sólidos.

En cuanto los contenidos de elementos básicos o esenciales para la planta de café, el biofermento bokashi resultó ser el material orgánico más completo ya que es el que cuenta con las concentraciones de elementos más completas entre los tres biopreparados sólidos como se explica a continuación. Llama la atención la cantidad alta de calcio presente en el Bokashi, que es de 5.00 %, comparado con los otros dos biofermentos: 1.13 % para los microorganismos de montaña sólidos y 1.31 % para el compost. La concentración del magnesio, potasio y fósforo también fueron medidos en porcentaje, lo cual hace más fácil su comprensión en interpretación. En cuanto al magnesio, de igual manera el bokashi es el mejor biopreparado con un 0.71 %, 0.34 % para el compost y 0.33 % para los microorganismos de montaña sólidos.

En cuanto al potasio los valores son los siguientes: 2.25 % para el bokashi, 2.75 % para el compost y 0.75 % para los microorganismos de montaña sólidos, demostrando que el bokashi y el compost son los mejores para suplir este elemento. Para el fósforo los valores son los siguientes: 0.38 % para el bokashi, 0.56 % para los microorganismos de montaña

sólidos y 0.28 % para el compost. Se puede establecer que los tres biofermentos sólidos pueden ser útiles para suplir necesidades relacionadas a la deficiencia de fósforo en el cultivo de café o alguna otra planta.

Los resultados del análisis de las concentraciones de cobre, zinc, hierro, manganeso y sodio (todos estos elementos menores o secundarios) fueron medidos en partes por millón (ppm). Cabe resaltar que el bokashi es el material orgánico con mayores concentraciones de cuatro de los cinco elementos enlistados anteriormente. Por esta razón se puede considerar a este biopreparado como el más completo entre los tres biopreparados sólidos estudiados y analizados.

Las concentraciones de cobre para bokashi, microorganismos de montaña sólidos y compost son de 55 ppm, 15 ppm y 20 ppm respectivamente. Los resultados de las concentraciones de zinc para bokashi, microorganismos de montaña sólidos y compost son de 115 ppm, 55 ppm y 100 ppm respectivamente. Las concentraciones de hierro para bokashi, microorganismos de montaña sólidos y compost son de 4,250 ppm, 2,400 ppm y 3,200 ppm respectivamente. Los resultados de las concentraciones de manganeso para bokashi, microorganismos de montaña sólidos y compost son de 365 ppm, 465 ppm y 115 ppm respectivamente. Las concentraciones de sodio para bokashi, microorganismos de montaña sólidos y compost son de 2,650 ppm, 1,450 ppm y 1,550 ppm respectivamente.

Por último, se obtuvieron también los resultados de las concentraciones de carbono y nitrógeno orgánico presentes en los tres biopreparados estudiados. El porcentaje de carbono (C.O) para bokashi, microorganismos de montaña y compost es de 7.00 %, 34.80 % y 15.51 % respectivamente. El porcentaje de nitrógeno total (NT) para microorganismos de montaña es de 3.50 % y para compost es de 1.86 %. En cuanto a la relación carbono/nitrógeno (C: N) en microorganismos de montaña sólidos es de 9.9:1 y para compost es de 8.3:1.

A continuación, en el cuadro 9 se muestran los resultados de análisis de materiales orgánicos líquidos, los cuales incluyen: microorganismos de montaña líquidos, supermagro y caldo biomultimineral.

Cuadro 9. Resultados de laboratorio de biofermentos líquidos.

Biopreparado	pH	mS/cm C.E.	Ppm									% NT
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	
<b>C. Biomultimineral</b>	11.2	32.8	46.65	2,200	487.50	20	1.20	15	0.10	0.10	1,200	0.009
<b>Supermagro</b>	10.4	13.43	2.12	5,800	3,000	42.50	24	0.10	0.10	0.10	1,600	0.013
<b>M. de Montaña</b>	2.9	6.54	175.00	1,600	450	93.75	0.10	0.30	5.80	0.20	340	0.047

Los valores de pH para los tres biofermentos líquidos están alejados de los valores considerados como neutros. Los valores de pH obtenidos son los siguientes: para caldo biomultimineral 11.2, para supermagro 10.4 y para microorganismos de montaña líquidos 2.9. Cabe mencionar que los microorganismos de montaña líquidos también arrojaron un valor bajo de pH, al igual que los sólidos. Para elevar el pH de los microorganismos de montaña líquidos, de igual forma, se recomienda el encalado. Para disminuir el pH del caldo biomultimineral y el supermagro se recomienda aplicar a ambos productos el nitrógeno como sulfato de amonio para acidificar los biofermentos. Con esto, de igual manera se logran corregir los niveles de pH en los biopreparados. La conductividad eléctrica ( $\sigma$ ), el cual es un valor que mide la cantidad de sales presentes en solución.

En dicho rubro se obtuvieron resultados interesantes, ya que el valor más bajo fueron los microorganismos de montaña líquidos, al igual que los sólidos. Para el análisis de conductividad eléctrica se utilizó la medida de milisiemens por centímetro (mS/cm). La conductividad eléctrica para caldo biomultimineral, supermagro y microorganismos de montaña líquidos es de 32.8 mS/cm, 13.43 mS/cm y 6.54 mS/cm respectivamente.

A diferencia de los biopreparados orgánicos sólidos, absolutamente todos los elementos a analizar fueron medidos en partes por millón (ppm). Para el fósforo se obtuvieron los siguientes resultados: 46.65 ppm para caldo biomultimineral, 2.12 ppm para supermagro y 175.00 ppm para los microorganismos de montaña líquidos. Siendo el biofermento más favorable en este rubro los microorganismos de montaña líquidos. Para el análisis de potasio, el mejor fermento resultó en supermagro.

Los resultados son los siguientes: 2,200 ppm para caldo biomultimineral, 5,800 ppm para Supermagro y 1,600 ppm para microorganismos de montaña líquidos. En cuanto al análisis de calcio el mejor biopreparado de igual forma resultó ser super magro. Para este elemento los resultados del análisis son los siguientes: 487.50 ppm para caldo biomultimineral, 3,000.00 ppm para supermagro y 450.00 ppm para microorganismos de montaña líquidos.

A continuación, se detallarán los resultados obtenidos para los elementos considerados como menores para los tres materiales orgánicos líquidos estudiados: caldo biomultimineral, supermagro y microorganismos de montaña (los resultados se enlistan en este orden). Para magnesio: 20.00 ppm, 42.50 ppm y 93.75 ppm respectivamente. Para cobre 1.20 ppm, 24.00 ppm y 0.10 ppm respectivamente. Para zinc 15.00 ppm, 0.10 ppm y 0.30 ppm respectivamente. Para hierro 0.10 ppm, 0.10 ppm y 5.80 ppm respectivamente. Para manganeso 0.10 ppm, 0.10 ppm y 0.20 ppm respectivamente. Y por último para el sodio 1,200 ppm, 1,600 ppm y 340 ppm respectivamente.

En cuanto a la presencia de nitrógeno (nitrógeno total) en la planta, los microorganismos de montaña líquidos resultaron ser los más favorables con un 0.047 % NT. Para caldo biomultimineral y supermagro fueron 0.009 % NT y 0.013 % NT respectivamente.

## **6.1 Requerimientos nutricionales del cultivo**

Los requerimientos nutricionales del cultivo de café se fundamentan en los elementos que la planta obtiene del suelo y que está contenido en el tejido vegetal de toda la planta, cuando esta se encuentra en un estado óptimo de desarrollo y vigor. Es importante conocer los requerimientos nutricionales de cada cultivo para posteriormente poder determinar dosis adecuadas. Los requerimientos tienen relación con cantidades adecuadas de elementos disponibles en el suelo y que el café puede obtener para lograr un desarrollo correcto. (Castellon, 2000) menciona que la cantidad de minerales que el café retira del suelo y que está contenida en todas las partes de la planta se denomina “extracción”.

(Palma, 1991) establece el orden de importancia de los elementos requeridos por la planta de café, según diversos estudios que se han realizado en el cultivo, el cual se muestra en el siguiente cuadro. Este criterio se basa en lo que la planta es capaz de extraer del suelo. Los elementos se encuentran descritos en su forma asimilable por la planta de café. El cuadro 10 muestra cuantos kilogramos de cada elemento es retirado del suelo para un aproximado de 240 kg de café maduro. Este criterio puede utilizarse para determinar cuáles son los elementos requeridos principalmente por la planta de café.

Cuadro 10. Cantidades extraídas de elementos en la planta de café del suelo.

<b>Elemento</b>	<b>Cantidad (kg)</b>
N	43
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	8.4
K <sub>2</sub> O	48
CaO	11.3
MgO	4.7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.31
Mn <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03

Del cuadro se puede establecer que los principales elementos que el café requiere para su desarrollo es el potasio y el nitrógeno. Por lo que se deberá hacer énfasis en estos dos elementos para las recomendaciones nutricionales en el cultivo. Seguido se encuentra el calcio y el fósforo que también resultan ser elementos fundamentales durante el ciclo del cultivo de café por lo que aportan en el ciclo del cultivo.

(Carvajal, 2000) establece un criterio sobre el requerimiento nutricional del cultivo de café a los tres años de edad, los cuales se muestran en el cuadro 11. El requerimiento de cada uno de los elementos se expresa en kilogramos por hectárea (kg/ha) utilizando una densidad de siembra aproximada de 1,345 plantas por hectárea con un rendimiento de

1,255 kg/ha. Se evaluó la presencia de cada elemento en distintos órganos de la planta de café, lo cual permite observar los requerimientos nutricionales según cada órgano.

Cuadro 11. Requerimientos nutricionales del cultivo de café.

Parte de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Tallo y raíces	19.3	2.8	32.9	11.8	2.8
Ramas o bandolas	17.9	2.5	23.9	7.5	4.2
Follaje	66.4	13	56.8	23.6	8.5
Frutos maduros	37	3.3	43.3	4.1	4.2
TOTAL	141.0	14.0	157.0	47.0	19.7

Del cuadro anterior se puede observar que, aun utilizando otro criterio para establecer el requerimiento del cultivo de café, el elemento requerido en mayores cantidades por la planta sigue siendo el potasio seguido del nitrógeno. Cabe resaltar que se puede observar que el requerimiento de ambos elementos aumenta a medida que los frutos alcanzan mayor edad. Es necesario mencionar que entre el 60 % y 70 % del nitrógeno se aplica en la etapa vegetativa del café, por lo que es en esta etapa que se necesita tener mayor control sobre la disponibilidad de nitrógeno en los biofermentos.

En contraste, se observa en el cuadro que el fósforo es requerido en cantidades muy pequeñas por la planta y su exigencia es constante a lo largo del ciclo. Esto se puede explicar ya que el fósforo es el nutrimento que posee el ciclo más estable de todos (Perez, 2008). El principal proceso del fósforo es la fijación. Cualquier producto fosfatado aplicado al suelo tiende a buscar un grado de estabilidad mayor en detrimento de la disponibilidad del elemento a la planta. Por lo tanto, es importante tomar en cuenta este criterio en el manejo del fósforo presente en los diferentes biopreparados.

A continuación, en el cuadro 12, se muestra un tercer criterio de requerimiento de cada elemento en el cultivo de café, esta vez a nivel foliar, es decir, se muestra la presencia de cada elemento en la hoja para determinar los requerimientos del cultivo según este órgano. (Wilson, 2002) relaciona los niveles adecuados de nutrimentos foliares. Estos criterios establecen valores con relación a contenidos de cada elemento presente en las hojas.

Cuadro 12. Presencia de elementos en las hojas.

<b>Nutrimento</b>	<b>Bajo</b>	<b>Adecuado</b>	<b>Alto</b>
Nitrógeno (%)	2	2.6	3.5
Fósforo (%)	0.10	0.15	0.20
Potasio (%)	1.5	2.1	2.6
Calcio (%)	0.40	0.75	1.5
Magnesio (%)	0.10	0.25	0.40
Hierro (ppm)	40	70	200
Manganeso (ppm)	25	50	100
Zinc (ppm)	10	15	30
Cobre (ppm)	3	7	20

## **6.2 Comparación de los resultados de los contenidos fisicoquímicos de los biofermentos con los requerimientos nutricionales del cultivo**

En base a estos tres criterios descritos anteriormente se puede establecer el orden de importancia en cuanto a los requerimientos de elementos de la planta de café. Observando las cantidades de elementos que la planta extrae del suelo y los elementos que están contenidos en los distintos órganos de ella se puede concluir en estos requerimientos. En orden de importancia un cultivo típico de café realiza las siguientes exportaciones en cuanto a macronutrientes: K>N>Ca>P>Mg>S. En cuanto a micronutrientes: Fe>Zn>Mn>Cu.

