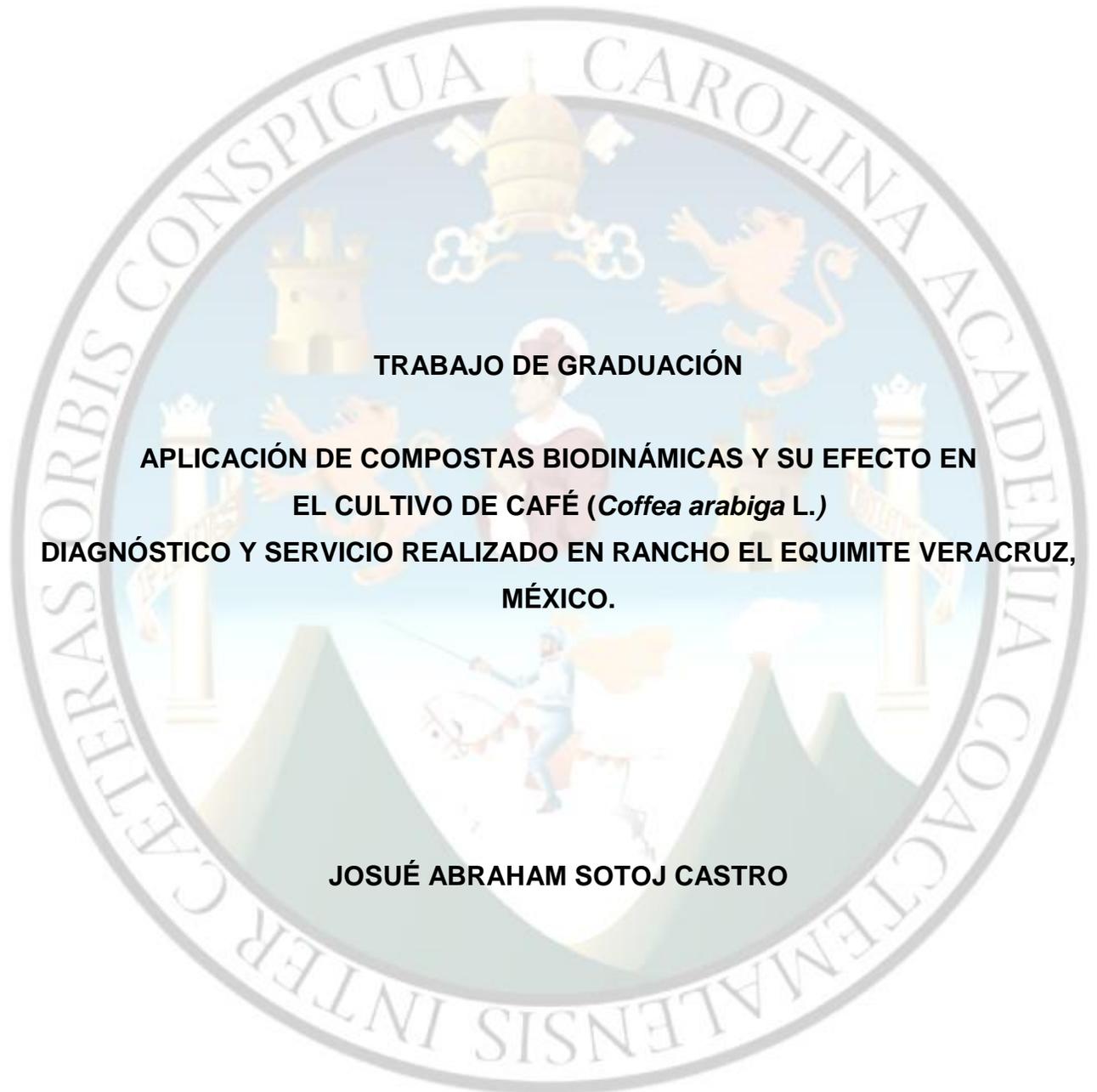


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA



TRABAJO DE GRADUACIÓN

**APLICACIÓN DE COMPOSTAS BIODINÁMICAS Y SU EFECTO EN
EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ,
MÉXICO.**

JOSUÉ ABRAHAM SOTOJ CASTRO

GUATEMALA, MARZO DE 2019

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**APLICACIÓN DE COMPOSTAS BIODINÁMICAS Y SU EFECTO EN
EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)
DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ,
MÉXICO.**

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

POR

JOSUÉ ABRAHAM SOTOJ CASTRO

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

EN

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

GUATEMALA, MARZO DE 2019

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

RECTOR

ING. M.Sc. MURPHY OLYMPO PAIZ RECÍÑOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López
VOCAL PRIMERO	Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara
VOCAL SEGUNDO	Dra. Gricelda Lily Gutiérrez Álvarez
VOCAL TERCERO	M. A. Jorge Mario Cabrera Madrid
VOCAL CUARTO	P. Electrónica. Carlos Waldemar De León Samayoa
VOCAL QUINTO	P. Agr. Marvin Orlando Sicajaú Pec
SECRETARIO	Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón

GUATEMALA, MARZO DE 2019

Guatemala, marzo de 2019

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: **“APLICACIÓN DE COMPOSTAS BIODINÁMICAS Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.), DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ, MÉXICO.”**, 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”

Josué Abraham Sotoj Castro

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Por su infinita gracia, amor y por darme la vida.

A MIS PADRES

Por su infinito apoyo, sacrificio, dedicación y sobre todo amor para que yo pudiera concluir esta etapa.

A MIS HERMANOS

Por el constante apoyo, amor y cariño.

A MI FAMILIA

Por su apoyo y unión, por estar siempre al pendiente.

A MIS AMIGOS

Por su apoyo, amistad y cariño presentes en todos estos años y por las buenas convivencias vividas y la alegría que pasamos.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A DIOS

Por su amor y por las muchas bendiciones en mi vida.

A GUATEMALA

A mi patria querida, que sea un país de igualdad y equidad y a la cual extrañé en mi tiempo fuera del país.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA – USAC

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Por darme la oportunidad de adquirir el conocimiento, y formarme para el desarrollo profesional en servicio del pueblo y de mejores oportunidades.

A MI FAMILIA

Por su amor y perseverancia en bien de mi persona, por los sacrificios hechos y por todo lo que brindaron. Los amo.

A MIS AMIGOS

A los colegas y futuros colegas, que desde niños nos hicimos amigos y nos apoyamos, en especial a: Jordy Rodas, Daniel Hernández, Alexander Cali, Gabriel Gómez, Roberto de la Roca, Douglas Socoy, Milvian Batz, Lissette Pérez, Teresa Rodríguez, Brian Montufar, Marian Batres, Rolando Romero y todos los que conocí y recuerdo con cariño de la ENCA.

AGRADECIMIENTOS

A mi mejor amiga y amor, Lissette Pérez, por su apoyo, cariño y amor. Por compartir las aventuras de la vida.

A mi asesor Dr. Heberto Rodas Gaitán por su apoyo, hospitalidad, confianza y por apoyarme con conocimientos al desarrollo de mi vida estudiantil y profesional. Con mucho cariño y agradecimiento para él y su familia.

A mi segundo asesor Ing. Hermógenes Castillo por su apoyo y asesoramiento para realizar este proceso.

A Rancho El Equimite por permitirme desarrollar en sus maravillosas instalaciones, a las personas que conocí y me brindaron su apoyo, en especial a Esteban Acosta por sus enseñanzas y apoyo y a mi amigo Silvino Cortés por su amistad.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido	Página
RESUMEN	vii
CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO DE RANCHO EL EQUIMITE COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO	1
1.1 PRESENTACIÓN.....	3
1.2 MARCO REFERENCIAL	4
1.2.1 Antecedentes: Rancho El Equimite.....	4
1.2.2 Ubicación	4
1.2.3 Clima.....	4
1.2.4 Topografía y suelo	5
1.3 OBJETIVOS.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos	5
1.4 METODOLOGÍA.....	5
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
1.5.1 Organigrama	7
1.5.2 Actividades de campo.....	8
1.5.3 Matriz de causa y efecto	8
1.5.4 Árboles de causas y efectos	9
1.6 CONCLUSIONES	11
1.7 RECOMENDACIONES.....	12
1.8 BIBLIOGRAFÍA.....	13
1.9 ANEXOS.....	14
CAPÍTULO II APLICACIÓN DE COMPOSTAS BIODINÁMICAS Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) EN RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ, MÉXICO	11
2.1 PRESENTACIÓN.....	21
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	22
2.2.1 Agricultura biodinámica	22
2.2.2 Antroposofía	23

	Página
2.2.3 La finca o granja como organismo individual	23
2.2.4 Preparados biodinámicos	23
2.2.5 Los preparados biodinámicos en el compost	26
2.2.6 Composta	28
2.2.7 Cultivo de café	29
2.3 OBJETIVOS	32
2.3.1 Objetivo General	32
2.3.2 Objetivos Específicos	32
2.4 HIPÓTESIS	32
2.5 METODOLOGÍA	33
2.5.1 Ensayo experimental	33
2.5.2 Descripción de los tratamientos	33
2.5.3 Modelo estadístico	33
2.5.4 Fase de campo	34
2.5.5 Fase de laboratorio	36
2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
2.6.1 Determinación de nitrógeno total	41
2.6.2 Factores que afectan la cantidad de N total del suelo	43
2.6.3 Determinación de potasio	44
2.6.4 Determinación de microelementos (Ca, Mg, Cu y Zn)	45
2.6.5 Determinación de pH	47
2.6.6 Determinación de CE (conductividad eléctrica)	49
2.6.7 Determinación de UFC de bacterias	50
2.6.8 Determinación de UFC de hongos y levaduras	51
2.6.9 Altura de la planta	53

	Página
2.6.10 Diámetro de la planta	54
2.7 CONCLUSIONES	55
2.8 RECOMENDACIÓN.....	55
2.9 BIBLIOGRAFÍA.....	56
2.10 ANEXOS.....	58
CAPÍTULO III SERVICIO REALIZADO EN RANCHO EL EQUIMITE.....	61
3.1 PRESENTACIÓN.....	63
3.2 SERVICIO 1: MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE SUELOS DE LOTES DE RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ, MÉXICO.	64
3.2.1 Objetivo	64
3.2.2 Metodología.....	64
3.2.3 Resultados.....	68
3.6 CONCLUSIÓN	69
3.7 RECOMENDACIÓN.....	69
3.8 EVALUACIÓN.....	69
3.8 BIBLIOGRAFÍA.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Organigrama de la empresa Rancho El Equimite.....	7
Figura 2. Árbol de causas y efectos de mal desarrollo o muerte de la planta en trasplante..	9
Figura 3. Árbol de causas y efectos de la falta de espacios de secado y coordinación en el secado de café.....	10
Figura 4A. Zarandas para secado de café en pergamino.	14
Figura 5A. Siembra de café a campo definitivo.....	14
Figura 6A. Mapa del Rancho El Equimite y sus variedades de café plantadas.	15
Figura 7A. Relieve de Coatepec, Veracruz, México.....	16
Figura 8A. Clima de Coatepec, Veracruz, México..	17
Figura 9. Peso de 2 kilogramos de composta para aplicar en planta de café.....	34
Figura 10. Aplicación de composta en la superficie de una planta de café.....	35
Figura 11. Muestra de suelo más composta..	36
Figura 12. Método Kjeldhal..	37
Figura 13. Determinación de microelementos.....	38
Figura 14. Determinación de pH..	39
Figura 15. Solución de las muestras de suelo analizadas de los tratamientos..	39
Figura 16. Determinación de microorganismos.....	40
Figura 17A. Muestreo de suelo en rancho El Equimite..	58
Figura 18A. Aplicación de biopreparados en composta..	58
Figura 19A. Identificación de las plantas de café por tratamiento..	59
Figura 20A. Placa Petrifilm 3M luego de incubación para conteo de bacterias.....	59
Figura 21. Muestreo de suelos en plantación de café utilizando barreno.	64
Figura 22. Secado de muestras de suelos previo a llevarlas a laboratorio..	65
Figura 23. Tren de destilación Kjeldhal.....	66
Figura 24. Determinación de micro elementos.....	67
Figura 25. Toma de pH y C.E. por medio del potenciómetro..	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Actividades en fase de producción y pos cosecha.	8
Cuadro 2. Descripción de los problemas identificados.....	8
Cuadro 3. Preparados Biodinámicos.....	26
Cuadro 4. Descripción de los tratamientos.....	33
Cuadro 5. Características del suelo de lote Mundo Novo y de composta Bruno.....	41
Cuadro 6. Resumen de ANDEVA para la variable de porcentaje de nitrógeno total.....	41
Cuadro 7. Prueba de Tukey para % nitrógeno en 4 diferentes tratamientos.....	42
Cuadro 8. Resumen de ANDEVA para la variable de concentración de potasio.....	44
Cuadro 9. Prueba de Tukey para la concentración de potasio.....	44
Cuadro 10. Resumen de ANDEVA de concentraciones de microelementos.	46
Cuadro 11. Resumen de ANDEVA para la variable pH.....	48
Cuadro 12. Prueba de Tukey para pH.....	48
Cuadro 13. Resumen de ANDEVA para la conductividad eléctrica.....	49
Cuadro 14. Prueba de Tukey para CE en 4 diferentes tratamientos.....	49
Cuadro 15. Resumen de ANDEVA para la variable de UFC de bacterias.	50
Cuadro 16. Prueba de Tukey para las UFC de bacterias en los 4 tratamientos.....	51
Cuadro 17. Resumen de ANDEVA para la variable de UFC de hongos y levaduras.	52
Cuadro 18. Prueba de Tukey para las UFC) de hongos y levaduras.	52
Cuadro 19. Resumen de ANDEVA para altura de plantas.	53
Cuadro 20. Prueba de Tukey para altura de planta.....	53
Cuadro 21. Resumen de ANDEVA para diámetro de plantas	54
Cuadro 22. Prueba de Tukey para diámetro de la planta.....	54
Cuadro 23. Análisis de suelos de lotes de rancho El Equimite.....	68

RESUMEN

El trabajo de graduación se compone por tres partes: diagnóstico, investigación y servicios realizados en el Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- de la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala, llevado a cabo en el periodo de febrero a noviembre de 2017, en el Rancho El Equimite, ubicado en el municipio de Coatepec, Veracruz, México.

El Ejercicio Profesional Supervisado –EPS- se realizó en completo cumplimiento con las metas y reglas del mismo. Se desarrolló en México, ya que este país tiene varias fincas biodinámicas certificadas Demeter y Rancho El Equimite es una de ellas, por su ubicación posee un clima favorable al cultivo de café, siendo un cultivo muy importante para la región y que posee características semejantes zonas cafetaleras del país.

En el Capítulo I se presenta el diagnóstico realizado en el Rancho El Equimite, que trabaja con un modelo tecnificado de agricultura biodinámica, lo que se hace en profundo respeto con la naturaleza y la gente. El cultivo de café crece bajo sombra, en sistemas de conservación de suelos y aguas; bajo certificación orgánica y Demeter biodinámica.

Cuenta con una planta de producción de insumos orgánicos y biodinámicos donde se producen compostas mineralizadas, fermentos, extractos, preparados biodinámicos y demás insumos orgánicos. Se identificaron los problemas de actividades de producción de café y se analizaron en árboles de problemas, siendo estos el mal desarrollo de las plantas de café o muerte y la falta de espacios de secado y coordinación, dando recomendaciones para realizar estas actividades de forma eficiente.

