UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PROPORCIÓN DE MEZCLA Y FRECUENCIA DE VOLTEO EN PROCESO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE VACA Y RESTOS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) EN FAUANL. DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN RANCHO-ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO.

LISSETTE ALEJANDRA PÉREZ ALVAREZ

GUATEMALA, ABRIL DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PROPORCIÓN DE MEZCLA Y FRECUENCIA DE VOLTEO EN PROCESO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE VACA Y RESTOS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) EN FAUANL. DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN RANCHO-ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO.

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

POR

LISSETTE ALEJANDRA PÉREZ ALVAREZ

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERA AGRÓNOMA

EN

SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, ABRIL DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR

ING. M.Sc. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	**Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López**
VOCAL PRIMERO	**Dr. Tomás Antonio Padilla Cámbara**
VOCAL SEGUNDO	**Dra. Griselda 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, ABRIL DE 2019

Guatemala, abril 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: **"PROPORCIÓN DE MEZCLA Y FRECUENCIA DE VOLTEO EN PROCESO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE VACA Y RESTOS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) EN FAUANL. DIAGNÓSTICO Y SERVICIO REALIZADO EN RANCHO-ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO."**, Como requisito previo a optar al título de Ingeniera Agrónoma en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciada.

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

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Lissette Alejandra Pérez Alvarez

ACTO QUE DEDICO

A DIOS Todopoderoso por darme la vida, por el infinito amor que me ha mostrado, por cuidarme como la niña de sus ojos y protegerme bajo la sombra de sus alas.

A MIS PADRES Héctor Pérez y Edith Alvarez por el amor que me han brindado, por estar siempre a mi lado, por mostrarme lo que es bueno y malo, por el apoyo incondicional, por el esfuerzo que nosotros sabemos que se ha realizado para llegar hasta este día, porque no todos los días han sido fáciles pero me han mostrado que hay que luchar y ser fuerte.

A MIS HERMANOS Junior y Jerry, por el ejemplo que son ambos para mí, por todo el apoyo que me han brindado a lo largo de mi vida, los quiero mucho.

A MI FAMILIA Tíos y primos por estar pendiente de mí, por sus palabras de apoyo y a Kayla por toda su ternura.

A MIS AMIGOS Que han sido parte importante de mi vida, por todos los gratos momentos vividos.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A DIOS Por tantas bendiciones y las oportunidades que me ha dado.

A GUATEMALA Mi querida tierra de la eterna primavera, de tantas bellezas naturales, a la que tanto extrañé al estar lejos de ella y por la que trabajaré para que sea un lugar mejor, armonioso y de paz.

A UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA – USAC

FACULTAD DE AGRONOMÍA

Alma Mater que abrió sus puertas para formarme como profesional y por el conocimiento en ella adquirido.

A MI FAMILIA Por su amor, por acompañarme en este camino, por los sacrificios hechos y por todo lo que me brindaron, los amo.

A MIS AMIGOS Gracias por su amistad a lo largo de mi vida, Stephanny Wallescka Simón, Dina Ramírez, Diego Araujo, Mafer Estrada, Sharon Pineda, Gabriela Herrera, a mis colegas María Goretti Pérez, Josué Sotoj, Kenneth Loarca, Anayanci Meléndez, Franky Rosales, Laura Zuleta, Jonathan Amado, Rodrigo Salazar, Carlos Donis, Benjamín Calí.

A MÉXICO Por poder conocer sus tierras, degustar su comida y por las personas que hicieron mejor mi estadía: Chepe, Adolfo, Vielman, Nathalia, Don Gerardo, Don Silvano, Doña Jose, Socorro y Gustavo, Don Ramiro, Anamar, May, Andrés, Enrique, Teresita, Jesús, Here, Karen, Jorge, Abraham, Nelly, Crecencio, Don Jorge, Doña Nora, Paul y el tierno Caturra.

AGRADECIMIENTOS

A mi mejor amigo y amor, Josué Sotoj Castro, por todo su apoyo, por hacerme ver que puedo hacer grandes cosas, a tomar riesgos y por su compañía.

A mi asesor Dr. Heberto Rodas Gaitán por compartir su conocimiento, por el apoyo en esta etapa, por su generosidad, hospitalidad y confianza en abrir las puertas de su casa y tener el gusto de conocerlos. Infinitamente agradecida con él y su familia.

A mi supervisor Ing. Agr. Hermógenes Castillo por su apoyo, consejos y asesoramiento para realizar este proceso.

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por el espacio brindado para mi investigación, la confianza en dejarme trabajar en sus laboratorios y la oportunidad de conocer gente maravillosa.

A Rancho Agrosol por recibirme y poder vivir rodeada de hermosos paisajes.

A Coatepec, Veracruz, Pueblo Mágico que me acogió.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido **Página**

RESUMEN……ix

CAPÍTULO I DIAGNÓSTICO DE RANCHO- ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO. 1

1.1 Presentación 3

1.1.1 Ubicación 3

1.1.2 Clima 4

1.2 Objetivos 4

1.2.1 General 4

1.2.2 Específicos 4

1.3 Metodología 4

1.3.1 Reconocimiento del área del rancho 5

1.3.2 Recopilación de información general de la cooperativa 5

1.3.3 Identificación de áreas trabajo 5

1.3.4 Conocer el área productiva del cultivo de café (C*offea arábiga* L.) 5

1.3.5 Evaluación de la información obtenida 6

1.4 Resultados 6

1.4.1 Área del Rancho-Escuela Agrosol 6

1.4.2 Organigrama de la cooperativa 6

1.4.3 Áreas de trabajo productivas 8

1.4.4 Área productiva del cultivo de café (C*offea arábiga* L.) 9

1.4.5 Análisis de problemas encontrados 10

1.5 Conclusiones 12

1.6 Recomendaciones 12

Contenido **Página**

1.7 Bibliografía 13

1.8 Anexos 14

CAPÍTULO II PROPORCIÓN DE MEZCLA Y FRECUENCIA DE VOLTEO EN PROCESO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE VACA Y RESTOS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) EN LA FACULTA DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.....17

2.1 Presentación 19

2.2 Marco Conceptual 20

2.2.1 Compostaje 20

2.2.2 Materia orgánica..... 23

2.2.3 Humus..... 23

2.2.4 Relación Carbono- Nitrógeno (C/N) 24

2.2.5 Humedad relativa 25

2.2.6 Temperatura..... 26

2.2.7 Aireación 26

2.2.8 pH y Conductividad Eléctrica (CE) 27

2.2.9 Microbiología..... 27

2.2.10 Residuos orgánicos..... 28

2.2.11 Dinamolisis Capilar de Pfeiffer 30

2.3 Marco Referencial 32

2.3.1 Ubicación 32

2.3.2 Orografía y edafología..... 32

2.3.3 Clima 33

2.4 Objetivos 33

2.4.1 Objetivo General 33

Contenido **Página**

2.4.2 Objetivos específicos....33
2.5 Hipótesis....33
2.6 Metodología....34
2.6.1 Ensayo experimental....34
2.6.2 Diseño experimental....34
2.6.3 Descripción de los tratamientos....35
2.6.4 Unidad experimental....35
2.6.5 Croquis de campo....36
2.6.6 Variables de respuesta....36
2.6.7 Manejo del experimento....37
2.7 Resultados y Discusión....45
2.7.1 Materia orgánica....45
2.7.2 Carbono orgánico total....46
2.7.3 Porcentaje de Humedad....48
2.7.4 pH....50
2.7.5 CE (Conductividad Eléctrica)....51
2.7.6 UFC de Bacterias....53
2.7.7 Temperatura....54
2.7.8 Características cualitativas por dinamolisis capilar de Pfeiffer....56
2.8 Conclusiones....60
2.9 Recomendaciones....61
2.10 Bibliografía....62
2.11 Anexos....65

Contenido **Página**

CAPÍTULO III SERVICIO REALIZADO EN RANCHO- ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO 69

3.1 Presentación 69

3.2 Servicio 1: Establecimiento y mantenimiento de vivero de café en Rancho- Escuela Agrosol, Coatepec, Veracruz, México. 70

3.2.1 Objetivos 70

3.2.2 Metodología 70

3.2.3 Resultados 74

B. Elaboración de insumos para manejo agronómico de las plantas del vivero 76

3.6 Conclusiones 77

3.7 Recomendaciones 77

3.8 Evaluación 77

3.9 Bibliografía 78

3.10 Anexos 79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura **Página**

Figura 1. Actividades generales realizadas para el diagnóstico. 5
Figura 2. Organigrama Agrosol. 7
Figura 3. Árbol de problema de plantas mal desarrolladas.. 11
Figura 4. Árbol de problema del proceso post cosecha.. 11
Figura 5A. Fotografías del rancho.. 14
Figura 6A. Fotografías del rancho.. 15
Figura 7. Gráfica de las fases del compostaje. 22
Figura 8. Esquema de la unidad experimental.. 36
Figura 9. Croquis de la distribución espacial de los tratamientos. 36
Figura 10. Fotografía de recolección de materiales.. 38
Figura 11. Fotografía de elaboración del compost. 38
Figura 12. Fotografía de volteo del compost.. 39
Figura 13. Fotografía de toma de temperaturas. 39
Figura 14. Fotografía del análisis fisicoquímico. 41
Figura 15. Fotografía de análisis biológico.. 42
Figura 16. Fotografía de la metodología de dinamolisis capilar de Pfeiffer. 43
Figura 17. Fotografía de la metodología de dinamolisis capilar de Pfeiffer.. 44
Figura 18. Gráfica de temperaturas del proceso de compostaje del tratamiento 1 al 5. 54
Figura 19. Gráfica de temperaturas del proceso de compostaje del tratamiento 6 al 10. 55
Figura 20. Fotografía de Dinamolisis capilar de Pfeiffer en sus diez tratamientos. 56
Figura 21. Fotografía de zonas de un cromatograma por dinamolisis capilar de Pfeiffer. 57
Figura 22A. Fotografías de la investigación.. 65
Figura 23. Fotografía del injerto Reyna de café. 72
Figura 24. Fotografía de homogenización del biofermento a base de ortiga. 73
Figura 25. Fotografía de la elaboración de biofermento a base de leguminosa.. 74
Figura 26. Fotografía del vivero de café. 75
Figura 27. Fotografías del crecimiento de los injertos.. 75
Figura 28. Fotografía de biofertilizantes fermentados.. 76

Figura **Página**

Figura 29. Fotografía de la aplicación de biofertilizante fermentado en vivero de café….. 76
Figura 30A. Fotografías del Área de café.. 79

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro **Página**

Cuadro 1. Área destinada a las áreas de trabajo. 8
Cuadro 2. Actividades en área de cultivo de café (Coffea arábiga L.). 9
Cuadro 3. Problemáticas en el área de cultivo de café. 10
Cuadro 4. Fases del compostaje. 21
Cuadro 5. Taxonomía de la moringa (Moringa oleIfera). 30
Cuadro 6. Descripción de los tratamientos. 35
Cuadro 7. Métodos y materiales para la determinación de fisicoquímicas. 40
Cuadro 8. Materiales para la determinación de microorganismos. 42
Cuadro 9. Metodología de Dinamolisis Capilar de Pfeiffer. 43
Cuadro 10. Resumen de ANDEVA para la variable materia orgánica 45
Cuadro 11. Comparación de medias % MO de proporción de mezcla. 45
Cuadro 12. Comparación de medias % MO de la frecuencia. 46
Cuadro 13. Resumen de ANDEVA para la variable carbono orgánico total 47
Cuadro 14. Comparación de medias % COT de proporción de mezcla 47
Cuadro 15. Comparación de medias % COT de volteo con cada proporción de mezcla. 48
Cuadro 16. Resumen de ANDEVA para la variable % de humedad 49
Cuadro 17. Prueba de Tukey para % de humedad en proporciones de mezcla. 49
Cuadro 18. Resumen de ANDEVA para la variable pH. 50
Cuadro 19. Prueba de Tukey para pH en las proporciones de mezcla. 51
Cuadro 20. Resumen de ANDEVA para la variable CE. 52
Cuadro 21. Comparación de medias CE de proporción de mezcla. 52
Cuadro 22. Comparación de media CE de frecuencia. 52
Cuadro 23. Resumen de ANDEVA para la variable UFC de bacterias. 54
Cuadro 24. Identificación, distancia recorrida y color de zonas por tratamiento. 58
Cuadro 25. Descripción de las variedades de café para injertar. 71
Cuadro 26. Metodología para realizar un injerto. 71

RESUMEN

Rancho-Escuela Agrosol, ubicado en el municipio de Coatepec, Veracruz, México es iniciativa del ingeniero agrónomo Jürgen Glaser de ayudar a las personas del área rural a ser sustentables en sus ranchos, trabajando con una agricultura libre de pesticidas y fertilizantes sintéticos, siempre al cuidado del medio ambiente. En la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL) se realizó la investigación en los invernaderos del "Centro de Agricultura Protegida" (CAP) actualmente dirigida por el Dr. Emilio Olivares Sáenz, esto como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el periodo comprendido de agosto 2017 a mayo 2018.

El Rancho-Escuela Agrosol, ubicado en el municipio de Coatepec, presenta un rango de temperatura de 10 °C - 24 °C y un rango de precipitación de 1,100 mm – 2,100 mm con un altitud que oscila de 500 m a 2,900 m s.n.m. (INEGI, 2009). Los invernaderos del CAP están ubicados en el municipio General Escobedo en el estado de Nuevo León, México, el clima de General Escobedo es seco y extremo con temperatura promedio 18 °C - 24 °C y precipitación de 300 ml a 600 ml, con una extensión territorial de 151.27 km^2 (Gobierno Municipal de Escobedo, 2017).

En el Capítulo I se presenta el diagnóstico realizado en el Rancho-Escuela Agrosol, el Ing. Agr. Jürgen Glaser de origen alemán llegó a México con la iniciativa de ayudar a las personas en sus ranchos y emprende el proyecto de rancho Agrosol en 1984, para ser un ejemplo de utilización de técnicas agropecuarias sustentables y el uso de energías renovables (Agrosol, 2017), actualmente cuenta con 12 áreas de trabajo dirigidas por Agrosol, Sociedad Cooperativa de Educación Activa-Servicios y Producción S.C. de C.V.

En el Capítulo II se presenta la investigación, que consistió en evaluar la proporción de mezcla y la frecuencia de volteo en el proceso de compostaje utilizando estiércol de vaca y restos de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en FAUANL.

Un buen proceso de compostaje necesita de un buen manejo y así aprovechar de manera eficiente los residuos generados en la facultad, se evaluaron cinco proporciones de mezcla (0:100, 25:75, 50:50, 75:25 y 100:0) de estiércol de vaca y restos de moringa con dos frecuencias de volteo (cada semana y cada dos semanas) con los materiales estiércol de vaca y restos de moringa, esto para conocer qué proceso incrementa las características fisicoquímicas y biológicas del compost.

Se demostró diferencia significativa entre las cinco diferentes proporciones de mezcla en todas las variables fisicoquímicas, en el caso de la frecuencia de volteo no se demostró diferencia significativa excepto en la variable de conductividad eléctrica. En la interacción de factores si hubo diferencia significativa en las variables % MO, % COT y CE.

En el Capítulo III se describe el servicio prestado para el Rancho-Escuela Agrosol, que consistió en el establecimiento y mantenimiento del vivero de café con el objetivo general de establecer el vivero con plantas injertadas para el mejoramiento del café, utilizando la técnica de injerto Reyna y elaborando insumos para el manejo agronómico de las plantas. Se llevaron a cabo mil ochocientos injertos utilizando las variedades Robusta y Bourbón, así mismo se elaboraron 360 L de biofertilizantes fermentados a base de ortiga y hojas de leguminosas.

CAPÍTULO I

DIAGNÓSTICO DE RANCHO- ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO.

1.1 PRESENTACIÓN

El ingeniero agrónomo Jürgen Glaser de origen alemán llega a México, con la iniciativa de ayudar a las personas a ser sustentables en sus ranchos e inicia con el proyecto de rancho Agrosol en 1984 para ser un ejemplo de utilización de técnicas agropecuarias sustentables y el uso de energías renovables (Agrosol, 2017).

Con el afán de educar a agricultores, hijos de agricultores y personas del área rural, abre la sección de escuela de sistema dual, que consiste en 80 % práctica y 20 % de teoría. El curso está programado para dos años, en el primero los estudiantes aprenden de todas las áreas que se trabajan en el rancho y en el segundo año el estudiante se especializa en el área donde desea desarrollarse.

En la actualidad el Rancho- Escuela la dirige la Agrosol, Sociedad Cooperativa de Educación Activa-Servicios y Producción S.C. de C.V., donde los socios toman las decisiones más convenientes para el Rancho-Escuela y reciben ayuda internacional para becar estudiantes y para proyectos de mejora. Comparten experiencias por medio del programa de voluntariado donde se reciben personas extrajeras, quienes trabajan veinticinco horas a la semana a cambio de hospedaje y alimentación, con esto logran un intercambio cultural entre las personas del rancho.

1.1.1 Ubicación

El Rancho- Escuela Agrosol se encuentra ubicado en la locación Zoncuantla, del municipio de Coatepec en el Estado de Veracruz, México. A 1 km. de la carretera antigua a Xalapa. Coatepec se encuentra entre los paralelos 19° 21’ y 19° 32’ de latitud norte; los meridianos 96° 47’ y 97° 06’ de longitud oeste. Su altitud oscila de 500 m a 2,900 m s.n.m.
El municipio colinda al norte con los municipios de Perote, Acajete, Tlalnelhuayocan, Xalapa y Emiliano Zapata, al este con los municipios de Emiliano Zapata y Jalcomulco, al sur con los municipios de Jalcomulco, Tlaltetela, Teocelo y Xico y al oeste con los municipios de Xico, Perote y Acajete (González, 2015).

1.1.2 Clima

Semicálido húmedo con abundantes lluvias en verano (42 %), semicálido húmedo con lluvias todo el año (35 %), templado húmedo con lluvias todo el año (16 %), cálido subhúmedo con lluvias en verano (6 %) y semifrío húmedo con abundantes lluvias en verano (1 %). Rango de temperatura de 10 °C - 24 °C y un rango de precipitación de 1,100 mm – 2,100 mm (INEGI, 2009).

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 General

Conocer la situación existente del Rancho- Escuela Agrosol ejecutada por sociedad cooperativa.

1.2.2 Específicos

1. Recopilar información general de la estructura de la sociedad cooperativa.
2. Identificar las principales áreas productivas de trabajo.
3. Analizar el área productiva dedicada al cultivo de café (*Coffea arábiga* L.).

1.3 METODOLOGÍA

Las actividades generales que se realizaron para el diagnóstico del Rancho- Escuela Agrosol se muestran en la figura 1.