Comparando estos criterios con los resultados de los contenidos fisicoquímicos de los biofermentos sólidos se puede concluir que los tres productos son capaces de suplir las necesidades reflejadas en los requerimientos. El bokashi tiene como principal oferta el calcio (5.00 %) y el potasio (2.25 %), dos de los principales elementos requeridos y en cuanto a los micronutrientes también puede ser capaz de suplir estas necesidades. Lo mismo ocurre con los microorganismos de montaña sólidos, que tienen al calcio (1.13 %) y al potasio (0.75 %) como los dos elementos con mayor oferta.

Cabe resaltar que este biopreparado es el que mayor oferta de fósforo tiene de los tres sólidos, lo cual es importante considerarlo debido a que este elemento es muy estable y se vuelve necesario aplicarlo. Por último, en cuanto al compost, de igual manera el calcio (1.31 %) y el potasio (2.75 %) son los dos elementos que más ofrece el producto a la planta. Por esto se puede concluir que los tres biopreparados son ideales para suplir las necesidades nutricionales del cultivo demostradas en los criterios anteriores. En el cuadro 13 se muestra la presencia de elementos en los tres biopreparados sólidos.

Cuadro 13. Resultados de laboratorio de biofermentos sólidos.

Biopreparado	pH	mS/cm C.E.	%				Ppm					%		C:N
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT	
<b>Bokashi</b>	10.4	22.35	0.38	2.25	5.00	0.71	55	115	4,250	365	2,650	7.00		
<b>M. de Montaña</b>	4.9	10.25	0.56	0.75	1.13	0.33	15	55	2,400	465	1,450	34.80	3.50	9.9:1
<b>Compost</b>	10.6	28.85	0.28	2.75	1.31	0.34	20	100	3,200	115	1,550	15.51	1.86	8.3:1

En cuanto a los biopreparados líquidos, en los tres productos se puede observar la misma tendencia. Los dos elementos que mejor ofrecen los tres son el calcio y el potasio, seguido del nitrógeno. Luego, se observa que el magnesio cuenta con una presencia importante en los tres biofermentos. Cabe recordar que este elemento está dentro de los macronutrientes esenciales. Observando los niveles de micronutrientes, los tres biopreparados tienen ofertas aceptables para suplir las necesidades nutricionales de estos

elementos. Por esta razón, tanto los biopreparados sólidos, como los biopreparados líquidos son recomendables para la nutrición vegetal del cultivo de café. En el cuadro 14 se muestra la presencia de elementos en los tres biopreparados líquidos.

Cuadro 14. Resultados de laboratorio de biofermentos líquidos.

Biopreparado	Ph	mS/cm C.E.	Ppm									% NT
			P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	
<b>C. Biomultimineral</b>	11.2	32.8	46.65	2,200	487.50	20	1.20	15	0.10	0.10	1,200	0.009
<b>Supermagro</b>	10.4	13.43	2.12	5,800	3,000	42.50	24	0.10	0.10	0.10	1,600	0.013
<b>M. de Montaña</b>	2.9	6.54	175.00	1,600	450	93.75	0.10	0.30	5.80	0.20	340	0.047

### 6.3 Requerimientos específicos del cultivo de café según cada etapa específica

A continuación, se detallará de manera puntual los requerimientos del cultivo de café, según cada etapa específica del ciclo de cultivo. Esto se hará con el fin de fundamentar las recomendaciones nutricionales (dosis) de cada biopreparado estudiado. Conociendo qué necesita el café según la etapa en la que se encuentra se puede proponer qué biofermentos pueden aplicarse según los resultados de estos que se detallaron anteriormente.

#### 6.3.1 Fase de semillero (P, N, Ca)

Aunque el cultivo de café podría propagarse mediante métodos asexuales (estacas e injertos), la especie *Coffea arabica* normalmente se propaga por semillas para poder mantener las características de la variedad por sobre el 90 %. Esta primera etapa de vida

es fundamental y si se cuenta con los elementos para suplir las necesidades en esta etapa, la planta de café irá encaminada a desarrollarse adecuadamente.

El fósforo es imprescindible en la fase de semillero. Esto debido a que este elemento ayuda a la formación de ATP. El ATP es la fuente de energía principal para la mayoría de procesos celulares. Es estos primeros procesos de vida de la planta, esta necesita de la energía suficiente para la formación de la radícula y los primordios florales (Salazar, 1993).

Por otra parte, el nitrógeno resulta importante considerarlo en esta fase debido a que ayuda en gran manera a la formación del primer par de hojas verdaderas y primeros tejidos por lo que aporta para la formación de proteínas. De igual forma el calcio es importante porque fomenta el desarrollo de raíces, en este caso de la radícula.

### **6.3.2 Fase de vivero (P, N, Ca, Zn)**

El vivero es el lugar o sitio adecuado donde permanecerán las plantas de café procedentes del germinador hasta alcanzar el desarrollo necesario para el trasplante a campo definitivo. Es fundamental el manejo agronómico y el control durante esta etapa debido a que la planta de café aún se encuentra en sus primeros procesos de vida, y es durante esta etapa que mayor división celular la planta experimenta. Además, en esta fase se busca brincarle a la planta lo necesario para que sea capaz de responder cuando sea trasladada a campo definitivo (Darwin, 2010).

El fósforo sigue siendo fundamental por el aporte que brinda a la formación de energía. Además, cabe mencionar que el fósforo es un elemento que apoya a la formación de raíces, lo cual es importante en la etapa de vivero. El calcio es importante en esta fase por tener un papel estructural en la formación del tallo. El calcio tiene una función de conferir estabilidad al aparato estructural durante la división celular y proporciona rigidez a la planta.

El crecimiento acelerado es parte de la etapa de vivero, como se mencionó anteriormente, en esta etapa la planta sufre de una acelerada división celular. Por esta razón el zinc también es parte importante de la fase de vivero porque interviene en la síntesis de la hormona de crecimiento conocida como AIA. Esta hormona vegetal es la principal auxina

en las plantas y controla diversos procesos fisiológicos como la elongación, la división celular y la diferenciación de tejidos (Darwin, 2010).

### **6.3.3 Fase vegetativa en campo (N, K, Mn, Fe, Mg, Cu, Zn)**

En esta fase continua la formación de raíces, ramas, nudos y hojas en campo definitivo. Esta etapa dura aproximadamente once meses, siempre dependiendo de las características de la zona y factores climáticos que se presenten. Para esta fase se habrán seleccionado las plantas o “chapolas” de mejor calidad en vivero, para que continúe su proceso de formación de follaje y que las raíces se terminen de formar adecuadamente, con la raíz pivotante recta y completamente desarrollada (Salazar, 1993).

En esta etapa el nitrógeno tiene una participación importante. Cabe mencionar que entre el 60 % y 70 % del nitrógeno total utilizado en el ciclo del cultivo es aplicado en esta etapa. El nitrógeno tiene participación en la formación de la clorofila, que es el pigmento que les confiere el color verde a las hojas. Este elemento también participa en la formación de ácidos nucleicos, aminoácidos y coenzimas.

Durante esta etapa es importante mencionar al magnesio como clave. Esto debido a que este elemento es el átomo central de la clorofila. Se sabe que el proceso de fotosíntesis es el más importante de esta etapa. El manganeso tiene parte en este proceso también por su participación en la fase oscura de la fotosíntesis. Este elemento colabora con el transporte de electrones en este proceso fundamental en la etapa vegetativa de la planta de café.

El potasio de igual manera tiene una participación activa en la fotosíntesis debido a la intervención que tiene este elemento con la síntesis de la clorofila. El potasio también participa en el cierre y la apertura de estomas, proceso importante para los procesos metabólicos durante la fase vegetativa. También, este elemento interviene en la absorción del nitrógeno para que este pueda estar disponible para la planta. Es importante también mencionar el hierro debido a que es un activador enzimático de la síntesis de la gran

mayoría de proteínas que participan en procesos durante la etapa vegetativa del café en campo.

Cabe mencionar la aportación del cobre durante esta etapa por su aporte en la fotosíntesis, por ser componente de muchas enzimas que participan en este proceso. De igual forma, el zinc interviene en la activación de enzimas como la anhidrasa carbónica que convierte el ácido carbónico en  $\text{CO}_2$  y  $\text{H}_2\text{O}$ .

### 6.3.4 Prefloración (P)

Esta etapa marca el inicio de la fase reproductiva del ciclo de cultivo de café. Al culminar la etapa vegetativa se da comienzo a la primera floración que marca el inicio del desarrollo reproductivo del café. La primera floración se da cuando por lo menos el 50 % de las plantas han presentado floración, al ser una especie perenne el desarrollo vegetativo y reproductivo continúan durante toda la vida de la planta. El tiempo en que ocurre la primera floración varía, dependiendo la fecha de siembra, nutrición y condiciones ambientales de cada localidad.

En esta etapa el fósforo es parte importante de la formación de energía como se ha mencionado con anterioridad. En la figura 18 se muestra la participación del fósforo durante parte del ciclo del cultivo de café.

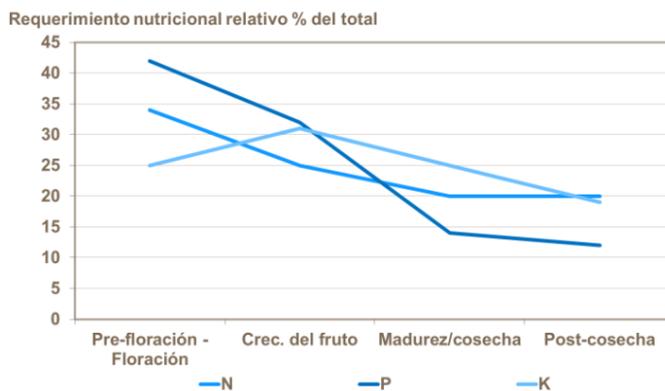


Figura 18. Requerimientos nutricionales de P durante ciclo de café.

### **6.3.5 Floración y desarrollo del grano (Cu, Zn, Ca, P)**

Al completar el proceso de la floración, inicia el desarrollo del grano de café. El grano de café, es la parte que se consume de la planta. Se presentan dos semillas de café en cada grano o cereza y dependiendo el nivel de maduración cambia la tonalidad de este pasando de un tono verde a un rojo intenso. Durante la formación el fruto pasa a través de diferentes etapas de crecimiento y desarrollo, en donde los factores ambientales juegan un papel importante, así como la disponibilidad de nutrientes en el suelo o por la aplicación de enmiendas.

Para esta etapa se recomienda siempre la aplicación de importantes concentraciones de cobre, debido a que este elemento resulta vital para el proceso de llenado de granos. Según (Salazar, 1993), la fertilización con cobre aumenta de manera considerable el contenido proteico de los granos en 1 %. Por esta razón que resulta imprescindible este elemento durante la etapa de formación de los granos.

Por otra parte, el zinc es recomendable por su participación en la formación del grano, así como el calcio que brinda rigidez y solidez a los granos que se van formando durante esta etapa del café. El calcio beneficia a un llenado sólido y uniforme del grano por lo que confiere a los tejidos. Asimismo, el fósforo es importante tomarlo en cuenta debido a su importante aporte de energía a esta fase.

### **6.4 Recomendaciones en nutrición en café (dosis tiempo y cantidad de aplicación)**

En base a los resultados de laboratorio de cada uno de los seis biofermentos (microorganismos de montaña sólidos, bokashi, compost, microorganismos de montaña líquidos, caldo biomultimineral y supermagro), se detallaron los contenidos de elementos y

sus características químicas más importantes (pH y conductividad eléctrica). Los resultados de los elementos que se tuvieron fueron los siguientes: nitrógeno (N), carbono (C), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu), zinc (Zn), hierro (Fe), manganeso (Mn) y sodio (Na).

Teniendo completa esta información a través de los resultados de laboratorio y conociendo los requerimientos del cultivo de café a lo largo de cada etapa de su ciclo de cultivo, se puede proceder a detallar de manera puntual las recomendaciones en nutrición, dosis y tiempos de aplicación de cada uno de los seis biopreparados para el cultivo mencionado según cada biopreparado.

Es de suma importancia recalcar las características principales de los suelos presentes en la aldea Cerro de Oro, debido a que basadas en ellas se realizaron las recomendaciones pertinentes para nutrición en el cultivo de café. Los suelos de la aldea Cerro de Oro, y especialmente del municipio de Santiago Atitlán, se encuentran localizados en el grupo de tierras altas volcánicas o el altiplano. Esto según la clasificación de tierras por capacidad de uso emitido por el Instituto Nacional de Bosques (INAB). Los suelos existentes en la región mencionada de Cerro de Oro, son catalogadas como clase VII (no laboreo, pastoreo o silvicultura muy controlados).

El suelo en la aldea posee un relieve muy escarpado y un drenaje interno moderado. Los suelos son de color café, de textura franca o franca arenosa para los suelos superficiales, los que son ligeramente ácidos con espesores de 0.25 m a 0.5 m. Los subsuelos son ácidos, de color café. Por otra parte, las características físico químicas de los suelos en general hacen que estos tengan una adecuada capacidad de producción en el cultivo de café.