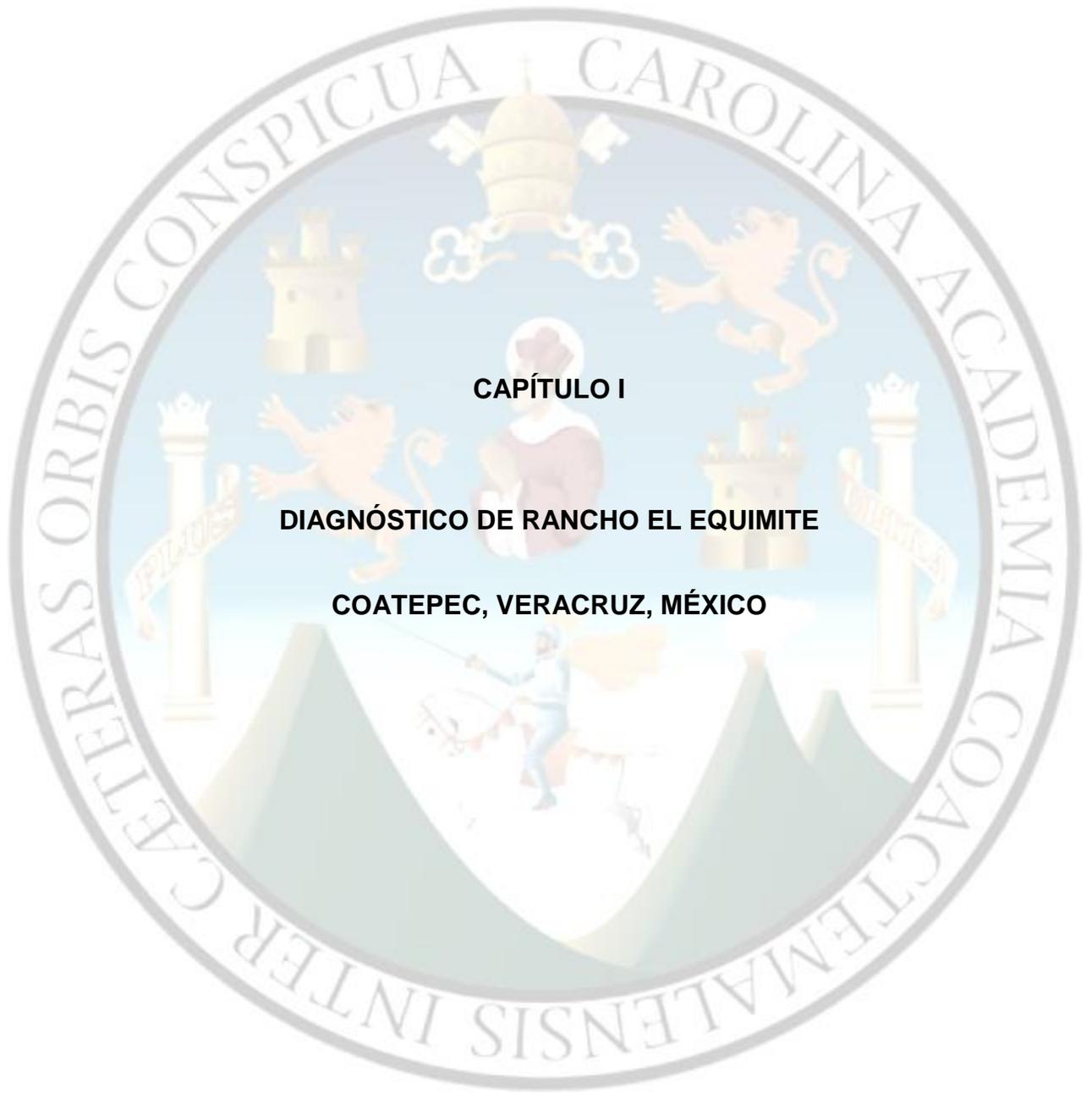
En el Capítulo II se presenta la investigación, que consistió en evaluar la aplicación de compostas biodinámicas y su efecto en el cultivo de café, en la agricultura biodinámica no se usan agroquímicos y pretende que la finca sea un sistema autosustentable, es por ello que una matriz del manejo de la fertilidad para los cultivos sea el uso de compostas, elaboradas con materiales de vegetales, minerales y animales del rancho.

Las dosis de composta aplicadas de los cuatro diferentes tratamientos fueron de 1 kg, 2 kg, 3 kg, y 0 kg, de las cuales ninguna de las dosis presentó diferencia significativa en cuanto al incremento de N, Ca, Mg, unidades formadoras de colonias de bacterias, hongos y levaduras, pH, C.E., altura y diámetro de la planta. Solo la concentración de potasio (K) y Zinc (Zn) incrementó significativamente en el tratamiento con dosis de 1 kg de composta, el cual mejora las características organolépticas del grano de café y actúa en la fisiología de la planta.

En el capítulo III se describe el servicio prestado para el Rancho El Equimite, que consistió en realizar un estudio químico y físico del suelo para determinar el estado del éste. Se tomaron muestras de suelo de los lotes más importantes y representativos del rancho para llevarlo a laboratorio.

La fase de análisis de laboratorio se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de La Universidad Autónoma de Nuevo León, en el Estado de Nuevo León, México. Se recomienda hacer un muestreo de suelos y análisis químicos y físicos con variables relevantes una vez cada año para poder conocer el estado de los suelos en el rancho y poder tener una herramienta confiable para el manejo de la fertilidad de los suelos.

Este documento contiene información provechosa para Guatemala, dado que en el país no existe ninguna finca u organización que practique agricultura biodinámica y que posea certificación Demeter. Puede servir de referencia para que agricultores de la región y estudiantes se informen sobre el tema que aún es poco conocido en el país. Por las condiciones biofísicas del lugar del –EPS- y tratando del cultivo de café, lo realizado es replicable a las regiones cafetaleras del país, cuidando el medio ambiente, con mejores características en taza y accediendo a mejores mercados.



CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE RANCHO EL EQUIMITE

COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO

1.1 PRESENTACIÓN

Rancho El Equimite es una finca biodinámica diversificada, asociada a un proyecto holístico que integra alimentos, animales, conservación, agro-eco-turismo, educación y desarrollo social. Todo lo que se hace es en profundo respeto con la naturaleza y la gente. Se utiliza un modelo tecnificado de agricultura biodinámica, el café crece bajo sombra, en sistemas de conservación de suelos y aguas; bajo certificación orgánica y *Demeter* biodinámica.

Rancho El Equimite está ubicado en el municipio de Coatepec, Veracruz es una región dedica a la caficultura desde 1880 aproximadamente, con buena calidad de café por las características biofísicas de la región; representa importancia para la economía del lugar ya que hoy en día Veracruz es la segunda entidad productora de café (después de Chiapas) aportando el 25 % del volumen nacional.

Como parte del proceso del ejercicio profesional supervisado se realizó el diagnóstico en Rancho El Equimite para conocer su funcionamiento y sus posibles problemas en sus procesos de producción y actividades e identificarlos para poder enfocar los servicios a dar posibles soluciones.

1.2 MARCO REFERENCIAL

1.2.1 Antecedentes: Rancho El Equimite

Rancho El Equimite es una empresa agrícola biodinámica iniciada en el año 2010 la cual se enfoca en la producción de café arábigo de especialidad en micro lotes, alimentos y plantas medicinales. Es un modelo de producción integral agroecológico y de diversidad de modelos de negocio. El rancho cuenta con parcelas de café de especialidad que ocupan 15 hectáreas en proceso de renovación, huertos y cultivos especializados. Además cuenta con animales (cabras y caballos) que se desarrollan en parcelas de pastoreo rotacional intensivo, son la base del plan de fertilidad y proveen algunos productos alimenticios.

Cuenta con una planta de producción de insumos orgánicos y biodinámicos dónde se producen compostas mineralizadas, fermentos, extractos y demás insumos orgánicos y se producen todos los preparados biodinámicos.

1.2.2 Ubicación

Rancho El Equimite está ubicado en el municipio de Coatepec. El Municipio de Coatepec, pertenece al Estado de Veracruz, México.

1.2.3 Clima

Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (Junio, Julio y Agosto) (42%), semicálido húmedo, otoño (35%), templado húmedo, invierno (16%), cálido subhúmedo, primavera (6%) y semifrío húmedo, invierno (1%). El rango de lluvias 1,100-2,100 mm/año y el rango de temperatura 10-24°/año.

1.2.4 Topografía y suelo

Es un Municipio que presenta alturas sobre el nivel del mar que van desde los 500-2900, predominantemente montañoso, utilizando agricultura (61%), zona urbana (8%), pastizal (18%), bosque (13%) de la superficie total.

Los suelos son oscuros, fértiles y ricos en materia orgánica. Clasificaciones predominantes en el municipio; Andosol (41%), Luvisol (35%), Phaeozem (11%), Vertisol (4%) y Leptosol (1%). Colores que van desde pardo-rojizo, pardo oscuro a negros. Presentando profundidades efectivas hasta 35 cm.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Conocer el manejo del cultivo de café (*Coffea arábica* L.) en el Rancho El Equimite.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar posibles problemas en las principales actividades de producción de café en todo su proceso, de almacigo a pos cosecha.
- Identificar las causas de los problemas y recomendar posibles soluciones.

1.4 METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el diagnóstico como parte del Ejercicio Profesional Supervisado fue mixta, además de dividirla en fase de campo y fase de gabinete. Se observaron los procesos de producción y actividades desde fase de almacigo hasta pos cosecha del cultivo de café, además de dialogar con los diferentes encargados de las áreas así como con los trabajadores del rancho. Para obtener información primaria se realizaron los siguientes pasos:

Fase de campo

1. Se realizó un sondeo y recorridos, esto se hizo por medio de caminamiento en las diferentes áreas de producción del rancho, se identificaron posibles problemas presentes en estas áreas.
2. Se realizaron entrevistas a los encargados de área así como a los trabajadores en relación a los procesos realizados en cada área y que describieran los posibles problemas que ellos identificaban en su área de trabajo.
3. Se recopiló y ordenó esta información para poder trabajarla en fase de gabinete.

Fase de gabinete

1. Con la información primaria obtenida directamente del personal y de la observación y reconocimiento, se investigaron los antecedentes y operación administrativa del rancho para obtener información secundaria útil.
2. Se evaluó la información y se realizó un árbol de problemas de causas y efectos de los principales problemas que se identificaron y se recomendaron posibles soluciones.

1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dentro de los resultados es necesario presentar como está organizada la empresa y sus operaciones.

1.5.1 Organigrama

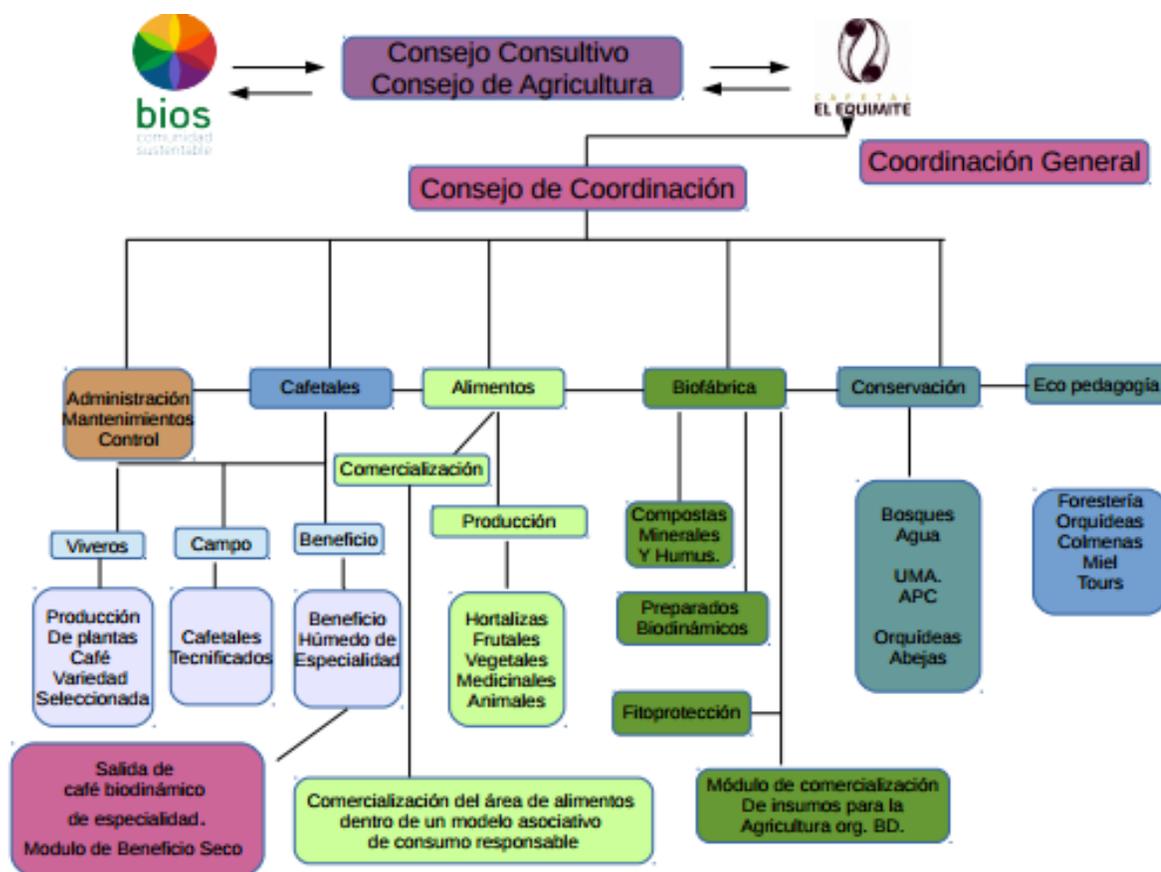


Figura 1. Organigrama de la empresa Rancho El Equimite. Fuente: El Equimite 2017.

En la jerarquía operacional las decisiones generales son tomadas por los socios y el consejo directivo de la empresa y en segunda fase por el director general de campo y personal administrativo y seguidamente ejecutada por el personal de campo y mantenimiento.

1.5.2 Actividades de campo

Las actividades que se realizan para la producción de café en las fases de producción y pos cosecha se presentan en el cuadro 1.

Cuadro 1. Actividades en fase de producción y pos cosecha.

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
Siembra de semilla	En esta fase se selecciona la semilla por variedad y se asegura que sea viable, se remoja la semilla y luego se siembra en cajones con sustratos específicos.	2 meses para el trasplante a bolsa
Almácigo	Se trasplantan las plántulas en "soldadito" a bolsa y se le aplica riego controlado, manejo de malezas y fertilizaciones.	8 meses antes de llevarla a campo definitivo
Siembra en campo definitivo	Se trasplantan las plantas del almacigo a campo definitivo, se aplica compost y sulfato de calcio en el hoyo de siembra.	De los 10 meses a 1 año de edad de la planta.
Cosecha	Se recolecta el fruto maduro de las plantas en su fase productiva y se lleva al beneficio húmedo.	Tiempo de cosecha de 2 a 3 meses
Pos cosecha	Se procesa el café en cerezo en el beneficio húmedo, se seca y se manda a tostar en pergamino.	Siempre que haya fruto.

Fuente: Sotoj Castro 2017.

1.5.3 Matriz de causa y efecto

La descripción de los problemas identificados según cada área se describe en el siguiente cuadro 2, presentando causas y efectos de cada uno.

Cuadro 2. Descripción de los problemas identificados.

ACTIVIDAD	CAUSA	EFEECTO
Siembra a campo definitivo	Mal método de siembra directamente del personal. Uso incorrecto de composta en el suelo.	Las raíces de la planta trasplantada no desarrolla o muere la planta.
Pos cosecha	Hacen falta áreas de secado techadas correctamente. Falta de coordinación del personal por falta del mismo.	El café no seca correctamente y es susceptible a infección por hongos. Uso ineficiente de personal de beneficio.