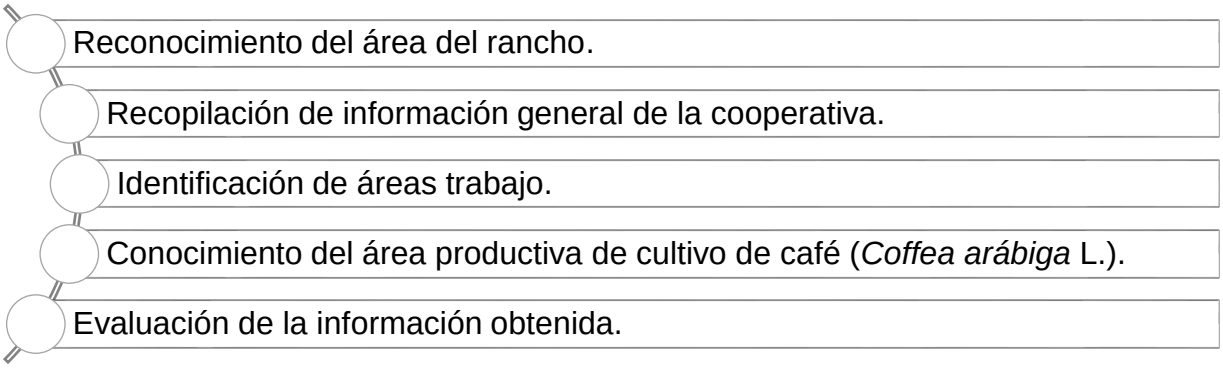

Figura 1. Actividades generales realizadas para el diagnóstico. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

1.3.1 Reconocimiento del área del rancho

Se realizó una caminata en todo el rancho reconociendo sus linderos, iniciando desde las oficinas del Rancho- Escuela hasta su área boscosa.

1.3.2 Recopilación de información general de la cooperativa

Se asistió a reuniones de la cooperativa, así mismo se asistió a exposición de información general del Rancho- Escuela y entrevistas informales a cooperativistas para conocer sobre sus actividades y responsabilidades.

1.3.3 Identificación de áreas trabajo

Se realizó un tour guiado por personal del Rancho- Escuela Agrosol para conocer las diferentes áreas de trabajo y tomar contacto con sus encargados.

1.3.4 Conocer el área productiva del cultivo de café (C*offea arábiga* L.)

Se tomó comunicación con el encargado del área para conocer la situación del área y reconocer las sub áreas que maneja a lo largo del proceso del cultivo.

1.3.5 Evaluación de la información obtenida

Al finalizar de recopilar la información se ordenó, redactó y se analizaron las problemáticas encontradas en el área productiva del cultivo de café (*Coffea arábiga* L.) por medio de árboles de problemas para obtener las conclusiones del diagnóstico y realizar recomendaciones al Rancho- Escuela Agrosol.

1.4 RESULTADOS

Los resultados obtenidos del diagnóstico realizado al Rancho- Escuela Agrosol se desglosan en este apartado.

1.4.1 Área del Rancho-Escuela Agrosol

El Rancho- Escuela tiene un camino principal de terracería donde pueden circular carros, teniendo caminos secundarios donde se puede caminar o utilizar animales de carga. Su área es de 17 hectáreas destinadas a cultivos, animales y conservación de bosque. El reconocimiento del área fue importante para lograr adentrarse a la realidad de la situación existente.

1.4.2 Organigrama de la cooperativa

Agrosol, Sociedad Cooperativa de Educación Activa-Servicios y Producción S.C. DE C.V. que rige al Rancho- Escuela, tiene una estructura organizacional donde cada cooperativista cumple con actividades específicas que en conjunto aportan al funcionamiento de la entidad como se muestra en la figura 2.

Figura 2. Organigrama Agrosol, Sociedad Cooperativa de Educación Activa-Servicios y Producción S.C. DE C.V. Fuente: Pérez Alvarez, 2017.

El asesor general de la cooperativa, Jürgen Glaeser está encargado de la organización del Rancho- Escuela Agrosol, supervisa todas las actividades, realiza capacitaciones y cursos que imparten a público en general y organiza/imparte las clases prácticas y teóricas del sistema educativo dual que ofrecen. Recibe el apoyo de un ayudante quien se encarga de trabajos en computación, tours guiados y voluntariado.

El presidente, Silvano Flores, tiene a cargo praderas y conservación de forrajes, cultivos y animales, también recibe apoyo de ayudantes principalmente en el cuidado de animales. El contador, David López, lleva la contabilidad oficial del Rancho- Escuela, dentro de sus responsabilidades está autorizar compras y organizar pedidos o compras, tiene a su disposición un ayudante de asuntos legales.

Los cooperativistas, Gustavo Juárez tiene a su cargo la elaboración de pan, procesamiento y conservación de carnes, mantenimiento de edificios y equipo. Gerardo Ortega se ocupa del área de café en todas sus fases desde vivero hasta beneficiado y del bosque comestible. Tomás Carmona encargado de corte de madera y mantenimiento de equipo de chapeo y sierras.

1.4.3 Áreas de trabajo productivas

Las áreas reconocidas de trabajo del Rancho- Escuela se enlistan a continuación, algunas manejadas por un mismo encargado:

- Cerdos de pastoreo
- Cabras
- Gallinas
- Cultivo de café (*Coffea arábiga* L.)
- Rotación de cultivos (granos básicos y forrajes)
- Ecotecnias
- Vacas
- Ovejas
- Huerta
- Praderas
- Bosque
- Procesamiento de alimentos

La superficie destinada para cada una de estas áreas de trabajo se muestra en el siguiente cuadro 1.

Cuadro 1. Área destinada a las áreas de trabajo.

Área de trabajo	Área (m^2)
Cerdos de pastoreo	4 000
Vacas	10 000
Cabras	17 400
Ovejas	18 000
Gallinas	50
Cultivos (granos básicos y forrajes)	24 000
Café (Coffea arábiga L.)	13 000
Praderas	3 600
Bosque	70 000
Construcciones y caminos	10 000
TOTAL	170 050 = 17 hectáreas

Fuente: mapa Agrosol, 2017.

1.4.4 Área productiva del cultivo de café (C*offea arábiga* L.)

Rancho- Escuela Agrosol se encuentra dentro de una zona cafetalera, han trabajado con este cultivo desde sus inicios. Conforme ha pasado el tiempo se han modificado algunas técnicas con el fin de ser más eficientes y tener alta productividad, siempre cuidando del medio ambiente. El cooperativista encargado de esta área es el señor Gerardo Ortega, quien lleva trabajando en el rancho 7 años, agricultor oriundo del área. El obtener café ya molido o en grano listo para venta requiere de una serie de actividades realizadas en el rancho y se describen en el cuadro 2.

Cuadro 2. Actividades en área de cultivo de café *(Coffea arábiga* L.*)*.

SUB ÁREA	ACTIVIDADES
Biofábrica	• Elaboración de biofermentos (biol) • Elaboración de compost
Semilleros	• Siembra de semilla en cajones
Vivero	• Llenado de bolsas • Elaboración de injertos • Siembra de injertos y variedades de café en bolsas
Siembra	• Preparación de terreno (prácticas de conservación de suelos) • Ahoyado • Siembra de plantas en campo
Cosecha	• Corte del fruto maduro • Pesado de lo cosechado
Post cosecha	• Despulpado del fruto • Fermentación natural en pilas • Lavado manual del café fermentado • Selección de grano • Secado natural
Venta	• Empaque de café molido y en grano • Autoconsumo y venta al público

Fuente: trabajo de campo, 2017.

1.4.5 Análisis de problemas encontrados

Al reconocer las sub áreas y tener conocimiento de la situación de cada una, se identificaron problemáticas en ciertas actividades que pueden repercutir en otras, estas son:

- Plantas mal desarrolladas en vivero.
- Ejecución de actividades en proceso de post cosecha.

Estos problemas se describen a continuación en el cuadro 3.

Cuadro 3. Problemáticas en el área de cultivo de café.

PROBLEMÁTICA	CAUSA	EFECTO
Plantas mal desarrolladas en vivero.	Carencia de insumos orgánicos (bioles y compost).	Crecimiento lento y débil, que puede llegar a la muerte.
Ejecución de actividades en proceso de post cosecha	Falta de coordinación y personal capacitado.	Uso ineficiente de recursos y gastos innecesarios.

Fuente: trabajo de campo, 2018.

Estas dificultades se analizaron en árboles de problema desglosando las causas y efectos, como se muestra en la figura 3 de la problemática plantas con mal desarrollo en vivero.

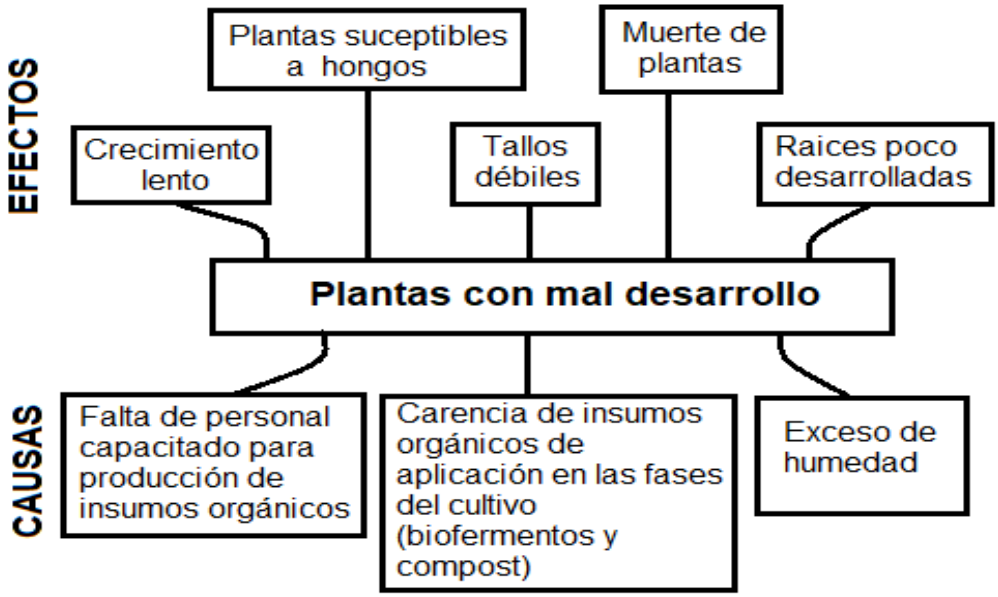

Figura 3. Árbol de problema de plantas mal desarrolladas. Fuente: trabajo de campo, 2017.

Las causas y efectos de la problemática de ejecución de procesos post cosecha se presentan en la figura 4 a continuación.

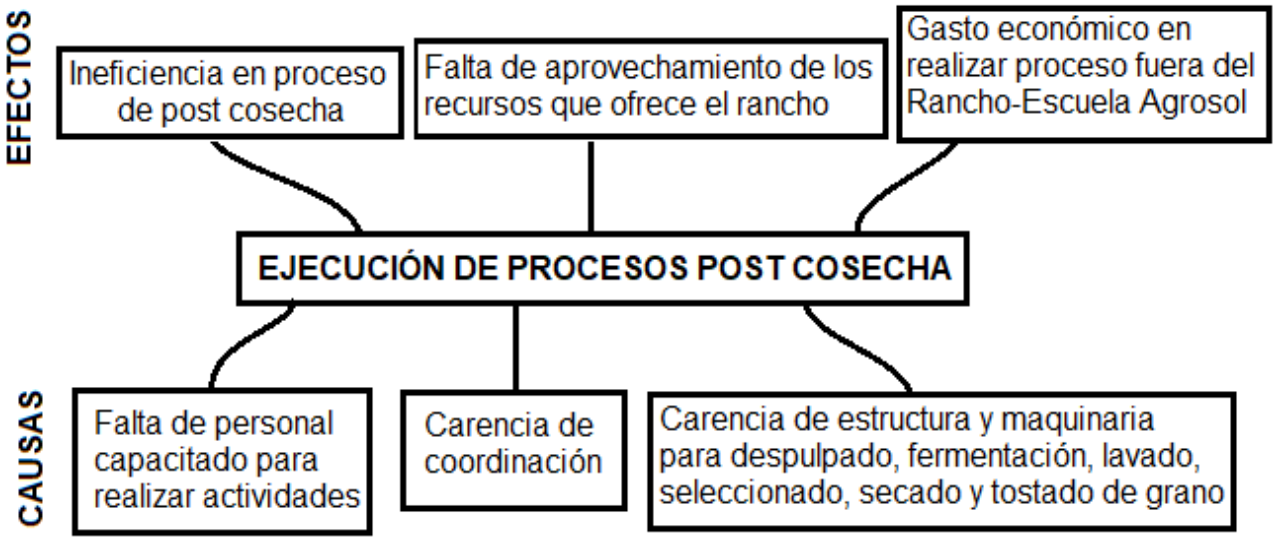

Figura 4. Árbol de problema del proceso post cosecha. Fuente: trabajo de campo, 2017.

1.5 CONCLUSIONES

1. La sociedad cooperativa de educación activa-servicios y producción está conformada por un presidente y cooperativistas, llevando registros contables con ayuda de un contador y toda la estructura está dirigida por un asesor. Con ayuda internacional mantienen la escuela de sistema dual para enseñar sobre el uso de energías renovables y técnicas agropecuarias de sustentabilidad.

2. Las áreas productivas de trabajo dentro de las 17 hectáreas del Rancho- Escuela Agrosol son de animales (cerdos de pastoreo, vacas, cabras, ovejas, gallinas), huerto, cultivo de café, rotación de cultivos (granos básicos y forrajes), praderas, ecotecnias y procesamiento de alimentos.

3. El cultivo de café tiene un área de 13 000 m^2, sin tomar en cuenta el área de vivero, biofábrica y post cosecha, se realiza una serie de actividades para obtener una producción eficiente siempre con el cuidado de preservar el medio ambiente. Cuando se tiene una falla en una de las actividades, estas repercuten en las siguientes fases de producción.

1.6 RECOMENDACIONES

- Se recomienda coordinar todo el personal del Rancho- Escuela Agrosol y capacitarlo en los casos que sea necesario, para no sobrecargar a los cooperativistas con actividades que no están programadas dentro de sus áreas y logren realizar sus tareas diarias de una forma eficiente y puedan compartir sus conocimientos y experiencias son los estudiantes que tienen a cargo.

- En el área de cultivo de café colocar personal capacitado en la sub-área de biofábrica para la producción de insumos orgánicos como biofermentos (bioles) y compost, optimizando el uso de los recursos que proporciona el mismo rancho y en la sub-área de vivero para el cuidado de las plantas.

1.7 BIBLIOGRAFÍA

1. Agrosol, 2017. Escuela Rancho Agrosol (en línea). México. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en http://agrosol.com.mx

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. Consultado 14 ago. 2017. Disponible en http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/30/30038.pdf

3. González, V. 2015. Sistema de información municipal, Cuadernillos municipales, 2015. Coatepec (en línea). México. Consultado 16 ago. 2017. Disponible en http://www.veracruz.gob.mx/wp-content/uploads/sites/2/2015/05/Coatepec.pdf

1.8 ANEXOS

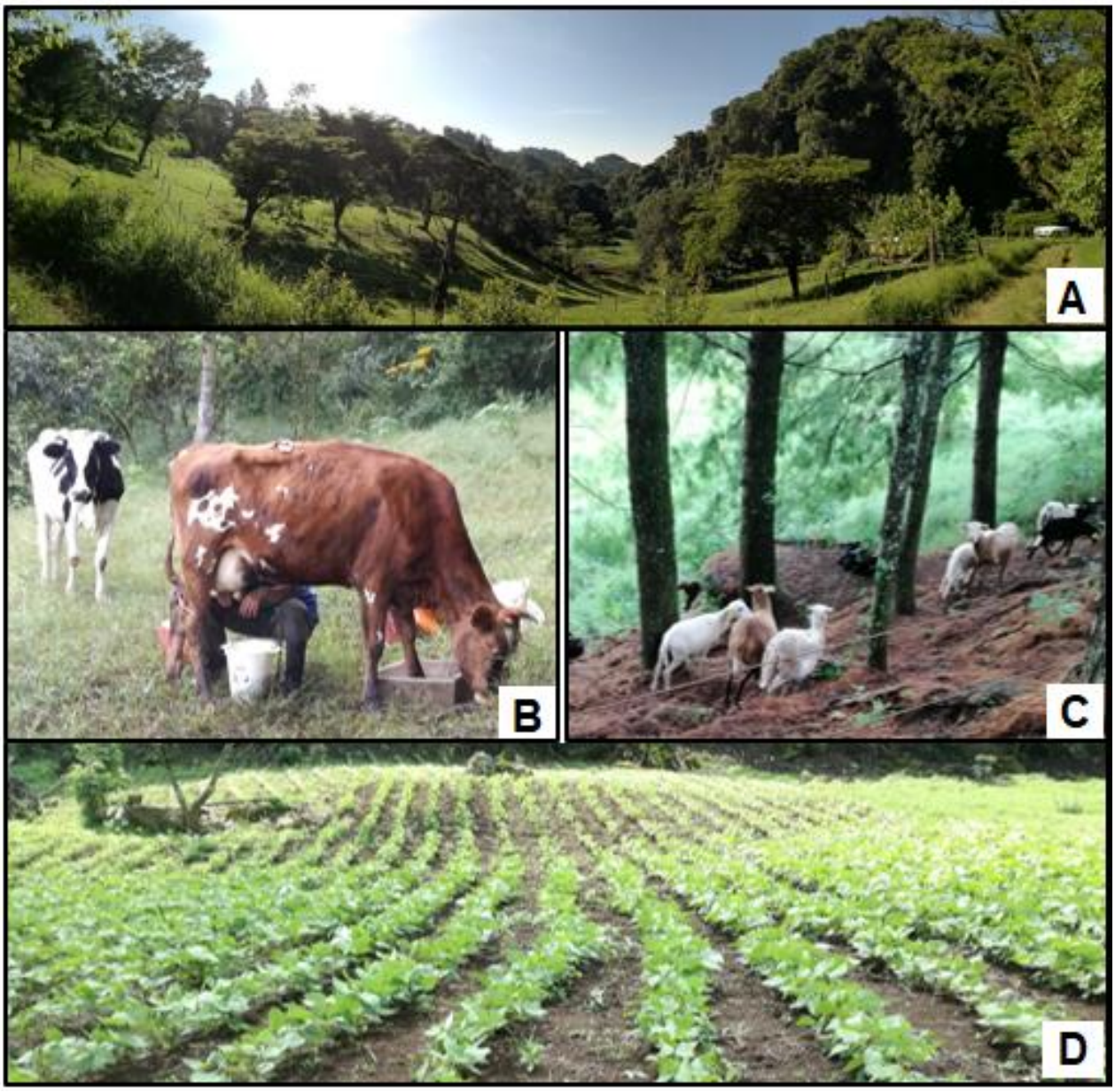

Figura 5A. Fotografías del rancho. A) Área de praderas y bosque. B) Cooperativista ordeñando vacas. C) Ovejas pastoreando en área boscosa. D) Área de granos básicos, cultivo de frijol. Fuente: Pérez Alvarez, 2017.