Sin embargo, la textura franco-arenosa y la existencia de pronunciadas pendientes convierten a los suelos de la región en susceptibles a la erosión. A esto se le agrega que muchas áreas han sido intensamente deforestadas lo que ha provocado severa deforestación. Por esta razón, es que se vuelven necesarias ciertas recomendaciones en nutrición para el cultivo de café, debido a que se requiere un aporte a los suelos de

algunos biopreparados para lograr suplir sus necesidades básicas. Dichas recomendaciones se detallan a continuación.

Cabe mencionar que, por lo discutido anteriormente, los resultados y el análisis de cada biopreparado son específicamente recomendados para la región donde fue llevada la investigación, es decir, en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá. Esto debido a que se tomaron en cuenta las características generales de los suelos de la región. Sin embargo, esta investigación puede tomarse como base para análisis en distintas regiones geográficas.

#### **6.4.1 Bokashi**

El bokashi es uno de los biopreparados más completos de los que fueron analizados. Esto debido a ser el material orgánico sólido con mejor oferta de Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Na. El bokashi es rico en calcio y magnesio. Ambos elementos son los principales cationes o bases de cambio del complejo coloidal y su abundancia determina en gran medida, la fertilidad natural de los suelos (Perez, 2008).

Además, la conductividad eléctrica (C.E.) del bokashi, la cual es de 22.35 mS/cm indica que no se cuenta con una presencia alta de sales en el medio, lo cual es un buen parámetro. Es necesario mencionar que el valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas (una saturación de sales en el medio, causa daños en la planta). La salinidad es un fenómeno indeseable ya que afecta el crecimiento de las plantas de varias maneras y por lo mismo, un aumento en la CE traerá como consecuencia una disminución de rendimiento (Cerrato, 2005).

Es por esta razón que se recomienda aplicar y utilizar el bokashi en las primeras fases del ciclo del cultivo de café, es decir en la fase de semillero y vivero. Esto hace sentido al considerar que estas dos fases son fundamentales para el cultivo y una buena calidad en el manejo de ellas determinará un buen desarrollo de la planta. Se recomienda utilizar este biopreparado en asociación con el suelo utilizado para la elaboración de los semilleros y

en los viveros destinados, lo cual favorecerá a estos suelos e impulsará una mejora en las condiciones de estos (FAO, 2011).

Para los semilleros, se recomienda mezclar tierra cernida con carbón vegetal pulverizado y el abono bokashi, en proporción de 65 % a 75 % de tierra y 35 % a 25 % de bokashi, dependiendo de la plántula (FAO, 2011). El porcentaje de bokashi, va a variar dependiendo las características del suelo que se esté utilizando para el caso. De igual forma estos porcentajes se aplican a la tierra que se utilice para desarrollar cada uno de los viveros.

Por otra parte, por contar con una oferta importante de Mg, también se recomienda utilizar bokashi en la etapa vegetativa. Se sabe que el Mg es el átomo central de la clorofila, y se ha mencionado que este pigmento es parte del importante proceso de la fotosíntesis. Por lo que la presencia de Mg en esta etapa resulta imprescindible debido a que el proceso de fotosíntesis comienza a tener desarrollo (Perez, 2008). Para utilizar el bokashi en esta etapa, se recomienda aplicarlo 15 días antes de trasplantar las plantas del vivero a campo definitivo.

Es necesario determinar si nunca se ha aplicado bokashi en el suelo donde se desea trabajar. Si este es el caso la dosis tendría que duplicarse. En caso contrario, de acuerdo a las propiedades y elementos que brinda este biopreparado y a los requerimientos de la etapa vegetativa, se recomienda aplicar 1.8 kg en cada planta o surco. Dependiendo la densidad de siembra, será la dosis por hectárea.

Asimismo, se considera importante la aplicación de bokashi en la fase de floración del cultivo de café. Esto debido a los aportes de Cu, Zn y Ca que ofrece el biopreparado. El cobre está involucrado en el metabolismo de carbohidratos y nitrógeno y tiene un importante efecto sobre el desempeño en la formación de la flor. Una de las funciones más importantes del cobre es activar enzimas implicadas en los principales procesos durante la floración los cuales son la síntesis de lignina y sistemas enzimáticos (Cerrato, 2005).

Tomando en cuenta que previamente se ha aplicado bokashi al suelo para la etapa vegetativa en campo, no es necesario aplicar la misma cantidad o la misma dosis. Este criterio se determina porque se considera que el suelo aún cuenta con los aportes previos

ya que el bokashi no es un biofermento de degradación rápida en el suelo (Cerrato, 2005). Por lo que se recomienda una aplicación de 0.5 kg por planta para aportar lo necesario en la etapa de floración.

Cabe resaltar que, de la absorción por parte de las plantas, el Ca y Mg salen del suelo en grandes cantidades por lixiviación (Perez, 2008). Este fenómeno natural, conduce a la disminución considerable de ambos elementos. Por esta razón es que su aporte al suelo por medio de este biopreparado resulta importante.

#### **6.4.2 Microorganismos de montaña sólidos**

Los microorganismos de montaña resultaron ser un biopreparado considerado como completo debido a que cuenta con una oferta fuerte de los siguiente elementos: P, Mn, N y C. Esto de acuerdo a los resultados de laboratorio. También es de considerar fundamentalmente el bajo valor de la C.E. para este biopreparado, la cual es de 10.25 mS/cm. Esto indica que la incidencia de las sales en el medio es mínima. De acuerdo a estos parámetros y debido a los requerimientos según cada fase, se considera fundamental considerar microorganismos de montaña sólidos en la fase de semillero y la fase de vivero. Cabe recordar que el fósforo es un elemento fundamental en las primeras dos etapas del ciclo de cultivo de café como se ha discutido con anterioridad.

Es importante recordar que el fósforo es el nutrimento que posee el ciclo más estable de todos en el suelo. El principal proceso del ciclo es la fijación. Cualquier producto fosfatado al suelo tiende a buscar un grado alto de estabilidad, por lo que resulta imprescindible aplicarlo durante las primeras etapas (Perez, 2008). Al aplicarlo, se asegura un porcentaje de germinación mayor del 80 % (SAG, 2018). Asimismo, como se ha mencionado, el fósforo es clave en la síntesis de energía que resulta imprescindible durante los primeros días de vida del ciclo de cultivo.

El nitrógeno es un nutriente esencial que todas las plantas requieren para un crecimiento adecuado. Es un constituyente importante de la molécula de clorofila, ácidos nucleicos y proteínas, además de ser un componente de la materia orgánica del suelo. El nitrógeno es

esencial para el crecimiento vegetal y la alta producción de café. Por su parte, el manganeso y el nitrógeno son los principales elementos participantes en el proceso de fotosíntesis, proceso que comienza a llevarse a cabo en vivero (Perez, 2008).

Es necesario mencionar que se puede preparar bokashi utilizando microorganismos de montaña sólidos. Según los altos aportes de cantidades de fósforo y nitrógeno principalmente, reflejados en los resultados de laboratorio se recomienda lo siguiente. Para la preparación de 100 lb de bokashi se debe agregar 25 lb de microorganismos de montaña sólidos. No se recomienda subir de esta dosis para no saturar el medio de N. Esta mezcla resulta una buena alternativa en la etapa de semillero y vivero. Para la preparación de sustratos para plántulas en vivero se recomienda utilizar 10 lb de microorganismos de montaña sólidos por 100 lb de sustrato o tierra común, según sea el caso. De igual manera este sustrato puede utilizarse en semillero con la misma recomendación.

### **6.4.3 Compost**

El compost es uno de los biopreparados más comunes en su utilización en el campo. Este es importante considerarlo en el cultivo de café, específicamente en la etapa vegetativa del café en campo. El compost, está considerado como mejorador de las propiedades físicas del suelo (Perez, 2008). Se considera de esta manera debido a que el compost tiene una oferta importante de potasio, el cual es requerido en grandes cantidades en esta etapa. Cabe resaltar que el potasio, junto con el nitrógeno son los dos elementos que en términos generales son mayormente requeridos por las plantas durante el ciclo completo del cultivo de café. Además, hace sentido al considerar que la etapa vegetativa es la de mayor duración y aquí es donde es requerido el potasio principalmente.

El potasio tiene como función la regulación de la presión osmótica de la planta, participa en la fotosíntesis, regula la apertura y cierre de estomas y aporta apoyo en la absorción del nitrógeno (Perez, 2008). Todos estos procesos son fundamentales durante la etapa

vegetativa en campo que dura aproximadamente 6 o 7 meses, dependiendo el clima y la variedad de café que se está utilizando.

Para la aplicación del compost, este puede ser aplicado al voleo o directamente a la planta mediante la apertura de zanjas alrededor de la planta de café. Al aplicarlo se recomienda dejar una franja de al menos 3 m de ancho sin aplicar, junto a cursos de agua. Esto para evitar que al aplicarlo al voleo, este biopreparado se pierda por escorrentía. Se debe evitar aplicar en épocas de lluvia ni en lugares recurrentes de inundaciones (SAG, 2018).

De acuerdo a la recomendación de dosis de este biopreparado y basado en las cantidades de cada elemento que ofrece a la planta, se basaron los siguientes criterios. Se recomienda aplicar entre 1 kg y 2 kg por planta al año, al inicio de cada etapa vegetativa en campo. Es importante conocer las propiedades físicas más generales del suelo donde se está trabajando. Esto debido a que el potasio, principal elemento del compost, puede lavarse en abundancia. En suelos arenosos esto sería un problema mayúsculo debido a que se perdería este elemento en grandes cantidades. Si este es el caso, se debe considerar duplicar la dosis de la recomendación descrita anteriormente.

Se debe tener en cuenta no sobrepasar la dosis recomendada para el cultivo de café ya que el uso excesivo puede impactar negativamente en el medio ambiente, por lo cual la dosis a aplicar debe considerar los impactos negativos que generen en el medio ambiente la incorporación al suelo de altas cantidades de nutrientes.

#### **6.4.4 Caldo biomultimineral**

Este biopreparado tiene como virtud poseer características antifúngicas. Es el principal producto orgánico para el control de roya del café causada por *Hemileia vastatrix* (León, 2016). Asimismo, este caldo también controla otras enfermedades como lo es el ojo de gallo causado por *Mycena citricolor*. La frecuencia de aplicación del producto depende de la incidencia de la enfermedad en el cultivo. Siempre su forma de aplicación es vía foliar y es recomendable para otros cultivos como cítricos y hortalizas (Mora, 2006). Asimismo, debido a la oferta de este caldo para fósforo, potasio y zinc, también se considera como un producto orgánico útil en la fertilización.

Debido al aporte de estos tres elementos mencionados anteriormente, y al aporte para el control de plagas se considera principalmente aplicar caldo biomultimineral en la etapa vegetativa en campo. Esto debido a que la etapa vegetativa es la etapa crítica en cuanto a la incidencia de plagas y enfermedades. Es durante esta fase que se debe tratar con estos flagelos que disminuyen la calidad y el rendimiento del cafeto. Por otra parte, el fósforo y principalmente el potasio, son elementos claves en la etapa vegetativa como se ha discutido. Los resultados de laboratorio reflejan una aceptable oferta de ambos elementos a la planta. El potasio colabora en esta etapa en el proceso de fotosíntesis, así como en la absorción del nitrógeno. Por otra parte, el zinc es activador de la gran mayoría de enzimas responsable de la fabricación de proteínas.

Según (León, 2016), es preferible utilizar el producto antes de su vencimiento, que es de aproximadamente 6 meses después de su elaboración. Según, los elementos y cantidades que el caldo biomultimineral ofrece, se recomienda aplicar el producto con una frecuencia de 30 días. Si se observa una incidencia muy alta en cuanto a alguna enfermedad fúngica en la planta de café, la frecuencia de aplicación podría ser de 20 días. Cabe mencionar, que por deberse a un material orgánico líquido la forma de aplicación es foliar, preferiblemente en el envés de la hoja debido a que los hongos suelen alojarse en esa parte de la hoja.

Como se mencionó, es necesario monitorear la incidencia de enfermedades durante la etapa vegetativa. Si se considera una incidencia normal, y de acuerdo a los requerimientos nutricionales en esta etapa se recomienda aplicar 1 l de caldo biomultimineral por bomba de 16 l para una hectárea de terreno. Si se observa una incidencia arriba del 10 % y que la planta se encuentra deficiente en cuanto a su calidad puede duplicarse a 2 l por bomba en una hectárea de plantación. Sin embargo, es necesario monitorear ambos parámetros durante esta fase.

#### **6.4.5 Supermagro**

Se utiliza como tratamiento en el cultivo de café y se considera un fertilizante de amplio uso. Se considera un material con alto contenido de enzimas, ácidos húmicos y

microorganismos benéficos. Todos los componentes de supermagro, sobre todo los minerales, están permitidos en agricultura orgánica y ecológica, lo cual representa una ventaja (SAG, 2018). Asimismo, se considera un biopreparado alto en contenidos de potasio, calcio, cobre y sodio según los resultados de laboratorio.