Fuente: Sotoj Castro 2017.

1.5.4 Árboles de causas y efectos

Para la problemática de mal desarrollo de las plantas o muerte de las mismas se presenta en la figura 2. Las causas y efectos del problema.

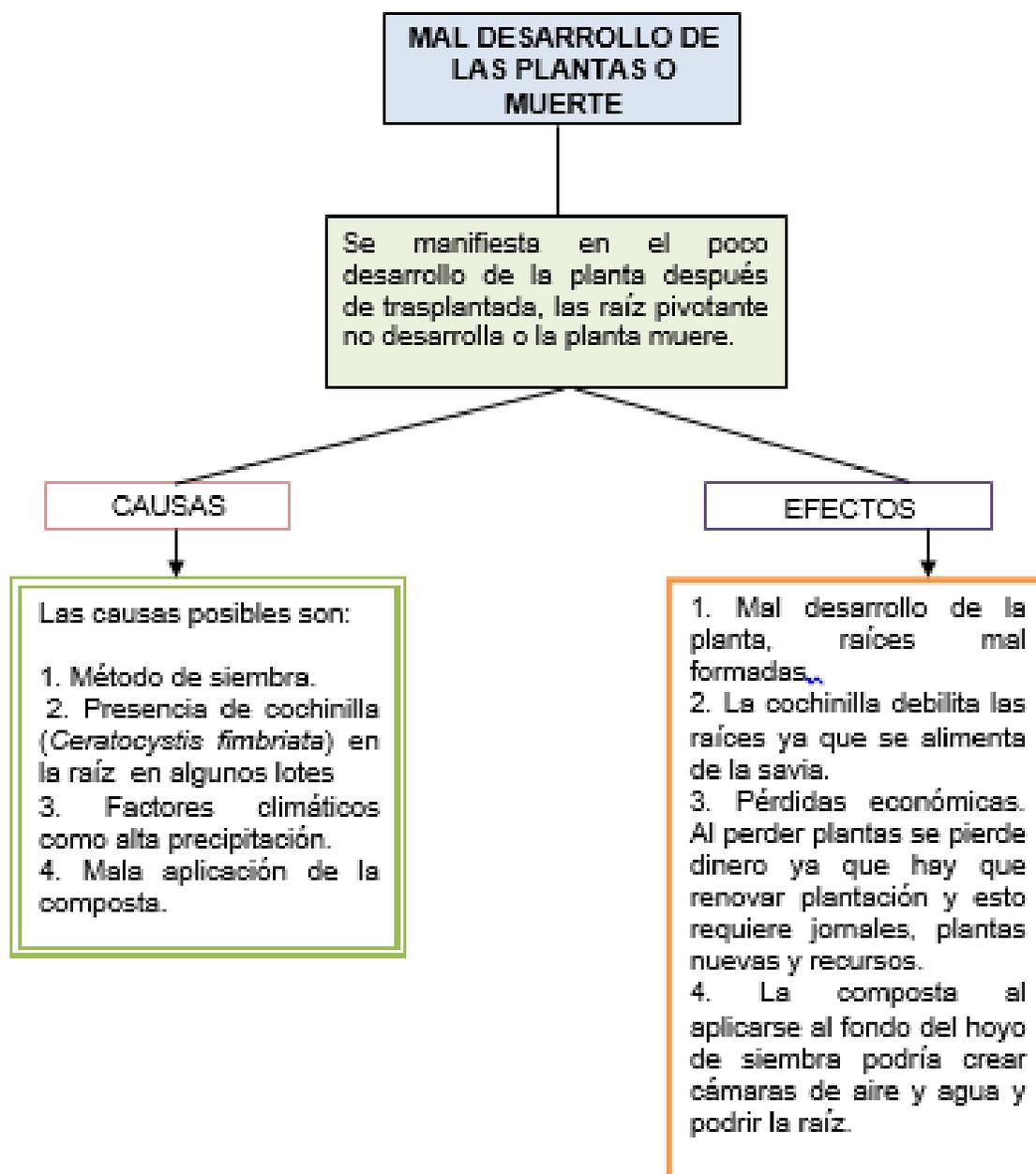


Figura 2. Árbol de causas y efectos de mal desarrollo o muerte de la planta en trasplante.
Fuente: Sotoj Castro 2017.

Para la problemática de falta de espacios de secado y coordinación en el secado de café se presenta el árbol de problemas de causas y efectos en la figura 3.

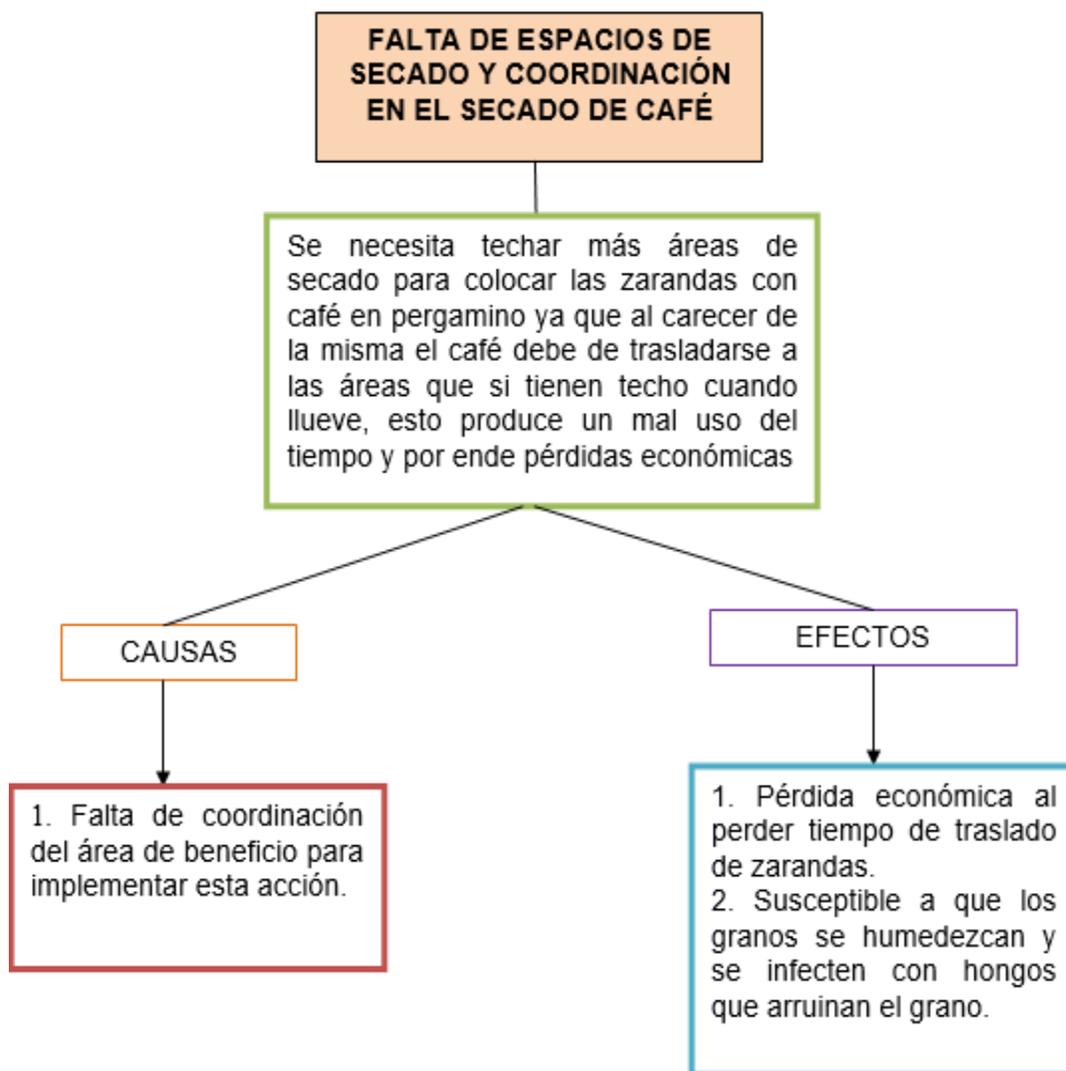


Figura 3. Árbol de causas y efectos de la falta de espacios de secado y coordinación en el secado de café. Fuente: Sotoj Castro 2017.

1.6 CONCLUSIONES

- A través del diagnóstico realizado se conoció el manejo agronómico del cultivo de café en Rancho El Equimite desde la fase de semillero a la fase de pos cosecha, a través de la observación, recorrido y sondeo de las áreas así como diálogos con encargados de campo. El cultivo de café ocupa la mayor parte cultivada del rancho (12 hectáreas) y el manejo completo del cultivo se hace con productos de origen orgánico, por ejemplo uso de compostas, biofermentos y preparados biodinámicos de uso homeopático, además de repelentes naturales para la prevención y control de plagas y enfermedades.
- Los mayores problemas identificados en el diagnóstico son en fase de trasplante de la planta de café a campo definitivo y falta de área adecuada para el secado de café en pergamino.
- Las causas probables de los problemas en los cafetos recién plantados en campo definitivo son el método de siembra, mala aplicación de composta al medio de plantación, y el daño ocasionado por cochinilla en las raíces aunque muy poca; reflejándose en el poco desarrollo de la planta e incluso muerte de la misma, repercutiendo en pérdidas económicas para la empresa. Otro problema es la falta de áreas techadas para el secado del café en pergamino por falta de organización repercutiendo en pérdidas económicas ya que se requiere más tiempo para el traslado de las zarandas y puede infectarse con hongos que dañan el grano.

1.7 RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar análisis de suelos de las áreas destinadas a la siembra de café para encontrar factores como que puedan afectar al desarrollo radicular de planta. Verificar el método de siembra y aplicación de composta, y analizar si la cochinilla está produciendo un efecto negativo en las raíces de la planta.
- En cuanto al área de secado del beneficio se recomienda techar más áreas donde se colocan las zarandas con café para optimizar el uso de personal y recursos para esta tarea.

1.8 BIBLIOGRAFÍA

1. Ejea Mendoza, M. 2009. Café y cultura productiva en una región de Veracruz (en línea). Nueva Antropología 22(70)33-56. Consultado 14 mar. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-06362009000100003
2. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Coatepec, Veracruz de Ignacio de la Llave (en línea). México. Esc. 1:250,000 serie III. Consultado 14 mar. 2017. Disponible en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30038.pdf
3. _____. 2010. El café de Veracruz (en línea). Consultado 13 mar. 2017. Disponible en http://www.inegi.org.mx/sistemas/consulta_resultados/iter2010.aspx?c=27329&s=est
4. Hoffman, O. 1986. Movimientos demográficos y economía cafetalera en la región central del estado de Veracruz: Xalapa y Coatepec (en línea). Veracruz, México, IIESES, Cuadernos del IIESES (13):57-84. Consultado 13 mar. 2017. Disponible en http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/doc34-05/27326.pdf

1.9 ANEXOS



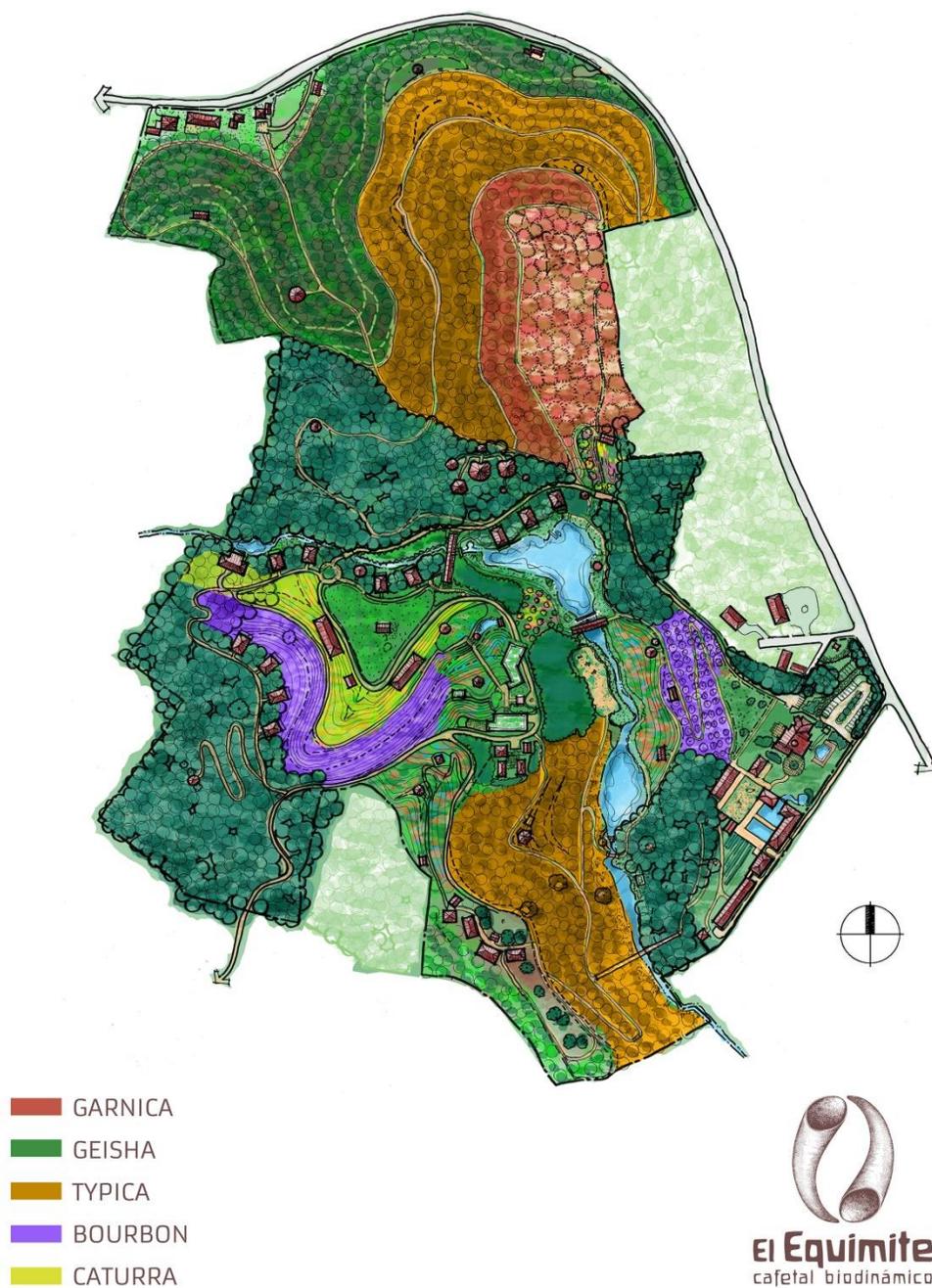
Fuente: Sotoj Castro, 2017

Figura 4A. Zarandas para secado de café en pergamino.