Figura 6A. Fotografías del rancho. A) Cerdos de pastoreo. B) Sub área de semillero de café. C) Huerta, estudiantes cosechando zanahorias orgánicas. D) Sub área de post cosecha, secado de café. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

CAPÍTULO II

PROPORCIÓN DE MEZCLA Y FRECUENCIA DE VOLTEO EN PROCESO DE COMPOSTAJE UTILIZANDO ESTIÉRCOL DE VACA Y RESTOS DE MORINGA (*Moringa oleifera* Lam.) EN LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN, MÉXICO.

MIXING PROPORTION AND TURNING FRECUENCY IN COMPOSTING PROCESS BY USING COW DUNG AND MORINGA WASTES (*Moringa oleifera* Lam.) IN THE FACULTY OF AGRONOMY OF THE AUTONOMOUS UNIVERSITY OF NUEVO LEÓN, MÉXICO.

2.1 PRESENTACIÓN

La Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León dio inicio a sus actividades académicas el 8 de diciembre de 1954 fundada por el Dr. Eduardo Aguirre Pequeño, a quién donaron un terreno para crear el campo experimental donde los estudiantes realizarían sus prácticas. En el 2002 inicia la construcción de invernaderos para el “Centro de Agricultura Protegida” –CAP- que actualmente dirige el Dr. Emilio Olivares Sáenz, con la misión de formar técnicos e investigadores con conocimientos en la producción de cultivos bajo el sistema de agricultura protegida y ser una herramienta útil para tener una relación con la sociedad y la productividad en el campo (UANL, 2014).

Los invernaderos del CAP están ubicados en el municipio General Escobedo en el estado de Nuevo León, México. El clima de General Escobedo es seco y extremo con temperatura promedio 18 °C - 24 °C y precipitación de 300 ml a 600 ml. Está ubicado entre los paralelos 25° 46’ y 25° 54’ de latitud norte, los meridianos 100° 16’ y 100° 28’ de longitud oeste, con una extensión territorial de 151.27 km^2 (Gobierno Municipal de Escobedo, 2017).

La agricultura orgánica hace énfasis en el buen uso de recursos naturales del lugar donde se trabaja con la importancia de cuidar los suelos y manejar adecuadamente su fertilidad, por ello se elabora compost que cumpla con la función de enriquecer la tierra y aportar nutrientes a las plantas, un buen proceso de compostaje necesita de un buen manejo y así aprovechar de manera eficiente los residuos generados en la facultad.

Es significativo conocer los materiales orgánicos a utilizar y el proceso que conlleva el compostaje, por tal razón se evaluaron cinco proporciones de mezcla y dos frecuencias de volteo con los materiales estiércol de vaca y restos de moringa para conocer qué proceso incrementa las características fisicoquímicas y biológicas del compost. La investigación se realizó como parte del Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el período de agosto 2017 a mayo 2018.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Compostaje

Según Nair y Delate (2016) el compostaje se puede definir como la descomposición de la materia orgánica en condiciones aeróbicas en sustancias y minerales similares al humus por la acción de microorganismos combinados con reacciones químicas y físicas. El compostaje estabiliza el contenido de nutrientes del estiércol y otros materiales orgánicos y libera nutrientes lentamente, lo que minimiza la pérdida de nutrientes y la posible contaminación ambiental.

Dependiendo de la materia prima utilizada, el tiempo requerido para producir un lote maduro de composta puede variar entre 6 y 8 meses. Además, el proceso utilizado para el compostaje también dicta la duración del proceso de compostaje. Para tener éxito, el proceso de compostaje debe manejarse cuidadosamente desde la mezcla de los ingredientes iniciales a través de la fase de alta temperatura hasta la fase de maduración cuando el compost se considera listo para usar. La preparación de compost de alta calidad requiere materias primas apropiadas, la temperatura adecuada y la gestión de la humedad, y una buena comprensión de la ciencia detrás del proceso de compostaje.

El compostaje es predominantemente un proceso aeróbico o que requiere oxígeno en el que los microorganismos consumen oxígeno mientras se alimentan de la materia orgánica. Al hacerlo, producen dióxido de carbono, agua, calor, subproductos gaseosos diversos y compost. Tan pronto como las materias primas y el agua apropiadas se mezclan y se juntan en una pila, comienza el proceso de compostaje. En presencia de oxígeno, los microorganismos consumen y comienzan a descomponer la materia orgánica. El grupo principal de microorganismos que participan en el compostaje son bacterias, hongos y actinomicetos. En términos de proporción, las bacterias son aproximadamente 100 veces más frecuentes que los hongos (Nair y Delate 2016).

A. Fases del compostaje

Las fases del proceso de compostaje relacionado con la actividad microbiana se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. Fases del compostaje.

FASES	DURACIÓN	TEMPERATURA (°C)	ESPECIES ÚTILES	PATÓGENOS Y PARÁSITOS
LATENCIA	1 día	20	Bacterias, hongos, protozoos	Insectos, larvas, huevos de parásitos, semillas de malezas.
MESÓFILA 1	15 h	20-35	Hongos mesófilos	Eclosión forzada de huevos de parásitos, evolución de larvas, fuga de insectos.
TERMÓFILA 1	55 h	35-45	Hongos termófilos, sustancias antibióticas	Destrucción de larvas, parásitos, semillas, destrucción de patógenos.
TERMÓFILA 2	12 días	65-75	Desaparición de termófilos patógenos, aparición de bacterias termófilas y de actinomicetes.	Destrucción de larvas de patógenos intestinales, coliformes, etc.
TERMOFILA 3	15 días	75-35	Bacterias, hongos y actinomicetes termófilos.	Finalización de bacterias patógenas, incluso esporuladas.
MESÓFILA 2	50 días	25-20	Microorganismos no patógenos	Ausencia de patógenos.

Fuente: Mirabelli, 2008.

Un buen proceso de compostaje como se muestra en la figura 7 pasa por 3 etapas consecutivas, estas son las siguientes:

- una fase de calentamiento (fermentación)
- una fase de enfriamiento
- una fase de maduración

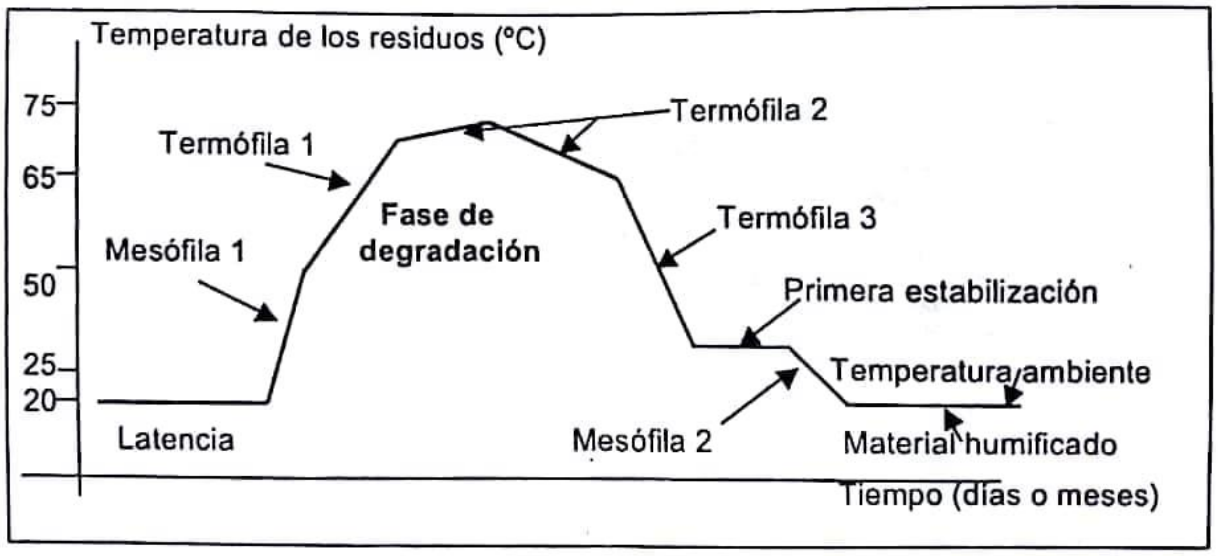

Figura 7. Gráfica de las fases del compostaje. Fuente: Mirabelli, E. 2008.

No es fácil trazar la línea entre estas etapas. El proceso se lleva a cabo de forma muy gradual y con la ayuda de microorganismos que cambian continuamente, el material orgánico se convierte en compost (Mirabelli, E. 2008).

B. Métodos de compostaje

La aireación es un elemento crucial del proceso de compostaje ya que facilita la descomposición aeróbica de la pila de compost. Es deseable la agitación de la pila de compost para mantener la presencia de oxígeno para una rápida descomposición del material orgánico. La descomposición aeróbica no es el único mecanismo de conducción en el proceso de compostaje. La descomposición anaeróbica también tiene lugar en la pila de compost y contribuye al proceso general de descomposición.

Dependiendo de cómo se maneje la pila de compost, el compostaje puede clasificarse ampliamente en tres métodos: compostaje pasivo, compostaje en hileras y pila estática aireada. Existen otros métodos utilizados comercialmente, pero el compostaje pasivo, el compostaje en hileras y los métodos de pila estática aireada son comunes en las granjas de producción de vegetales orgánicos (Nair y Delate, 2016).

2.2.2 Materia orgánica

La importancia de la materia orgánica en las tierras es grande, y no sólo mejora las propiedades físicas y químicas de la tierra, sino también el desarrollo de los cultivos. De la devolución de materia orgánica a las tierras agrícolas depende el mantenimiento de la fertilidad a largo plazo. La materia orgánica presente en el suelo comprende de tres apartados, primero por los restos aún no descompuestos de animales y tejidos vegetales, segundo por biomasa que son microorganismos presentes en el suelo y tercero por humus, que es el conjunto heterogéneo de compuestos orgánicos originados de la descomposición de tejidos vegetales y animales (Massó, 2002).

Los aportes de materia orgánica de plantas y animales están sometidos a un continuo ataque por parte de los organismos vivos, microbios y animales, que los utilizan como fuente de energía y de materiales de recuperación frente a su propio desgaste. Como resultado de dicho ataque, son devueltos a la tierra los elementos necesarios para la nutrición de las plantas.

Los organismos que llevan a cabo esta importante tarea son principalmente las bacterias y los hongos. Sus diferentes familias se especializan en descomponer un determinado tipo de compuesto. Por ejemplo las bacterias de los nitratos, se encargan de los compuestos que tienen nitrógeno en forma de nitritos y los transforman en nitratos, que de esta forma pueden ser asimilados por las plantas (Larios, 2005).

2.2.3 Humus

Según Massó (2002) es el estadío más o menos final en el proceso de degradación y transformación de los restos vegetales y animales presentes en el suelo. El humus es un factor primordial para el buen desarrollo de las plantas superiores.

El humus como componente del suelo, tiene las siguientes funciones:

- Función nutricional: al sufrir el proceso de mineralización sirve como fuente de nitrógeno y azufre.

- Función biológica: afecta profundamente la actividad de micro flora y micro fauna, es decir, de la biomasa del suelo. Parte del carbono constituyente del tejido microbiano es suministrado por el humus.
- Función física: promueve una mejora de la estructura del suelo, estabilizándola, incrementando la permeabilidad, facilitando el intercambio de gases y mejorando significativamente la retención de humedad.
- Función química: ayuda a mantener una reacción (pH) uniforme en el suelo, por su capacidad quelante mejora la disponibilidad de los micronutrientes parar las plantas superiores, debido a fuerte acidez orgánica de alguna de sus fracciones incrementa notablemente la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

2.2.4 Relación Carbono- Nitrógeno (C/N)

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 la multiplicación y crecimiento de los organismos. Los microorganismos ingieren 30 - 35 unidades de carbono, por cada unidad de nitrógeno que incorporan a sus cuerpos, luego eliminan unas 20 unidades de carbono en forma de CO_2 y metabolizan 10. El N no se elimina, por lo tanto, la relación de los organismos vivientes en el equilibrio, es de aproximadamente 10/1.

El carbono y el nitrógeno son dos elementos esenciales para la nutrición de cualquier organismo y se han de encontrar en unas proporciones determinadas para una buena fermentación, los microorganismos de una composta utilizan el carbono para energía y el nitrógeno para la síntesis de proteína. El parámetro que mide esta proporción se llama relación carbono/nitrógeno.

Si el material de partida es muy rico en carbono y pobre en nitrógeno, la relación será alta, el proceso de fermentación será lento, las temperaturas no subirán suficientemente y se perderá el exceso de carbono en forma de dióxido de carbono. Si por el contrario, el material, el material es rico en nitrógeno, relación baja, se producirán pérdidas de este elemento en forma de amoníaco (NH_3).

Los valores de la relación C/N del material a fermentar han de estar entre 25 y 35 para que pueda darse una buena fermentación. Si son más altos, se ha de añadir materiales ricos en nitrógeno, como estiércoles y lodos de depuradoras; y si son más bajos, habrá que compensar la mezcla, añadiendo componentes ricos en carbono, como paja y otros.

Materiales ricos en nitrógeno:

- Lodos de depuradoras de aguas residuales.
- Excrementos de animales, especialmente de conejos y de aves.
- Restos de animales.

Materiales ricos en carbono:

- Paja y hojas secas.
- Aserrín y virutas de madera.
- Material vegetal seco en general.

2.2.5 Humedad relativa

La aireación evapora agua de los poros del material compostable, disminuyendo la temperatura. Hay que encontrar los límites máximos y mínimos que los distintos residuos deben presentar para ser bien compostados. En general los microorganismos cesan su actividad con la humedad cercana al 10 %. Los materiales turbosos pueden retener hasta el 100 % de su peso en agua, los estiércoles el 70 % - 80 %, y las partículas groseras el 50 % - 60 %. El material debe tener un 50 % - 60 % de humedad para compostar (Mirabelli, 2008).

La humedad óptima es del 50 % que al final del proceso ha de bajar hasta 30 % o 40 %. La humedad es necesaria para la vida de los microorganismos. Un defecto de humedad provocará una sensible disminución de la actividad microbiana, por lo que se paralizará la fermentación y bajará la temperatura. Un exceso de humedad también tiene consecuencias negativas pues dificulta la circulación del oxígeno y puede provocar fermentaciones anaerobias (Larios, 2005).

2.2.6 Temperatura

Dada su facilidad de medición y su relación con el proceso de fermentación, la temperatura es el parámetro que más se usa para vigilar la fermentación. Durante los primeros días debe elevarse rápidamente hasta los 60 °C o 70 °C, comenzando posteriormente a estabilizarse y bajar lentamente hasta 40 °C o 50 °C. Cuando no se eleva hasta esos niveles, indica que la fermentación no marcha bien.

Si las temperaturas bajas son acompañadas de malos olores, es señal de fermentaciones anaerobias. Las temperaturas altas (mayores de 65 °C) prolongadas, no son convenientes, pues pueden ocasionar una especie de suicidio bacteriano que frena la fermentación y también pérdidas de nitrógeno (Larios, 2005).

2.2.7 Aireación

A mayor aireación según Mirabelli, E. (2008) mayor es la velocidad de transformación y disminuirán los olores desagradables, la aireación depende de la humedad, temperatura y granulometría del sistema.

La aireación es necesaria para garantizar el proceso aeróbico, tanto para suministrar oxígeno como para que pueda desprenderse el dióxido de carbono producido. La aireación deficiente retrasa la fermentación aeróbica, origina procesos de fermentación anaeróbica, con sensibles perdidas de nitrógeno y carbono, malos olores y temperatura baja, efectos que sirven de indicadores de la necesidad de aireación (Larios, 2005).

Según Tao, J. (2011), la aireación es un factor importante que puede afectar significativamente la emisión de gases de efecto invernadero, las bajas tasas de aireación producen descomposición lenta y una fase termofílica larga y pueden reducir la emisión de amoniaco, lo contrario ocurre con las tasas altas de aireación que elevan la temperatura después de realizar volteo, reduciendo la emisión de metano (CH_4) y aumentando las emisiones de dióxido de nitrógeno (N_2O) y amoniaco (NH_3).

2.2.8 pH y Conductividad Eléctrica (CE)

La acidez o pH es un factor menos importante de vigilar. Suele ser ligeramente ácido al inicio (cerca de 6), neutro hacia la mitad del proceso y algo alcalino (7 a 8) al final. Valores más altos (alcalinos) pueden provocar pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco (Larios, 2005).

Valores de pH más debajo de 6, retardan inicialmente la actividad del compostaje. Esto normalmente no es inhibitorio una vez que el sistema está en marcha. Previendo que el pH baje de 7, por el agregado de Ca, se acelera la degradación del compost, y la degradación de proteínas por los microorganismos es más rápido entre pH: 7- 8. No hay notificación de problemas en el compostaje por pH altos.

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, E. 2008).

La medición de la conductividad eléctrica (concentración de sales solubles) es otra herramienta que los cultivadores utilizan a menudo para evaluar la madurez del compost. La conductividad eléctrica proporciona información sobre la concentración total de sal. De forma similar al pH, la CE depende en gran medida de la materia prima utilizada.

El compost con altas concentraciones de sal puede afectar la germinación de la semilla y el crecimiento de la raíz. Habitualmente, el compost con una CE superior a 3 dS/m se considera fitotóxico para la germinación de las semillas; sin embargo, la CE del compost puede estar en el rango de 8 dS/m - 10 dS/m si el uso previsto del compost es la incorporación del suelo en el campo. Además, ciertos cultivos de hortalizas son más susceptibles a una mayor concentración de sal que otros.

2.2.9 Microbiología

En el proceso de fermentación unos organismos van sustituyendo a otros. La riqueza en microorganismos favorables para las tierras y la ausencia de los patógenos, determina la calidad biológica del abono final.

Si en la fermentación se ha producido las temperaturas deseadas, la masa se habrá pasteurizado y se habrán eliminado los microorganismos patógenos para las personas, animales y plantas. Una temperatura homogénea y no excesivamente continua de 60 ^{o}C es suficiente para eliminar los gérmenes patógenos (Larios, 2005).

Los más recientes trabajos en microbiología de compostaje están dirigidos a procesos de integración y control con la naturaleza de los microorganismos responsables del proceso.

- Bacterias: son reconocidas como el grupo más importante de las primeras fases del compostaje, destruyendo las proteínas y los azúcares, ubicándose en el medio de la pila, en los lugares de máxima temperatura y bajas tensiones de oxígeno. Un compostaje bien realizado debe incluir cantidades importantes de bacterias fijadoras de N atmosférico, su número en los suelos puede oscilar entre 3 billones - 5 billones por gramo.