Por esta razón es que se recomienda la aplicación de supermagro principalmente en la etapa vegetativa y etapa de floración. Además, el valor de la conductividad eléctrica para este material se considera medio, por lo que es una ventaja que no haya saturación de sales en el medio. La utilización de supermagro durante estas dos etapas fundamentales en el ciclo del café, ayudan a corregir deficiencias en los procesos y benefician la fertilidad del suelo para proveer a la planta los elementos necesarios en ambas etapas.

Cabe mencionar, que el supermagro cuenta con una oferta importante de calcio, que es el principal elemento que favorece un cuaje correcto de la flor. Por otra parte, como se ha discutido, el potasio es fundamental en la etapa vegetativa. El cobre está involucrado en el metabolismo de carbohidratos y nitrógeno y tiene un importante efecto sobre el desempeño en la formación de la flor. Una de las funciones más importantes del cobre es activar enzimas implicadas en los principales procesos durante la floración los cuales son la síntesis de lignina y sistemas enzimáticos (Cerrato, 2005).

Para la aplicación de este producto se recomienda utilizarlo antes de cumplirse tres meses después de su elaboración (León, 2016). Es importante aplicarlo en los meses de enero a marzo, meses claves en el desarrollo vegetativo y la formación de flores en el cultivo de café. La forma de aplicación es foliar por tratarse de un material orgánico líquido. Cabe resaltar que este producto puede utilizarse en asociación con caldo biomultimineral o algún otro producto orgánico de características antifúngicas.

La dosis recomendada de acuerdo a las cantidades de elementos que ofrece este producto 1 l de supermagro por bomba de 16 l para una hectárea de terreno. Cabe resaltar que el supermagro es un material con degradación un tanto más acelerado dentro del sistema del suelo (SAG, 2018). Por esta razón se debe considerar una segunda aplicación, esta vez menor en los meses de agosto a octubre. Esta segunda dosis debe ser de 0.3 l a 0.5 l de supermagro por bomba de 16 l en una hectárea de plantación. Esto

para suplir las necesidades principalmente de potasio, calcio y cobre durante la etapa vegetativa en campo y de floración.

#### **6.4.6 Microorganismos de montaña líquidos**

Funcionan como estimulantes de crecimiento y fructificación. Aplicarlo al bokashi mejora la adsorción de nutrientes e incrementa la flora benéfica del suelo. Es un componente efectivo si se mezcla con algún caldo mineral (fungistático), también cabe recordar que es el componente importante de los biofertilizantes (León, 2016).

De acuerdo a las características de este biopreparado, reflejadas en los resultados de laboratorio, los microorganismos de montaña resultaron ser un material muy rico y abundante para la fertilización (Paniagua, 2012). Además, poseen una conductividad eléctrica muy baja, lo que representa una ventaja. Como se ha discutido, una salinidad alta representa una desventaja. El biopreparado cuenta con una oferta importante de los siguientes elementos: fósforo, magnesio, zinc, hierro, manganeso y nitrógeno. Cabe resaltar la importante presencia de nitrógeno, que junto con el potasio son los dos elementos que más requiere la planta de café en términos generales a lo largo de su ciclo.

Asimismo, la presencia importante de fósforo es una ventaja debido a que, como se ha discutido, es imprescindible en la formación de energía. Además, es importante considerar este elemento debido a que su estabilidad en el suelo provoca que en muchas ocasiones no esté disponible para la planta (Perez, 2008). Por su parte el zinc y el hierro son activadores de la gran mayoría de enzimas responsable de la fabricación de proteínas. Por último, como se ha mencionado, el manganeso y el magnesio son claves en la fotosíntesis, proceso que comienza a tomar relevancia en la etapa de vivero.

Por los criterios mencionados anteriormente, se considera que los microorganismos de montaña son clave aplicarlos en la etapa de semillero, vivero y prefloración. Por tratarse de un producto líquido, en la etapa de semillero puede aplicarse asperjado al suelo. Para ello la recomendación, según sus propiedades, es de  $\frac{1}{4}$  de l por un galón de agua y

aplicarlo en la mezcla del sustrato. De igual manera en la etapa de vivero puede aplicarse a las posturas o bolsas de siembra. En este caso se recomienda elevar la dosis a 1.5 l por bomba de mochila por un galón de agua. Esto porque en este punto la planta requiere mayores aportes de los elementos mencionados anteriormente.

Como se mencionó, este producto también es imprescindible en la etapa de floración, principalmente por el aporte de fósforo. En esta etapa se puede aplicar a la planta de manera foliar utilizando 1 l por bomba de mochila para una hectárea de plantación. Se recomienda aplicarlo de manera uniforme. El producto se debe aplicar de forma asperjada sobre el follaje del cultivo tratando de cubrir toda la hoja, es recomendable aplicar el producto también al envés de la hoja. De esta manera, la posterior formación de flores se verá favorecida (Paniagua, 2012).

## **8. CONCLUSIONES**

1. En cuanto a los materiales orgánicos sólidos, el bokashi cuenta con una oferta importante de Ca, Mg, Cu, Zn, Fe y Na. Los microorganismos de montaña pueden considerarse para suplir necesidades en P, Mn, N y C y también considerando su baja conductividad eléctrica se recomiendan ampliamente. Por su parte el compost es importante para suplir necesidades nutricionales sobre el elemento K.
2. Tomando en consideración los materiales orgánicos líquidos, el caldo biomultimineral se considera importante por sus características antifúngicas y por lo que aporta a la planta en su fase vegetativa de campo. El supermagro tiene una oferta relevante de K, Ca, Cu y Na. Por su parte los microorganismos de montaña líquidos pueden suplir necesidades de P, Mg, Zn, Fe, Mn y N. Considerándose

como uno de los biopreparados más completos, también por su baja conductividad eléctrica.

3. Las dosis adecuadas de aplicación de los seis biofermentos son las siguientes. Se recomienda aplicar 1.8 kg de bokashi en cada planta o surco. Dependiendo la densidad de siembra, será la dosis por hectárea. Para la preparación de 100 lb de bokashi se debe agregar 25 lb de microorganismos de montaña sólidos. Se recomienda aplicar entre 1 kg y 2 kg de compost por planta al año, al inicio de cada etapa vegetativa en campo. Si se considera una incidencia normal de roya u ojo de gallo, y de acuerdo a los requerimientos nutricionales en esta etapa se recomienda aplicar un litro de caldo biomultimineral por bomba de 16 l para una hectárea de terreno. Se recomienda 1 l de supermagro por bomba de 16 l para una hectárea de terreno. Para microorganismos de montaña líquidos la recomendación, según sus propiedades, es de  $\frac{1}{4}$  de l por un galón de agua y aplicarlo en la mezcla del sustrato. elevar la dosis a 1.5 l.
  
4. Para los tres biopreparados sólidos (bokashi, microorganismos de montaña sólidos y compost), se recomendó la aplicación al suelo de forma directa. El compost también se propuso poder aplicarlo al voleo. Esto debido a la naturaleza física de estos materiales y la forma en que estos pueden ser aprovechados por la planta de café. En cuanto a los biopreparados líquidos (caldo biomultimineral, supermagro y microorganismos de montaña líquidos), se estableció una aplicación general a nivel foliar debido a la naturaleza física de estos materiales. Sin embargo, los microorganismos de montaña líquidos podrían aplicarse al suelo en la etapa de semillero y vivero.

## 9. RECOMENDACIONES

1. Es importante siempre considerar el aporte de enmiendas al suelo mediante la aplicación de los seis biopreparados que fueron analizados y estudiados. Esto debido a que, en la mayoría de los casos, los suelos no son capaces de brindarle todos los elementos a la planta de café para suplir sus necesidades nutricionales a lo largo de su ciclo de cultivo. Si la planta encuentra cubiertas sus necesidades nutricionales se obtendrán rendimientos óptimos.
2. Para tener un conocimiento amplio sobre nutrición vegetal en cualquier cultivo, es necesario conocer la función de cada elemento sobre las etapas de cada cultivo. En términos generales se establece que el potasio junto con el nitrógeno, es el nutrimento que es requerido en mayores cantidades por los cultivos. El fósforo es importante considerar aplicarlo a través de enmiendas debido a que su principal proceso en su ciclo es la fijación.
3. Los biofermentos se consideran como una alternativa a los productos químicos utilizados en la agricultura, ya que estos pueden llegar a ser dañinos para la planta y el medio ambiente. Estos productos orgánicos constituyen un recurso agrícola con el que se pueden reducir o sustituir algunos de los abonos químicos, permitiendo al productor disminuir su dependencia de insumos externos y promover un tipo de agricultura sostenible.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

1. Amador, M. (2001). *La situación de la producción orgánica en Centroamérica*. Retrieved from San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), ComunIICA, 5(17), 37-46: <http://repiica.iica.int/docs/B1875e/B1875e.pdf>
2. Bronowski, J. (2006). *El ascenso del hombre*. Retrieved from Bogotá, Colombia: Fondo Educativo Interamericano:  
[http://www.librosmaravillosos.com/elascensodelhombre/pdf/El\\_ascenso\\_del\\_hombre\\_-\\_Jacob\\_Bronowski.pdf](http://www.librosmaravillosos.com/elascensodelhombre/pdf/El_ascenso_del_hombre_-_Jacob_Bronowski.pdf)
3. Carvajal, J. F. (2000). *Cafeto: Cultivo y fertilización*. Retrieved from Berna, Suiza: Instituto Internacional de la Potasa: <https://www.ipipotash.org/uploads/udocs/65-carvajal-cafeto-cultivo-y-fertilizacion.pdf>
4. Castellon Benavides, J. U. (2000). *Uso de abonos orgánicos y sombras para almácigos de café orgánicos*. Retrieved from (Tesis Mag. Sc., Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE): Turrialba, Costa Rica):  
<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9867/tesis%20jorge%20ulises.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
5. Darwin, C., & Darwin, F. (2010). *The power of movement in plants*. Retrieved from United Kingdom: Cambridge University Press:  
<https://www.cambridge.org/core/books/power-of-movement-in-plants/9B9B104AB3638E43936A34F1FB73E393>
6. De León Sánchez, W. S. (2016). *Apoyo al plan nacional para el combate de la roya en plantaciones de café en el altiplano de Guatemala, cooperación alemana -GIZ-, organización contraparte -CCDA- en los municipios de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Antonio Palopó, del departam*. Retrieved from (Tesis Ing. Agr., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía: Guatemala): [http://biblioteca.usac.edu.gt./tesis/01/01\\_3073.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt./tesis/01/01_3073.pdf)
7. De León Sánchez, W. S. (2016). *Manual técnico para la elaboración de biofertilizantes y caldos minerales*. Guatemala: Comité Campesino del Altiplano (CCDA).

8. Leblanc, H. A., Cerrato, M. E., & Vélex, L. A. (2005). *Comparación del contenido de nutrientes de bokashis elaborados con desechos de fincas del trópico húmedo de Costa Rica*. Retrieved from Manejo Integrado de Plagas y Agroecología, no. 76, 50-56:  
<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5916/A1856e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2000). *Principios de nutrición vegetal*. Retrieved from Basilea, Suiza: Instituto Internacional de la Potasa:  
[https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod\\_resource/content/2/PRIINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf](https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/66737/mod_resource/content/2/PRIINCIPIOS%20DE%20NUTRICI%C3%93N%20VEGETAL.pdf)
10. Mora Delgado, J. R. (2006). *Contribuciones del compost al mejoramiento de la fertilidad del suelo*. Retrieved from Manizales, Colombia: Universidad de Caldas:  
[http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/downloads/Lunazul9\\_10\\_9.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/lunazul/downloads/Lunazul9_10_9.pdf)
11. Mosquera, B. (2010). *Abonos orgánicos. Protegen el suelo y garantizan alimentación sana; Manual para elaborar y aplicar abonos y plaguicidas orgánicos*. Retrieved from USA: Fondo para la Protección del Agua (FONAG):  
[https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos\\_org\\_\\_nicos\\_-\\_protegen\\_el\\_sue](https://issuu.com/frederys1712doc/docs/abonos_org__nicos_-_protegen_el_sue)
12. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Italia (FAO). (2011). *Aboneras tipo Bokashi*. Retrieved from Guatemala: FAO, Colección Buenas Prácticas: [https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641328090/aboneras\\_final\\_alta\\_resolucion.pdf](https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/10/13195641328090/aboneras_final_alta_resolucion.pdf)
13. Palma, M. R. (1991). *Estimación de los requerimientos de fertilización de café (Coffea arabica) a partir del diagnóstico químico del suelo*. Panamá: PROMECAFÉ.
14. Paniagua, J. J. (2012). *Contacto con productor de hortalizas orgánicas*. San José, Costa Rica: Asociación de Productores Orgánicos de Alfaró Ruiz (APODAR).
15. Pérez, S., Alvarado, A., & Ramírez, E. (2008). *Asociación de subgrupos de suelos de Costa Rica (mapa preliminar) CR2CM-6*. San José, Costa Rica: Oficina de Planificación Sectorial Agropecuario (OPSA).
16. Raven, P. (2007). *Biología vegetal*. Los Angeles, California, USA: Universidad de California.
17. Restrepo, J. (2012). *El ABC de la agricultura y harinas de rocas*. Obtenido de Nicaragua: Simas: <https://www.simas.org.ni/publicaciones/4549/manual-practico-el-abc-de-la-agricultura-organica-y-harinas-de-rocas/>