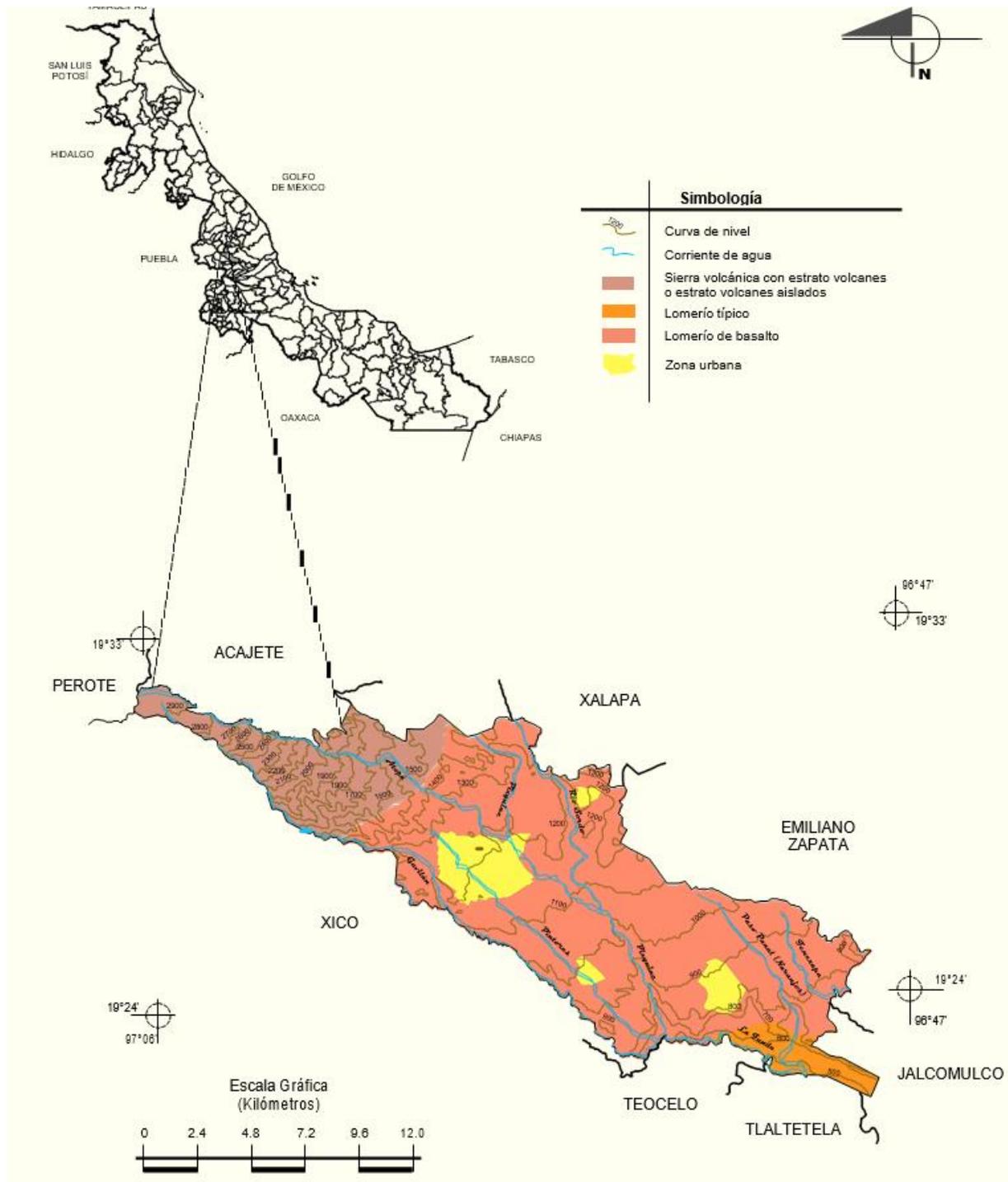
Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 5A. Siembra de café a campo definitivo.



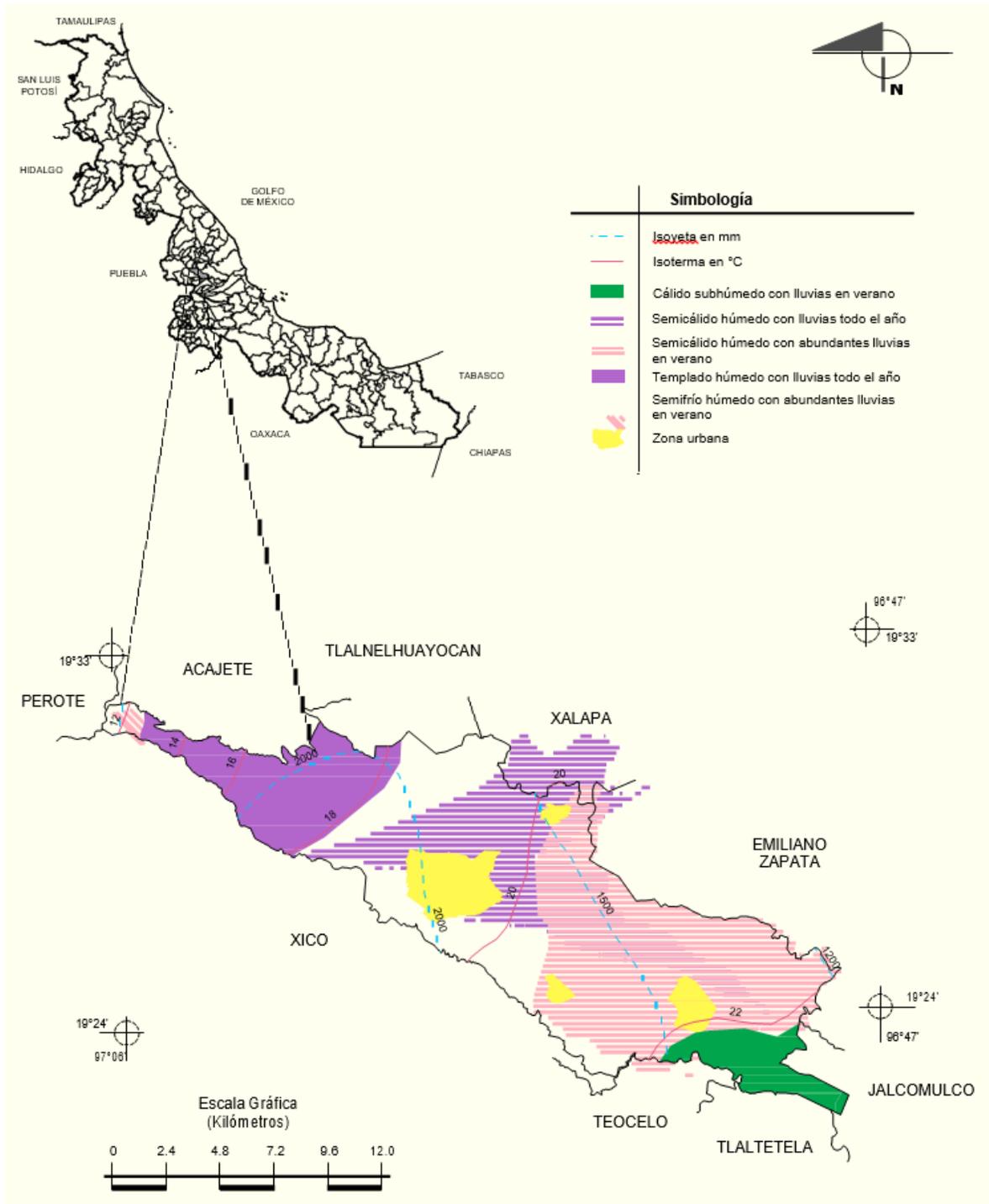
Fuente: El Equimite, 2017.

Figura 6A. Mapa del Rancho El Equimite y sus variedades de café plantadas.



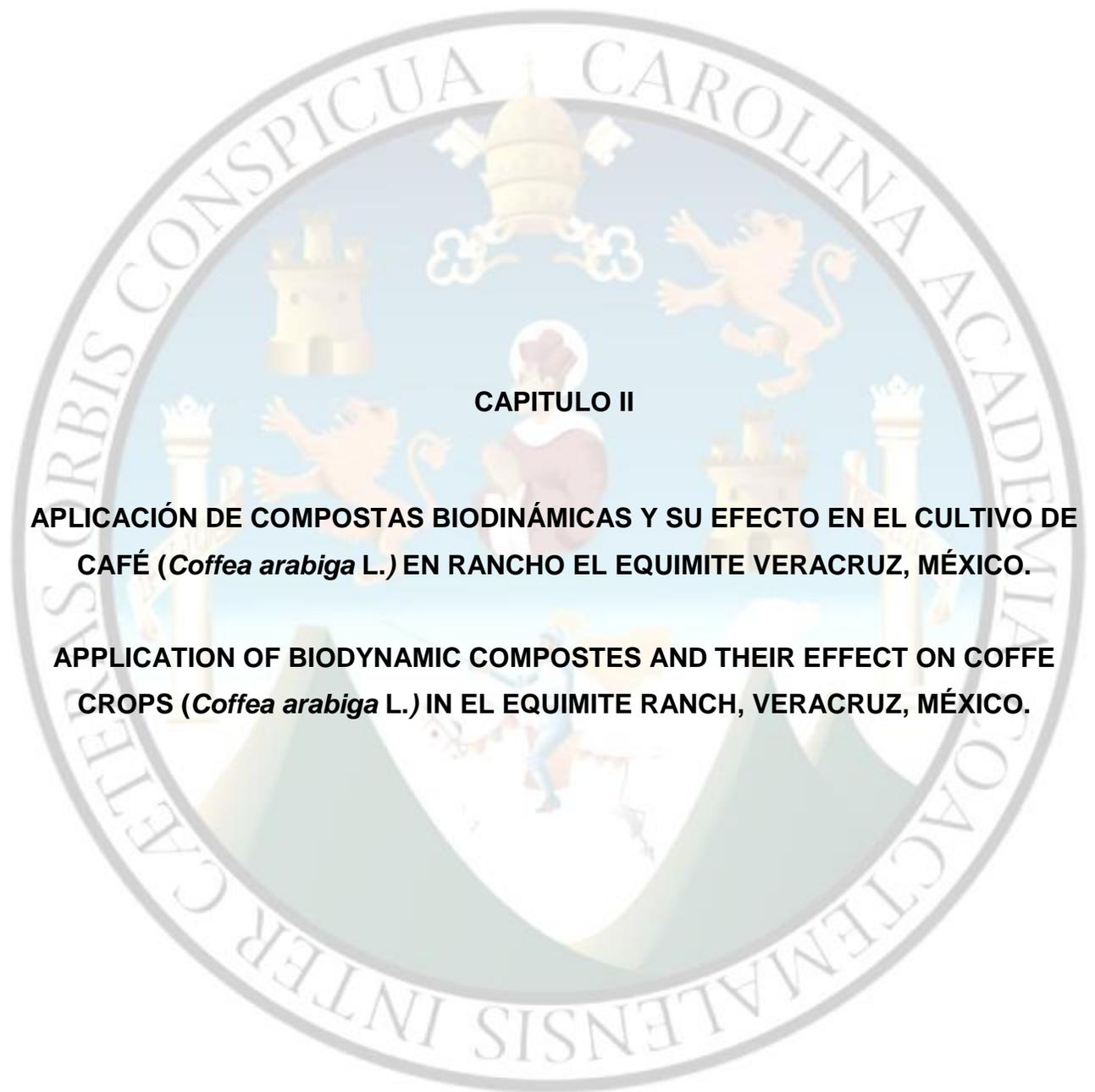
Fuente: INEGI, 2009.

Figura 7A. Relieve de Coatepec, Veracruz, México.



Fuente: INEGI, 2009.

Figura 8A. Clima de Coatepec, Veracruz, México.



CAPITULO II

APLICACIÓN DE COMPOSTAS BIODINÁMICAS Y SU EFECTO EN EL CULTIVO DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ, MÉXICO.

APPLICATION OF BIODYNAMIC COMPOSTES AND THEIR EFFECT ON COFFEE CROPS (*Coffea arabica* L.) IN EL EQUIMITE RANCH, VERACRUZ, MÉXICO.

2.1 PRESENTACIÓN

Rancho El Equimite es un proyecto agrícola y social dedicado a la producción de café de especialidad para exportación y consumo local bajo principios de agricultura biodinámica, creando una red de consumo responsable y agregando valores adquiridos al café. También posee áreas de hortalizas con una red de consumo responsable, comercializadora de café de calidad, área de animales caprinos y equinos, educación Waldorf y áreas protegidas de conservación. Como parte del ejercicio profesional supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se realizaron actividades de investigación, tecnificación, diagnóstico y servicios comprendidos en el período de febrero a noviembre de 2017 en dicha institución.

Rancho El Equimite se encuentra ubicado en el municipio de Coatepec, en el Estado de Veracruz, al centro oeste de México. El clima de Coatepec es templado-húmedo, con una temperatura promedio de 19.2 °C. Es considerado un municipio muy lluvioso, ya que su precipitación pluvial media anual es de 1,926 mm y está ubicado a 1,192 msnm y está ubicado en las coordenadas: Latitud: 19.4536, Longitud: -96.9588 19° 27' 13" Norte, 96° 57' 32" Oeste.

La agricultura biodinámica hace énfasis en el uso de preparados, infusiones y otros insumos que nos ayudan a mejorar nuestras cualidades del suelo, planta y animales. Este tipo de agricultura no usa agroquímicos y pretende que la finca sea un sistema autosustentable, es por ello que una matriz del manejo de la fertilidad para los cultivos sea el uso de compostas, elaboradas con materiales de vegetales, minerales y animales de la finca.

Dentro de este enfoque es importante evaluar dosis de composta para que sea útil al desarrollo y crecimiento del cultivo de café, así como obtener mejores rendimientos, salud y características organolépticas del grano. De esto surge la necesidad de aplicar compostas en diferentes dosis para determinar cuál dosis puede aumentar las características químicas, biológicas del suelo y las características físicas de la planta.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Agricultura biodinámica

La agricultura biodinámica surge desde el impulso de renovación cultural liderado por el austriaco Rudolf Steiner (1861-1925) en el cambio del siglo XIX al XX, enmarcado en lo que él denominó la Ciencia Espiritual o Antroposofía. En particular, las bases que dieron lugar al desarrollo posterior del movimiento de agricultura biodinámica tal y como ahora lo conocemos, se establecieron en una serie de ocho conferencias impartidas por él en una finca situada en Koberwitz, Breslau, de unas 7,500 ha de cultivo, situada en los confines orientales de la Alemania de entonces, hoy Polonia, en Junio de 1924 (Colmenares, 2009).

El calificativo «biodinámico» significa que se trabaja de acuerdo con las energías que crean y mantienen la vida. Este era el objetivo que buscaba el primer grupo de agricultores que, animados por Rudolf Steiner, se dedicaron a experimentar sobre el terreno a fin de verificar la validez del nuevo método. Ellos lo llamaron método «biodinámico», partiendo de dos palabras griegas: «bios», vida y «dynamis» energía. El empleo de la palabra «método» implica no sólo fabricar abonos de una nueva forma (circunstancialmente orgánicos), sino sobre todo respetar ciertos principios para asegurar la salud de la tierra y de las plantas, y para procurar una nutrición sana para los animales y al ser humano (Pfeiffer, 1992).

El método biodinámico además de reconocer y fundamentar la importancia de las prácticas tradicionales de la agricultura (labranza de la tierra, abonos orgánicos, rotaciones de cultivos, relaciones recíprocas de las plantas, etc.) hace un aporte verdaderamente nuevo y esencial a la agricultura: la forma de restaurar el pleno imperio del aspecto dinámico en su seno, es decir, el de las relaciones entre la Tierra y el reino vegetal con el mundo planetario y estelar. Los preparados biodinámicos creados por Rudolf Steiner, tienen precisamente el pre-mencionado objetivo con los consiguientes enormes beneficios para la naturaleza y el reino humano y animal (Copello, 1995).

2.2.2 Antroposofía

La antroposofía permite ampliar nuestro conocimiento de la Naturaleza y del ser humano. Lo que exploramos con nuestros ojos, nuestras manos y otros sentidos para llegar a una explicación racional, desemboca simplemente en una ciencia de las Naturaleza muerta. La antroposofía ofrece métodos de formación aptos para todo el mundo, que refuerzan las capacidades del pensamiento y conducen a la larga a la percepción de los procesos del mundo etérico (Koepf, 2012).