- Actinomicetes: mientras los actinomicetes se clasifican como bacterias, su nicho ecológico, sus preferencias nutricionales y su papel en la descomposición de los residuos orgánicos, los hacen distintos a las bacterias. Sus formas filamentosas, lento desarrollo y preferencias nutricionales, hacen a los actinomicetes, microorganismos intermedios entre bacterias y hongos. Un compost bien terminado debe tener una alta cantidad de actinomicetes, son precursores sucesionales importantes del desarrollo fúngico.

- Hongos: Las especies Aspergillus y Penicillum, parecen ser los hongos más comunes encontrados en los compost. Los hongos son también habilidosos para transformar sustancias polímeros, incluida la lignina, y sustancias sintéticas. Dentro de los hongos presentes en el compost podemos encontrar: zigomicetes, ascomicetes y deutoromicetes (Mirabelli, E. 2008).

2.2.10 Residuos orgánicos

Dante citado por Jaramillo, G. (2008) explica que son los residuos que provienen de restos de productos de origen orgánico, en su mayoría biodegradables (se descomponen naturalmente). Se pueden desintegrar o degradar rápidamente, transformándose en otro tipo de materia orgánica como los restos de comida, frutas y verduras, carne, huevos, etc.

o pueden tener un tiempo de degradación más lento, como el cartón y el papel. Se exceptúa de estas propiedades al plástico, porque a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, posee una estructura molecular más complicada.

Según por su naturaleza existe una clasificación donde encontramos los estiércoles que son residuos fecales de animales (ganado) que se aprovechan para su transformación en abono o para la generación de biogás y también restos vegetales que son residuos provenientes de podas o deshierbe de jardines, parques u otras áreas verdes; también se consideran algunos residuos de cocina que no han sido sometidos a procesos de cocción como legumbres, cáscara de frutas, etc. o restos de cosechas de cultivos.

A. Estiércol de vaca

Según Restrepo, J. (2007) los estiércoles son la principal fuente de nitrógeno en la elaboración de los abonos orgánicos fermentados. Su aporte básico consiste en mejorar las características vitales y la fertilidad de la tierra con algunos nutrientes, principalmente con fósforo, potasio, calcio, magnesio, hierro, manganeso, zinc, cobre y boro, entre otros elementos. Dependiendo de su origen, puede aportar inóculo microbiológico y otros materiales orgánicos en mayor o menor cantidad.

Roberts, T. 2009 menciona que si no se aplica bien y/o en exceso, el estiércol puede contaminar el aire, el agua y el suelo. Así Salcedo citado por Longoria Garza (2000) indica que el estiércol aporta cantidades de materia orgánica que al ser incorporadas al suelo tienen un gran impacto y efecto sobre las propiedades físicas, químicas y biológicas.

B. Moringa (*Moringa oleifera* Lam.)

Moringa oleifera es un cultivo originario del norte de la India, que actualmente abunda en todo el trópico. Soporta largos períodos de sequía y crece bien en condiciones áridas y semiáridas.

Los residuos de la extracción del aceite de las semillas pueden utilizarse como acondicionador del suelo o como fertilizante y tienen potencial para ser utilizados como

suplemento alimenticio avícola y ganadero. Las hojas verdes constituyen un mulch muy útil (Folkard y Sutherland, 1996).

Según Liñan (2010) su clasificación taxonómica muestra que pertenece a la familia de las Moringáceas, orden de los Capparidales, clase Magnoliopsida. Es la conocida del género Moringa que cuenta con 13 especies como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Taxonomía de la moringa (*Moringa oleIfera*).

Familia	**Moringáceas**
Origen	Capparidales
Clase	Magnoliopsida
Género	Moringa
Especies	arbórea, concanensis, drocanensis, drouhardii, hildebrandtii, pygmeae, peregrina, ovalaifolia, rospoliana, stenopetala, rivae, oleífera, borziana

Fuente: Liñan Tobías, 2010.

2.2.11 Dinamolisis Capilar de Pfeiffer

Los Métodos Generadores de Imágenes han sido utilizados dentro de las actividades basadas en la Antroposofía, desde que se desarrollaron a principio del siglo XX hasta el momento actual, según Trio Maseda (2016) con el fin de investigar la vitalidad de diversas sustancias orgánicas. Esta metodología la desarrolla Lili Kolisko realizando investigación y resumiendo los resultados principales de sus investigaciones con la Dinamolisis Capilar en Agriculture of Tomorrow en 1939.

El investigador Ehrenfried Pfeiffer implementa el método horizontal de Dinamolisis Capilar dado a conocer en Chromatography Applied to Quality Testing Pfeiffer en 1959, al cual denominó como cromatografía de filtro redondo o solamente cromatografía, después conocido como Chroma-Test.

El Chroma-Test de Pfeiffer se ha utilizado fundamentalmente en el ámbito de la agricultura con dos finalidades principales, una parte se ha usado para caracterizar suelos y compost y por otra parte caracterizar alimentos evaluando calidad. Pfeiffer presenta su método originalmente como un método cromatográfico cualitativo para la determinación de factores biológicos. Lo utiliza desde 1953 para determinar diferencias en la formación de humus tanto en suelos como en compost. La causa de las diferencias la atribuye a la estructura del suelo y la condición del humus (Trio Maseda, 2016).

La cromatografía según Koepf, H. (2012) fue la primera realizada utilizando papeles; más tarde, la cromatografía de capa delgada se convirtió en una herramienta sofisticada y sensible para las investigaciones en química y bioquímica para la calidad cuantitativa y cuantitativa de sustancias orgánicas complejas. Los investigadores mejoraron la formación de color agregando al procedimiento una sal de plata o hierro, que después de ser expuesta a la luz o seca, cambia de color y crea un sombreado más claro. Siguiendo los mismos principios utilizados para evaluar las imágenes de cristalización, Kolisko y Pfeiffer utilizaron cromatogramas para identificar la naturaleza y el origen de la substancia utilizada.

Restrepo y Pinheiro (2011), explican que la descripción de un cromatrograma se realiza en base a las zonas que lo componen, el tamaño, forma y colores revelados. Las zonas que ellos identifican son cinco:

- Zona central: es el ombligo, el lugar por donde todas las sustancias presentes en la muestra que se analiza circulan por el fenómeno de capilaridad. También se le conoce como zona de aireación u oxigenación, suelos muy maltratados y destruidos no la presenta.

- Zona interna: también llamada zona mineral donde quedan las sustancias más pesadas que reaccionan con el nitrato de plata.

- Zona intermedia: proteica o de la materia orgánica, allí se desarrolla la formación dentada. La conformación de dientes de formas diversas como la intensidad del color de la zona brindan mucha información como actividad biológica y transformación de la materia orgánica en humus estable.

- Zona externa: llamada también zona enzimática nutricional, se presenta en forma de nubes.

- Zona de manejo: o zona periférica, donde se manipula el cromatograma.

2.3 MARCO REFERENCIAL

2.3.1 Ubicación

La investigación se llevó a cabo bajo invernadero, en el “Centro de Agricultura Protegida” –CAP- de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), México ubicado en el municipio General Escobedo.

El municipio se sitúa en la parte central del Estado de Nuevo León, sobre el margen derecho del río Pesquería en la gran Cuenca Central de Nuevo León. La población del municipio es de 425,148 habitantes. La extensión territorial es de 151.27 km^2, geolocalizado entre los paralelos 25° 46’ y 25° 54’ de latitud norte, los meridianos 100° 16’ y 100° 28’ de longitud oeste.

Los límites municipales colindan al norte con los municipios de Hidalgo, Abasolo, Carmen y Salinas Victoria, al este con el municipio de Apodaca, al sur con los municipios de San Nicolás de los Garza y Monterrey, al oeste con el municipio de García. Según el Gobierno Municipal de Escobedo (2017) ocupa el 0.23 % de la superficie del estado de Nuevo León.

2.3.2 Orografía y edafología

El municipio tiene áreas con pendientes de 40 % a 70 % con una profundidad del suelo menor a 10 cm. Esto lo hace no apto para vegetación forrajera o forestal. Las pendientes de 3 % a 12 % se presentan con una profundidad de suelos que van desde los 35 cm a más de 90 cm, con un valor forestal bastante pobre o nulo, y en algunas zonas con salinidad desde moderada hasta intensa (Gobierno Municipal de Escobedo, 2017).

2.3.3 Clima

El municipio se caracteriza por climas secos y extremos. El rango de temperatura es de 18 ^{o}C a 24 ^{o}C y un rango de precipitación de 300 ml a 600 ml. El clima es seco, muy cálido y cálido en un 74 %, seco semicálido en un 25.9 %, semiseco muy cálido y cálido en un 0.1 % (Gobierno Municipal de Escobedo, 2017).

2.4 OBJETIVOS

2.4.1 Objetivo general

Evaluar proporción de mezcla y frecuencia de volteo en el proceso de compostaje utilizando estiércol de vaca y restos de moringa (*Moringa oleifera* Lam.).

2.4.2 Objetivos específicos

1. Evaluar cinco diferentes proporciones de mezcla de los materiales y dos frecuencias de volteo en el proceso de compostaje.
2. Identificar el proceso de compostaje que incremente las características fisicoquímicas (porcentaje materia orgánica, carbono, porcentaje de humedad, pH, conductividad eléctrica y temperatura).
3. Cuantificar características biológicas (Unidades formadoras de colonias de bacterias).
4. Analizar por el método Dinamolisis Capilar de Pfeiffer las características cualitativas de los tratamientos.

2.5 HIPÓTESIS

Una proporción de mezcla de los materiales y una frecuencia de volteo generará en el proceso de compostaje incremento en las características fisicoquímicas y biológicas del compost.

2.6 METODOLOGÍA

2.6.1 Ensayo experimental

Las unidades experimentales de la investigación corresponden a cubetas con la capacidad de 19 L que contienen las cinco distintas proporciones de los materiales estiércol de vaca y restos de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) trabajadas con dos frecuencias de volteo, teniendo 10 tratamientos con 3 repeticiones, distribuido en un diseño completamente al azar con arreglo bifactorial.

2.6.2 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo bifactorial. El modelo estadístico para el diseño es:

$$yij = \mu + \tau i + \beta j + (\tau\beta)\, ij + uij$$

i = 1, 2,… número de tratamientos

j = 1, 2,… número de repeticiones

Donde:

yij : Representa la observación correspondiente al nivel (i) del factor A y al nivel (j) del factor B.

μ: Efecto constante denominado media global.

τi: Efecto producido por el nivel i-ésimo del factor A, ($\Sigma i\ \tau i = 0$).

βj: Efecto producido por el nivel j-ésimo del factor B, ($\Sigma j\ \beta j = 0$).

(τβ) ij: Efecto producido por la interacción entre A×B, ($\Sigma i\ (\tau\beta)\ ij = (\Sigma j\ (\tau\beta)\ ij = 0$).

uij: error experimental.

2.6.3 Descripción de los tratamientos

Se evaluaron dos frecuencias de volteo en el proceso de compostaje y cinco proporciones de mezcla utilizando estiércol de vaca y restos de moringa, ambos residuos orgánicos regionales como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos.

TRATAMIENTO	PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES (%)		FRECUENCIA DE VOLTEO (semanas)
	ESTIÉRCOL DE VACA	**MORINGA**	
T1	0	100	1
T2	25	75	1
T3	50	50	1
T4	75	25	1
T5	100	0	1
T6	0	100	2
T7	25	75	2
T8	50	50	2
T9	75	25	2
T10	100	0	2

Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

2.6.4 Unidad experimental

Cada unidad experimental constó de una cubeta de plástico de 37 cm de altura y 30 cm de diámetro con capacidad de 19 L contenida en una segunda cubeta de la misma capacidad con el fin de recibir el lixiviado del compost. La primera cubeta con agujeros para dar paso al lixiviado del compost como se muestra en la figura 8.

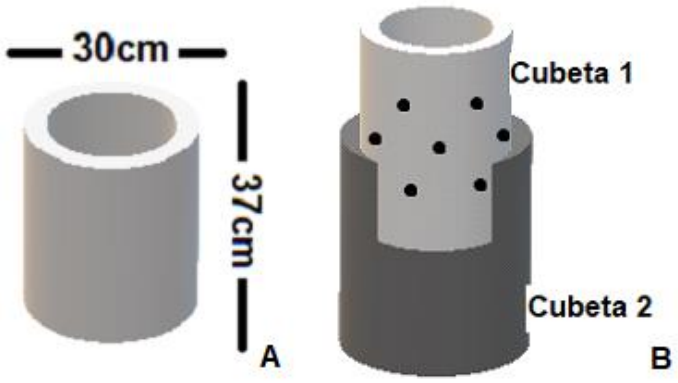

Figura 8. Esquema de la unidad experimental. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

2.6.5 Croquis de campo

La distribución espacial de los 10 tratamientos se realizó completamente al azar en un área de 2.75 m^2 como se muestra en a figura 9, bajo invernadero de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México.

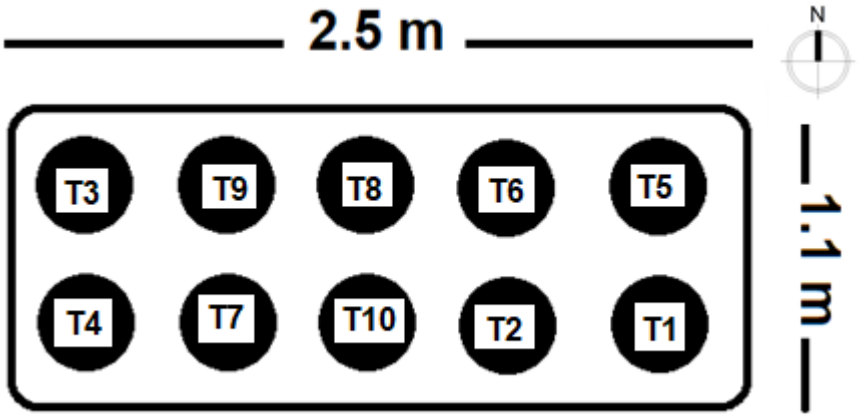

Figura 9. Croquis de la distribución espacial de los tratamientos. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

2.6.6 Variables de respuesta

De los 10 tratamientos del proceso de compostaje se evaluaron las siguientes variables:

- Materia Orgánica (% MO)
- Carbono orgánico total (COT)

- Porcentaje de humedad (% H)
- pH
- Conductividad Eléctrica (CE)
- Temperatura
- Unidades formadoras de colonias (UFC) de bacterias
- Características cualitativas por dinamolisis capilar de Pfeiffer

2.6.7 Manejo del experimento

Las actividades para llevar a cabo la investigación se realizaron en dos fases como se describe a continuación.

A. Fase de campo

a. Recolección de los materiales

- Cubetas: se efectuó la compra de 20 cubetas plásticas con capacidad de 19 L, a 10 se les realizaron agujeros (figura 4) en las paredes y en la base con la ayuda de un barreno y se marcó la capacidad de la cubeta a cada 4 L hasta llegar a 16 L. A todas las cubetas se les aplicó una capa de pintura donde se colocó el rótulo de identificación del tratamiento.

- Residuos orgánicos: se colectó el estiércol del establo de vacas (figura 10) del área de prácticas de la Facultad de Veterinaria y Zootecnia de la UANL y los restos de moringa del CAP de la Facultad de Agronomía de la UANL previamente picada por una trituradora de motor.

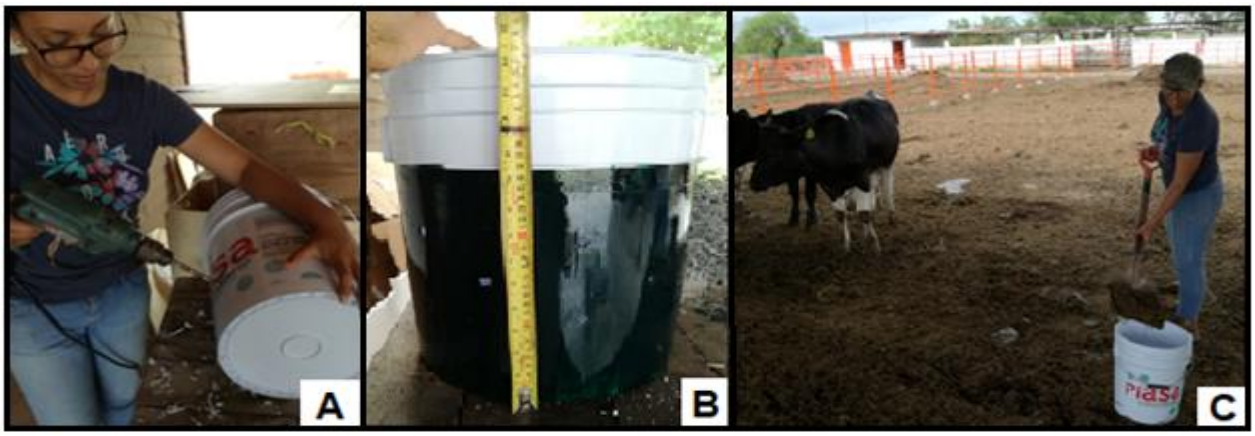

Figura 10. Fotografía de recolección de materiales. A) Elaboración de agujeros en las cubetas. B) Cubeta con agujero y pintada. C) Recolección de estiércol de vaca. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

b. Elaboración de compost

Siguiendo la tabla de tratamientos, se hicieron las proporciones de los residuos de moringa picada y el estiércol de vaca para llenar todas las cubetas a 16 L de su capacidad. Todos los tratamientos arrancaron con el mismo porcentaje de humedad, tomando de guía la moringa con un 70 % por presentar el mayor porcentaje de humedad.

Las mezclas que no alcanzaron este porcentaje se les agregó agua y se homogenizaron (figura 11). Al tener las mezclas dentro de las cubetas se colocaron tapaderas de duroport donde se introdujeron los termómetros.

Figura 11. Fotografía de elaboración del compost. A) Mezcla de los materiales. B) Agua agregada a la mezcla. C) Colocación de termómetros. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

c. Volteos del compost

Los volteos se efectuaron para los tratamientos 1 al 5 cada semana y del 6 al 10 cada dos semanas, lo contenido en las cubetas se homogenizó (figura 12), tanto el compost como el lixiviado generado.