18. Salazar Gutierrez, M. R., Arcila Pulgarin, J., Riaño Herrera, M. N., & Bustillo Pardey, A. E. (1993). *Estudio anatómico y fisiológico del fruto de café*. Retrieved from Avances Técnicos Cenicafe, no. 194, :  
[http://kimera.com/data/redlocal/ver\\_demos/RLCF/RECURSOS/BIBLIOTECA%20CAFETERA/F%20-%20CULTIVO%20CAFE%20INDICACIONES/AT%20194ok%20%20crecimiento%20fruto%20relacion%20%20broca.pdf](http://kimera.com/data/redlocal/ver_demos/RLCF/RECURSOS/BIBLIOTECA%20CAFETERA/F%20-%20CULTIVO%20CAFE%20INDICACIONES/AT%20194ok%20%20crecimiento%20fruto%20relacion%20%20broca.pdf)
19. Servicio Agrícola y Ganadero, Costa Rica (SAG). (2018). *Agricultura orgánica nacional. Bases, técnicas y situación actual*. Retrieved from Costa Rica: Ministerio de Agricultura:  
[http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura\\_org.\\_nacional\\_bases\\_tecnicas\\_y\\_situacion\\_actual\\_2013.pdf](http://www.sag.cl/sites/default/files/agricultura_org._nacional_bases_tecnicas_y_situacion_actual_2013.pdf)
20. Wilson, C. (2002). *Mineral nutrition and fertilizer needs*. Retrieved from In Clifford, M.N., Willson, K.C. (eds.). Coffee. Boston, MA, USA: Springer:  
[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-6657-1\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4615-6657-1_6)



## 11. ANEXOS

En base a la investigación que se ha planteado, pueden surgir muchas líneas de investigación completas para poder analizar a detalle las dosis que se han sugerido en este estudio sobre los seis biofermentos propuestos. Es decir, de la presente investigación pueden surgir muchos más estudios sobre el cultivo de café, tomando como origen toda la información contenida en este estudio.

Por esta razón, se ha propuesto una cartera de proyectos de investigación, como recomendaciones para futuros estudios que pueden desarrollar mismos estudiantes o distintos técnicos agrícolas con el apoyo técnico y económico del Comité Campesino del Altiplano -CCDA-. Dichas propuestas se enlistan a continuación.

Recomendaciones futuras de estudios para evaluar los biofermentos en las dosis sugeridas en el presente estudio:

- Evaluación de distintas dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en diferentes variedades de café (*Coffea arabica*) que se adaptan a las condiciones de la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.
- Evaluación de distintas dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en diferentes tipos de manejos agronómicos en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.
- Análisis económico para determinar la factibilidad y viabilidad de utilización de dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.
- Evaluación y efecto de distintas dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en el crecimiento vegetativo y desarrollo foliar del cultivo de café (*Coffea arabica*) en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.
- Evaluación y efecto de distintas dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en el desarrollo reproductivo y formación de flores en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.

- Evaluación y efecto de distintas dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en el rendimiento y producción total en el cultivo de café en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.
- Evaluación y efecto de distintas dosis propuestas de seis biofermentos orgánicos en la incidencia de la Roya del café (*Hemileia vastatrix*) en el cultivo de café (*Coffea arabica*) en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.
- Caracterización fisicoquímica de distintas combinaciones de seis biofermentos para recomendaciones de nutrición vegetal en el cultivo de café en la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán, Sololá, Guatemala, C.A.

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

INTERESADO: HUGO CALDERON SALAZAR  
PROCEDENCIA: FCA CCDA, SANTIAGO ATITLAN, SOLOLA  
FECHA DE INGRESO: 6/3/2020 #000663

ANALISIS QUIMICO DE MATERIALES ORGANICOS SOLIDOS

IDENT	pH	mS /cm		%							ppm			%		C : N
		C.E.	P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Na	C.O	NT			
Bocashi	10.4	22.35	0.38	2.25	5.00	0.71	55	115	4,250	365	2,650	7.00				
Microorganismos de montaña	4.9	10.25	0.56	0.75	1.13	0.33	15	55	2,400	465	1,450	34.80	3.50	9.9:1		
Lombricompost	10.6	28.85	0.28	2.75	1.31	0.34	20	100	3,200	115	1,550	15.51	1.86	8.3:1		


CAMPUS CENTRAL, UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
 EDIFICIO UNO08, TERCER NIVEL, CIUDAD UNIVERSITARIA, ZONAS 12, GUATEMALA  
 CÓDIGO POSTAL 05013, APARTADO POSTAL 1945, TEL.: (502)2418938, (502)2418900 EXT 1502 Ó 1769

Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 19. Resultados de laboratorio de biofermentos sólidos.



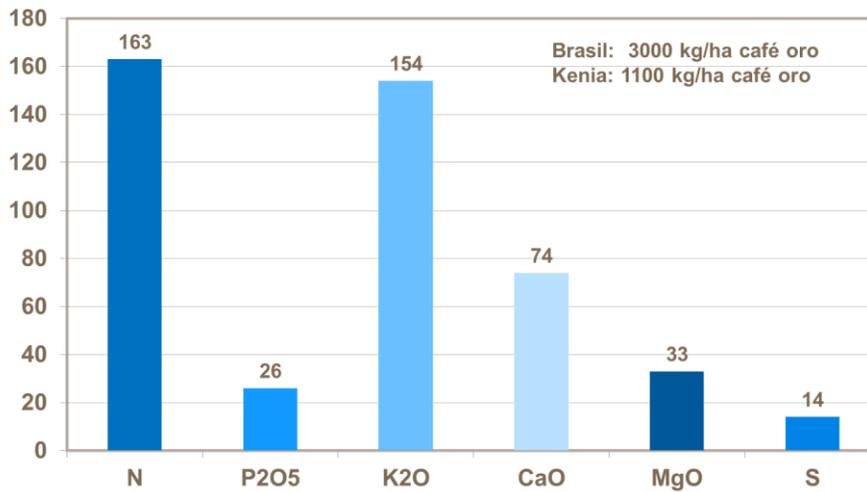
Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 20. Resultados de laboratorio de biofermentos líquidos.

### Absorción de Macronutrientes en café

Arábica, plantas de 3-6 años de edad – Promedio Brasil, Costa Rica, Kenia

Nutrientes (kg/ha/año)



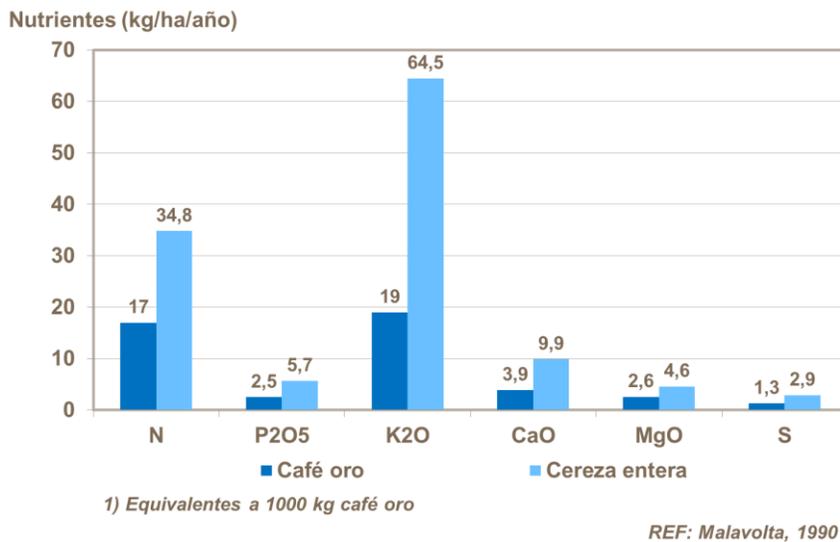
REF: IFA manual, 1990 Malavolta, 1990, Carvajal et al., 1969, Cannell & Kimeu, 1971

Fuente: YARA, 2019.

Figura 21. Absorción de nutrientes esenciales en café.

### Remoción de Macronutrientes por cosecha

- Arábica, Brasil

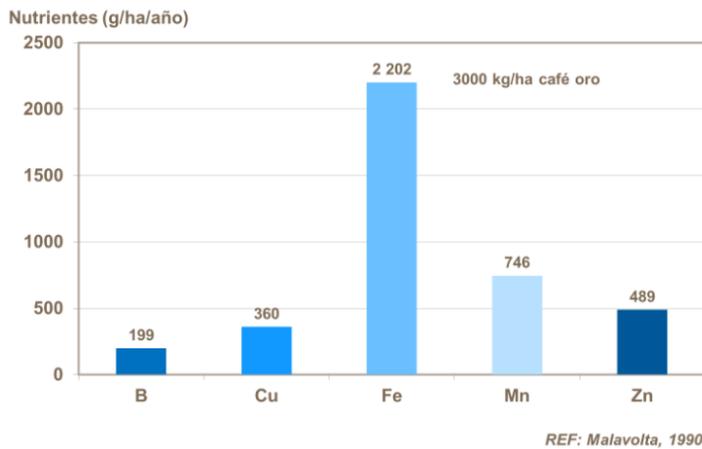


Fuente: YARA, 2019.

Figura 22. Remoción de nutrientes esenciales en café por cosecha.

### Absorción de micronutrientes del café

- Arábica, Brasil, plantas de 6 años de edad

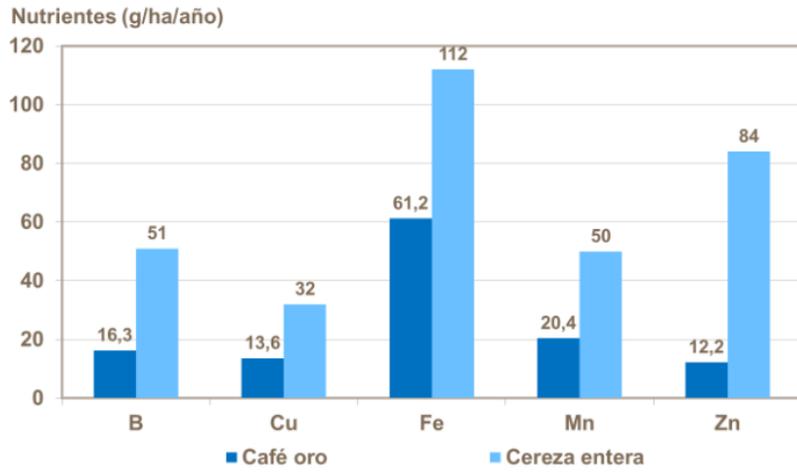


Fuente: YARA, 2019.

Figura 23. Absorción de micronutrientes en café.

### Remoción de micronutrientes al cosechar

- Arábica, Brasil, plantas de 6 años de edad



1) Equivalente a 1000 kg café oro

REF: Malavolta, 1990

Fuente: YARA, 2019.

Figura 24. Remoción de micronutrientes en café por cosecha.



**CAPÍTULO III**  
**SERVICIOS REALIZADOS EN LA ALDEA CERRO DE ORO**  
**SANTIAGO ATITLÁN, SOLOLÁ**



## 1. PRESENTACIÓN

La aldea Cerro de Oro está ubicada en el municipio de Santiago Atitlán y en la región de la cuenca sur del lago de Atitlán. Esta zona es conocida por ser una zona cafetalera, ya que un buen porcentaje de sus habitantes se dedican al cultivo de café. Esto se debe a las condiciones climáticas de la región que son muy favorables para el desarrollo y crecimiento óptimo del cultivo.

Un gran porcentaje de los agricultores de esta zona se dedican al cultivo de café, lo cual supone que la economía de estas familias depende en gran parte de los ingresos que se generan a través del este cultivo, convirtiéndolo así en el más importante de esta región. La gran mayoría de los productores de café se denominan “pequeños caficultores”, debido a la poca extensión de terreno con la que cuentan para producir.

Sin embargo, ha sido notorio el poco desarrollo que ha tenido el cultivo de café de esta región en los últimos años, lo cual se puede ver reflejado en los rendimientos bajos que se han reportado últimamente. Esto se puede deber a diversos factores. Uno de ellos es la falta de apoyo técnico que prácticamente ha sido nulo. Otro puede ser la falta de manejo agronómico que se le da al cultivo por parte los campesinos del área. Esta falta de manejo se puede explicar por limitaciones económicas o en algunas ocasiones falta de conocimiento debido a la falta de capacitaciones.