2.2.3 La finca o granja como organismo individual

La concepción de la empresa agraria como un organismo como una individualidad, es uno de los conceptos básicos de la agricultura biodinámica, que fue rápidamente adoptado por la agricultura orgánica, su compañera inseparable en camino de evolución de la actual agricultura ecológica, que tomó su nombre precisamente de este hecho Scofield (1986): "La finca se considera una totalidad orgánica, viva y dinámica una unidad en sí misma, sostenible y ecológicamente estable, completa biológicamente y equilibrada". Es decir, las distas actividades, componentes y estructuras de la finca actúan como órganos del organismo de la finca en su totalidad.

Una granja realiza su razón de ser y esencia, en el mejor sentido de la palabra, cuando se la pueda considerar una especie de individualidad en sí, una individualidad realmente acabada en sí misma. Cada granja debería acercarse a esta situación aunque no pueda lograrlo totalmente. Una granja sana debería ser capaz de producir dentro de sí toso lo que ella necesita (Steiner, 1924).

2.2.4 Preparados biodinámicos

El uso de los preparados biodinámicos, aportados por Steiner en su Curso de Agricultura, juega un papel central en las prácticas de esta escuela de agricultura ecológica. Su objetivo

es promover los procesos vitales dentro de la individualidad de la finca y entre esta y su entorno próximo y lejano (Colmenares, 2009).

En las ocho Conferencias de Rudolf Steiner sobre agricultura en junio de 1924, en Koberwitz, los preparados biológico-dinámicos adquieren un lugar central en las Conferencias cuarta y quinta. 90 años después, podemos comprobar que en la práctica de una agricultura biológico-dinámica, que se basa en una visión espiritual de las relaciones entre el ser humano, la tierra y el cosmos, y que se apoya en la creación de un organismo agrícola individualizado y cerrado, la producción y aplicación de los ocho preparados –que surgen de la investigación de la ciencia espiritual de Rudolf Steiner- se encuentran en el punto central.

Las preparaciones biodinámicas (en lo sucesivo "medicamentos") son recursos naturales que se utilizan en dosis muy pequeñas, para promover la vida del suelo, el crecimiento y la calidad de las plantas y la salud animal. Hay varios tipos preparaciones para aplicaciones específicas: terreno o de pulverización (sílice cuerno y estiércol cuerno), suplementos de estiércol (milenrama, manzanilla, ortiga, diente de león y de preparación de la valeriana), preparaciones especiales, tales como la decocción de la cola de caballo y los preparativos cenizas de malezas y control de plagas.

Los preparados se producen en la granja a partir de partes de plantas, estiércol de vaca o polvo de cuarzo. En los cuernos y órganos de animales, estos materiales están enterrados en el suelo durante al menos medio año. Antes del uso, los preparados se eliminan de las partes del órgano.

El órgano animal tiene la tarea de concentrar las fuerzas vivas constructivas y de formación de la periferia del órgano presente en el compuesto.

A. Dos preparados de pulverización

El primero, el preparado de boñiga en cuerno, también llamado 500 (después de que Ehrenfried Pfeiffer descubriese 500 millones de bacterias anaeróbicas por gramo en el preparado y a listo), es preparado a partir de estiércol de vaca. Un cuerno de vaca se rellena con el estiércol de vaca y pasa 6 meses durante el invierno en un suelo fértil. El preparado está orientado fundamentalmente al fortalecimiento del suelo y el sistema radicular, la planta *“se encuentra con él desde abajo hacia arriba”*.

El segundo, el preparado de sílice en cuerno, también llamado 501, se prepara a partir de cuarzo finamente deshecho y rallado, que va ser introducido en un cuerno y enterrado durante 6 meses, en los que la tierra se encuentra sometida a las fuerzas del verano. Es como una *“pulverización de luz”*, y actúa a nivel de los órganos superiores de las plantas, de forma que *“tira de las plantas desde arriba.”*

B. Seis preparados, que normalmente son añadidos al estiércol del establo y al compost

Cuatro de los seis preparados del compost atraviesan un proceso de fermentación dentro de una funda de origen animal enterrados en el suelo durante el invierno. Ello después de que antes hayan sido en parte colgados y sometidos a las fuerzas del verano. Para las flores de Milenrama (502) se utiliza una vejiga de ciervo, para la Chamomilla (503) un intestino delgado de vacuno, el cráneo de un animal doméstico para la corteza de roble (505) y el mesenterio de vaca para el Diente de león (506).

Otros dos preparados no necesitan una envoltura. Se trata del preparado de Ortiga, que se entierra y se desarrolla directamente en la tierra durante un año entero (504), y un extracto líquido de la flor de Valeriana (507). La denominación por números es por simple práctica como se muestra en el cuadro 3.

La transformación de la materia viva (suelo, plantas, animales y alimentos), que resulta de la aplicación de mínimas cantidades de sustancias metamorfoseadas alquímicamente en

los preparados, representa un impulso único, que caracteriza la agricultura biológico-dinámica (Masson, 2009).

Cuadro 3. Preparados Biodinámicos.

Descripción de los preparados biodinámicos				
Nº	Nombre	Material	Órgano animal	Cantidad/año
Preparados de campo				
500	Estiércol en cuerno	Estiércol de vaca	Cuerno de vaca	4 cuernos por 1 ha
501	Sílice en cuerno	Cuarzo molido	Cuerno de vaca	1 cuerno por 25 ha
Preparados del compost				
502	Milenrama	Flores	Vejiga de ciervo macho	1 vejiga/ 250 ha
503	Manzanilla	Flores	Intestino de Vaca	30 cm./100 ha
504	Ortiga	Planta entera	Ninguno	
505	Corteza de Roble	Corteza	Cráneo de vaca	1 cráneo/300 ha.
506	Diente de León	Flores	Peritoneo vacuno	30x30 cm./100 ha
507	Valeriana	Extracto de flores	Ninguno	

Fuente: König, 2003.

2.2.5 Los preparados biodinámicos en el compost

No se trata sólo de activar el mundo de los microorganismos, como el de las bacterias, sino principalmente de concentrar las fuerzas vitales que, en el mundo orgánico, utilizan sustancias y fuerzas químicas.

Estas fuerzas vitales actúan al contrario que las fuerzas puramente físico-químicas, existen también en el calor, en la luz, son las que llevan a las sustancias a una armonía para convertirse en orgánicas, y en última instancia están en el origen de toda forma. Con ayuda de los preparados biodinámicos, se intenta estimular lo que Justus von Liebig, padre de la química agrícola, definía en estos términos: «La causa primordial que actúa únicamente en los cuerpos vivos, de manera que los elementos se asocien para realizar formas nuevas, que a su vez adquieren propiedades nuevas. Estas formas y estas propiedades no pueden subsistir fuera del organismo, ya que las fuerzas inorgánicas, no pueden engendrar más que lo inorgánico.»

Es decir que según Liebig existe en los cuerpos vivos una energía superior que se sirve de fuerzas físico-químicas, y que produce las estructuras propias de la materia viva. Esta materia se diferencia de la de un cristal, en que está dotada de propiedades vitales. La estricnina y la quinina contienen los mismos elementos (carbono, hidrógeno, nitrógeno, etc.), pero una resulta tóxica y la otra saludable. «Esto se debe -escribe Liebig- a la distinta

orientación de los elementos, que colocados en un orden inhiben el proceso vital, mientras que en otro lo conservan o lo estimulan.»

Así es como Liebig explica también el grado de calidad de los alimentos, por el orden particular de su estructura interna — concretamente la calidad de las proteínas, glúcidos y grasas—. De esta calidad dependen sus efectos en el ser humano y en los animales domésticos. La meta de los preparados biodinámicos es mejorar la calidad (Kabisch, 2001).

En su origen la descripción ofrecida por Rudolf Steiner sobre la actividad de los preparados biodinámicos para el compost no hacía referencia directamente al proceso de compostaje propiamente dicho, sino a su efecto sobre la tierra de labor y el comportamiento de las plantas. Sin embargo, la experiencia pone de manifiesto que están dotados de interesantes propiedades para el proceso de compostaje (limitan la subida de la temperatura, reducen globalmente la pérdida de sustancias y mejoran la conservación de nitratos y fosfatos). No son de ninguna manera agentes de descomposición, como a veces se da a entender, sino elementos de organización y estructuración de las sustancias.

La superioridad de los compost bien curados sobre los residuos orgánicos crudos se ha enfatizado durante mucho tiempo. El compost repetido agrega nutrientes y humus estable al suelo, mejora la capacidad de retención de agua, el drenaje y la aireación del suelo. No solo agrega sino que también fomenta la formación de organismos protectores, antibióticos, auxinas y otras sustancias bióticas. Hace que el suelo nazca y se agreguen nutrientes a las plantas disponibles. El compost es más que un simple portador de nutrientes vegetales.

Para aumentar su efecto sobre las plantas o los suelos, en el método biodinámicos se administran varias preparaciones para abonos, compost y abonos líquidos. Se fermentan a partir de algunas plantas comunes: diente de león, manzanilla, picadura, ortiga, milenrama, corteza de roble y valeriana. Los practicantes han reunido una gran cantidad de información sobre el compostaje con preparaciones durante muchos años.

Aquellos que aplican este tipo de abono hacen afirmaciones sobre el buen sabor y la buena apariencia nutritiva y fina, y mantienen la calidad de sus productos, así como la capacidad

de las plantas para resistir enfermedades. Pfeiffer informó datos detallados sobre los microorganismos que viven en las preparaciones terminadas, los oligoelementos que contienen y cómo cambian la fermentación del estiércol en condiciones experimentales.

En diferentes ensayos de compostaje realizados en Alemania en 1954, se demostró que las preparaciones administradas a compost influyeron en la formación de humus estabilizado. Esto se demostró al determinar la capacidad de la materia orgánica en el compost madurado para almacenar nutrientes. La capacidad incrementa a medida a medida que el compost madura en humus estable (Koepf, 2012).

2.2.6 Composta

En términos de la naturaleza, un material se composta, por ejemplo, cuando se entierran los rastrojos, se descomponen las hojas del piso de los bosques, o cuando el material senescente de las praderas naturales en su renovación periódica queda expuesto a los agentes del suelo, y cuando se someten a aireación los barros de los tratamientos de residuos orgánicos.

La acción coordinada de los macro y principalmente de los microorganismos aerobios, en combinación con la humedad, aireación, temperatura y acidez del medio, entre otros factores, aceleran la transformación.

Este complejo de residuos y animales vivientes, se puede considerar en términos ecológicos, como un ecosistema, o medio ambiente que comprende a una biocenosis o comunidad de organismos vivos, que en un tiempo más o menos variable, transformarán la materia orgánica con alta energía química potencial en los residuos orgánicos, en compuestos más simples, estables, sin malos olores y con nula o escasa contaminación micro orgánica, reduciendo los impactos ambientales, los costos de transformación, generando un producto final con alta energía química disponible al entorno de la rizosfera de los vegetales.

Esta técnica tradicional, muy antigua, que se realizaba en forma empírica comienza a pensarse en términos biológicos, con los primeros trabajos del fisiólogo Wolny, y a tecnificarse con los trabajos de Albert Howard, en 1924-31, en la India, sistema que lleva su nombre y que tiene indicaciones precisas sobre el tipo de material a utilizar, aireación, etc. Posteriormente en la década de los cincuenta, en California (EE.UU.), se precisan los parámetros que rigen estos procesos.

En este proceso intervienen activamente microorganismos nativos o autóctonos, con gran habilidad para utilizar los nutrientes disponibles, soportar variaciones del ambiente, desarrollar colonias muy numerosas, con gran avidez por los compuestos celulósicos: hongos, bacterias, actinomicetes y protozoos, que tienen un tiempo entre generaciones muy breve, y que responden a una secuencia de actuación ininterrumpida de poblaciones microbianas que actúan unos tras otros, según la ecología cambiante.

Los microorganismos, al romper las moléculas complejas por medios enzimáticos, liberan al medio actuante, gran cantidad de calor metabólico y toman C, N y P, el primero para acumular energía y construir su esqueleto, y elementos restantes para crecer y reproducirse.

Del 100 % del material compostable, el 75 % se mineraliza como vapor de agua, dióxido de carbono, fosfatos y nitratos entre otros, y el 25 % restante se transforma en humus.

Un gramo de material compostable puede generar unas 4,000 cal y 1 g de humus, 4,700 cal (Mirabelli, 2008).

2.2.7 Cultivo de café

El café pertenece a la familia de las Rubiáceas y al género *Coffea*. Existen numerosas especies de cafeto y diferentes variedades de cada especie. Las especies más importantes comercialmente pertenecientes al género *Coffea*, son conocidas como *Coffea arabica* Linneo (conocida como Arábica o Arábiga) y *Coffea canephora* Pierre Ex Froehner (conocida como Robusta).

A. Botánica y fisiología

El cafeto pertenece a la familia de las rubiáceas. Esta familia tiene características fáciles de reconocer:

- Las hojas salen en pares.
- No tienen divisiones y los bordes son lisos.
- En las flores están los órganos de los dos sexos, son flores hermafroditas.
- Generalmente cada fruto tiene dos semillas.

B. Especies y variedades de café

Los recursos genéticos de una especie están representados por la tonalidad de las plantas con las que ella puede intercambiar genes para mejorar sus características, es decir, la posibilidad de obtener híbridos a través del cruzamiento entre plantas. Para el cafeto, los recursos genéticos incluyen unas cien especies descritas en el género *Coffea* y las especies menos conocidas del género *Psilanthus*.

A nivel mundial se dispone de más de 200 variedades de cafés arábigos, sin considerar la gran diversidad de materiales silvestres en el centro de origen del café en el África (Zamarripa, A; Escamilla, E. 2002).

C. Variedad Mundo Novo

Es una cruce o híbrido natural de las variedades Bourbon con la Sumatra, esta última es una selección o progenie de la variedad Typica, introducida al Brasil, de la Isla de Sumatra. Fue descubierta en Brasil desde 1943 en el municipio de Mundo Novo, Campinas en el estado de Sao Paulo. A México se introdujo en 1951 y a Colombia en 1952.

Esta variedad se encuentra en la mayor parte de las regiones cafetaleras de México, se le considera la de mayor rendimiento por planta, sin embargo tiene inconvenientes de manejo

por su porte muy alto. Por ejemplo en la región de Xicotepec, Puebla, es la segunda variedad más cultivada después de Caturra.

Se considera una variedad rústica, de gran adaptación, en particular a zonas bajas, con tolerancia a sequía y con gran poder de recuperación, pero susceptible a roya. El análisis sensorial de la bebida la clasifica como de buena calidad, con aroma leve, notorio cuerpo, acidez leve y bebida ligera o suave (Zamarripa, A; Escamilla, E. 2002).

D. Cultivo de café en México y su importancia económica

La caficultura es una actividad de gran importancia económica, social, cultural y ambiental en México. Entre los beneficios más relevantes del café están la generación de divisas y empleos, el desarrollo de diversas regiones productoras distribuidas en 12 estados cafetaleros y los servicios ambientales asociados al cultivo bajo sombra. Esta actividad se caracteriza por enormes contrastes, entre regiones y productores, con predominio de pequeños productores y alta participación de caficultores indígenas (Zamarripa, A; Escamilla, E. 2002).

El cultivo de café en México es de mucha importancia económica, y el Estado de Veracruz es uno de los mayores productores en cuanto café de calidad se refiere. El municipio de Coatepec, Veracruz es una región dedica a la caficultura desde 1880 aproximadamente, con buena calidad de café por las características biofísicas de la región; representa importancia para la economía del lugar. Según ITER, 2010 hoy en día Veracruz es la segunda entidad productora de café (después de Chiapas) aportando el 25 % del volumen nacional.