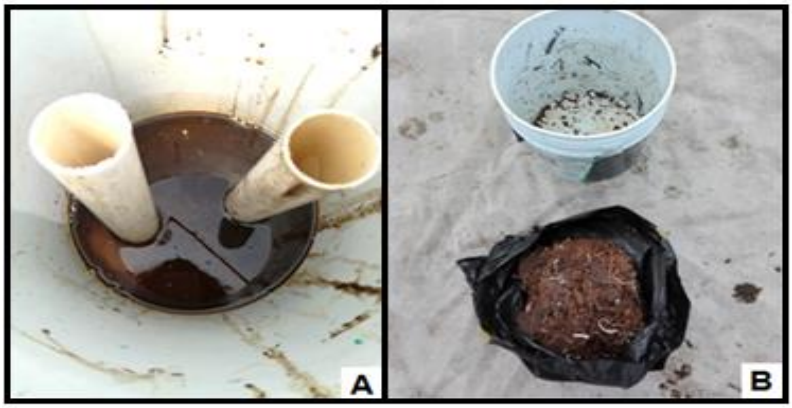

Figura 12. Fotografía de volteo del compost. A) Lixiviado del compost. B) Homogenización del compost. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

d. Toma de temperatura

Las temperaturas se tomaron en grados Celsius dos veces por semana de los 10 tratamientos, las tomas se realizaron en el día de volteo y al cuarto día después del volteo. Se utilizaron termómetros para compost TFA® (figura 13).

Figura 13. Fotografía de toma de temperaturas. A) Termómetros en compost. B) Termómetro para compost TFA. C) Lectura de temperatura. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

e. Toma de muestras

Se recolectaron las muestras de los materiales en el día 0 y al día 98 al finalizar el proceso de compostaje, obteniendo de los 10 tratamientos y 3 repeticiones un total de 30 muestras.

B. Fase de laboratorio

En esta segunda fase se realizaron los análisis de laboratorio de las muestras recolectadas durante el proceso de compostaje de los tratamientos.

a. Características fisicoquímicas

Para la cuantificación de estas características en el cuadro 7 se muestra el método utilizado para cada variable.

Cuadro 7. Métodos y materiales para la determinación de las características fisicoquímicas.

Variable	Método	Materiales y procedimiento
Carbono Orgánico Total (%)	Calcinación	Mufla Thermoline Type 1,500 Furnace; 1 g de compost mínimo secado a 60 ^{o}C; crisoles; balanza analítica, desecador. Se introducen las muestras en la mufla y se calienta a 400 ^{o}C por 4 h, se pesa la muestra calcinada.
Materia orgánica (%)	Calcinación	Mufla Thermoline Type 1,500 Furnace; 1 g de compost mínimo secado a 60 ^{o}C; crisoles; balanza analítica, desecador. Se introducen las muestras en la mufla y se calienta a 400 ^{o}C por 4 h, se pesa la muestra calcinada.
Humedad (%)	Secado	Muestra de compost en bolsa de papel identificada; horno de secado; balanza analítica. Se tomó peso inicial (húmedo) y final (seco).
Ph	Analítico de Potenciómetro	Potenciómetro Hanna Instruments; 10 g de compost en 25 ml de agua destilada; solución Buffer de pH 7 y pH 10. Se calibró y se tomó la lectura.
Conductividad Eléctrica (mS/cm)	Conductímetro	Medidor de C.E. Hanna Instruments; 10 g de compost en 25 ml de agua destilada; solución reguladora. Se calibró y se tomó la lectura.

Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

Los procedimientos para obtener los resultados de las características fisicoquímicas de los diez tratamientos se realizaron en el laboratorio de Biotecnología Microbiana (figura 14) de la Facultad de Agronomía, UANL.

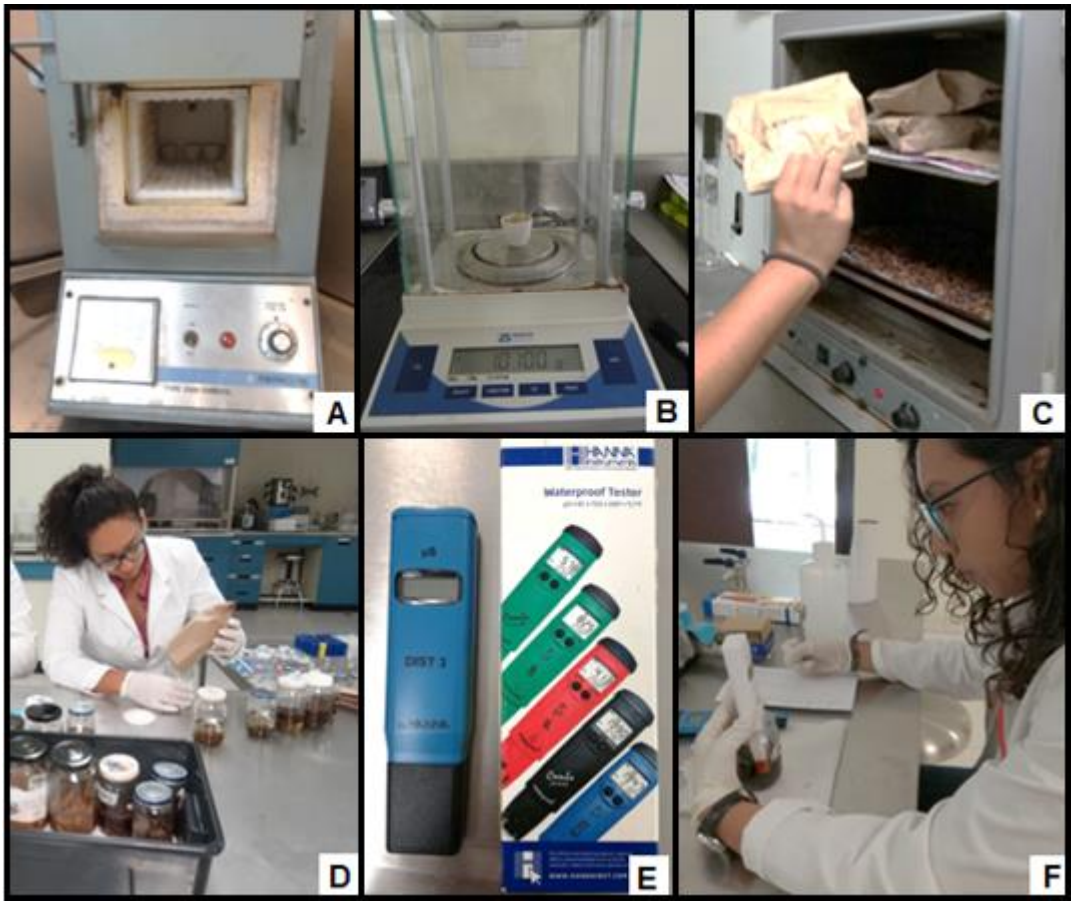

Figura 14. Fotografía del análisis fisicoquímico. A) Mufla Thermoline para calcinación. B) Peso de muestras para calcinación. C) Secado de muestras en horno para porcentaje de humedad. D) Dilución de muestras para pH y C.E. E) Waterproof Tester Hanna Inst. para medición de C.E. F) Lectura de pH. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

b. Características biológicas

En la cuantificación de microorganismos se utilizaron 3M™ Placas Petrifilm™ como se muestra en el cuadro 8, que facilitaron el recuento de UFC (Unidades formadoras de colonias).

Cuadro 8. Materiales para la determinación de microorganismos.

Microorganismo	Materiales y procedimiento
Bacterias	3M™ Placas Petrifilm™ para Recuento de Aerobios (Aerobic Count AC); 10 g de muesta de compost; pipeta electrónica. Se diluyó 7 veces la muestra a 1:10, se colocó 1 ml en placa y se incubó 48 h a 35 °C, se realizó el conteo de UFC.

Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

El procedimiento para obtener los resultados de las características biológicas de los diez tratamientos se realizaron en la cámara de siembra (figura 15) del laboratorio de Biotecnología Microbiana de la Facultad de Agronomía, UANL.

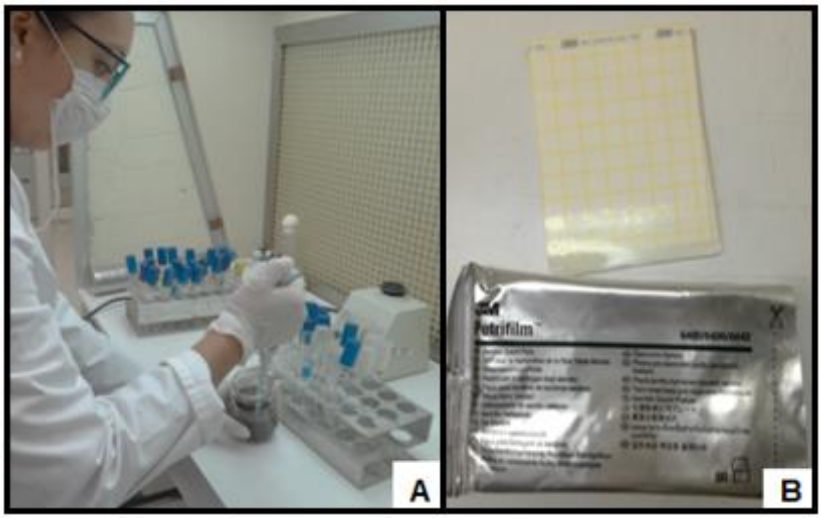

Figura 15. Fotografía de análisis biológico. A) Dilución de la muestra. B) Placas Petrifilm 3M™. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

c. Características cualitativas

El método de Dinamolisis Capilar utilizado fue Chroma-Test de Pfeiffer para caracterizar compost, se describe en el cuadro 9.

Cuadro 9. Metodología de Dinamolisis Capilar de Pfeiffer.

Fase	Metodología y materiales
Preparación de filtros	Papel filtro Whatman No.1 de 15 cm de diámetro, cajas Petri de 9 cm diámetro x 1.5 cm de alto, papilo de 2 cm x 2 cm enrollada, marcaje con lápiz a los 4 cm y 6 cm, disolución al 0.5 % de $AgNO_3$ dejarla recorrer hasta llegar a los 4 cm (3 cm^3 - 5 cm^3 para 3 discos seguidos).
Extracción	5 g de compost en Erlenmeyer de 125 ml con 50 ml de NaOH al 1 %, se agitó y reposo de 15 min, se agitó y reposo 1 h, se agitó y reposó 5 h, se utilizó sin agitar.
Difusión del extracto	5 ml del extracto en caja Petri, se dejó recorrer hasta llegar a los 6 cm en cajas Petri de 9 cm diámetro x 1.5 cm de alto.
Revelado	Se colocaron los discos en un lugar con luz natural difusa (no directa) y luego se conservaron en lugar oscuro a temperatura de 18 ^oC - 30 ^oC.
Interpretación	Se identificaron cuatro zonas importantes A) zona 1 o interna, B) zona 2 o media, C) zona 3 o intermedia y D) zona 4 o externa. Características que se evaluaron: presencia de zona, distancias recorridas y color de zonas.

Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

La metodología para obtener los resultados de las características cualitativas de los diez tratamientos se realizó en el Centro de Agricultura Protegida –CAP- de la Facultad de Agronomía, UANL (figura 16 y 17).

Figura 16. Fotografía de la metodología de dinamolisis capilar de Pfeiffer. A) Marcaje a los 4 cm y 6 cm. B) Recorrido del Nitrato de Plata. C) Almacenamiento de discos en papel secante y papel periódico. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

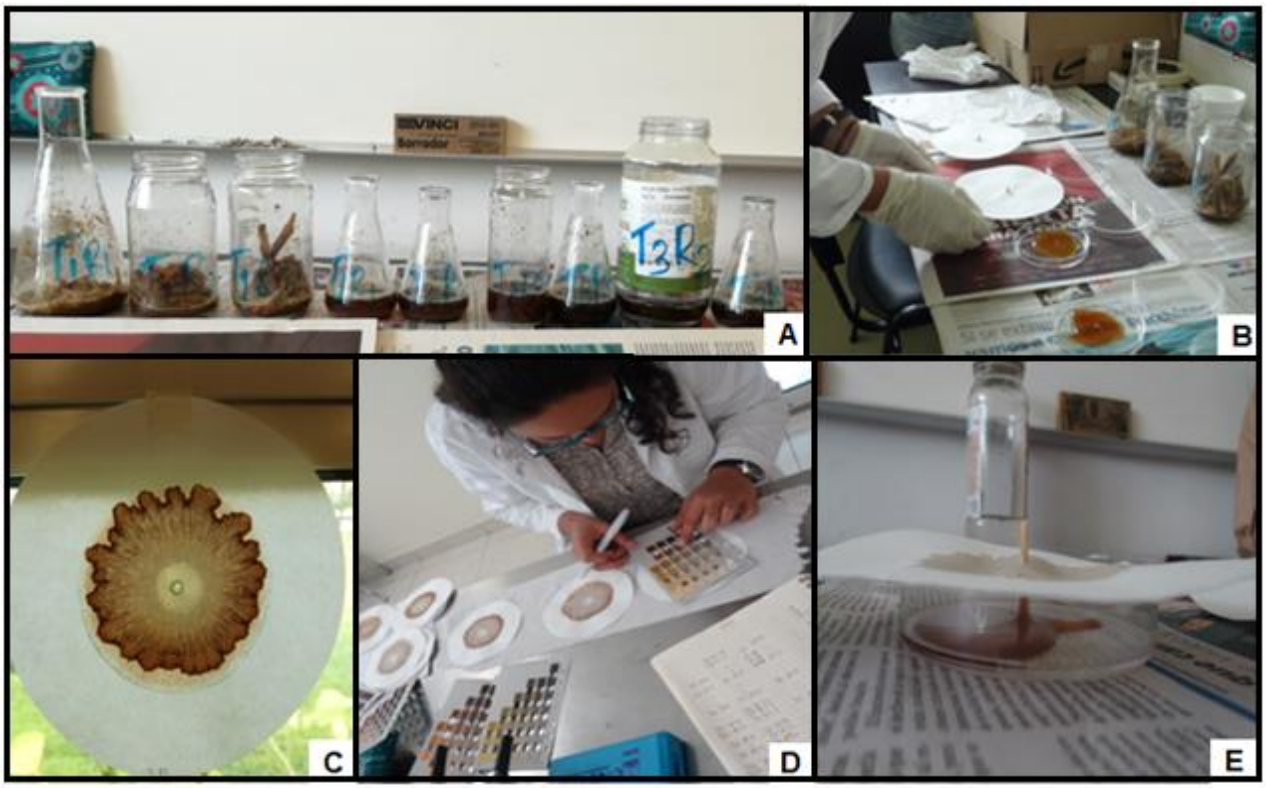

Figura 17. Fotografía de la metodología de dinamolisis capilar de Pfeiffer. A) Reposo de la extracción. B) Papel filtro con Nitrato de Plata. C) Revelado de los discos. D) Identificación de colores por zona. E) Recorrido del extracto por capilaridad. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

C. Análisis estadístico

Para el análisis de los datos obtenidos de todas las variables, se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) y se procedió a realizar una comparación de medias donde existiera diferencia significativa entre tratamientos.

2.7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.7.1 Materia orgánica

Los valores de materia orgánica se determinaron por el método de calcinación, los diez tratamientos con sus tres repeticiones, un total de treinta muestras. En base al análisis de varianza ($p<0.05$) si existe diferencia significativa en el factor proporción de mezcla y en la interacción de proporción por frecuencia, pero para el factor frecuencia de volteo no existe diferencia significativa en la media de % de materia orgánica en los tratamientos como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Resumen de ANDEVA para la variable materia orgánica en los 10 diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrados Medios	Valor de F	P-Valor
Modelo	2095.06	9	232.78	80.09	0.0001
Proporción	1979.36	4	494.84	170.25	0.0001
Frecuencia	0.05	1	0.05	0.02	0.8948
Proporción*Frecuencia	28.13	4	28.91	9.95	0.0001
Error	2153.20	20	2.91		
Total		29			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=2.88 %

En los cuadros 11 y 12 se muestra el post-ANDEVA, se realizó una comparación de medias de Tukey para la interacción de los factores proporción de mezcla y frecuencia de volteo.

Cuadro 11. Comparación de medias % MO de proporción de mezcla en cada frecuencia.

	Proporción de mezcla				
Frecuencia de volteo	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Volteo 1 semana	79.07 A	52.20 B	53.34 B	54.38 B	55.93 B
Volteo 2 semanas	71.31 A	54.52 C	54.67 C	56.28 BC	58.84 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Se demuestra que si existe diferencia significativa en el tratamiento 1 que contiene 100 % restos de moringa con frecuencia de volteo cada semana, presentando un mayor porcentaje de materia orgánica (79.07 %), seguido por el tratamiento 6 de la misma proporción con volteo cada dos semanas (71.31 %).

Cuadro 12. Comparación de medias % MO de la frecuencia en cada proporción de mezcla.

	Proporción de mezcla				
Frecuencia de volteo	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Volteo 1 semana	78.95 A	55.93 A	54.38 A	54.34 A	56.04 A
Volteo 2 semanas	71.31 B	54.52 A	54.67 A	56.28 A	58.84 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

En la interacción, la frecuencia de volteo muestra diferencia significativa en la proporción de mezcla de 0 % estiércol de vaca y 100 % restos de moringa, presentando una media de materia orgánica en el tratamiento 1 de 78.95 %, siendo mayor que el tratamiento 6 que presenta una media de materia orgánica de 71.31 %.

La proporción de mezcla del tratamiento 1 demostró mayor porcentaje de materia orgánica, FAO (2013) indica que un porcentaje ideal de materia orgánica después del proceso de compostaje es de 30 % - 60 %, los menores a 30 % están mezclados con compuestos minerales y los mayores a 60 % indica que los materiales no están compostados suficientemente.

La descomposición la realizan los microorganismos como bacterias y hongos que consumen azucares y proteínas para una mayor reproducción. Larios (2005) indica que de la incorporación de la materia orgánica al suelo depende el mantenimiento de la fertilidad en las tierras agrícolas a largo plazo.

2.7.2 Carbono orgánico total

El carbono orgánico total se determinó por el método de calcinación de las treinta muestras correspondientes a los diez tratamientos y tres repeticiones. En base al análisis de varianza ($p<0.05$) si existe diferencia significativa para el factor proporción de mezcla y la interacción

de los dos factores, no existiendo diferencia significativa para el factor frecuencia de volteo en la media % de carbono orgánico total (cuadro 13).

Cuadro 13. Resumen de ANDEVA para la variable carbono orgánico total en los 10 diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrados Medios	Valor de F	P-Valor
Modelo	704.74	9	78.30	79.94	0.0001
Proporción	665.82	4	166.45	169.94	0.0001
Frecuencia	0.02	1	0.02	0.02	0.8971
Proporción*Frecuencia	38.91	4	9.73	9.93	0.0001
Error	19.59	20	0.98		
Total	724.33	29			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=2.88 %

En los cuadros 14 y 15 se muestran los datos del post-ANDEVA, se realizó una comparación de medias de Tukey para la interacción de los factores proporción de mezcla y frecuencia de volteo.

Cuadro 14. Comparación de medias % COT de proporción de mezcla en cada frecuencia.