Con el objetivo de presentar soluciones a los problemas que se plantearon anteriormente y elevar la calidad del café de la región específica, se propusieron tres servicios que se prestaron en la aldea Cerro de Oro, ubicada en el municipio de Santiago Atitlán, departamento de Sololá. Estas actividades se realizaron en el periodo de los meses de septiembre de 2019 a abril de 2020.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Definir una serie de acciones y actividades para solucionar la problemática del poco desarrollo del cultivo de café (*Coffea arabica*) y elevar la calidad y rendimiento del mismo en la región de Cerro de Oro.

### **2.2 Objetivos específicos**

1. Desarrollar una propuesta de marca para impulsar la comercialización de los biofermentos orgánicos preparados por campesinos en la aldea Cerro de Oro.
2. Formular un manual técnico sobre medidas y prácticas correctas en el cultivo de café (*Coffea arabica*) para recuperar la calidad de los cafetales en la región de Cerro de Oro.
3. Generar asistencia técnica sobre aspectos generales y específicos del cultivo de café (*Coffea arabica*) a productores de la aldea Cerro de Oro.

### **3. SERVICIO 1: DESARROLLO DE UNA PROPUESTA DE MARCA PARA IMPULSAR LA COMERCIALIZACION DE LOS BIOFERMENTOS ORGÁNICOS PREPARADOS POR CAMPESINOS EN LA ALDEA CERRO DE ORO**

#### **3.1 Planteamiento del problema**

La asociación Comité Campesino del Altiplano -CCDA-, mediante distintos proyectos que se han planteado, ha logrado recopilar información y experiencias en campo sobre distintos biofermentos orgánicos útiles en distintos cultivos. Estos productos son elaborados en la asociación (biofábrica central) y también por los campesinos asociados que han adquirido conocimientos mediante talleres. Estos biopreparados son elaborados en grandes cantidades según se necesite suplir ciertas necesidades nutricionales en el cultivo de café u otros. Sin embargo, no existe una marca concreta que pueda posicionar estos productos orgánicos en el mercado regional y que estos puedan ser reconocidos, ya que debido a las grandes cantidades que se elaboran se puede considerar que estos pueden ser comercializados. De esta manera se puede lograr un desarrollo económico, aprovechando el conocimiento que se ha adquirido y que se ha trasladado a campesinos.

#### **3.2 Objetivos**

##### **3.2.1 Objetivo general**

Establecer un modelo de una marca (a nivel de propuesta) para lograr posicionar los biofermentos en el mercado regional.

##### **3.2.2 Objetivos específicos**

1. Proponer el diseño de una marca para que los productores impulsen comercialmente sus biopreparados y así lograr desarrollo en la región.
2. Crear un slogan, estilo de panfleto y estilo de empaque para los biofermentos líquidos y sólidos que se analizaron en la investigación.
3. Sugerir un modelo de marca listo para utilizarse en caso se decida impulsar económicamente estos productos en el mercado regional.

### 3.3 Metodología

Se estableció, en primer lugar, el nombre para la marca. A partir de esto, se planeó el slogan y el logo de la marca para poder que esta pudiera ser atractiva en el mercado. Luego, se trabajó en el diseño de empaque o etiqueta para los biopreparados sólidos (microorganismos de montaña sólidos, bokashi y compost), así como para los biopreparados líquidos (microorganismos de montaña líquidos, caldo biomultimineral y supermagro). Estas etiquetas contienen la información nutricional de cada uno de los productos. Luego, se elaboró el diseño de un panfleto por cada uno de los biofermentos con información de cada uno de ellos. Esto con el fin de poder informar sobre los productos previo a ser adquiridos. Estos panfletos pueden ser utilizados como plantilla para otros que se elaboren en el futuro. Se contó con la ayuda de una técnica en publicidad para la realización de estas actividades

Para ello, se utilizaron recursos como computadoras, programas como Word, internet, libros, documentos (para investigación), recurso monetario (para impresión).

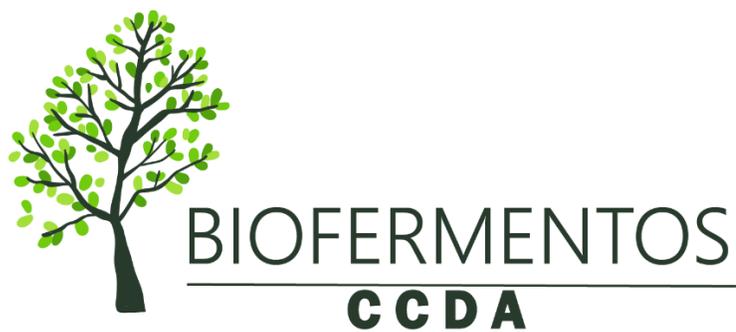
Las actividades fueron realizadas en el periodo del mes de febrero de 2020 a mayo de 2020.

### 3.4 Resultados

Se obtuvo el diseño de la marca, slogan, estilo de panfleto y estilo de empaque para los biofermentos líquidos y sólidos que se elaboraron para la investigación desarrollada como parte del EPS, los cuales son: microorganismos de montaña sólidos, bokashi, compost, microorganismos de montaña líquidos, caldo biomultimineral y supermagro. El nombre para la marca es: **Biofertilizantes CCDA**. El slogan es: ***La solución amigable con el ambiente***. Estilo de empaque: saco de 100 libras para 3 presentaciones sólidas y envase de 1 litro para 3 presentaciones líquidas. El saco y el envase llevará la información nutricional de cada biofermento, así como una pequeña descripción de cada uno en etiquetas. La información nutricional de cada biofermento se obtuvo de los resultados

obtenidos en el laboratorio de suelos-planta-agua “Salvador Castillo Orellana” de la Facultad de Agronomía.

El panfleto diseñado y etiquetas para empaques se encuentran adjuntos a continuación en los anexos.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 25. Logo para propuesta de marca de biofermentos.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 26. Preparación de biofermentos en biofábrica central del CCDA.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 27. Preparacion de biofermentos en biofábrica central del CCDA



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 28. Preparación de compost por caficultores de Cerro de Oro.



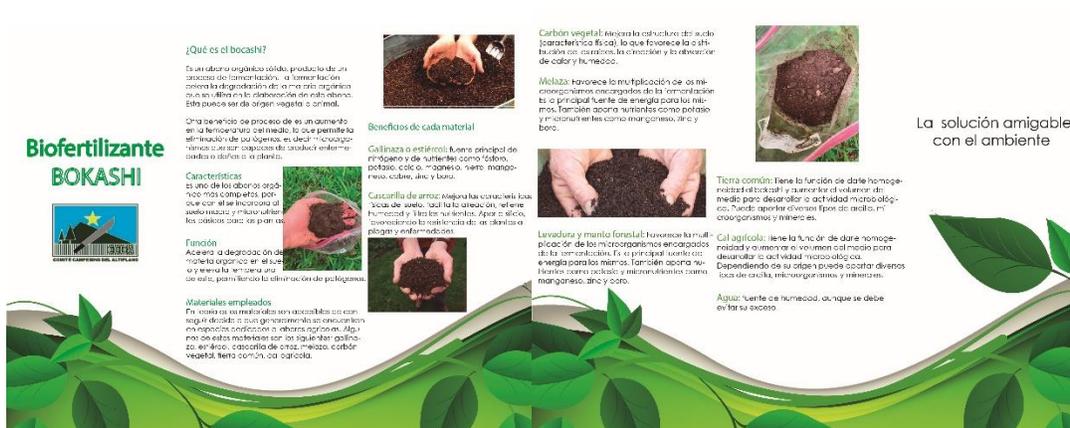
Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 29. Preparación de caldo biomultimineral por caficultores de Cerro de Oro.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 30. Preparación de supermagro por caficultores de Cerro de Oro.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 31. Trifoliar informativo bokashi.

Bocashi		
PH		10.4
C, E	mS/cm	22.35
%	P	0.38
	K	2.25
	Ca	5.00
	Mg	0.71
ppm	Cu	55
	Zn	115
	Fe	4,250
	Mn	365
	Na	2,650
%	C.O	7.00
	NT	
C:N		

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 32. Etiqueta informativa para bokashi.



**Biofertilizante LOMBRICOMPOST**

**¿Qué es el Lombricompost?**  
 Es un producto que se elabora a través de algunos materiales de origen orgánico. Entre otros, se utilizan en el proceso biológico con fines de oxidación que se conoce como compostaje. Se emplea como abono de fondo y como biofertilizante o fertilizante de origen químico. Este producto obtiene su nombre de la palabra de origen latino compostus, que significa "donar todo junto".

**Características**  
 Este tipo de compost orgánico consiste en unidades de actividad, esencialmente a través de formar especies orgánicas y también a las que producen las lombrillas de tierra como sus desechos de despojar.

**Presentación**  
 Este tipo de compost orgánico consiste en unidades de actividad, esencialmente a través de formar especies orgánicas y también a las que producen las lombrillas de tierra como sus desechos de despojar.

**Elaboración**  
 Es necesario la construcción de pilas de compostación con el objetivo de generar un ambiente óptimo para el compostaje. Este entorno mantiene a las lombrillas en condiciones óptimas para este proceso. Los residuos pasan a ser parte de compost. Los lombrillos son parte fundamental de proceso, como sigue a través de agregar al medio y transformar la materia en un producto rico en nutrientes.

**Agente de descomposición**  
 Microorganismos: los agentes más efectivos de la descomposición son las bacterias y otros microorganismos.  
 Insectos: se emplean un insecto: hebras, hongos y protozoos.

**Microorganismos:** los que más impactan son los bacterias por su capacidad de oxidar el nitrógeno, hidratos de carbono, proteínas, lípidos y celulosa.

**Compost de café**  
 Este proceso se lleva a cabo con la recolección de residuos de café, el cual se tiene como objetivo su reciclaje como abono para el cultivo. Este tipo de residuos proporciona los nutrientes necesarios para un buen crecimiento en las plantas, al estar en contacto con el suelo. El proceso de elaboración es el siguiente para poder mejorar el cultivo: al base de café:  
 1. Cavar un hoyo de 30 cm de profundidad.  
 2. Colocar los residuos de café.  
 3. Cubrir con tierra y volver a repetir el proceso.  
 4. Esperar a que se termine el proceso de la elaboración, aproximadamente de 4 a 6 semanas.  
 Una vez pasado el tiempo de transformación de café se podrá utilizar el suelo para el cultivo de plantas.

**La solución amigable con el ambiente**

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 35. Trifoliar informativo lombricompost.

Lombricompost		
PH		10.6
C.E	mS/cm	28.85
%	P	0.28
	K	2.75
	Ca	1.31
	Mg	0.34
ppm	Cu	20
	Zn	100
	Fe	3,200
	Mn	115
	Na	1,550
%	C.O	15.51
	NT	1.86
C:N		8.3:1

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 36. Etiqueta informativa lombricompost.

**Biofertilizante MICROORGANISMOS DE MONTAÑA LÍQUIDOS**

**¿Que es el microorganismo de montaña líquido?**  
 Los microorganismos de montaña son hongos, bacterias, micoplasmas, levaduras y otros organismos que viven y se encuentran en el suelo de montañas, bosques y lugares húmedos y fríos que no han sido afectados por el hombre con productos químicos.

**Etapas fenológicas**  
 etapa vegetal en floración y fructificación.  
**Tiempo de vida del producto.**  
 Es necesario tener en cuenta que los biofertilizantes con el transcurso de tiempo pierden sus propiedades, por lo que es sumamente importante tener en cuenta que este producto se debe aplicar lo más pronto posible después de su elaboración.

**Frecuencia de aplicación**  
 La frecuencia de aplicación se recomienda aplicar cada 30 días en el cultivo, según se muestra en los diagramas. Si se trabaja con poco producto alquilar e intervenir y volverlo, lo soluble mezcla e produce con otros productos que en las formas orgánicas. Siempre buscar mezclar en áreas de riesgo que se puede mezclar con algunas zonas, en los orgánicos fungicidas, lo que se va a resultar ser efectivos.

**Dosis:**  
 En caso se aplique el producto de forma orgánica se recomienda por cinco litros de agua por hectárea. En caso de forma líquida se recomienda por cinco litros de agua por hectárea. Sin embargo, más pronto que tarde también se debe aplicar el agua. Cuando se aplican los productos al suelo, se recomienda aplicar los por agua, en las condiciones de la aplicación. Cuando se aplican en las condiciones, se recomienda hacerlo de manera frías y fresca.

**También es posible aplicar el producto a través de la semilla. Se debe tener en cuenta de aplicar la de litro por cada patrón de agua.**

**Forma de aplicación.**  
 Para su producción se puede utilizar la forma líquida en la aplicación. En caso de forma líquida se puede utilizar la aplicación de aplicar el producto en el terreno de la agricultura, cuando se aplican los productos.