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 Objetivo general

Evaluar la aplicación de compostas biodinámicas en el cultivo de café (*Coffea arabica* L.).

2.3.2 Objetivos específicos

1. Evaluar diferentes dosis de aplicación de compostas biodinámicas (1 kg, 2 kg y 3 kg) al medio de plantación de la variedad de café (*Coffea arabica* L) Mundo Novo y cuantificar características químicas (pH, CE, N, K, Ca, Mg, Cu, Zn) en el suelo durante 6 meses de desarrollo del cultivo.
2. Cuantificar características biológicas (Unidades formadoras de colonias totales de hongos, levadura y bacterias) en el suelo durante 6 meses de desarrollo del cultivo.
3. Evaluar el desarrollo de las plantas de café (características físicas: altura, diámetro de tallo) desde su trasplante hasta 6 meses después de este.

2.4 HIPÓTESIS

La aplicación de composta biodinámica en el suelo para siembra de café aumenta la calidad de las características físicas de la planta y las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

2.5 METODOLOGÍA

2.5.1 Ensayo experimental

Las unidades experimentales de la investigación corresponden a plantas tratadas con 4 diferentes dosis de composta y 6 repeticiones por tratamiento en un diseño de bloques al azar.

2.5.2 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron 4 tratamientos de aplicación de composta a la planta de café como se muestra en cuadro 4, las cuales consistieron en 1 kg de composta, 2 kg de composta, 3 kg de composta y un tratamiento sin composta.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos.

TRATAMIENTO	DOSIS DE APLICACIÓN
T1	1 Kg de composta
T2	2 Kg de composta
T3	3 Kg de composta
T4	Sin composta

Fuente: Sotoj Castro, 2017

2.5.3 Modelo estadístico

Modelo de bloques al azar

Donde: $y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varphi_{ij}$ $i = 1, \dots, t$ $j = 1, \dots, b$

μ media general

τ_i efecto del i-ésimo dosis de compostas

β_j efecto del j-ésimo bloque

φ_{ij} error experimental en la unidad j del tratamiento i

2.5.4 Fase de campo

A. Preparación del suelo y aplicación de composta

- Se tomaron muestras de suelo del lote y de la composta utilizada para el análisis de laboratorio.
- Se pesaron 1 kg, 2 kg y 3 kg de composta para la aplicación en las plantas de café según el tratamiento que les corresponden como se muestra en la figura 9.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 9. Peso de 2 kg de composta para aplicar en planta de café.

- El medio de siembra se preparó con un ahoyado de 25 cm de diámetro por 30 cm de profundidad.
- Al hoyo se le aplicó sulfato de calcio para regular pH y proteger de plagas.
- Después de trasplantada la planta variedad Mundo Novo de vivero se le aplicaron las diferentes dosis de composta al contorno de la planta a nivel superficial (figura 10) y se le colocó materia orgánica como hojas y pasto para conservar la humedad.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 10. Aplicación de composta en la superficie de una planta de café.

- A partir del día de siembra a campo definitivo se tomaron las medidas de altura y diámetro de cada planta.
- Se monitoreó los cambios físicos (altura y diámetro) de la planta por 6 meses desde su trasplante.
- Al cumplir la fecha estipulada, se hizo un muestreo de suelo con la composta por medio de un barreno y se tomaron muestras de hasta 40 cm de profundidad y dentro del área de raíces y sombra del fuste de cada planta para su posterior análisis en laboratorio como se muestra en figura 11.
- Para el análisis físico se midió el diámetro de la planta a los 10 cm desde la base con ayuda de un vernier y la altura de esta desde la base hasta la punta del fuste utilizando un metro.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 11. Muestra de suelo más composta después de los seis meses de haberse aplicado.

2.5.5 Fase de laboratorio

A. Preparación de las muestras

Luego de obtener las muestras de cada tratamiento y repeticiones (24 muestras en total), se identificaron debidamente y se llevó al laboratorio para los análisis químicos y microbiológicos.

- Se secó a 65 y 105 grados Celsius en el horno de convección y se molió cada muestra para el análisis de nitrógeno y potasio, así como para los micronutrientes.
- Para el análisis de pH, conductividad eléctrica y unidades formadoras de colonias de microorganismos se utilizó suelo fresco sin secar ni moler.

B. Nitrógeno total por método de Kjeldhal

- Se secó cada muestra a 65 °C y se molió hasta quedar pulverizada.
- Se pesó 1 gramo de suelo de la muestra y se envolvió en papel parafinado.
- Los reactivos usados fueron: 1. Mezcla de catalizadores, K_2SO_4 , $CuSO_4$. y H_2SO_4 , ácido sulfúrico concentrado (grado industrial), ácido bórico (H_3BO_3) al 2 %, indicador, Hidróxido de Sodio (NaOH), 10 N. y ácido clorhídrico 0.01 N valorado.
- Se metió al digestor (figura 12) por 40 minutos en tubos, al salir se colocaron en matraces que contenían agua y perlas de ebullición.
- Tren de destilación Kjeldhal preparado previamente para ubicar matraces y obtener la recolección de nitrógeno.
- Titulación de Erlenmeyer con lo obtenido del proceso Kjeldhal, con lo que se valoró la cantidad presente en la muestra.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 12. Método Kjeldhal. A) Digestión de muestras. B) Tren de destilación Kjeldhal. C) Titulación de muestras.

C. Determinación de microelementos en el suelo

- Para este análisis se utilizó el método Mehlich No. 1 (Extracción doble ácido), los reactivos utilizados fueron HCl 1 N, H₂SO₄ 1 N al 95 % y una solución extractora (HCl 0.05 N + H₂SO₄ 1 N).
- Con la ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica (figura 13) se determinaron las cantidades de microelementos en los suelos muestreados.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 13. Determinación de microelementos. A) Disoluciones de las muestras de suelo. B) Espectrofotómetro de absorción atómica.

D. Determinación de pH

- En este análisis se utilizó el método analítico potenciométrico utilizando suelo fresco, agua destilada, solución de cloruro de potasio (KCl) 1N y solución de cloruro de calcio (CaCl₂)
- Se calibró el potenciómetro con solución reguladora patrón de pH 7 y pH 4 para en seguida tomar el dato de pH de las muestras como se observa en figura 14.

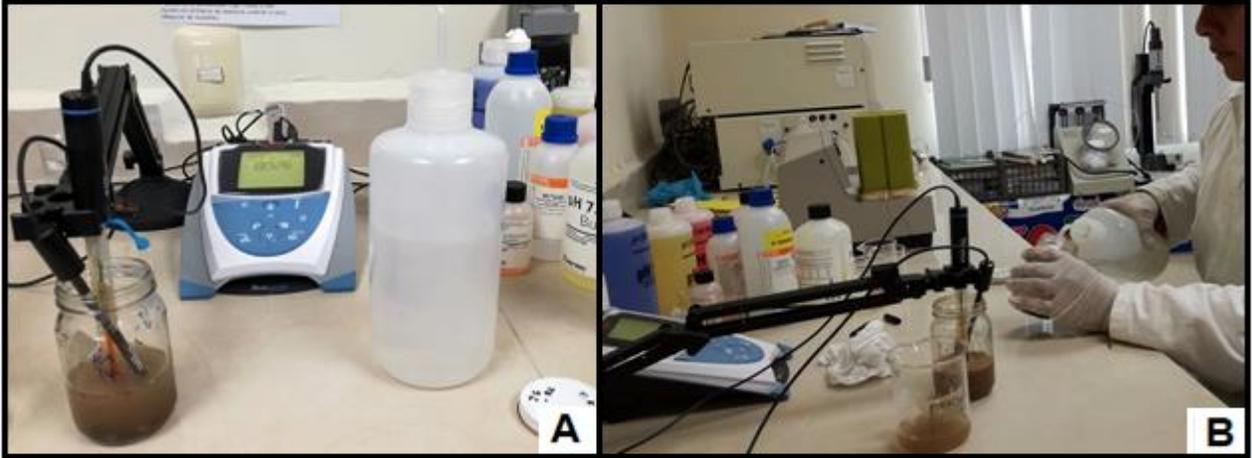


Figura 14. Determinación de pH. A) Calibración de potenciómetro. B) Toma de pH de las muestras. Fuente: Sotoj Castro, 2017.

E. Determinación de CE (Conductividad Eléctrica)

- En la determinación de la conductividad eléctrica se utilizaron las mismas soluciones de las muestras de suelo (figura 15) con las que se determinó el pH. Luego de calibrado el conductímetro se sumerge el electrodo en la solución y se obtiene el dato en micro siemens.



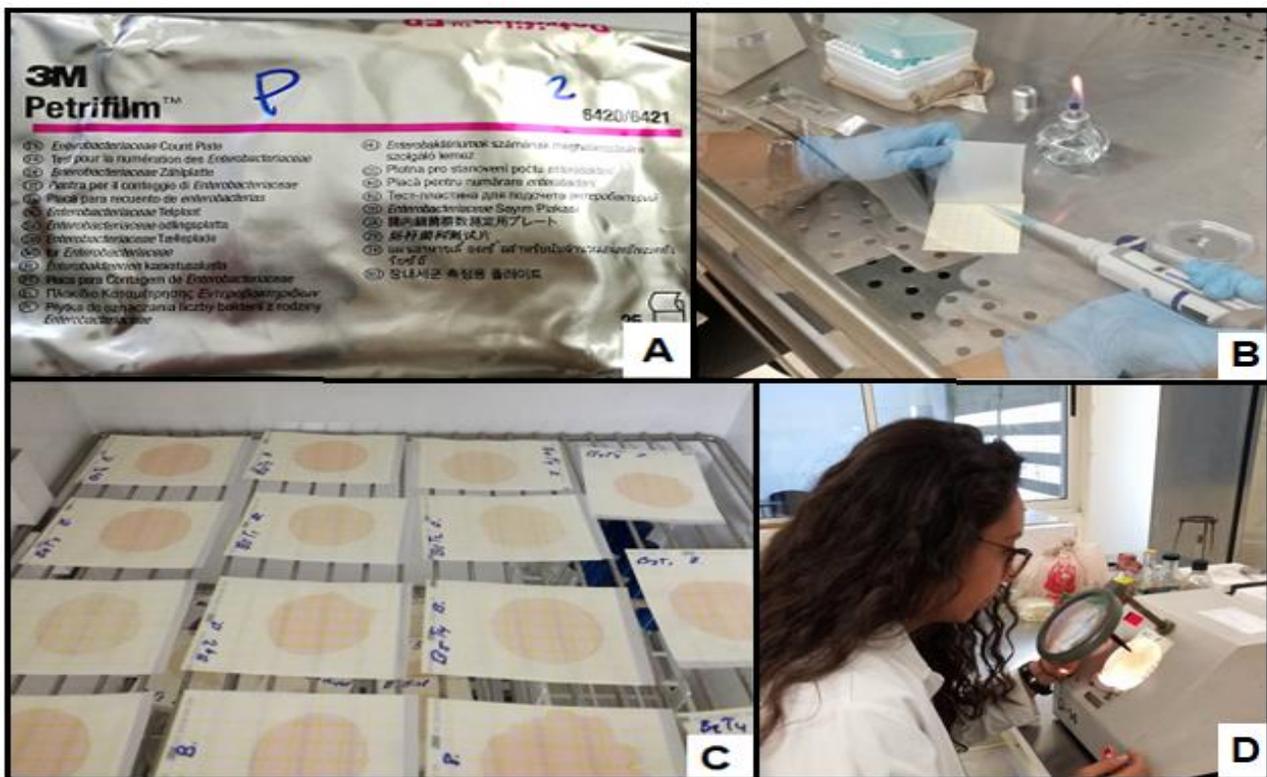
Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 15. Solución de las muestras de suelo analizadas de los tratamientos.

F. Determinación de microorganismos

- Se realizó una primera de dilución 1 g suelo de las muestras en 10 ml de agua destilada, se agita durante una hora.
- Se extrajo en 1 ml de la solución para realizar las diluciones de bacterias, hongos y levaduras.
- La inoculación se realizó colocando 1 ml de la dilución en placas Petrifilm con ayuda de pipeta electrónica, las placas se incubaron en un espacio estéril por un tiempo de 24 horas para bacterias y de tres a cinco días para hongos y levaduras.

Posteriormente se realizó el conteo de las unidades formadoras de colonias con una fuente de luz amplificada como se muestra en la figura 16.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 16. Determinación de microorganismos. A) Placas Petrifilm 3M. B) Inoculación de diluciones. C) Incubación de placas. D) Conteo de colonias.

2.6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se aplicaron 4 tratamientos diferentes dosis de compostas T1 (1 kg) T2 (2 kg) T3 (kg) y T4 (0 kg) y se evaluaron las características químicas, físicas y biológicas en laboratorio y físicas en campo. Se realizó un análisis previo al suelo del lote de siembra y a la composta utilizada para los tratamientos, los datos se muestran en el cuadro 5.

Cuadro 5. Características del suelo de lote Mundo Novo y de composta Bruno.

% N	ppm K	ppm Ca	ppm Cu	ppm Mg	ppm Zn	C.E. m.S.	pH	DAP g/cm ³
Suelo de Mundo Novo								
0.24	15.75	541	1.5	98.75	10.9	0.08	5.2	1.5
Composta Bruno								
0.96	140		1.25		0.5	0.8	7.7	1.2

2.6.1 Determinación de nitrógeno total

El análisis de nitrógeno total se realizó por el método Kjeldhal. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) no existe diferencia significativa en la media de porcentaje de nitrógeno en los cuatro tratamientos como se muestra en cuadro 6.

Cuadro 6. Resumen de ANDEVA para la variable de porcentaje de nitrógeno total en los tratamientos 1, 2, 3 y 4.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	0.01	3	0.0027	0.78	0.5238*
ERROR	0.05	15	0.00034		
TOTAL	0.09	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=21.5 %

El valor de F calculada (0.78) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula la cual dice que no existen diferencias significativas del porcentaje de nitrógeno entre tratamientos.

Cuadro 7. Prueba de Tukey para % nitrógeno en 4 diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA PORCENTAJE DE N	Tukey (<0.05)
T4 (0 Kg)	0.29	A
T2 (2 Kg)	0.29	A
T1 (1 Kg)	0.27	A
T3 (3 Kg)	0.25	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El tratamiento 4 (0 kg) presente una media más alta (cuadro 7), no es estadísticamente significativa. En comparación con el análisis de suelo inicial el incremento del porcentaje de nitrógeno al agregarle la composta es muy poco al igual que los otros tratamientos.

El material orgánico tiene mayoritariamente dos elementos: carbono y nitrógeno; el primero brinda energía y tejidos de constitución, y el nitrógeno hace la función de multiplicación y crecimiento de los microorganismos.

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para los seres vivos, ya que es uno de los constituyentes principales de compuestos vitales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como también de las paredes celulares y clorofila en los vegetales. En la naturaleza existen dos fuentes principales de reserva de N para las plantas. La mayor es la atmósfera, en la cual el 78 % del aire es N. Se estima que por encima de una hectárea de suelo hay aproximadamente 300.000 toneladas de N.

El aire del suelo tiene normalmente una composición similar a la atmósfera, aunque ocasionalmente puede estar más enriquecido en alguna de las otras formas gaseosas, como N_2O o NH_3 , debido a la acción de procesos químicos o microbiológicos. La otra reserva importante de N es la materia orgánica del suelo (MOS). Del total del N que hay en el suelo, aproximadamente el 98 % se encuentra formando compuestos orgánicos.

A pesar de que el N es uno de los elementos más comunes del planeta, es también el nutriente que más frecuentemente limita la producción de los cultivos.