	Proporción de mezcla				
Frecuencia de volteo	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Volteo 1 semana	45.86 A	30.28 B	31.52 B	31.54 B	32.50 B
Volteo 2 semanas	41.36 A	31.62 C	31.71 C	32.64 BC	34.13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Se demuestra que si existe diferencia significativa en el tratamiento 1 que contiene 100 % restos de moringa con frecuencia de volteo cada semana, presentando un mayor porcentaje de carbono (45.86 %), seguido de la misma proporción de mezcla con volteo cada dos semanas (41.36 %).

Cuadro 15. Comparación de medias % COT de volteo con cada proporción de mezcla.

	Proporción de mezcla				
Frecuencia de volteo	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Volteo 1 semana	45.86 A	30.28 A	31.52 A	31.54 A	32.50 A
Volteo 2 semanas	41.36 B	31.62 A	31.71 A	32.64 A	34.13 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

En la interacción, la frecuencia de volteo muestra diferencia significativa en la proporción de mezcla de 0 % estiércol de vaca y 100 % restos de moringa, presentando una media de carbono en el tratamiento 1 de 45.86 % y en el tratamiento 6 de 41.36 %. En el resto de tratamientos no existe diferencia significativa.

La proporción de mezcla del tratamiento 1 demuestra mayor descomposición teniendo el porcentaje de carbono más alto, el carbono se comporta de forma dependiente a la materia orgánica, los restos de moringa son ricos en este elemento aportando energía a los organismos (Larios, 2005). La aportación de carbono según FAO, 2013 mantiene la biodiversidad de la micro y macro fauna porque consumen el C presente en el material.

2.7.3 Porcentaje de Humedad

Los valores de porcentaje de humedad se determinaron por el método de secado, los diez tratamientos con sus tres repeticiones, un total de treinta muestras. En base al análisis de varianza ($p<0.05$) si existe diferencia significativa en el factor proporción de mezcla pero no existe diferencia significativa en la media de % de humedad en el factor frecuencia y en la interacción de proporción por frecuencia como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 16. Resumen de ANDEVA para la variable % de humedad en los 10 diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrados Medios	Valor de F	P-Valor
Modelo	7215.26	9	801.70	48.51	0.0001
Proporción	7026.54	4	1756.64	106.30	0.0001
Frecuencia	17.07	1	17.07	1.03	0.3216
Proporción*Frecuencia	171.65	4	42.91	2.60	0.0674
Error	330.52	20	16.53		
Total	7545.78	29			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=6.89 %

Existiendo diferencia significativa en el factor proporción de mezcla se realizó la comparación de medias Tukey para el porcentaje de humedad (cuadro 17).

Cuadro 17. Prueba de Tukey para % de humedad en las diferentes proporciones de mezcla.

Proporción de mezcla (estiércol de vaca : moringa)	Media de %H	Tukey (p<0.05)
100:0	74.88	A
75:25	72.47	A
25:75	61.48	B
50:50	53.93	C
0:100	32.43	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

La media de porcentaje de humedad más alta corresponde a la proporción 100 % estiércol de vaca con 74.88 % seguida de la proporción 75:25 de estiércol de vaca y restos de moringa con 72.47 %. Por lo que a mayor cantidad de estiércol de vaca en el tratamiento, mayor es la humedad que presenta. El valor ideal de la humedad en el compost según FAO, 2013 es de 55 %, teniendo un rango aceptable de 45 % - 60 %. Los tratamientos de proporción 25:75 estiércol de vaca y restos de moringa se encuentran en el rango recomendado (61.48 %) de porcentaje de humedad.

La humedad está relacionada con la vida de los microorganismos, al estar en un valor menor a 45 % la humedad es escasa y la actividad microbiana disminuye afectando la temperatura y la fermentación del compost. Al ser la humedad mayor a 60 % se vuelve insuficiente la oxigenación en el compost provocando fermentaciones anaerobias (Larios, 2005) y malos olores por putrefacción como ocurrió en los tratamientos que contenían sólo estiércol de vaca.

2.7.4 pH

Los valores de pH se determinaron con un potenciómetro, los diez tratamientos con sus tres repeticiones, un total de treinta muestras. En base al análisis de varianza ($p<0.05$) si existe diferencia significativa en el factor proporción de mezcla, pero no existe diferencia significativa en la media de pH para el factor frecuencia de volteo y en la interacción de proporción por frecuencia en los tratamientos como se muestra en el cuadro 18.

Cuadro 18. Resumen de ANDEVA para la variable pH en los 10 diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrados Medios	Valor de F	P-Valor
Modelo	0.47	9	0.05	6.50	0.0003
Proporción	0.37	4	0.09	11.60	0.0001
Frecuencia	1.3E-03	1	1.3E-03	0.17	0.6874
Proporción*Frecuencia	0.10	4	0.02	2.98	0.0442
Error	0.16	20	0.01		
Total	0.63	29			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=0.93 %

Si se demuestra diferencia significativa para el factor proporción de mezcla por lo que se procedió a realizar post-ANDEVA, una comparación de medias de Tukey como se muestra en el siguiente cuadro 19.

Cuadro 19. Prueba de Tukey para pH en las diferentes proporciones de mezcla.

Proporción de mezcla (estiércol de vaca : moringa)	Media de pH	Tukey (p<0.05)
100:0	9.37	A
75:25	9.60	B
25:75	9.60	B
0:100	9.65	B
50:50	9.68	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Si existe diferencia significativa en la media de pH en la proporción de mezcla de 100 % estiércol de vaca y 0 % restos de moringa, con un pH alcalino de 9.37 estando arriba del rango ideal de 6.5 - 8.5 según FAO, 2013. Dependiendo de los materiales utilizados el pH puede aumentar o disminuir en el compost, cuando un pH es muy ácido es consecuencia de mala aireación o exceso de humedad (Kolmans, E; Vásquez, D. 1999), viéndose afectado el pH de los diferentes tratamientos por la humedad cuyos porcentajes están por arriba del rango recomendado, observando que entre más restos de moringa tenga el tratamiento, mayor es el pH. Según Larios, 2005 al inicio es ligeramente ácido, neutro a la mitad del proceso y alcalino en la etapa final provocando pérdidas de N en forma de amoniaco.

2.7.5 CE (Conductividad Eléctrica)

Los valores de CE se determinaron con un conductímetro, los diez tratamientos con sus tres repeticiones, un total de treinta muestras. En base al análisis de varianza ($p<0.05$) si existe diferencia significativa en los factor proporción de mezcla, frecuencia de volteo y en la interacción de proporción por frecuencia en la media de CE en los tratamientos como se muestra en el cuadro 20.

Cuadro 20. Resumen de ANDEVA para la variable CE en los 10 diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrados Medios	Valor de F	P-Valor
Modelo	432.43	9	48.05	370.92	0.0001
Proporción	400.56	4	100.14	773.06	0.0001
Frecuencia	12.30	1	12.30	94.96	0.0001
Proporción*Frecuencia	19.58	4	4.89	37.78	0.0001
Error	2.59	20	0.13		
Total	435.02	29			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.=5.86 %

En los cuadros 21 y 22 se muestra el post-ANDEVA, se realizó una comparación de medias de Tukey para la interacción de los factores proporción de mezcla y frecuencia de volteo.

Cuadro 21. Comparación de medias CE de proporción de mezcla en cada frecuencia.

	Proporción de mezcla				
Frecuencia de volteo	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Volteo 1 semana	10.66 A	5.03 C	6.28 B	2.86 D	2.65 D
Volteo 2 semanas	14.44 A	7.09 B	7.34 B	3.48 C	1.54 D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

Si existe diferencia significativa en la proporción de mezcla de 0 % estiércol de vaca y 100 % restos de moringa con volteo a cada dos semanas, siendo el tratamiento 6 el de mayor valor de CE con 14.44 mS/cm, seguido del tratamiento 1 con CE de 10.66 mS/cm.

Cuadro 22. Comparación de media CE de frecuencia en cada proporción de mezcla.

	Proporción de mezcla				
Frecuencia de volteo	0:100	25:75	50:50	75:25	100:0
Volteo 1 semana	10.66 B	5.03 B	6.28 A	2.86 B	2.65 A
Volteo 2 semanas	14.44 A	7.09 A	7.34 A	3.48 A	1.54 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes.

La CE indica la concentración total de sal, la cual al igual que el pH depende del material utilizado. El volteo muestra diferencias significativas en varios tratamientos, presentando una media de CE mayor en el tratamiento 6 de 14.44 mS/cm seguido del tratamiento 1 con la misma proporción de mezcla pero con volteo cada semana de 10.66 mS/cm.

También existe diferencia significativa en la proporción 25 % estiércol de vaca y 75 % restos de moringa siendo mayor el tratamiento 7 con 7.09 mS/cm que el tratamiento 2 de 5.03 mS/cm por lo que a mayor cantidad de restos de moringa mayor es el valor de CE por lo que habrá mayor presencia de sales en la solución.

Según la Universidad Nacional de Colombia (2006) el compost de alta calidad debe estar entre el rango 4 mS/cm - 6 mS/cm, siendo el tratamiento 2 de proporción 25:75 de estiércol de vaca y restos de moringa con volteo cada semana el que se encuentra en el rango recomendado.

2.7.6 UFC de Bacterias

Los valores de unidades formadoras de colonias de bacterias se determinaron utilizando Placas Petrifilm™ 3M™ para recuento de Aerobios (Aerobic Count AC), los diez tratamientos con sus tres repeticiones, un total de treinta muestras.
En base al análisis de varianza ($p<0.05$) no existe diferencia significativa entre tratamientos en el factor proporción de mezcla, frecuencia de volteo y en la interacción de proporción por frecuencia en la media de UFC de bacterias como se muestra en el cuadro 23.

Al no existir diferencias significativas no se realizó post-ANDEVA. Entre los microorganismos que intervienen el proceso de compostaje están las bacterias, los compostajes bien hechos tienen cantidades significativas de bacterias que fijan el N atmosférico. Se encuentran en las etapas iniciales como latencia y en fases termófilas (cuadro 1) descomponiendo proteínas y azúcares, ubicadas en el centro del compost donde hay temperaturas más altas (Mirabelli, E. 2008).

Cuadro 23. Resumen de ANDEVA para la variable UFC de bacterias en los 10 diferentes tratamientos.

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrados Medios	Valor de F	P-Valor
Modelo	3.025152E19	9	3.36128E18	1.32	0.2865
Proporción	7.63392E18	4	1.90848E18	0.75	0.5691
Frecuencia	2.21952E18	1	2.21952E18	0.87	0.3612
Proporción*Frecuencia	2.039808E19	4	5.09952E18	2.01	0.1324
Error	5.08416E19	20	2.54208E18		
Total	8.109312E19	29			

*Significancia estadística del 5 %, C.V.= 68.25 %

2.7.7 Temperatura

La temperatura se tomó a lo largo de los 98 días que duró el proceso de compostaje de los diez tratamientos, los datos registrados se muestran en las figuras 18 y 19.

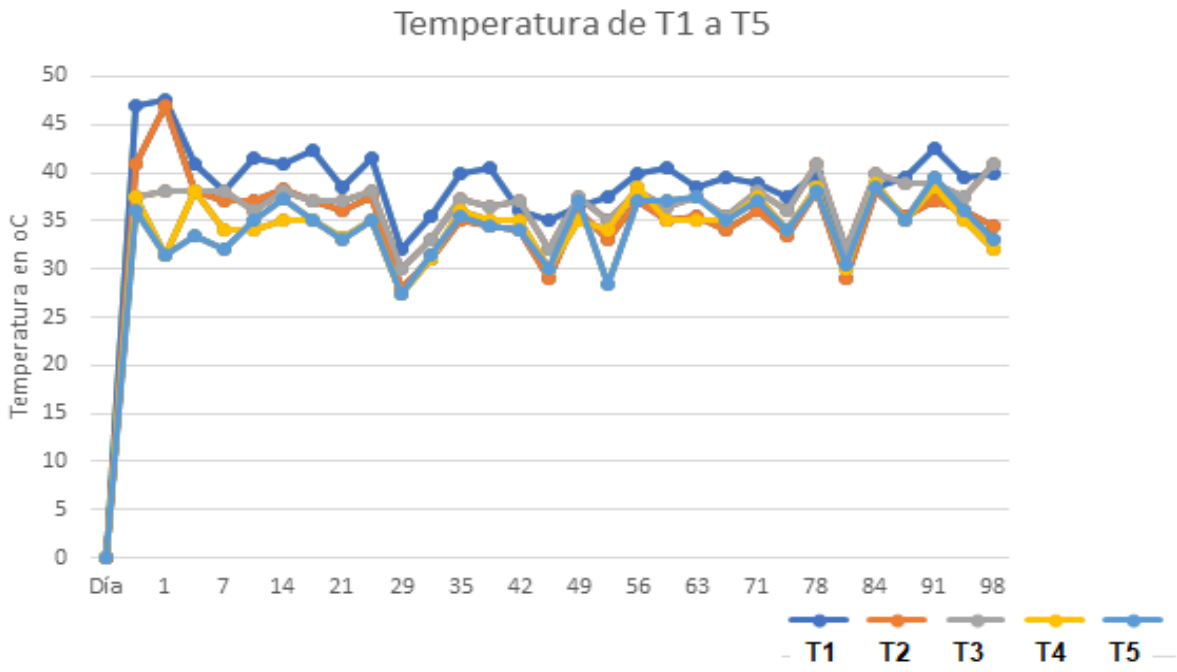

Figura 18. Gráfica de temperaturas del proceso de compostaje del tratamiento 1 al 5.

En los tratamientos con frecuencia de volteo de cada semana, las temperaturas más altas la refleja el tratamiento 1 de 100 % restos de moringa registrando una temperatura de 47.5 °C en la fase termófila 1 que según Mirabelli, E. (2008) debe alcanzar de 35 °C - 45 °C para la destrucción de larvas, parásitos y patógenos, en el resto del tiempo que duró el proceso de compostaje se tuvieron bajas de temperatura por la aireación recibida al realizar el volteo.

El resto de tratamientos registran datos que no alcanzan las temperaturas recomendadas para eliminar insectos, parásitos, patógenos o semillas de maleza no deseados en el compost.

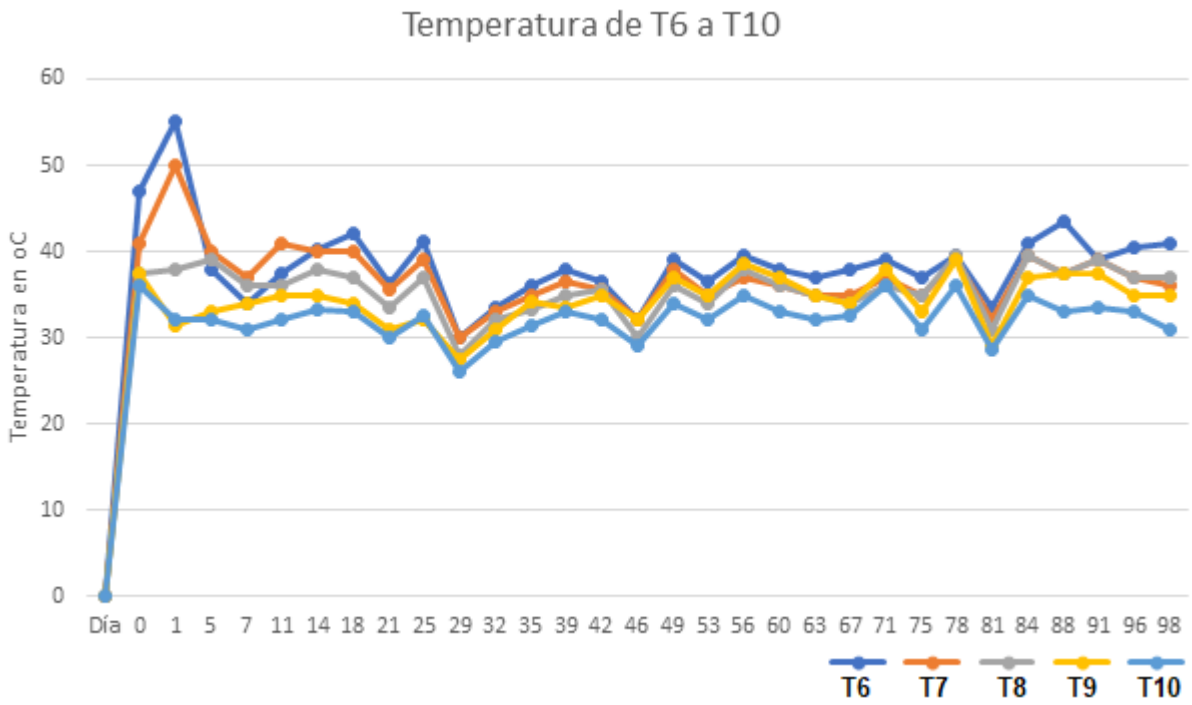

Figura 19. Gráfica de temperaturas del proceso de compostaje del tratamiento 6 al 10.

En los tratamientos con frecuencia de volteo a cada dos semana, las temperaturas más altas la refleja el tratamiento 6 de 100 % restos de moringa registrando una temperatura de 55 °C y en la fase termófila 1 que según Mirabelli, E. (2008) debe alcanzar de 35 °C - 45 °C para la destrucción de larvas, parásitos y patógenos, disminuyendo en el quinto día a 38 °C, las temperaturas mayores de 65 °C prolongadas no son convenientes porque pueden ocasionar suicidio bacteriano que frena la fermentación y también pérdidas de nitrógeno (Larios, 2005).

A diferencia de la gráfica anterior, los picos de bajas de temperatura a lo largo del proceso de compostaje no fueron tan seguidas, ya que los volteos se realizaban cada quince días. En los tratamientos 7 al 10 registran datos que no alcanzan las temperaturas recomendadas para eliminar insectos, parásitos, patógenos o semillas de maleza no deseados en el compost manteniendo temperatura de 40 °C a 25 °C, cuando no se eleva a niveles mayores a 50 °C indica que la fermentación no marcha bien.

2.7.8 Características cualitativas por dinamolisis capilar de Pfeiffer

Los cromatogramas obtenidos de los diez tratamientos con sus tres repeticiones en el proceso de dinamolisis capilar de Pfeiffer se muestran en la figura 20 donde se puede apreciar el recorrido del sustrato y la coloración.