**Los microorganismos de montaña sólidos son la base para la realización de biofertilizantes orgánicos. Por lo tanto, es importante tener en cuenta de tener disponible los datos por medio de los datos de restauración cívica.**

La solución amigable con el ambiente

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 37. Trifoliar para microorganismos de montaña líquidos.

Microorganismos de montaña		
PH	2.9	
C.E mS/cm	6.54	
ppm	P	175.00
	K	1,600
	Ca	450.00
	Mg	93.75
	Cu	0.10
	Zn	0.30
	Fe	5.80
	Mn	0.20
Na	340	
% NT	0.047	

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 38. Etiqueta microorganismos de montaña líquidos.

**Biofertilizante Microorganismos de Montaña Sólidos**



**¿Qué es el Microorganismo de Montaña Sólido?**  
 Son una familia de bacterias, hongos, levaduras y otros microorganismos beneficiosos para el suelo. Estos organismos se encuentran en las zonas montañosas de alta montaña, en los cerros, en las montañas y en las montañas de alta montaña. Los microorganismos de montaña son organismos que viven en ambientes que no tienen oxígeno ni luz solar. Se pueden encontrar en las montañas de alta montaña desde hace miles de años.

**Formas de aplicación**  
 Por ser un sólido en polvo se puede aplicar con un abono orgánico o con agua. Se puede aplicar directamente al suelo o con agua. Se puede aplicar con un abono orgánico o con agua. Se puede aplicar con un abono orgánico o con agua.

**Función**  
 Mejorar como abono orgánico el terreno y fertilizarlo. A efectos de biofertilizante mejora la actividad de las bacterias y hongos presentes en el suelo. Mejora la actividad de las bacterias y hongos presentes en el suelo. Mejora la actividad de las bacterias y hongos presentes en el suelo.

**Etapa fenológica**  
 Para su producción se utilizan residuos orgánicos, materia orgánica y otros residuos orgánicos. Se debe utilizar materia orgánica de alta calidad y de origen natural. Se debe utilizar materia orgánica de alta calidad y de origen natural.



**¿Cómo elaborar Microorganismos de montaña sólidos?**

1. Realizar un MA de montaña en un litro que tiene dentro un litro de agua.
2. Se mezcla la materia orgánica con agua y se deja fermentar en un recipiente por 10 días. Después de este tiempo se puede utilizar para abonar el terreno. Se pueden almacenar en un saco.



**Dosis**  
 Para el suelo se puede utilizar como abono orgánico. Para el terreno se puede utilizar como abono orgánico. Para el terreno se puede utilizar como abono orgánico.

La solución amigable con el ambiente



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 39. Trifoliar microorganismos de montaña sólidos.

Microorganismos de montaña sólidos		
PH		4.9
C.E <sup>mS/cm</sup>		10.25
%	P	0.56
	K	0.75
	Ca	1.13
	Mg	0.33
ppm	Cu	15
	Zn	55
	Fe	2,400
	Mn	465
	Na	1,450
%	C.O	34.80
	NT	3.50
C:N		9.9:1

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 40. Etiqueta microorganismos de montaña sólidos.

**Biofertilizante SUPERMAGRO**

**¿Qué es el Supermagro?**  
 Es un fertilizante rico en microorganismos, diseñado a las plantas del campo agrícola como alternativa necesaria para un cultivo de alto valor, se aplica principalmente al maíz de la zona, ya que se puede usar también al pie de las plantas.

**Frecuencia**  
 2 aplicaciones al año:  
 La primera en el mes de marzo, abril mayo y la segunda en los meses de agosto, septiembre y octubre.

**Forma de aplicación**  
 Forma de aplicación, el biofertilizante se puede aplicar en el cultivo de maíz y en otras de forma foliar.

**Tiempo de vida**  
 Es recomendable aplicar este producto en los meses de febrero a marzo, agosto y septiembre de los 3 meses de febrero a mayo.

**Indicaciones**  
 Se utiliza como tratamiento en el cultivo de maíz, también se puede aplicar en otros cultivos como papaya, tomate, pimiento, etc. Se recomienda aplicar en los cultivos como fertilizante, aumento de la calidad del cultivo en el campo, aplicación inmediatamente después de la cosecha para evitar enfermedades en las plantas.

**Dosis**  
 Dependiendo de la edad del cultivo será la cantidad del biofertilizante que se aplica. Para cultivos que ya se consideran más de 2 años en adelante se recomienda aplicar 1 litro por hectárea en 16 días. Para cultivos jóvenes de más de 2 años se recomienda 1 litro por hectárea o 1 litro por planta para plantar cuando se cultiva en semillero.

**Ventajas**  
 El uso del supermagro permite mejorar la fertilidad del suelo y la salud de las plantas. Además, es un producto biológico de los alimentos y contribuye a la transición desde la agricultura convencional a la agrícola orgánica.  
 La utilización de este abono líquido permite abordar 3 problemas importantes de la producción orgánica: Los cultivos de microorganismos en el suelo, los nutrientes y el agua en las plantas y enfermedades de los cultivos.  
 Este abono, rico en microorganismos, adherido a la planta de forma orgánica con los elementos necesarios para su crecimiento muy rápido.

La solución amigable con el ambiente

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 41. Trifoliar informativo supermagro.

Super Magro		
PH	10.4	
C.E mS/cm	13.43	
ppm	P	2.12
	K	5,800
	Ca	3,000.00
	Mg	42.50
	Cu	24.00
	Zn	0.10
	Fe	0.10
	Mn	0.10
Na	1,600	
% NT	0.013	

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 42. Etiqueta informativa supermagro.

### **3.5 Conclusiones**

1. Se estableció la propuesta de diseño de marca para los biopreparados sólidos y líquidos que preparan los productores. En caso de ser implementada, se logrará un desarrollo económico para la región, ya que la gran mayoría de caficultores en esta área tienen conocimiento de la elaboración de muchos de estos biopreparados.
2. El slogan, estilo de panfleto y estilo de empaque fueron creados con la finalidad de que la marca fuera atractiva dentro del mercado regional y así, en caso de ser implementada, los productores puedan competir dentro del mismo.
3. Se dejó el modelo a las autoridades del CCDA y ahora cuentan con una herramienta importante para generar más desarrollo en la región de Cerro de Oro, a partir de un producto que la mayoría de caficultores tienen la capacidad de elaborar.

### **3.6 Evaluación**

El objetivo propuesto fue alcanzado ya que se concretó la propuesta de la marca para impulsar económicamente los biofermentos preparados por parte de campesinos vinculados al CCDA y técnicos agrícolas. Se creó y diseñó el nombre para la marca, logo, slogan, estilo de panfleto y etiquetas para empaque. El personal técnico del CCDA ahora cuenta con un modelo de marca para todos los biofermentos elaborados, listo para utilizarse en caso se decida impulsar económicamente estos productos en el mercado regional y así alcanzar un desarrollo.

### **3.7 Recomendaciones**

1. La implementación inmediata del modelo de marca propuesto y presentado al CCDA, permitiría que los caficultores generen más ingresos derivados de la producción de sus cultivos. Esto generaría mayor desarrollo a la región.
2. La ejecución del modelo de marca permite a los caficultores que elaboran biopreparados competir en el mercado regional, ya que este modelo puede impulsar comercialmente sus productos.

## **4. SERVICIO 2: ELABORACIÓN DE UN MANUAL TÉCNICO SOBRE MEDIDAS Y PRÁCTICAS CORRECTAS EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) PARA RECUPERAR LA CALIDAD DE LOS CAFETALES EN LA REGIÓN DE CERRO DE ORO**

### **4.1 Planteamiento del Problema**

La aldea Cerro de Oro, perteneciente al municipio de Santiago Atitlán, es una región meramente cafetalera. Como se explicó anteriormente, esta área reúne condiciones climáticas propicias para un desarrollo correcto del cultivo de café. Por esta razón, un alto porcentaje de familias se dedican a este cultivo para su desarrollo económico. Sin embargo, durante el periodo de diagnóstico en el área, se determinó que casi el total de caficultores nunca han recibido ayuda técnica o capacitaciones en cuanto al manejo correcto del cultivo de café por parte de alguna institución. Por esta razón, la gran mayoría de campesinos dedicados al cultivo de café no cuentan con el conocimiento técnico general sobre este cultivo. Esto puede explicar porque no se realiza ningún tipo de manejo agronómico en cuanto a fertilizaciones y erradicación de plagas y enfermedades en la región mencionada. Esto desencadena una serie de repercusiones que se ven reflejadas en un bajo rendimiento en el cultivo de café que se ha registrado en los últimos años. Esto debido a que la calidad del cafeto en el área ha decaído por falta de manejo en el mismo.

### **4.2 Objetivos**

#### **4.2.1 Objetivo general**

Contar con una guía de asistencia técnica para la implementación de medidas y prácticas correctas para la recuperación de la calidad de cafetales.

#### **4.2.2 Objetivos específicos**

1. Desarrollar un manual para que los caficultores de la región cuenten con una fuente bibliográfica confiable para el manejo correcto en sus parcelas de café
2. Compilar los conocimientos básicos sobre el manejo de café, específicamente para la región de Cerro de Oro, para recuperar la calidad de los cafetales en el área
3. Producir conocimiento técnico sobre aspectos generales del cultivo de café en la región de Cerro de Oro.

#### **4.3 Metodología**

Para la elaboración de este manual fue necesario considerar la utilización de una amplia cantidad de información de origen primario y secundario. Esto debido a que el objetivo fue contar con un manual que orientara a los caficultores de la región a elevar y recuperar la calidad de sus cafetales. Como se mencionó, en primer lugar, se buscó información de tipo primaria. Esta información se recopiló directamente en campo, es decir en los terrenos o parcelas de cada uno de los caficultores que se seleccionaron. Se llegó a la parcela de ellos y se les realizaron una serie de preguntas para conocer el estado actual de sus cultivos. Asimismo, se realizó un recorrido a lo largo de sus plantaciones para tener una idea más concreta de cómo se encontraban los cafetales. Al finalizar cada visita se hicieron apuntes y anotaciones pertinentes con lo cual se tuvo una idea más amplia del estado del café en cada una de las parcelas visitadas.

Posteriormente, se recopiló información de tipo secundaria. Esto se hizo mediante investigaciones en libros, manuales, artículos, revistas e internet. Cabe mencionar que se tuvo cuidado en seleccionar las fuentes de información secundaria para lograr contar con información de calidad para el momento de la redacción del manual.

Luego, se elaboró directamente el manual con toda la información que se recabó en las dos fases anteriores. Para esto se utilizaron recursos como computadora, programas como Word y documentos extras. Por último, se procedió a la impresión y encuadernado

para la presentación final del manual para recuperación de cafetales. Todas estas actividades se realizaron en el periodo del mes de noviembre de 2019 al mes de abril de 2020.

#### 4.4 Resultados

Se logró cumplir el objetivo y se obtuvo un manual técnico con información puntual para recuperar la calidad de los cafetales de la región de Cerro de Oro, el cual fue entregado a autoridades correspondientes del CCDA, quienes se encargaron de distribuirlo a aquellos caficultores vinculados a la asociación. Esto generará, a corto plazo, una formación técnica en dichos caficultores sobre los aspectos básicos del manejo agronómico del cultivo de café, principalmente para elevar la calidad.

Dicho manual cuenta con cinco capítulos, entre los que se abordaron temas generales como realización de diagnósticos, manejo de tejidos, manejo de plagas y enfermedades, manejo cultural, manejo mecánico, planes de fertilización orgánica, etc. De estos temas generales se derivaron temas más específicos que se abordaron en el manual. Además, también se tomaron en cuenta ciertas definiciones para ampliar la información del manual.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 43. Visita a parcela de café para recopilación de información.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 44. Recopilación de información primaria.



Manual técnico para manejo y recuperación de  
cafetales

Elaborado por: Hugo Iankel Calderón Salazar

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 45. Carátula de manual técnico elaborado.

Índice	
Presentación .....	4
Introducción .....	5
Definiciones .....	6
Diagnóstico .....	6
Tejido vegetal .....	6
Podas .....	6
Manejo de sombra .....	6
Manejo de malezas .....	6
Fertilización .....	6
Agricultura orgánica .....	6
I. Diagnóstico .....	7
¿Qué razones existen para la disminución de la calidad de un cafetal? .....	7
Realización del diagnóstico .....	8
Sistematización de los datos .....	8
Análisis de los datos .....	9
II. Manejo de tejidos .....	10
Tipos de podas .....	10
Despunte .....	10
Descospe .....	10
Recepa .....	11
Agebio .....	11
Sistema de podas .....	12
Manejo por lotes .....	12
Manejo por surcos .....	12
Manejo selectivo .....	12
Equipo para manejo de podas .....	12
III. Plagas y enfermedades .....	13
Barrenador del tallo ( <i>Plagiohammus maculosus</i> ) .....	13
Ojo de Gallo ( <i>Mycena citricolor</i> ) .....	14
Antracnosis ( <i>Glomerella cingulata</i> ) .....	14
Araña roja ( <i>Oligonychus yothersi</i> ) .....	15
Phoma ( <i>Phoma spp</i> ) .....	16
Roya del café ( <i>Hemileia vastatrix</i> ) .....	16
Minador de la hoja ( <i>Leucoptera coffeella</i> ) .....	17
Mancha de hierro ( <i>Cercospora coffeicola</i> ) .....	17
Mal de hilachas ( <i>Pellicularia koleroga</i> ) .....	18
IV. Manejo cultural y mecánico .....	19
Control cultural y mecánico de malezas .....	19
Control cultural y mecánico de plagas .....	19
Broca del café .....	20
Minador de la hoja .....	20

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 46. Índice de manual técnico elaborado.