Se puede decir que en la naturaleza existe una relación inversa entre la cantidad y la disponibilidad para las plantas de las distintas formas de N. Sin embargo, la baja disponibilidad del N orgánico del suelo asegura la existencia de una fuente de reserva de ese nutriente para la planta.

A diferencia del P y K, la dinámica del N en el suelo no está regulada por un equilibrio químico, sino principalmente por procesos biológicos, derivados de la actividad microbiana del suelo que afectan sobre todo a las formas minerales y a las formas orgánicas de reserva. Ejemplos de estos procesos son la mineralización, nitrificación, amonificación, desnitrificación, etc. Debido a que la mayoría del N del suelo es orgánico, existe siempre una estrecha asociación entre los contenidos de materia orgánica del suelo (MOS) y de N total del suelo (Perdomo, s.f.).

2.6.2 Factores que afectan la cantidad de N total del suelo

Como se puede observar ningún tratamiento de dosis de compostas fue significativo estadísticamente, varios factores pudieron afectar que el nitrógeno total aportado por la composta no fuera asimilado al suelo. Dentro de estos factores más relevantes podemos mencionar:

- **Clima y vegetación.** El clima, actuando a través de la temperatura y la humedad, junto con el tipo de vegetación, determinan la cantidad de N de suelos que nunca han sido laboreados.
- **Efectos locales** como topografía, orientación de la pendiente, tipo de suelo, material madre y manejo. Pendientes pronunciadas, orientación y tipos de arcillas pueden afectar la cantidad de N total.

2.6.3 Determinación de potasio

La concentración de potasio se determinó por medio de espectrofotometría, a partir de diluciones. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) al menos un tratamiento es significativo en la media de concentración de potasio en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Resumen de ANDEVA para la variable de concentración de potasio en los tratamientos 1, 2, 3 y 4.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	160026.49	3	53342.16	14.68	0.0001*
ERROR	54507.68	15	3633.85		
TOTAL	431316.91	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 24.79 %

El valor de F calculada (14.68) es mayor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c > F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis alterna la cual dice que si existe diferencia significativa de la concentración de potasio en al menos un tratamiento. Y se demuestra en el cuadro siguiente de post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey.

Cuadro 9. Prueba de Tukey para la concentración de potasio en los 4 diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE CONCENTRACION DE K	Tukey (<0.05)
T1 (1 Kg)	380.67	A
T3 (3 Kg)	213.65	B
T2 (2 Kg)	211.91	B
T4 (0 Kg)	166.13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes. Fuente: Sotoj Castro 2018.

El tratamiento 1 (1Kg) presente una media más alta y es estadísticamente significativa. En comparación con el análisis de suelo inicial y el de la composta, la concentración de potasio incremento.

El potasio es muy importante para la planta ya que se considera un elemento mayor y es muy importante en la planta de café, como lo explica ANACAFE, el potasio lo requieren los tejidos vegetales en mayor cantidad que los demás cationes, lo que confirma su alto requerimiento por la planta de café, b) como activador enzimático, se sabe que más de 60 enzimas son activadas por este elemento, c) está presente en todos los tejidos vegetales y tiene gran movilidad, d) incrementa el efecto del nitrógeno y contribuye a la fijación del nitrógeno atmosférico, y acelera y mejora el flujo y translocación de los metabolitos, e) controla el nivel hídrico de las hojas, mejora el estado de la planta en épocas secas y el efecto de bajas temperaturas, f) propicia mejores sistemas de conducción internos, y le da resistencia a plagas y enfermedades, y g) mejora el color, la calidad y la resistencia del grano.

El potasio en los microorganismos es importante porque regula la presión osmótica del líquido celular, transfiere azúcares a distintas partes del organismo, interviene en las reacciones enzimáticas de las síntesis proteicas (Mirabelli, 2008).

La concentración de potasio en el tratamiento 1, suple el requerimiento de potasio de café (175.5 ppm) es ayudaría al crecimiento y desarrollo de la planta, ya que es importante también para el sabor y color del fruto el cual se busca en café de especialidad.

2.6.4 Determinación de microelementos (Ca, Mg, Cu y Zn)

La concentración de microelementos (Ca, Mg, Cu, Zn) se determinó por medio de espectrofotometría, a partir de diluciones. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) para cada microelemento ninguno de los tratamientos presenta diferencias es significativas en las medias de concentración de estos microelementos en los cuatro tratamientos.

Cuadro 10. Resumen de ANDEVA de concentraciones de microelementos.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
Calcio					
TRATAMIENTOS	153208.34	3	51069.45	1.18	0.3507*
ERROR	649472.25	15	43298.15		
TOTAL	923594.14	23			
Magnesio					
TRATAMIENTOS	3547.73	3	1182.58	1.01	0.1891
ERROR	9814.4	15	654.29		
TOTAL	28610.25	23			
Zinc					
TRATAMIENTOS	76.9	3	25.56	3.78	0.0335
ERROR	101.5	15	6.77		
TOTAL	377.11	23			

*Significancia estadística del 5 %.

Para todos los microelementos Ca y Mg el valor de F calculada es menor que F tabulada para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se aceptan las hipótesis nulas la cual dice que no existen diferencias significativas en las concentraciones de Ca, Mg, Cu, entre los 4 diferentes tratamientos. Y se demuestra en el cuadro de post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey en la cual ninguna literal cambia corroborando no existe ninguna diferencia significativa.

En el caso de la concentración media de calcio del tratamiento 1 en la prueba de Tukey (1725.6 ppm) suple el requerimiento de este elemento para el cultivo de café (1,200 ppm) y de la concentración inicial del suelo (541 ppm) indicando que hay un aumento de la concentración de este elemento. El calcio es reconocido como el "segundo precursor". Juega un papel importante como regulador en el crecimiento de las plantas, en su desarrollo y habilidad para adaptarse a las condiciones adversas del ambiente.

En el caso de la concentración media de magnesio del tratamiento 1 en la prueba de Tukey (166.54 ppm) suple el requerimiento de este elemento para el cultivo de café (150 ppm) y de la concentración inicial del suelo (98.75 ppm) indicando que hay un ligero aumento en la concentración de este elemento.

El magnesio cumple las siguientes funciones en la planta: a) Forma parte de la molécula de la clorofila, b) participa en la producción de fotosíntesis, c) interviene en la formación de carbohidratos, y d) estimula el desarrollo de microorganismos favorables del suelo y facilita la fijación del nitrógeno por las leguminosas (ANACAFE,2012). En los microorganismos interviene en la activación enzimática y en la regulación de la presión osmótica al igual que el calcio (Mirabelli, 2008).

La concentración media de zinc del tratamiento 4 en la prueba de Tukey (12.33 ppm) suple el requerimiento de este elemento (1 a 5 ppm) para el cultivo de café, es estadísticamente significativa ya que la $F_c < F_t$, y aumento la concentración inicial de este elemento en el suelo (10.9 ppm) aunque para este caso el tratamiento cuatro no tiene ninguna dosis de composta, por ende la composta no incremento la concentración de este elemento en el suelo. El zinc favorece el crecimiento de los frutos y de las plantas, así como la absorción del fósforo, y el cinc es responsable de la síntesis de auxinas (hormonas del crecimiento).

2.6.5 Determinación de pH

El valor del pH se determinó por medio de un potenciómetro. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) ningún tratamiento es significativo en la media de pH en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro 11.

Cuadro 11. Resumen de ANDEVA para la variable pH en los 4 diferentes tratamientos.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	0.67	3	0.22	1.05	0.4012*
ERROR	3.23	15	0.22		
TOTAL	11.26	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 6.51 %

El valor de F calculada (1.05) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula la cual dice que no existen diferencias significativas de la variable pH entre los 4 diferentes tratamientos. Se realizó el post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey para los tratamientos como se muestra en el cuadro12.

Cuadro 12. Prueba de Tukey para pH en 4 diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE pH	Tukey (<0.05)
T1 (1 Kg)	7.36	A
T3 (3 Kg)	7.19	A
T2 (2 Kg)	7.04	A
T4 (0 Kg)	6.91	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Aunque el tratamiento 1 tenga una media más alta (7.36) esto es indicativo de un pH más cercano al neutro que afecta directamente en la absorción de nutrientes para la planta que en el caso del cultivo de café este prefiere un pH más ácido (5 a 6.5). Sin embargo valores de pH más bajos de 6, retardan inicialmente la actividad del compostaje.

Al aumentar el pH por agregados de Ca, se acelera la degradación del compost y la degradación de proteínas por los microorganismos es más rápido entre pH: 7-8. El curso del pH puede utilizarse como indicador de la actividad microbiológica, porque el pH está unido a la descomposición del N, ya que la conservación del N en el compost por conversión en formas menos utilizables, es lo deseado (Mirabelli, 2008).

2.6.6 Determinación de CE (conductividad eléctrica)

El valor de la conductividad eléctrica se determinó por medio de un conductímetro. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) ningún tratamiento es significativo en la media de C.E. en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro 13.

Cuadro 13. Resumen de ANDEVA para la conductividad eléctrica en los 4 diferentes tratamientos.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	0.01	3	2.8	0.53	0.6712*
ERROR	0.8	15	0.01		
TOTAL	0.2	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 41.21 %

El valor de F calculada (0.53) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula la cual dice que no existen diferencias significativas de la variable C.E. entre los 4 diferentes tratamientos. Se realizó el post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey para los tratamientos como se muestra en el cuadro 14.

Cuadro 14. Prueba de Tukey para CE en 4 diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE C.E.	Tukey (<0.05)
T1 (1 Kg)	0.20	A
T3 (3 Kg)	0.16	A
T4 (0 Kg)	0.19	A
T2 (2 Kg)	0.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El tratamiento posee la media más alta (0.20 mS) no es significativa. La salinidad de un suelo o agua, se refiere a la cantidad de sales presentes en solución, y puede ser estimada

indirectamente mediante la medición de la conductividad eléctrica. El valor de CE es influenciado por la concentración y composición de las sales disueltas. A mayor valor de CE, mayor es la salinidad presente.

Es importante considerar que todos los fertilizantes inorgánicos son sales y por lo mismo tienen un efecto directo sobre la CE. 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.

2.6.7 Determinación de UFC de bacterias

Las UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de bacterias se determinó utilizando placas Petrifilm. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) al menos un tratamiento es significativo en la media de unidades formadoras de colonias de bacterias en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro 15.

Cuadro 15. Resumen de ANDEVA para la variable de UFC de bacterias.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	10824.67	3	3608.22	1.17	0.3533
ERROR	46172.33	15	3078.16		
TOTAL	83979	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 54.4 %

El valor F calculada (1.11) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula la cual dice que no existe diferencia significativa de la cantidad de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de bacterias en los tratamientos. Y se demuestra en el cuadro 16 de post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey.

Cuadro 16. Prueba de Tukey para las UFC de bacterias en los 4 tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE UFC DE BACTERIAS	Tukey (<0.05)
T3 (3 Kg)	138.83	A
T4 (0 Kg)	96.83	A
T2 (2 Kg)	88.5	A
T1 (1 Kg)	86.5	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El mayor número de unidades formadoras de colonias (UFC) lo obtuvo el tratamiento 3 (3 kg de composta) sin embargo no es significativo. Las bacterias son el grupo más importante de los microorganismos que intervienen en las primeras fases del compostaje, las especies *Alcaligenes faecalis*, *Bacillus*, *Clostridium thermocellum*, *Escherichia coli*, *Flavobacterium* sp. se logran multiplicar rápidamente y soportar altas temperaturas, estas bacterias termofilicas aumentan su número cuando el compostaje es más cuidadoso, entre los microorganismos existen actinomicetes relacionados a la calidad final.

2.6.8 Determinación de UFC de hongos y levaduras

Las UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de hongos y levaduras se determinó utilizando placas Petrifilm. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) al menos un tratamiento es significativo en la media de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de hongos y levaduras en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17. Resumen de ANDEVA para la variable de UFC de hongos y levaduras.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	26.83	3	8.94	2.88	0.0711
ERROR	46.67	15	3.11		
TOTAL	103.83	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=60.47 %

El valor F calculada (2.06) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alterna la cual dice que si existe diferencia significativa de la cantidad de UFC (Unidades Formadoras de Colonias) de hongos y levaduras en al menos un tratamiento. Y se demuestra en el cuadro 18 de post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey.

Cuadro 18. Prueba de Tukey para las UFC) de hongos y levaduras en los 4 tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE UFC DE HONGOS Y LEVADURAS	Tukey (<0.05)
T3 (3 Kg)	4.67	A
T2 (2 Kg)	2.67	A
T1 (1 Kg)	2.50	A
T4 (0 Kg)	1.83	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El mayor número de unidades formadoras de colonias (UFC) lo obtuvo el tratamiento 3 (3Kg de composta) sin embargo no es significativo. Los hongos encontrados frecuentemente en compost son *Aspergillus* y *Penicillium* con la capacidad de transformar sustancias polímeras y sintéticas, los hongos al depender de compuestos celulósicos para tener energía necesitan de un buen nivel de materia orgánica y aireación.

2.6.9 Altura de la planta

La variable altura de la planta se determinó por medio de un metro. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) ningún tratamiento es significativo en la media de altura de la planta en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro siguiente.

Cuadro 19. Resumen de ANDEVA para altura de plantas en los 4 diferentes tratamientos.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	111.48	3	37.16	1.30	0.3118*
ERROR	429.69	15	28.65		
TOTAL	1180.93	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 8.79 %

El valor de F calculada (1.30) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula la cual dice que no existen diferencias significativas de la variable altura de la planta entre los 4 diferentes tratamientos. Se realizó el post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey para los tratamientos.

Cuadro 20. Prueba de Tukey para altura de planta en los 4 diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE ALTURA	Tukey (<0.05)
T1 (1 Kg)	67.47	A
T2 (2 Kg)	59.98	A
T3 (3 Kg)	60.27	A
T4 (0 Kg)	58.75	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El tratamiento 1 posee la media más alta (67.47 cm) pero no es significativa. Sin embargo es una característica física que nos indica un pequeño crecimiento en las plantas tratadas con 1 kg de composta. La composta como un complejo de microorganismos puede hacer eficientes la absorción de los elementos para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

2.6.10 Diámetro de la planta

Se determinó el diámetro de la planta con el uso de un Vernier. Se analizaron las 24 muestras de suelo más compost de los diferentes tratamientos. Según el análisis de varianza ($p < 0.005$) ningún tratamiento es significativo en la media de diámetro de la planta en los cuatro tratamientos como se muestra en el cuadro 21.

Cuadro 21. Resumen de ANDEVA para diámetro de plantas en los 4 diferentes tratamientos

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GL	CUADRADOS MEDIOS	VALOR DE F	P-VALOR
TRATAMIENTOS	0.09	3	0.03	2.35	0.1131*
ERROR	0.19	15	0.01		
TOTAL	0.37	23			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 10.36 %

El valor de F calculada (2.35) es menor que F tabulada (3.67) para tratamientos con 5 % de significancia ($F_c < F_t$) por lo tanto se acepta la hipótesis nula la cual dice que no existen diferencias significativas de la variable altura de la planta entre los 4 diferentes tratamientos. Se realizó el post-ANDEVA de prueba de medias de Tukey para los tratamientos.

Cuadro 22. Prueba de Tukey para diámetro de la planta en 4 diferentes tratamientos.

TRATAMIENTO	MEDIA DE DIÁMETRO	Tukey (<0.05)
T1 (1 Kg)	1.17	A
T2 (2 Kg)	1.0	A
T3 (3 Kg)	1.06	A
T4 (0 Kg)	1.10	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

El tratamiento 1 posee la media más alta (1.17 cm) pero no es significativa. Sin embargo es una característica física que nos indica un pequeño crecimiento en el diámetro de las plantas tratadas con 1 Kg de composta.