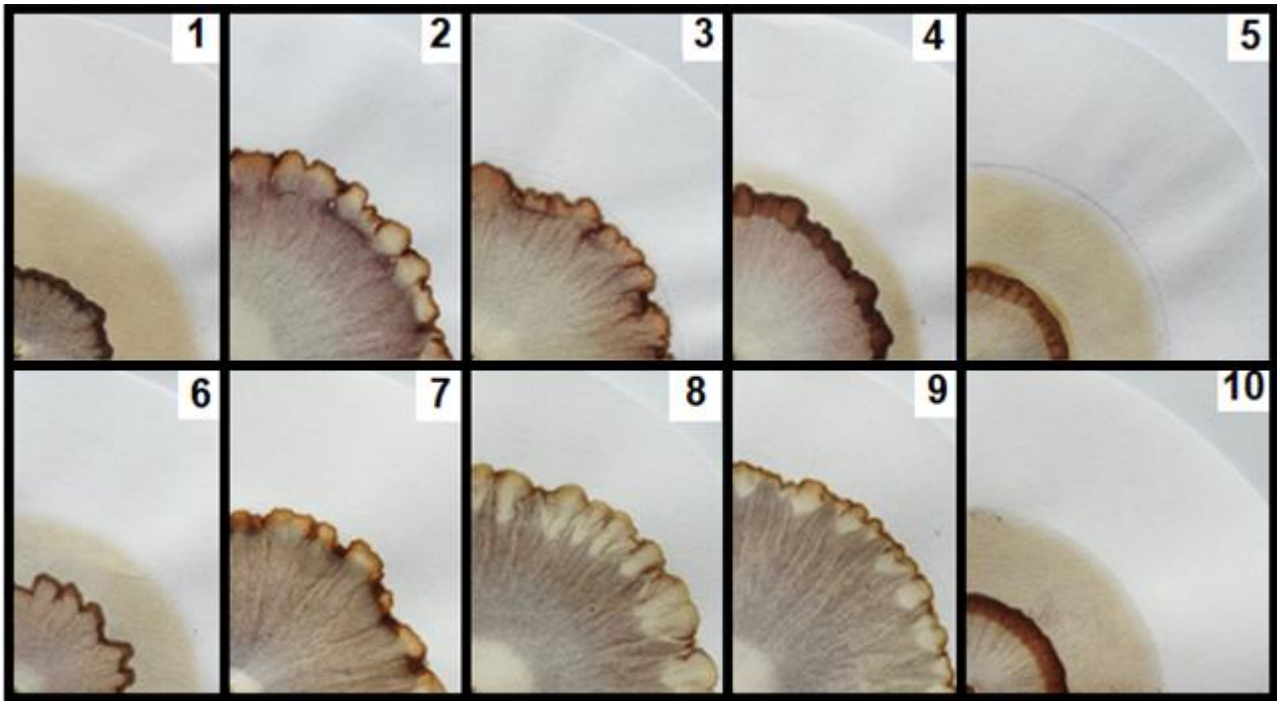

Figura 20. Fotografía de Dinamolisis capilar de Pfeiffer en sus diez tratamientos.

En los cromatogramas se identificaron cuatro zonas principales (figura 21) en los treinta discos revelados.

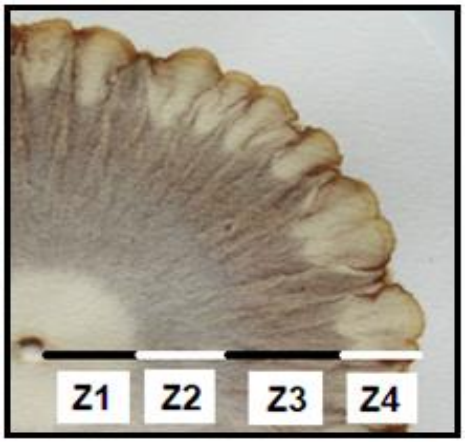

Figura 21. Fotografía de zonas de un cromatograma por dinamolisis capilar de Pfeiffer.

Se muestran los datos obtenidos de los cromatogramas en el cuadro 24. En los diez tratamientos se presenta la zona 1 o central la cual indica aireación u oxigenación, no se observa diferencia de color entre tratamientos, el tono blanco cremoso refleja actividad microbiológica de acción benéfica y alto nivel de materia orgánica y suficiente aireación, según Nivia, I. (2017) es evidencia de no estar compactado.

En la zona 2 o interna donde se refleja la mineralización, se tiene una coloración grisácea, los tonos grises según Nivia, I. (2017) suelen aparecer en compost con actividad microbiana fuerte o débil. El tratamiento 1 es el único que presenta coloración rojiza que indica un buen estado evolutivo y saludable. Se observa integración hacia la siguiente zona en todos los cromatogramas.

La zona 3 de la materia orgánica muestra buena integración con la zona anterior y la siguiente, indicando que si hay actividad biológica. Se observa cómo la zona externa es penetrada por los picos de esta zona indicando una buena transformación de la materia orgánica en humus.

Cuadro 24. Identificación, distancia recorrida y color de zonas por tratamiento.

	ZONA 1		ZONA 2		ZONA 3		ZONA 4	
T	Distancia (cm)	Color	Distancia (cm)	Color	Distancia (cm)	Color	Distancia (cm)	Color
1	0.4	amarillo pálido	0.5	rojo pálido	1.1	gris claro	0.2	marrón oscuro
2	1.0	amarillo pálido	1.1	gris	1.7	gris claro	0.6	marrón muy pálido
3	1.0	amarillo pálido	0.7	gris rojizo claro	1.5	gris rosado	0.3	marrón
4	0.5	amarillo pálido	1.0	gris rojizo claro	1.1	gris rosado	0.6	marrón amarillento oscuro
5	0.4	amarillo pálido	1.0	gris claro	0.8	gris pardo claro	0.5	gris pardo claro
6	0.7	amarillo pálido	0.7	gris claro	1.5	gris claro	0.2	gris claro
7	0.7	amarillo pálido	0.6	gris claro	2.2	gris rosado	0.6	amarillo marrón
8	1.2	amarillo pálido	1.7	gris claro	1.3	gris rosado	0.9	amarillo pálido
9	1.1	amarillo pálido	1.2	gris claro	1.8	gris	0.7	amarillo pálido
10	0.4	amarillo pálido	0.8	gris rojizo claro	0.8	gris pardo claro	0.4	marrón

La actividad enzimática se presenta en forma de nubes en la zona 4 o externa, cuando se observan las nubes de tono café claro y un contorno de coloración oscura, el cromatograma indica buena reserva nutricional, como se muestran los tratamientos 2, 3, 7, 8 y 9.

La formación radial de todos los tratamientos parten desde el centro del cromatograma hacia las zonas externas, Abad, F. (2014) indica que al mostrarse ramificada y con una distribución uniforme las formaciones radiales, revela diversidad de nutrientes y de microbiología.

Relacionando los datos obtenidos de los análisis físicoquímicos y biológicos con los datos de los cromatogramas, el tratamiento 1 tuvo los valores más altos en las variables, excepto con la variable de conductividad eléctrica, en el cromatograma de este tratamiento se observa un recorrido corto de las zonas teniendo color rojizo en la zona 2 indicando ser saludable el cuál coincide con los rangos de temperatura alcanzados donde se pudieron eliminar parásitos, larvas y patógenos.

El tratamiento 2 tiene todas las zonas con buena integración entre ellas y enlazadas por canales, con un recorrido, formas y colores que propios de un compost de calidad, esto coincide con los datos fisicoquímicos y biológicos obtenidos porque este tratamiento muestra datos ideales que da la literatura de las variables evaluadas.

Este método cualitativo se puede transformar en cuantitativo al colocar valores numéricos con los que se pueda realizar análisis estadísticos a las variables como intensidad del color, número de zonas, distancias recorridas entre otras. Nárvaez, Y. y Benítez, M. (2017) realizaron una investigación sobre “Análisis de imágenes digitales para indicadores de calidad del suelo”, donde se documentaron los cromatogramas en imagen digital con escaner, analizando las imágenes con ayuda de algoritmos de compresión (.zip, .jpg) que permiten inferir la complejidad de una imagen, funciones matemáticas (FFT -Fast Fourier Transform- por sus siglas en inglés y la dimensión fractal) que extraen información de un patrón y mediciones de las matrices RGB (Red, Green, Blue por sus siglas en inglés) que cuantifican el color de una imagen.

Para Nárvaez, Y. y Benítez, M. (2017) el análisis exploratorio de las imágenes permite reconocer que para cuantificar atributos de forma (como terminaciones o líneas radiales) se requiere una selección de áreas en específico para las mediciones; la cuantificación puede reflejar información en diferentes niveles de resolución. Las mediciones de color y compresión son candidatos potenciales aplicables a todo el conjunto de datos en aras de realizar correlaciones con pruebas químicas, físicas y de diversidad microbiana.

2.8 CONCLUSIONES

1. Se demostró diferencia significativa entre las cinco diferentes proporciones de mezcla en todas las variables fisicoquímicas, en el caso de la frecuencia de volteo no se demostró diferencia significativa excepto en la variable de conductividad eléctrica. En la interacción de factores si hubo diferencia significativa en las variables % MO, % COT y CE.

2. De las características fisicoquímicas evaluadas se presentaron los valores más altos de MO en T1 de 79.07 %, de carbono en T1 de 45.86 %, de humedad en T1 y T6 de 74.88 %, de pH en T1 y T6 de 9.37, de CE en T6 de 14.44 mS/cm y de temperatura en T1 de 47.5 °C y T6 de 55 °C. Siendo el T1 de proporción 0 % estiércol de vaca y 100 % restos de moringa con volteo cada semana y T6 de la misma proporción con volteo cada dos semanas.

3. Las unidades formadoras de colonias de bacterias fueron cuantificadas y no se presentó diferencia significativa en el análisis de varianza de los diez tratamientos. El rango fue de 3,120 millones a 1,600 millones de unidades formadoras de colonias.

4. La coloración que presentaron los diez tratamientos utilizando la metodología de dinamolisis capilar de Pfeiffer, reflejan adecuada oxigenación, con buena integración entre las zonas 2 a la 4 demostrando presencia de actividad biológica.

2.9 RECOMENDACIONES

El factor proporción de mezcla si demostró diferencia significativa en el incremento de las propiedades del compost en el tratamiento 1 de 0 % estiércol de vaca y 100 % restos de moringa, teniendo los rangos de temperatura más altos. Para el aprovechamiento de los residuos orgánicos que se generan se recomienda realizar compost con la proporción de mezcla de 25 % estiércol de vaca y 75 % restos de moringa porque las variables de este tratamiento están entre los rangos recomendados por la literatura para un buen compost.

El factor frecuencia de volteo demostró diferencia significativa en el volteo a cada semana solo en la variable conductividad eléctrica y demostró aumento de los valores en las propiedades del compost no significativos estadísticamente, por lo que se recomienda desde el punto de vista económico realizar volteos cada dos semanas reduciendo costo de mano de obra del proceso de compostaje.

2.10 BIBLIOGRAFÍA

1. Abad Santana, F. 2014. Evaluación cualitativa mediante cromatografía, de la fertilidad de cinco suelos con diferentes manejos orgánicos y convencionales. Tesis Ing. Agrónomo. Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca. 171 p.

2. Cuervo Andrade, J. 2016. Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura: Compostaje (en línea) Bogotá, Colombia. Consultado 28 jul. 2018. Disponible en: http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

3. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, CL). 2013. Manual de compostaje del agricultor, experiencia en América Latina (en línea) Santiago de Chile. Consultado 24 jul. 2018. Disponible en: http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf

4. Folkard, G; Sutherland, J. 1996. *Moringa oleífera* un árbol con enormes potencialidades (en línea). Roma, Italia, FAO. Consultado 27 jul. 2018. Disponible en: http://www.fao.org/3/a-x6324s.pdf

5. Gobierno Municipal de Escobedo, México. 2017. Plan municipal de desarrollo General Escobedo 2015-2018 (en línea). Nuevo León, México. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en: http://www.escobedo.gob.mx/gobierno/PLANESCOBEDO20152018a.pdf

6. Jaramillo, G. 2008. Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia (en línea). Colombia, Universidad de Antioquia. Consultado 26 jul. 2018. Disponible en: http://tesis.udea.edu.co/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf

7. Koepf, H. 2012. Koepf´s practical biodynamics: Soil, compost, sprays and food quality. Great Britain, Floris Books. 164 p.

8. Kolmans, E; Vásquez, D. 1999. Manual de agricultura ecológica (en línea). La Habana, Cuba. Grupo de agricultura orgánica / Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. 56 p. Consultado 24 jul. 2018. Disponible en: http://www.innovacion.gob.sv/inventa/attachments/article/2188/14592.pdf

9. Larios, 2005. La composta (en línea). Academia. (Manual de producción de compostas). 56 p. Consultado 27 jul. 2018. Disponible en: http://www.academia.edu/29690543/MANUAL_DE_PRODUCCI%C3%93N_DE_COMPOSTAS_LA_COMPOSTA

10. Liñan Tobías, F. 2010. *Moringa oleífera* el árbol de la nutrición. Ciencia y Salud Virtual 2(1):130-138.

11. Longoria Garza, C. 2000. Fertilización orgánica con estiércol bovino (en línea). México, Universidad Autónoma de Nuevo León. Consultado 26 jul. 2018. Disponible en: http://eprints.uanl.mx/6353/1/1080095037.PDF

12. Massó, España. 2002. Introducción a la química de las sustancias húmicas (en línea). España. Consultado 27 jul. 2018. Disponible en: http://www.massoagro.com/es/component/attachments/download/8

13. Mirabelli, E. 2008. El compostaje proyectado a la lombricultura. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 324 p.

14. Nair, A; Delate, K. 2016. Crop rotations, composting and cover crops for organic vegetable production (en línea). Iowa, EE.UU., USDA, Natural Resources Conservation Service. 12 p. Consultado 25 jul. 2018. Disponible en: https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/nrcseprd1289849.pdf

15. Nárvaez, Y; Benítez, M. 2017. Análisis de imágenes digitales para indicadores de calidad del suelo. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Instituto de Ecología UNAM, Ciudad de México. México. Consultado 19 nov. 2018.

16. Nivia Torres, I. 2017. Análisis del uso de la cromatografía como herramienta cualitativa de diagnóstico de la fertilidad del suelo en sistemas de producción agrícola. Tesis Ing. Agrónomo. Mosquera, Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. 69 p.

17. Restrepo, J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas: La gallinaza y los estiércoles (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado 26 jul. 2018. Disponible en: http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/El_ABC_de_la_agricultura_organica_y_harina_de_rocas.pdf

18. Restrepo, J; Pinheiro S. 2011. Cromatografía: imágenes de vida y destrucción del suelo. Cali, Colombia. Impresora Feriva, S.A. 252 p.

19. Roberts, T. 2009. El estiércol, almacén de nutrientes para las plantas (en línea). Consultado 26 jul. 2018. Disponible en: http://www.ipni.net/ppiweb/iamex.nsf/$webindex/EB95D4ED6A97949506256AE80060EB08/$file/Breves+El+Estiercol.pdf

20. Tao, J; Schuchard, F; Li, G; Guo, R; Zhao, Y. 2011. Effect of C/N ratio, aeration rate and moisture content on ammonia and greenhouse gas emission during the composting (en línea). Journal of Environmental Sciences 23(10):1754-1760. Consultado 01 oct. 2018. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22432273

21. Trio Maseda, M. 2016. Desarrollo y caracterización del método de Dinamólisis Capilar para el análisis de suelos contaminados; Estudio de los suelos de Linares. Tesis Ing. en Minas. Madrid, España, Universidad Politécnica de Madrid. 247 p.

22. UANL (Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad Agronomía, México). 2014. Reseña histórica de Facultad de Agronomía: Centro de Agricultura Protegida (en línea). Nuevo León, México. Consultado 29 jul. 2018. Disponible en: http://www.agronomia.uanl.mx/centro-de-agricultura-protegida/

23. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Colombia. 2016. Guía técnica para el aprovechamiento de residuos orgánicos a través de metodologías de compostaje y lombricultura (en línea). Bogotá, Colombia, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias / Alcaldía Mayor de Bogotá / Proyecto de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos. 85 p. Consultado 02 oct. 2018. Disponible en: http://www.uaesp.gov.co/images/Guia-UAESP_SR.pdf

2.11 ANEXOS

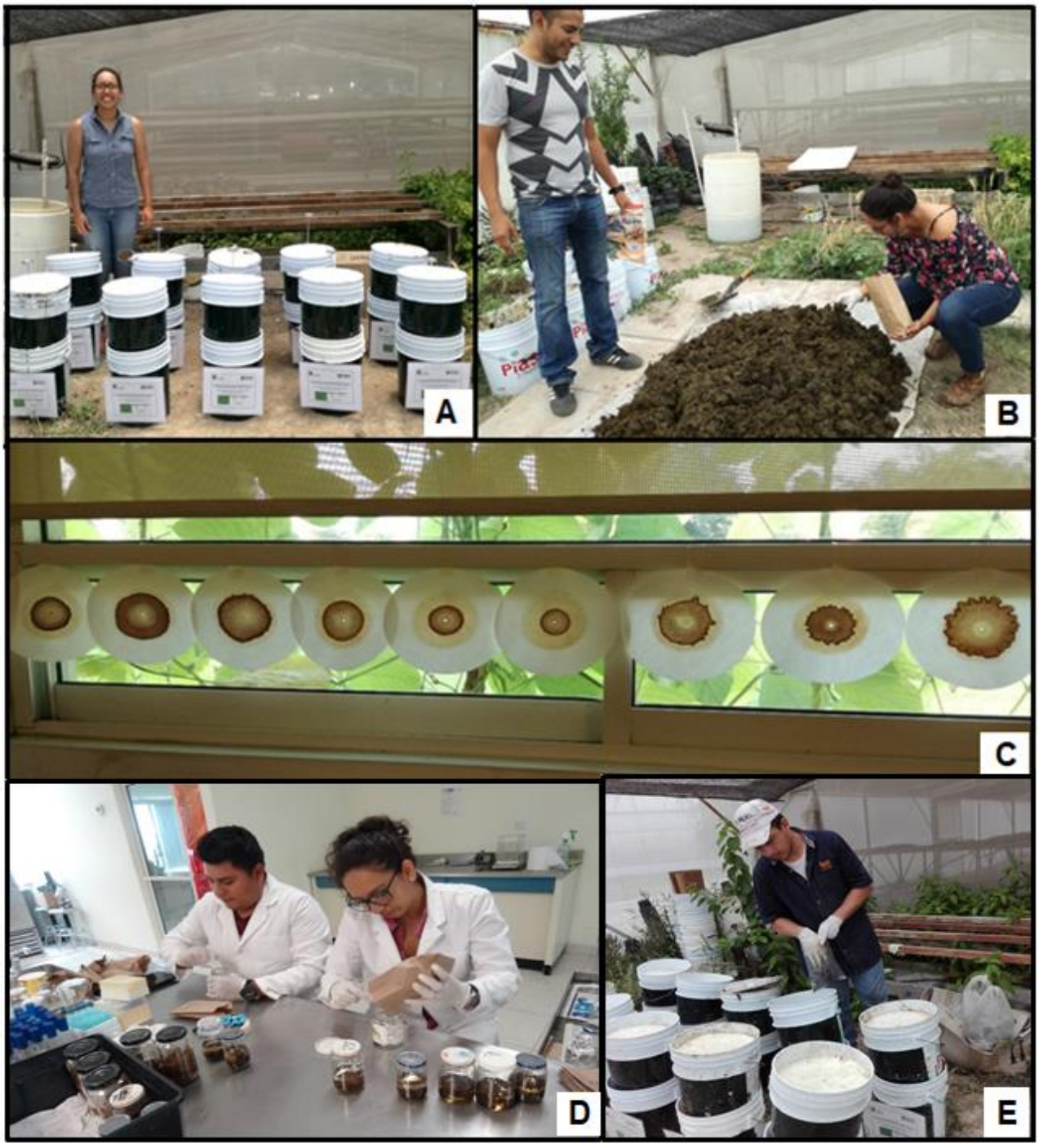

Figura 22A. Fotografías de la investigación. A) Montaje de la investigación bajo invernadero. B) Recolección de muestras para calcular porcentaje de humedad. C) Revelado de cromatogramas por dinamolisis capilar de Pfeiffer. D) Preparación de extractos para conteo de UFC. E) Toma de muestras de los tratamientos. Fuente: Pérez Alvarez, 2018.