Araña roja .....	20	Caldo sulfocálcico .....	25
Barrenador del tallo .....	20	Bibliografía .....	26
Control de enfermedades de café .....	21		
Mal de Talluelo .....	21		
Roya del café .....	21		
Mancha de hierro .....	21		
Mancha de derrite o Phoma .....	21		
Antracnosis .....	21		
Mal de hilachas o Koleroga .....	22		
Ojo de gallo .....	22		
Fumagina .....	22		
V. Plan de fertilización orgánica .....	23		
Microorganismos de Montaña Sólidos .....	23		
Supermagro para Desarrollo Vegetativo .....	24		
Biofermento para Postfloración o Formación de Frutos .....	24		
Abono para Llenado de Granos .....	24		
Biofermento para formación de peso y maduración ..	24		
Abono orgánico .....	24		
Caldo multimineral .....	25		
Caldo de Bordelés .....	25		
Caldo visosa .....	25		

Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 47. Índice de manual técnico.

#### **4.5 Conclusiones**

1. Es importante que los caficultores de la aldea Cerro de Oro cuenten con una fuente bibliográfica a la que pueden recurrir para el correcto manejo del cultivo de café. Cabe resaltar que este manual fue elaborado tomando en cuenta las condiciones climáticas y edafológicas de la región.
2. El contar con un manual técnico sobre medidas y prácticas correctas en el cultivo de café va permitir que se recupere la calidad de los cafetales que ha disminuido en los últimos años.
3. El manual elaborado es apto para que los caficultores de la región de Cerro de Oro generen conocimiento técnico que claramente será desarrollado en sus parcelas de café, esto para elevar el rendimiento y recuperar el desarrollo correcto del cultivo para una región que es apta para el mismo.

#### **4.6 Evaluación**

Al contar los productores con este manual, cada uno pudo aumentar su conocimiento sobre el manejo general del cultivo de café. Al aplicar este conocimiento en sus parcelas, cada caficultor ahora es capaz de elevar la calidad de su cafeto y obtener los rendimientos esperados en el cultivo.

A través de este manual ahora se cuenta con una fuente bibliográfica para los pequeños y medianos productores de la región, a la cual puedan acudir en caso se presenten dudas técnicas en sus parcelas de café y específicamente como recuperar la calidad de un cafetal cuando esta se ha perdido.

#### **4.7 Recomendaciones**

1. Es clave darle seguimiento a los caficultores que han sido beneficiados con este manual técnico. Esto para que técnicos puedan asegurarse que el conocimiento que los productores adquieran con el manual sea realmente aplicado en sus plantaciones.
2. Es importante sugerir esta fuente bibliográfica para la región de Cerro de Oro sobre otras fuentes que han sido elaboradas para otras condiciones climáticas.

## **5. SERVICIO 3: ASISTENCIA TÉCNICA SOBRE ASPECTOS GENERALES Y ESPECÍFICOS DEL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica*) A PRODUCTORES DE LA ALDEA CERRO DE ORO**

### **5.1 Planteamiento del problema**

Como se ha mencionado anteriormente, mediante el diagnóstico realizado en la aldea Cerro de Oro, se determinó que casi el total de caficultores de la región no realizan ningún tipo de manejo agronómico como podas, fertilización orgánica, manejo de sombra, rotación de cultivo, rotación de variedades, etc. Esto se puede explicar ya que estos productores de café, indicaron que nunca han recibido apoyo técnico o alguna capacitación para adquirir los conocimientos básicos o generales sobre el cultivo de café. Esto se refleja en una disminución en la calidad del cafeto y un bajo rendimiento en las cosechas que se han registrado en los últimos años en esta área. De acuerdo con lo reportado por los productores, sus rendimientos se han mantenido bajos e incluso han decrecido con relación a los últimos años. El rendimiento más bajo que se encontró fue de apenas 3.64 quintales en cereza por hectárea. El rendimiento más alto que se encontró fue de 36.36 quintales en cereza por hectárea. Si se comparan estos rendimientos con el promedio que se ha mantenido en los últimos años (según el MAGA) que es de 97 quintales en cereza por hectárea. Se puede notar que incluso el rendimiento más alto que se obtuvo está muy lejano al promedio nacional, lo cual hace ver que la producción de café en la región de Cerro de Oro es muy baja.

### **5.2 Objetivos**

#### **5.2.1 Objetivo general**

Promover la formación y desarrollo técnico de los agricultores sobre distintos temas en el cultivo de café en por lo menos 30 caficultores.

### **5.2.2 Objetivos específicos**

1. Desarrollar charlas y capacitaciones técnicas y dinámicas a caficultores de la aldea Cerro de Oro para que obtengan conocimientos básicos sobre el manejo del cultivo de café.
2. Plantear temas principales o bases para desarrollar de los cuales se derivan temas específicos y así cubrir los conocimientos generales sobre el café.
3. Generar conocimiento técnico en por lo menos 30 caficultores de la aldea Cerro de Oro para recuperar la calidad de sus cafetales.

### **5.3 Metodología**

Para lograr alcanzar el objetivo propuesto sobre la promoción y desarrollo técnico de los agricultores sobre distintos temas en el cultivo de café, se propusieron actividades como charlas o capacitaciones técnicas y dinámicas a productores de este cultivo, utilizando recursos como láminas, carteles, presentaciones en Power Point, proyectores y cañoneras. En un inicio se plantearon dos o tres temas y realizar distintas capacitaciones presenciales en distintas comunidades o regiones sobre estos temas elegidos. Sin embargo, debido a la contingencia de la pandemia derivada de la enfermedad del nuevo Coronavirus o Covid-19, que surgió durante el tiempo que se tenía contemplado realizar estos talleres, se tuvo que modificar la mecánica de realización de las últimas capacitaciones para los productores de café y se decidió elaborar 2 videos sobre los temas elegidos en el manejo del café.

Se plantearon dos temas ejes para dos talleres temáticos. El primer tema seleccionado fue “Pilares de la Caficultura en Guatemala” de los cuales se derivaron temas más específicos como densidades de siembra, renovación de cafetales, técnicas de conservación de suelos, fertilización orgánica en el cultivo de café y control de calidad del cultivo. El segundo tema eje fue “Morfología y Fisiología del Café” de los cuales se derivaron los siguientes temas específicos: crecimiento lateral en el cultivo de café, función de las hojas

en los procesos metabólicos, función de la flor, función de la semilla y función de la raíz. Los videos se grabaron y se editaron utilizando el programa de computación “MiniTool MovieMaker” los cuales duraron aproximadamente diez minutos, con el fin de captar la atención y que no fueran tediosos.

Estos videos ahora pueden ser utilizados como material didáctico para campesinos y campesinas vinculados al CCDA, los cuales pueden ser proyectados en distintas charlas o capacitaciones que se hagan a estos productores en el futuro, y así facilitar las mismas. Los videos abarcan temas amplios y generales para que dichos productores pueden adquirir los conocimientos básicos sobre su cultivo y así poder aplicarlos en sus parcelas y elevar o recuperar la calidad de sus cafetales.

#### 5.4 Resultados

Se alcanzó el objetivo de capacitar a por lo menos 30 personas o caficultores de la región de Cerro de Oro. Estos productores adquirieron los conceptos básicos sobre manejo del cultivo de café, así como funciones de cada uno de los órganos y pilares fundamentales del cultivo. Esto se logró mediante los talleres realizados y los videos didácticos que se prepararon y que han sido proyectados en los distintos talleres que se han llevado a cabo por personal técnico del CCDA.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 48. Participación en taller sobre asistencia técnica.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 49. Participantes en taller sobre asistencia técnica.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 50. Participación en taller en la aldea Cerro de Oro.



Fuente: elaboración propia, 2019.

Figura 51. Ponencia en taller en la aldea Cerro de Oro.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 52. Captura de video elaborado para apoyo técnico.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 53. Captura de video elaborado para apoyo técnico.



Fuente: elaboración propia, 2020.

Figura 54. Captura de video elaborado para apoyo técnico.

## 5.5 Conclusiones

1. Para el desarrollo de estos talleres se utilizaron una serie de recursos para hacer de estos una actividad dinámica. Se utilizaron videos didácticos de no más de 10 minutos para que los mismos no sean tediosos. Personal técnico del CCDA ahora cuenta con una herramienta inmediata para talleres futuros.
2. Se plantearon 2 temas principales de los cuales se derivaron temas específicos sobre el manejo correcto del cultivo de café. El primer tema principal fue “Pilares de la Caficultura en Guatemala” y el segundo tema eje fue “Morfología y Fisiología del Café”.
3. Inicialmente 30 productores han adquirido conocimiento técnico sobre estos temas mediante la participación en distintos talleres organizados por el CCDA. Sin embargo, esta cantidad de productores capacitados puede aumentar a medida que se sigan organizando estos talleres. Esto supone un desarrollo del cultivo de café en la región.

## 5.6 Evaluación

El objetivo propuesto fue alcanzado ya que se capacitaron a por lo menos 30 caficultores pertenecientes a la Aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán. De esta forma, estos productores adquirieron los conocimientos básicos en temas como densidades de siembra, renovación de cafetales, conservación de suelos, fertilización orgánica, control de calidad, crecimiento lateral, función de las hojas, función de la flor y función de la semilla del café que ahora pueden ser aplicados a sus cafetales.

## 5.7 Recomendaciones

1. Es importante considerar el seguimiento a los productores de café que sean capacitados por estos talleres que se elaboraron. Esto para comprobar que el conocimiento adquirido por los caficultores en los distintos talleres sea en efecto aplicado.
2. La asistencia técnica a los caficultores de la región de Cerro de Oro es fundamental tomarla en cuenta debido a que en el diagnóstico elaborado se determinó que ningún productor entrevistado ha recibido algún tipo de capacitación.

## 6. RESUMEN DE ACTIVIDADES Y SERVICIOS EPS

El cuadro 15 muestra el resumen de las actividades que fueron realizadas durante el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-. Estas actividades fueron comprendidas en el periodo de agosto de 2019 a mayo de 2020 en los municipios de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Antonio Palopó, todos pertenecientes al departamento de Sololá.

Cuadro 15. Resumen actividades EPSA.

Actividades	Resultados obtenidos
Realización de taller Fisiología y Morfología del café	35 personas capacitadas sobre el tema.
Realización del taller Pilares de la productividad del café.	25 personas capacitadas sobre el tema.
Elaboración de manual técnico para recuperación de cafetales.	30 productores beneficiados con la fuente bibliográfica mencionada, con la posibilidad que las personas beneficiadas aumenten.
Propuesta de marca de biofermentos para impulso económico	El CCDA ahora cuenta con un plan concreto para desarrollar una marca de biofermentos y beneficiar a todos los productores del CCDA
Desarrollo de investigación sobre caracterización de seis biofermentos	Los productores relacionados al CCDA ahora cuentan con una importante fuente bibliográfica para recomendaciones de nutrición vegetal con énfasis en el cultivo de café
Realización de análisis de laboratorio sobre seis biofermentos sólidos y líquidos	Información nutricional sobre presencia de elementos, pH y conductividad eléctrica sobre seis biofermentos elaborados.

Elaboración de diagnóstico sobre la situación actual del cultivo de café en Cerro de Oro	Los caficultores de Cerro de Oro ahora cuenta con información de primera mano sobre las condiciones generales en las que se encuentra el café en la región.
Monitoreo en parcelas de café para cumplimiento de normas orgánicas	Visitas de campo en parcelas de café para evaluar el manejo correcto en el cultivo
Elaboración y modificación en boletas para supervisión de parcelas de café	Boletas de supervisión adecuadas para realización de monitoreos en parcelas de café
Recomendaciones futuras de estudios para evaluar los biofermentos en las dosis sugeridas en el presente estudio	8 posibles estudios o puntos de investigación para realizar en un futuro en base a la investigación realizada y detallada en el presente estudio.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Asociación Nacional del Café, Guatemala (ANACAFE). (2018). Guía técnica de caficultura. Guatemala: ANACAFÉ.
2. Girón, J. (2015). Requerimientos nutricionales del cafeto. Guatemala: ANACAFÉ- CEDICAFÉ.
3. Ramírez, J. E. (1997). Poda y manejo de *Coffea arabica*. Costa Rica: Instituto del Café de Costa Rica.


  
 Rolando Barrios