2.7 CONCLUSIONES

1. De los cuatro diferentes tratamientos de dosis de composta (1 kg, 2 kg, 3 kg y 0 kg), ninguna dosis presento una diferencia significativa en cuanto al incremento de porcentaje de N, microelementos, unidades formadoras de colonias de bacterias, hongos y levaduras, pH, C.E. y altura y diámetro de la planta. De las características químicas evaluadas (pH, CE, N, K, Ca, Mg, Cu, Zn) solo la concentración de potasio (k) incremento significativamente en el tratamiento con dosis de 1 kg de composta.
2. La cuantificación de unidades formadoras de colonias (UFC) de hongos y levaduras no tuvo una diferencia significativa entre tratamientos.
3. De los cuatro tratamientos con dosis de compostas, ninguno tuvo diferencia significativa en cuanto a la altura y diámetro de la planta.

2.8 RECOMENDACIÓN

Se recomienda aplicar 1 kg de composta dado que presenta un incremento en la concentración de Potasio el cual es importante en la fructificación de la planta de café aportando mejores características organolépticas al grano y por ende una mejor calidad de taza, así como hay un incremento en la concentración de Zinc que es determinante en la fisiología de la planta.

2.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Arias, N. 2012. El café, taxonomía del café (en línea). Colombia. Consultado 14 jul. 2018. Disponible en <http://cafecooludec.blogspot.com/2012/10/taxonomia-del-cafe.html>
2. Colmenares, R. 2009. Fundamentos científicos y bases técnicas de la agricultura biodinámica (en línea). Madrid, España. Consultado 13 jul. 2018. Disponible en <http://biodinamica.es/wp-content/uploads/documentos/FundamentosBiodinamicaR.Colmenares.pdf>
3. Ejea Mendoza, M. 2009. Café y cultura productiva en una región de Veracruz (en línea). Nueva Antropología 22(70):33-56. Consultado 14 mar. 2017. Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-06362009000100003
4. Forschungsring, Alemania. 2015. Kurzbeschreibung der biologisch-dynamischen Präparate [Descripción y principios de las preparaciones biodinámicas] (en línea). Darmstadt, Alemania. Consultado 11 jul. 2018. Disponible en <http://www.forschungsring.de/forschung-entwicklung/praeparate/herstellung/?L=1%23>
5. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía, México). 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Coatepec, Veracruz de Ignacio de la Llave (en línea). México. Serie III. Esc. 1:250,000. Consultado 14 mar. 2017. Disponible en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30038.pdf
6. INIREB (Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, México). 1987. La morfología en la ordenación de los paisajes rurales (en línea). Veracruz, México. Consultado 14 jul. 2018. Disponibles en http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers15-09/010031733.pdf
7. Kabisch, H. 2001. Guía práctica para los preparados biodinámicos (en línea). Madrid, España. Consultado 10 jul. 2018. Disponible en http://aabda.com.ar/wp-content/uploads/Guia_practica_para_la_elaboracion_de_los_Preparados.pdf
8. Koepf, H. 2012. Koepf's practical biodynamics: Soil, compost, sprays and food quality. Great Britain, Floris Books. 164 p.
9. Masson, P. 2009. Biodinámica: Guía práctica para uso de agricultores y aficionados. España, Fertilidad de la Tierra. 152 p.

10. _____. 2013. Los preparados biológicos –dinámicos (en línea). Dornach, Suiza. Consultado 10 jul. 2018. Disponible en <http://www.sektion-landwirtschaft.org/es/home/agricultura-biodinamica/los-preparados-biologico-dinamicos/>
11. Mirabelli, E. 2008. El compostaje proyectado a la lombricultura (en línea). Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 324 p.
12. OIC (International Coffee Organization, Inglaterra). 2010. Historia del café (en línea). Londres, Inglaterra. Consultado 9 abr. 2017. Disponible en http://www.ico.org/ES/coffee_storyc.asp
13. Perdomo, C; Barbazán, M. 2001. Nitrógeno (en línea). Montevideo, Uruguay, Universidad de la Republica, Facultad de Agronomía, Área de Suelos y Agua, Catedra de Fertilidad. Consultado 16 jul. 2018. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>
14. Pfeiffer E. 2001. Introducción al método agrícola biodinámico (en línea). Consultado 8 abr. 2017. Disponible en http://aabda.com.ar/wp-content/uploads/Introduccion_a_la_agricultura_Biodinamica.pdf
15. _____. 2012. La fertilidad de la tierra: Origen de la agricultura biodinámica. Trad. Oscar Mario Copello. Buenos Aires, Argentina, Editorial Antroposófica. 385 p.
16. Roca, N; Pazos, MS; Bech, J. 2007. Disponibilidad de hierro, cobre, manganeso y zinc en suelos no argentinos (en línea). Ciencia del Suelo (Argentina) 25(1):31-42. Consultado 14 jul. 2018. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/cds/v25n1/v25n1a05.pdf>
17. Román, P; Martínez, M; Pantoja, A. 2013. Manual de compostaje del agricultor (en línea). Santiago de Chile. FAO. Consultado 8 abr. 2017. Disponible en <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
18. SEFIPLAN (Secretaría de Finanzas y Planeación del Estado de Veracruz, México). 2016. Sistema de información municipal (en línea). Veracruz, México. Consultado 13 jul. 2018. Disponible en <http://ceieg.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/21/2016/05/Coatepec.pdf>
19. Zamarripa Colmenero, A; Escamilla Prado, E. 2002. Variedades de café en México: Origen, características y perspectivas. Veracruz, México, Fundación Produce de Veracruz. p. 2-4, 12.

2.10 ANEXOS



Fuente: Sotoj Castro 2017.

Figura 17A. Muestreo de suelo en rancho El Equimite.



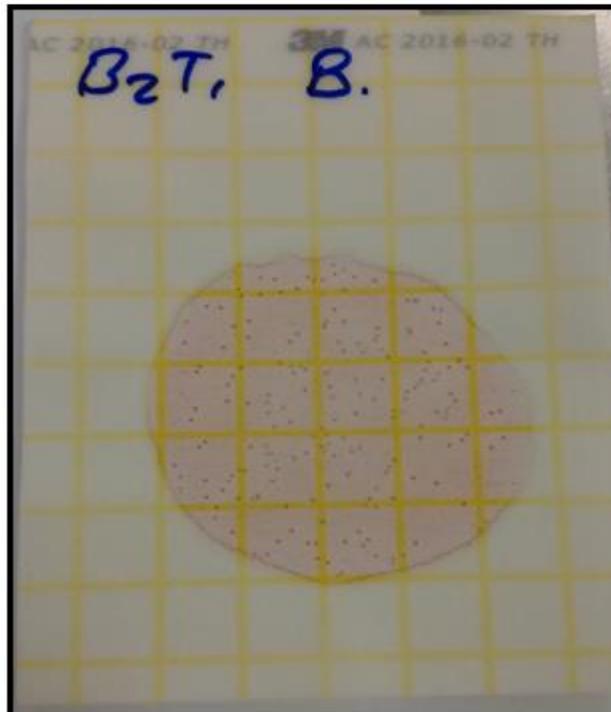
Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 18A. Aplicación de biopreparados en composta.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 19A. Identificación de las plantas de café por tratamiento.



Fuente: Josué Sotoj, 2017.

Figura 20A. Placa Petrifilm 3M luego de incubación para conteo de bacterias.



CAPÍTULO III

**SERVICIO REALIZADO EN RANCHO EL EQUIMITE
VERACRUZ, MÉXICO**

3.1 PRESENTACIÓN

Como parte del Ejercicio Profesional Supervisado se realizó un servicio en Rancho El Equimite ubicado en el municipio de Coatepec en Veracruz, México. Esta región se caracteriza por ser un área cafetalera de buena calidad dada las condiciones geográficas del lugar y su historia dentro de la producción de café en México.

Rancho El Equimite se maneja con principios biodinámicos y otros métodos de agroecológicos enfocado en la producción de café biodinámico de exportación y otra área pequeña de huerto hortícola para una red de consumo responsable del área, es por ello que el manejo de la fertilidad de suelos es un tema importante para el rancho, ya que de ella depende las funciones fisiológicas productividad y salud de la planta.

Dentro del marco del manejo de la fertilidad del rancho surgió la necesidad de hacer un estudio químico y físico del suelo para determinar el estado del suelo en ese momento y tener una idea más clara del mismo, ya que no se había realizado un muestreo y análisis como herramienta para realizar el manejo de la fertilidad. Por ello se realizó un muestreo de suelos de los lotes más importantes y representativos del rancho para llevarlo a laboratorio y determinar variables de interés. La fase de análisis de laboratorio se llevó a cabo en la Facultad de Agronomía de La Universidad Autónoma de Nuevo León, en Nuevo León, México.

3.2 SERVICIO 1: MUESTREO Y ANÁLISIS QUÍMICO Y FÍSICO DE SUELOS DE LOTES DE RANCHO EL EQUIMITE VERACRUZ, MÉXICO.

3.2.1 Objetivo

- Realizar un muestreo de suelos del Rancho El Equimite y analizar sus características químicas y físicas en laboratorio.

3.2.2 Metodología

La metodología se dividió en fase de campo y fase de laboratorio.

En la fase de campo se tomaron muestras representativas de los lotes de interés, por medio de un barreno (figura 21) tipo Riverside para suelos. Se realizó el muestreo en forma de “W” en cada uno de los lotes a una profundidad de 45 cm cubriendo el área de raíz y en el perímetro del fuste de la planta de café.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 21. Muestreo de suelos en plantación de café utilizando barreno.

Luego se tomaron las muestras y se secaron, homogenizaron y se guardaron e identificaron debidamente para su traslado a la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León como se muestra en la figura 22.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 22. Secado de muestras de suelos previo a llevarlas a laboratorio.

Luego de obtener las muestras de cada tratamiento y repeticiones (24 muestras en total), se identificaron debidamente y se llevó al laboratorio para los análisis químicos y físicos.

- Se secó a 65 y 105 grados Celsius en el horno de convección y se molió cada muestra para el análisis de nitrógeno y potasio, así como para los micronutrientes.
- Para el análisis de pH, conductividad eléctrica se utilizó suelo fresco sin secar ni moler.

Nitrógeno total por método de Kjeldhal:

- Se secó cada muestra a 65 °C y se molió hasta quedar pulverizada.
- Se pesó 1 gramo de suelo de la muestra y se envolvió en papel parafinado.

- Los reactivos usados fueron: 1. Mezcla de catalizadores, K_2SO_4 , $CuSO_4$. y H_2SO_4 , ácido sulfúrico concentrado (grado industrial), ácido bórico (H_3BO_3) al 2%, indicador, Hidróxido de Sodio ($NaOH$), 10N. y ácido clorhídrico 0.01N valorado.
- Se metió al digestor por 40 minutos en tubos, al salir se colocaron en matraces que contenían agua y perlas de ebullición.
- Tren de destilación Kjeldhal (figura 23) preparado previamente para ubicar matraces y obtener la recolección de nitrógeno.
- Titulación de Erlenmeyer con lo obtenido del proceso Kjeldhal, con lo que se valoró la cantidad presente en la muestra.



Fuente: Sotoj Castro, 2017

Figura 23. Tren de destilación Kjeldhal.

Determinación de micro elementos en el suelo:

- Para este análisis se utilizó el método Mehlich No. 1 (extracción doble ácido), los reactivos utilizados fueron HCl 1N, H_2SO_4 1N al 95% y una solución extractora (HCl 0.05 N + H_2SO_4 1N).
- Con la ayuda del espectrofotómetro de absorción atómica se determinaron las cantidades de micro elementos en los suelos muestreados.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 24. Determinación de micro elementos. A) Disoluciones de las muestras de suelo. B) Espectrofotómetro de absorción atómica.

Determinación de pH:

- En este análisis se utilizó el método analítico potenciométrico utilizando suelo fresco, agua destilada, solución de cloruro de potasio (KCl) 1N y solución de cloruro de calcio (CaCl_2)
- Se calibró el potenciómetro con solución reguladora patrón de pH 7 y pH 4 para en seguida tomar el dato de pH de las muestras.

Determinación de CE (Conductividad Eléctrica):

- En la determinación de la conductividad eléctrica se utilizaron las mismas soluciones de las muestras de suelo con las que se determinó el pH. Luego de calibrado el conductímetro se sumerge el electrodo en la solución y se obtiene el dato en micro siemens.



Fuente: Sotoj Castro, 2017.

Figura 25. Toma de pH y C.E. por medio del potenciómetro.

3.2.3 Resultados

Los resultados obtenidos del análisis de suelos se muestran en el cuadro 23.

Cuadro 23. Análisis de suelos de lotes de Rancho El Equimite.

LOTE:	CATURRA Y BOURBON	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.14	39.48	333.9	0.19	7.9	27.9	0.1	6	1.8 g/cm ³
LOTE:	VERTIENTE 1	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.31	21.39	297	0.22	6.9	24.55	0.15	5.05	1 g/cm ³
LOTE:	VERTIENTE 2	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.2	20.2	113.7	0.06	5.42	17.4	0.1	4.94	1 g/cm ³
LOTE:	PLAN GARNICA	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.07	35.74	408.97	0.01	13	35.1	0.12	5.74	1.1 g/cm ³
LOTE:	TYPICA LUNA	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.47	4.228	553.65	0.2	4.6	26.05	0.7	5.17	1.3 g/cm ³

LOTE:	MUNDO NOVO	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.24	12.47	162.52	0.12	5.4	19.75	0.08	5.2	1.5 g/cm ³
LOTE:	HUERTO	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.45	71.3	497.32	0.04	5.2	47.3	0.14	6.79	1.8 g/cm ³
LOTE:	HURETO LUNA	ppm						
N total %	K ppm	Ca	Cu	Zn	Mg	C. E. mS	pH	DAP
0.33	102.45	593.3	0.15	4.9	41.65	0.5	5.21	1.8 g/cm ³

Fuente: Sotoj Castro, 2017.

3.6 CONCLUSIÓN

Se realizaron muestreos de suelos y análisis químicos y físicos de suelos de Rancho El Equimite con la finalidad de observar el estado de los suelos de las variables de interés, siendo estos análisis una herramienta para el manejo de la fertilidad de los suelos.

3.7 RECOMENDACIÓN

Se recomienda hacer un muestreo de suelos y análisis químicos y físicos con variables relevantes una vez cada año para poder conocer el estado de los suelos en el rancho y poder tener una herramienta confiable para el manejo de la fertilidad de los suelos.

3.8 EVALUACIÓN

Se cumplió con el objetivo propuesto en este capítulo en un 80% ya que por falta de reactivos en el laboratorio utilizado para hacer los análisis no se pudieron obtener otros elementos y variables que se considera son importantes para mejorar esta herramienta de diagnóstico.

3.8 BIBLIOGRAFÍA

1. INIA (Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Venezuela). 2015. Análisis de suelos para diagnóstico de fertilidad; Manual de métodos y procedimientos de referencia (en línea). Yaracuy, Venezuela. p. 208. Consultado 14 mar. 2017. Disponible en <http://www.sian.inia.gob.ve/pdfpnp/Manual%20 analisis%20de%20suelos.pdf>
2. Fassbender, H; Bornemisza, E. 1994. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. 2 ed. San José, Costa Rica, IICA. 420 p. (Libros y Materiales Educativos).
3. Rodríguez Fuentes, H; Rodríguez Absi, J. 2015. Métodos de análisis de suelos y plantas: criterios de interpretación. Nuevo León, México, Trillas. 196 p.