CAPÍTULO III

SERVICIO REALIZADO EN RANCHO- ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO

3.1 PRESENTACIÓN

Coatepec es reconocido por ser una zona cafetalera en el Estado de Veracruz, el área destinada al cultivo de café en el Rancho-Escuela Agrosol es de 13,000 m^2, cubriendo así un 7.65 % del rancho y aportando ingresos con la venta de éste. El café de Agrosol es buscado por la personas porque se diferencia al ser manejado libre de pesticidas y fertilizantes sintéticos.

En busca del mejoramiento del café, se optó por establecer un vivero con plantas de café injertadas utilizando la técnica de injerto Reyna, el ingeniero agrónomo Francisco Anzueto (Bejarano, M. 2016) comenta que fue creada por el agrónomo Humberto Reyna para aprovechar la rusticidad del café robusta en su raíz y poniendo una variedad más productiva arriba, las variedades que se utilizaron para elaborar los injertos fueron Robusta var. Nemaya (*C. canephora*) como patrón o porta-injerto y Bourbón (*C. arabica*) como planta injertada arriba.

Las características principales que se buscan en un injerto son: mejor desarrollo radicular para una mayor tolerancia a sequías y mejorar la absorción de nutrientes y también para aumentar la tolerancia a plagas, en especial los nemátodos, logrando generar así condiciones para que el cultivo de café no detenga sus actividades metabólicas como la absorción de agua y nutrientes (coffee & climate, 2018).

3.2 SERVICIO 1: ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO DE VIVERO DE CAFÉ EN RANCHO- ESCUELA AGROSOL, COATEPEC, VERACRUZ, MÉXICO.

3.2.1 Objetivos

A. General

Establecer el vivero de café en Rancho- Escuela Agrosol con plantas injertadas e insumos para su manejo agronómico.

B. Específicos

- Realizar injertos de café para siembra 2018.
- Elaboración de insumos para manejo agronómico de las plantas del vivero.

3.2.2 Metodología

El proceso realizado para establecer el vivero de café con plantas injertadas para la siembra 2018 se describe a continuación:

- El área para el vivero ya se encontraba delimitada, con una estructura de parales de bambú y cubierta por malla sombra.

- Se utilizaron bolsas de polietileno de 30 cm x 12 cm. El sustrato utilizado para llenar las bolsas se obtuvo a partir de una mezcla con una proporción de: 12 partes de tierra, 1 parte de arena y 1 parte de estiércol, todos los materiales se obtuvieron del rancho.

- Se realizaron injertos Reyna, las variedades utilizadas para la elaboración de injertos en el Rancho- Escuela Agrosol fueron Robusta var. Nemaya (*C. canephora*) como patrón o porta-injerto y Bourbón (*C. arabica*) como planta injertada, en el cuadro 26 se describe más detalladamente.

Las variedades utilizadas para el injerto se escogieron por sus características, con las cuales se buscó generar una planta apta para el Rancho-Escuela Agrosol, en el cuadro 25 se describen.

Cuadro 25. Descripción de las variedades de café para injertar.

VARIEDAD	DESCRIPCIÓN
Nemaya	Obtenida en 1995 por ANACAFÉ en Guatemala, resultado de la cruza de dos plantas de café robusta (T5361 y T3751) obtenidas de la colección del CATIE en Turrialba, CR. En estos materiales se ha encontrado resistencia a las especies *Meloidogyne incognita, M. exigua* y *M. arabicida.* El 80% de las plantas son resistentes a nematodos. En 1998 se distribuyó a los productores como patrón o porta-injertos para los programas injertación.
Bourbón	Tiene su origen en la Isla de la Reunión, denominada anteriormente como Isla Bourbón, localizada en el sureste del África y que fue territorio francés. Se le considera una mutación recesiva de Typica y a partir de la cual se han derivado otras variedades. Presenta amplia adaptación, sin embargo se reporta que se desarrolla mejor en condiciones de altura a más de 1000 m s.n.m.

Fuente: Zamarripa, A., 2002.

Cuadro 26. Metodología para realizar un injerto.

FASE	METODOLOGÍA
Bourbón (*C. arabica*) planta a injertar	La planta a injertar arriba se utilizó de 50 días después de siembra, con el pergamino aun envolviendo las hojas, conocido como soldadito (figura 34A). Se realizó un corte de 5 cm debajo de la cabecilla del soldadito, después se realizó un corte de 2 cm en forma de cuña para que pueda ingresar en la planta patrón.
Robusta var. Nemaya (*C. canephora*) planta patrón o porta-injerto	La planta patrón o porta-injerto se utilizó de 60 días después de siembra, cuando ya tenía sus primeras hojas, a esto se le conoce como mariposa (figura 34B). Se realizó un corte de 5 cm - 6 cm quitando las hojas y conservando la parte de la raíz, después se realizó un corte en el centro del tallo hacia la raíz de 2 cm de profundidad.
Injerto	La cuña de la planta a injertar arriba se insertó en la hendidura del tallo del patrón o porta-injerto, teniendo el cuidado que estas cacen a la perfección sin dejar espacios vacíos donde exista aire. Con ayuda de una tira de papel Parafilm de material biodegradable se realizó el vendaje (figura 34C), evitando el ingreso de agua o de algún hongo no beneficioso.

Fuente: Pérez Alvarez, 2017.

Figura 23. Fotografía del injerto Reyna de café. A) Soldadito de Bourbón (C. arabica). B) Mariposa de Robusta (*C. canephora*). C) Injerto de café. Fuente: Pérez Alvarez, 2017.

- Las bolsas llenadas con sustrato se colocaron en hileras, se desinfectaron y se humedecieron. Al tener el injerto terminado se procedió a realizar la siembra podando la raíz para que tuviera una longitud de 6 cm.

- Posteriormente se realizaron riegos a todas las plantas en el vivero y desmalezado de las bolsas.

El proceso la elaboración de insumos para el manejo de las plantas injertadas se describe a continuación:

- La producción de café en el Rancho- Escuela Agrosol es libre de pesticidas o fertilizantes sintéticos, por lo que sus insumos se realizan en el rancho y con materiales que en él se encuentran. Se realizaron biofertilizantes fermentados (biol) siguiendo las instrucciones del Manual Práctico de Jairo Restrepo titulado “El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas”.

- Se realizó el biofertilizante a base de ortiga y estiércol de vaca para plantas en vivero, En un tonel plástico de 200 L de capacidad, se disolvieron 20 Kg de estiércol, 3 L de melaza, 3 L de suero, 3 Kg de ceniza y 10 Kg de hojas de ortiga en agua limpia (figura 24). Se revolvió hasta obtener una mezcla homogénea, se completó el volumen a 180 L, agregando agua limpia. El tonel se tapó y se dejó reposar, revolviendo la mezcla diariamente durante los primeros 15 días.

Figura 24. Fotografía de homogenización del biofermento a base de ortiga. Fuente: Pérez Alvarez, 2017.

- Se elaboró el biofertilizante a base de hoja de leguminosa y estiércol de cabra, en un tonel de plástico de 200 L de capacidad, se disolvió 50 Kg de estiércol, 1 L de melaza, 2 L de suero y 5 Kg de hojas de frijol en agua limpia (figura 25). Se revolvió hasta obtener una mezcla homogénea (Figura 36B), se completó el volumen a 180 L agregando agua limpia. El tonel se tapó y se dejó reposar, revolviendo la mezcla diariamente durante los primeros 10 días.

Figura 25. Fotografía de la elaboración de biofermento a base de leguminosa. A) Incorporación de suero a la mezcla. B) Homogenización de materiales. Fuente: Pérez Alvarez, 2017.

3.2.3 Resultados

A. Elaboración de injertos de café para siembra 2018

Se elaboraron injertos de café (figura 37) en el Rancho- Escuela Agrosol utilizando Robusta var. Nemaya (*C. canephora*) como patrón o porta-injerto y Bourbón (*C. arabica*) como planta injertada para la siembra 2018, se obtuvieron los siguientes datos:

Total injertos realizados: 1,800

Porcentaje de pegue de los injertos: 80 %

El 20 % de los injertos sin éxito de pegue después de ser sembrados, se volvieron a elaborar para cubrir la cantidad de injertos necesarios para la siembra 2018, se realizaron 360 injertos con las variedades de los injertos anteriores.

A continuación se presenta en las figuras 37 y 38 una secuencia de fotos de la elaboración de los injertos, el crecimiento en vivero y su establecimiento a campo.

Figura 26. Fotografía del vivero de café.

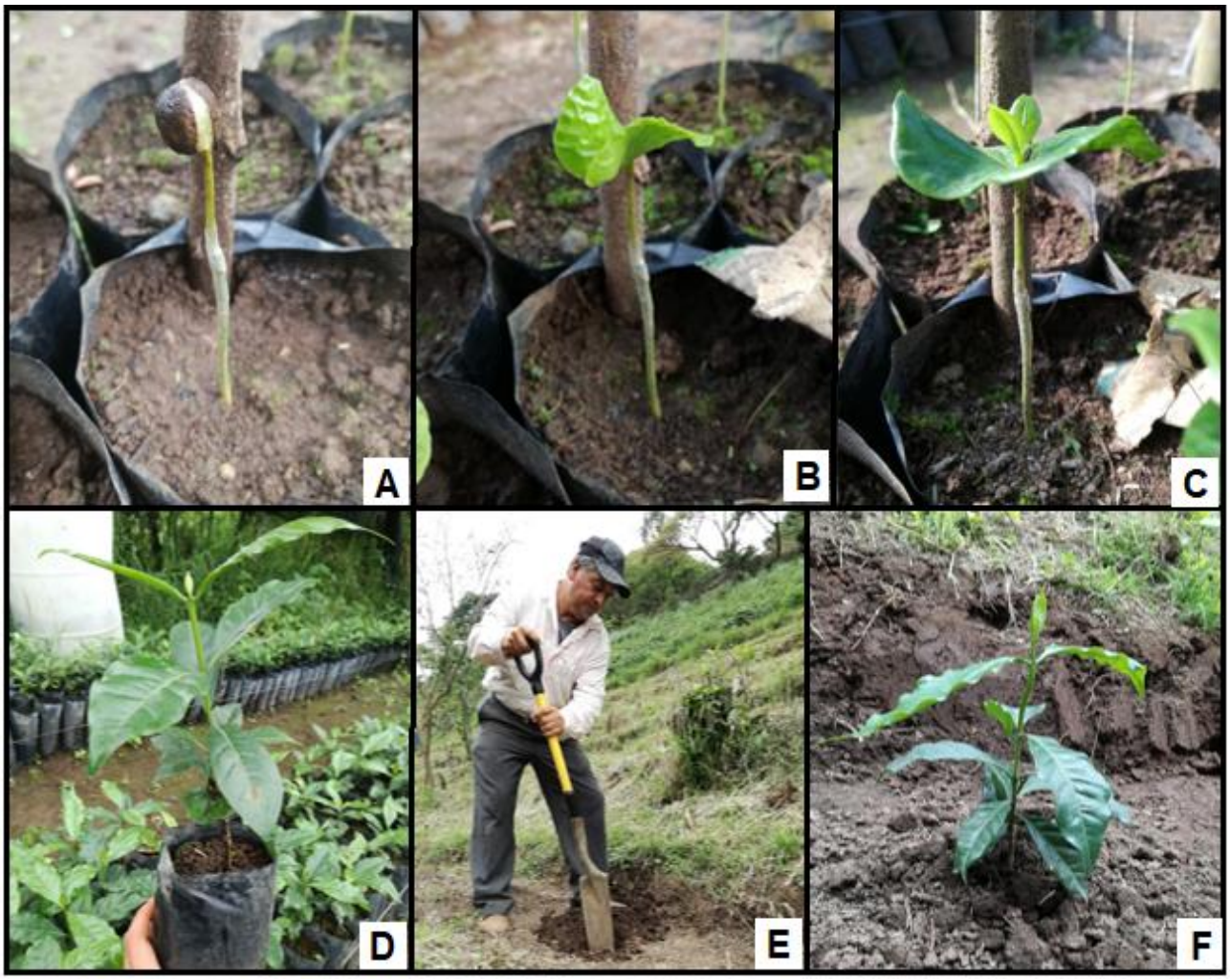

Figura 27. Fotografías del crecimiento de los injertos. A) Injerto 7 dds. B) Injerto 14 dds. C) Injerto 60 dds. D) Injerto 8 meses después de siembra. E) Siembra en campo. F) Café sembrado.

B. Elaboración de insumos para manejo agronómico de las plantas del vivero

Se elaboraron como insumos para el manejo agronómico de las plantas de café injertadas dos biofertilizantes fermentados (biol), el primero a base de hojas de Ortiga (*Urtica dioica*) utilizada según Restrepo, J. 2007 para estimular el crecimiento de las plántulas en los viveros, el segundo a base de hojas de leguminosas. En total se obtuvieron dos toneles (capacidad de 200 L) con 180 L de biofertilizantes fermentados (biol) de cada uno (figura 28).

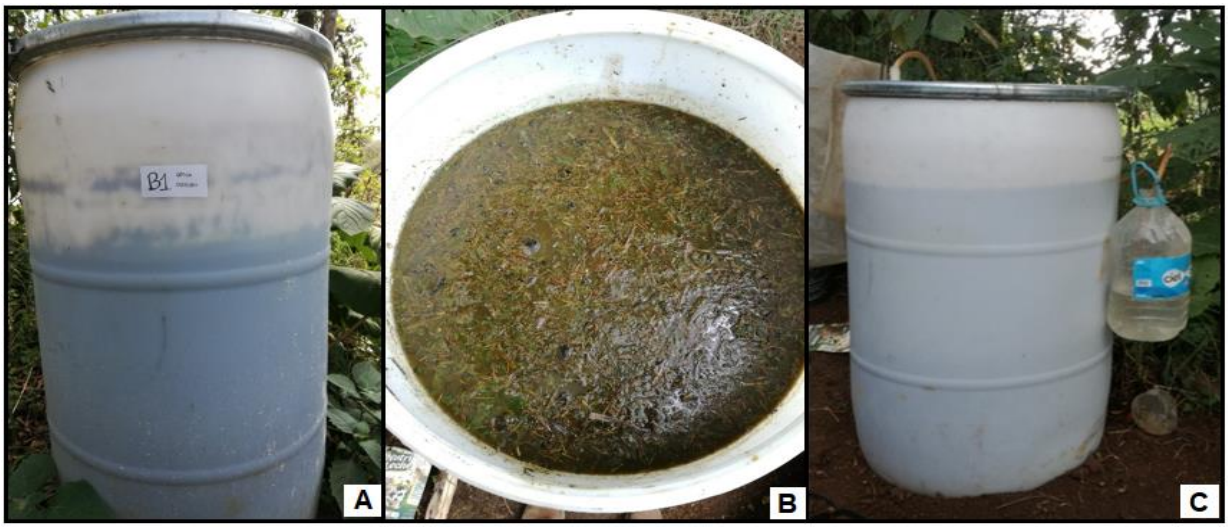

Figura 28. Fotografía de biofertilizantes fermentados. A) Biol a base de Ortiga. B) Biol fermentado después de 3 meses. C) Biol a base de hojas de leguminosa.

Después del tiempo de fermentación se aplicaron a las plantas de café en el vivero acorde a la planificación de actividades del manejo de los injertos (figura 29).

Figura 29. Fotografía de la aplicación de biofertilizante fermentado en vivero de café.

3.6 CONCLUSIONES

- Se elaboraron mil ochocientos injertos de café para siembra 2018, obteniendo un pegue de siembra del 80 %, utilizando las variedades Robusta var. Nemaya (*C. canephora*) como patrón o porta-injerto y Bourbón (*C. arabica*) como planta injertada.

- Para el manejo agronómico se elaboraron como insumos dos biofertilizantes fermentados con materiales obtenidos del rancho, teniendo en total 360 L para aplicar en las plantas de café injertadas del vivero.

3.7 RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar una capacitación a quien se encuentre encargado del vivero de café con una persona de amplia experiencia en la técnica de injerto Reyna, para aumentar el porcentaje de pegue de los injertos y aumentar el número de plantas de café en el vivero para las épocas de siembra.

3.8 EVALUACIÓN

Se cumplió con el objetivo propuesto de establecer el vivero de café en Rancho- Escuela Agrosol en un 100 % con un total de 1,800 plantas injertadas y con la elaboración de dos biofertilizantes fermentados como insumos para el manejo de las plantas. Las plantas injertadas ya fueron sembradas en campo definitivo en la siembra realizada en el 2018 en el área de cafetal nuevo.

3.9 BIBLIOGRAFÍA

1. Berajano, M. 2016. Los cafetales de Centroamérica han envejecido, El Nuevo Diario (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado 9 mar. 2019. Disponible en: https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/398007-cafetales-centroamerica-han-envejecido/

2. coffee & climate, 2018. Herramientas de adaptación: Injertación de café (en línea). Consultado 11 mar. 2019. Disponible en: https://toolbox.coffeeandclimate.org/wp-content/uploads/Hoja-Informativa-Injertaci%C3%B3n-en-caf%C3%A9-Trifinio.pdf

3. Restrepo, J. 2007. El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas: La gallinaza y los estiércoles (en línea). Managua, Nicaragua. Consultado 26 jul. 2018. Disponible en: http://caminosostenible.org/wp-content/uploads/BIBLIOTECA/El_ABC_de_la_agricultura_organica_y_harina_de_rocas.pdf

4. Zamarripa Colmenero, A; Escamilla Prado, E. 2002. Variedades de café en México: Origen, características y perspectivas. Veracruz, México, Fundación Produce de Veracruz. p. 6-8, 10.

3.10 ANEXOS

Figura 30A. Fotografías del Área de café. A) Vivero de café con su encargado. B) Vivero de café. C) Elaboración de biofertilizante fermentado (biol). Fuente: Pérez Alvarez, 2018.